

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

ANDRÉ MADEIRA SILVEIRA FRANÇA

Implantação e avaliação de um sistema agroflorestal para recuperação de  
pastagem degradada no bioma Cerrado

Uberlândia  
2025

ANDRÉ MADEIRA SILVEIRA FRANÇA

Implantação e avaliação de um sistema agroflorestal para recuperação de  
pastagem degradada no bioma Cerrado

Uberlândia  
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

F814      França, André Madeira Silveira, 1988-  
2025      Implantação e avaliação de um sistema agroflorestal para recuperação  
de pastagem degradada no bioma Cerrado [recurso eletrônico] / André  
Madeira Silveira França. - 2025.

Orientadora: Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento.  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de  
Pós-graduação em Ciências Veterinárias.

Modo de acesso: Internet.  
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2025.5526>  
Inclui bibliografia.  
Inclui ilustrações.

1. Veterinária. 2. Ecologia dos cerrados. 3. Sustentabilidade. 4.  
Pastagens - Degradação. I. Nascimento, Mara Regina Bueno de Mattos,  
1964-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de  
Pós-graduação em Ciências Veterinárias. III. Título.

---

CDU: 619

Rejâne Maria da Silva  
Bibliotecária-Documentalista – CRB6/1925

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Veterinárias  
BR 050, Km 78, Campus Glória , Uberlândia-MG, CEP 38400-902  
Telefone: (34) 2512-6811 - www.ppgcv.famev.ufu.br - mesvet@ufu.br

**ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO**

Programa de Pós-Graduação em:	Ciências Veterinárias			
Defesa de:	Tese de Doutorado Acadêmico PPGCVET Nº 08/2025			
Data:	31 de julho de 2025	Hora de início:	08:10	Hora de encerramento: [12:15]
Matrícula do Discente:	12113VET002			
Nome do Discente:	André Madeira Silveira França			
Título do Trabalho:	Implantação e avaliação de um sistema agroflorestal para recuperação de pastagem degradada no bioma Cerrado			
Área de concentração:	Produção Animal			
Linha de pesquisa:	FORRAGICULTURA, MANEJO E EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO DOS ANIMAIS E DE SEUS DERIVADOS			
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Efeito do ambiente térmico sobre os animais homeotérmicos			

Reuniu-se por videoconferência da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias assim composta: Professores Doutores: Dra. Isabel Cristina Ferreira - (EPAMIG); Dra. Larissa Barbosa de Sousa - (ICIAG/UFU); Dra. Karolini Tenffen De-Sousa - (IZ/SERTÃOZINHO); Dr. Jhansley Ferreira da Mata - (UEMG/FRUTAL) e Dra. Mara Regina Bueno de Matos Nascimento orientadora do candidato.

Iniciando os trabalhos a presidente da mesa, Dra. Mara Regina Bueno de Matos Nascimento, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir a senhora presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o candidato:

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento, Membro de Comissão**, em 01/08/2025, às 12:42, 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 **Isabel Cristina Ferreira, Usuário Externo**, em 01/08/2025, às 13:03, 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 **Karolini Tenffen de Sousa, Usuário Externo**, em 01/08/2025, às 13:49, 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 **Larissa Barbosa de Sousa, Professor(a) do Magistério Superior**, em 01/08/2025, 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 **Jhansley Ferreira da Mata, Usuário Externo**, em 05/08/2025, às 14:46, 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  
[https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **6517181** e o código CRC **6EC347D1**.

ANDRÉ MADEIRA SILVEIRA FRANÇA

Implantação e avaliação de um sistema agroflorestal para recuperação de  
pastagem degradada no bioma Cerrado

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias (PPGCVET) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciências Veterinárias

Linha de Pesquisa: Forragicultura, Manejo e Eficiência na Produção dos Animais e de seus Derivados

Uberlândia, 31 de julho de 2025

---

Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento – FMVZ – UFU/MG

---

Isabel Cristina Ferreira – EMBRAPA / UFU/MG

---

Larissa Barbosa de Sousa – ICIAG – UFU/MG

---

Karolini Tenffen De-Sousa – Instituto de Zootecnia – Sertãozinho/SP

---

Jhansley Ferreira da Mata – UEMG/MG

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço grandemente ao apoio dados pelas pessoas que permitiram desenvolver o projeto que, invariavelmente, foi desenvolvido por meio de horas de reflexão e planejamento. Dentre estas pessoas, a minha honrosa orientadora por toda a dedicação, confiança e paciência, a minha família que sempre manteve seu acolhimento e carinho em meio a tantos desafios, aos colegas da UFU e aos amigos colaboradores da Fazenda Experimental do Glória, que são magnânimos e parceiros de longa data.

Agradeço aos componentes da banca pelo interesse sobre o assunto e por dedicarem seu tempo e compartilhar seus conhecimentos para o enriquecimento do trabalho.

Agradeço a Deus por retribuir a minha fé.

## RESUMO

Sistemas agroflorestais (SAFs) são modelos de produção biodiversos que permitem a otimização do uso do solo, com a inclusão de serviços ambientais por meio dos consórcios com o componente arbóreo. Assim, objetivou-se apresentar um SAF com foco na melhoria da qualidade térmica do ambiente e equilíbrio do balanço de carbono. No primeiro artigo, objetivou-se descrever os custos, a implantação e a dinâmica de alterações do ambiente térmico de um SAF em uma pastagem degradada de *Urochloa decumbens* no bioma Cerrado. Para isso, foi implantado um SAF em duas linhas de plantio com 3 m de espaçamento em uma área isolada com 6 m de largura e 90 m de comprimento. As linhas foram cobertas com esterco bovino, resíduo de silagem de milho fermentada, cama de bezerreiro compostada e formulação NPK 08-28-16 (250 g m linear). O plantio nas linhas foi composto por *Eucalyptus grandis*, *Musa spp.* AAB, *Morus nigra*, *Manihot esculenta* Crantz, *Tithonia diversifolia* e *Dipteryx alata*. O custo de implantação foi de R\$4549,00 (US\$805,13), composto principalmente pela preparação mecanizada da área (29,90%) e a mão-de-obra (21,11%). Em relação ao ambiente térmico, houve redução do índice de temperatura de umidade (ITU), índice de globo negro úmido (IGNU) e carga térmica radiante (CTR) no período seco dentro do SAF. O modelo agroflorestal implantado possibilitou um baixo custo de investimento para a formação de sombreamento natural e a redução dos fatores de estresse por calor a partir dos 16 meses de implantação. No segundo experimento, o objetivo foi desenvolver uma ferramenta DPSIR para uma pastagem degradada de *Urochloa decumbens* no bioma Cerrado e propor como ação mitigadora à perda de carbono, a implantação de um SAF de baixo nível de tecnologia. Desenvolveu-se um SAF biodiverso em uma pastagem degradada de *U. decumbens* e, após 36 meses da sua implantação, foi elaborada uma ferramenta DPSIR para a degradação de pastagens no Cerrado, sugerindo o uso do SAF como resposta aos impactos gerados pelo processo, destacando o acúmulo de carbono no sistema de produção. Observou-se que as plantas de *Eucalyptus spp.* do SAF geraram um estoque de 4,567 Mg de C após 36 meses de implantação. A ferramenta DPSIR para processos de degradação de pastagens no Cerrado mostra que esta condição possui características multifatoriais capazes de gerar riscos às sustentabilidades ambiental, econômica e social de sistemas de produção pecuária, mas que possibilita que o SAF seja adotado como resposta aos impactos ambientais gerados. Conclui-se que o SAF de baixa tecnologia possibilitou a mitigação parcial dos impactos provocados por uma pastagem tropical degradada no bioma Cerrado.

**Palavras-chave:** agroecologia; balanço de carbono; biometeorologia animal; conforto térmico; sistemas agrossilvipastorais; sustentabilidade.

## ABSTRACT

The aim of this research is to present a agroforestry system (AFS) focused on improving the thermal quality of the environment and balancing the carbon budget. In the first manuscript, aimed to describe the costs, implementation and dynamics of changes in the thermal environment of an AFS in a degraded pasture of *Urochloa decumbens* in tropical environment. To do this, an AFS was planted in two rows 3 m apart in an isolated area 6 m wide and 90 m long. The rows were covered with cattle manure, fermented corn silage waste, composted calf bedding and NPK 08-28-16 formulation (250 g.m linear<sup>-1</sup>). The rows were planted with *Eucalyptus grandis*, *Musa* spp. AAB, *Morus nigra*, *Manihot esculenta* Crantz, *Tithonia diversifolia* and *Dipteryx alata*. The implementation cost was BRL 4312.28 (US\$ 763.33), which was mainly comprised of the mechanized preparation of the area (29.90%) and labor (21.11%). Compared to the degraded pasture, there was a reduction in the temperature and humidity index (THI), black globe humid index (BGHI) and radiant thermal load (RTL) during the dry season within the AFS. The agroforestry model enable a low investment cost for the formation of natural shading and a reduction in heat stress factors from 16 months of implementation. In the second manuscript, aimed to develop a DPSIR tool for a degraded *Urochloa decumbens* pasture in the Cerrado biome and propose the implementation of a low-tech AFS as a mitigating action against carbon loss. A biodiverse AFS was developed in a degraded *Urochloa decumbens* pasture and, 36 years after its implementation, a DPSIR tool was developed for pasture degradation in the Cerrado, suggesting the use of the AFS as a response to the impacts generated by the process, highlighting the accumulation of carbon in the production system. It was observed that the *Eucalyptus* spp. plants in the SAF generated a stock of 4.567 Mg of C after 36 months of implementation. The DPSIR tool for pasture degradation processes in the Cerrado, which presents it as a multifactorial condition capable of generating risks to the environmental, economic and social sustainability of livestock production systems, but which allows the SAF to be adopted as a response to the environmental impacts generated. It is concluded that the low-tech AFS made it possible to partially mitigate the impacts caused by a degraded tropical pasture in the Cerrado biome.

**Keywords:** agroecology; agroforestry systems; animal biometeorology; carbon balance; sustainability; thermal comfort.

## SUMÁRIO

SEÇÃO 1 – DESENVOLVIMENTO.....	8
1.1 INTRODUÇÃO.....	8
1.2 REVISÃO DE LITERATURA.....	11
1.2.1 Crescimento populacional global.....	11
1.2.2 Uso do solo e degradação de pastagens no bioma Cerrado.....	12
1.2.3 O desafio do bioma Cerrado na produção animal sustentável.....	13
1.2.4 Sistemas agroflorestais e sua função na sustentabilidade nos trópicos.....	14
1.2.5 Variáveis meteorológicas na pecuária.....	16
1.2.6 A estrutura DPSIR.....	16
REFERÊNCIAS.....	18
SEÇÃO 2: IMPLEMENTATION AND THERMAL ENVIRONMENT OF AGROFORESTRY SYSTEM IN DEGRADED PASTURE OF <i>Urochloa decumbens</i> IN TROPICAL ENVIRONMENT.....	23
SEÇÃO 3 - A DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS NO CERRADO PELO USO DA ESTRUTURA DPSIR: A IMPLANTAÇÃO DE AGROFLORESTAS DE BAIXA TECNOLOGIA COMO MITIGADORA DOS IMPACTOS.....	50
ANEXO 1 – NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA CIÊNCIA RURAL.....	32

## SEÇÃO 1 – DESENVOLVIMENTO

### 1.1 INTRODUÇÃO

Com uma população mundial estimada em nove bilhões de habitantes até 2050, o desafio da segurança alimentar, especialmente na cadeia produtiva dos produtos de origem animal, torna-se cada vez mais premente. Além da crescente demanda por alimentos, destaca-se a necessidade de uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos (Ran *et al.*, 2021), bem como a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE), que representam um dos principais entraves para a sustentabilidade do setor. Como destaque ao desafio na produção de ruminantes, o metano entérico ( $\text{CH}_4$ ) gerado por estes animais representa cerca de 30% de todas as emissões deste gás (Beauchemin, 2022; UNEP, 2022).

O uso do solo na produção de ruminantes também afeta diretamente a sustentabilidade ambiental das cadeias produtivas, especialmente em ecossistemas sensíveis como o Cerrado. Lapola *et al.* (2014) destacam que o Cerrado, além de abrigar cerca de metade das áreas de pastagens do Brasil, tem sido progressivamente convertido desde a década de 1990 para grandes monoculturas de soja e cana-de-açúcar. A expansão dessas culturas tem sido impulsionada pelo aumento do consumo interno e pela demanda externa por produtos do agronegócio brasileiro, aliada a políticas públicas que incentivam o uso de insumos agroquímicos e promovem a *comoditização* de produtos agrícolas (Lima *et al.*, 2022).

Como alternativa ao avanço das grandes monoculturas e à degradação dos solos, a agroecologia tem se destacado como uma abordagem viável para o desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis, tanto para a agricultura quanto para a pecuária. A agroecologia é definida como a ciência que aplica princípios ecológicos ao design e manejo de sistemas produtivos, buscando melhorar a qualidade do solo por meio da diversificação de culturas e da promoção de organismos benéficos, com o objetivo de aumentar a resistência das plantas a pragas, doenças e condições ambientais adversas (Altieri, 2010).

Um sistema agroflorestal é uma forma de uso e ocupação do solo em que árvores ou arbustos são plantadas ou manejadas com planejamento em associação com culturas agrícolas, forrageiras ou animais numa mesma área, podendo ser plantados de uma só vez ou numa sequência de tempo para diversificar a produção, ocupar a mão de obra, gerar renda, proteger o solo e a água, além de promover o envolvimento da população local (MACEDO, 2013).

No contexto supracitado, os Sistemas Agroflorestais (SAFs) têm ganhado destaque pela sua eficiência na integração de componentes arbóreos e/ou lenhosos aos sistemas de produção

agropecuária, otimizando o uso do solo e promovendo a conservação ambiental, enquanto simultaneamente garantem a produção de alimentos e madeira (Engel, 1999). Apesar da importante atuação na promoção de serviços ecossistêmicos promovida pelos SAFs agroecológicos, os agricultores familiares encontram como principais desafios em sua implantação a falta de suporte técnico e apoios governamentais para o desenvolvimento destes modelos de produção, visto que tais práticas não possuem uma base de difusão de informações, afetando diretamente a disponibilidade de profissionais especializados, mão-de-obra capacitada e cadeia de produtos e comercialização limitada (Shennan-Farpón *et al.*, 2022; Tranchina *et al.*, 2024).

O bem-estar animal (BEA) é um conceito que engloba aspectos biológicos, psicológicos e sociais, refletindo a saúde e o comportamento dos animais em sistemas de produção. Blochhuis *et al.* (2013) afirmam que o BEA é um campo multidisciplinar que integra conhecimento de diversas áreas, incluindo biologia, bioquímica, ética, economia e sociologia. No contexto das práticas agropecuárias, a saúde e o BEA são considerados componentes essenciais para a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Chemineau (2016) argumenta que o BEA e a saúde animal são determinantes para a estabilidade dos três pilares da sustentabilidade – econômica, social e ambiental – no setor agropecuário. Assim, a inter-relação entre SAFs, o ambiente e o BEA são compatíveis com os princípios da Agricultura Inteligente em Termos Climáticos (Climate-Smart Agriculture - CSA), que visa promover sistemas de produção resilientes às mudanças climáticas e que contribuam para a redução das emissões de GEE, sem comprometer o bem-estar dos animais e os rendimentos produtivos (Leenstra, 2013).

Em consonância com tais fatores, em 2024, o Brasil teve o ano mais quente já registrado em sua história, com temperaturas médias superiores às de 2023, recordista anterior (INMET, 2025). Tais questões destacam a importância de sistemas pecuários alinhados em propostas sustentáveis que otimizem o uso do solo, com promoção do BEA, associados à mitigação dos efeitos causados pelo aquecimento global e emissão de carbono.

No primeiro artigo, objetivou-se caracterizar e determinar aspectos financeiros da implantação de SAF e a dinâmica de alterações do ambiente térmico em pastagem degradada de *Urochloa decumbens* (*Brachiaria*). O segundo artigo objetivou desenvolver uma ferramenta DPSIR para uma pastagem degradada de *Urochloa decumbens* no bioma Cerrado e propor como ação mitigadora à perda de carbono, a implantação de um sistema agroflorestal (SAF) de baixo nível de tecnologia.



## 1.2 REVISÃO DE LITERATURA

### 1.2.1 Crescimento populacional global

O crescimento populacional nas últimas décadas tem sido um fator determinante nas discussões acerca da segurança alimentar e nutricional, além da utilização do solo. Com uma população com potencial de alcançar o número de 10 bilhões de pessoas em 2050, tal crescimento não apenas aumenta a demanda por alimentos, especialmente em países em desenvolvimento, mas também afeta o padrão de qualidade exigida dos alimentos e sobrecarrega os sistemas produtivos, obrigando-os a serem cada vez mais eficientes a longos prazos (Chiari, 2017; UNDESA, 2023)

A distribuição de tal crescimento ocorre prioritariamente, nos países em desenvolvimento, com destaque para as regiões tropicais dos continentes africano, asiático e América do Sul (Tabela 1). Em conjunção com este cenário, criam-se alertas em relação às condições climáticas e de ocupação de territórios, além de fatores relacionados à preservação ambiental, utilização dos recursos naturais e a segurança alimentar e nutricional para essas populações (UNDESA, 2023)

Tabela 1: Distribuição e percentual da população de 2022, 2030 e 2050, nas diferentes regiões do mundo

Região	População por região (em bilhões de pessoas / percentual da população total)					
	2022	%	2030	%	2050	%
África Subsaariana	1,152	14,51	1,401	16,46	2,094	21,62
Nordeste da África e Oeste da Ásia	0,549	6,91	0,617	7,25	0,771	7,96
Centro e sudoeste asiático	2,075	26,13	2,248	26,41	2,575	26,58
Oeste e sudeste asiático	2,342	29,49	2,372	27,87	2,317	23,92
América Latina e Caribe	0,658	8,29	0,695	8,16	0,749	7,73
Oceania	0,045	0,57	0,049	0,58	0,058	0,60
Europa e América do Norte	1,120	14,10	1,129	13,26	1,125	11,61
<b>Mundo</b>	<b>7,942</b>	<b>100</b>	<b>8,512</b>	<b>100</b>	<b>9,687</b>	<b>100</b>

Fonte: UNDESA (2022) - Adaptado

Em uma percepção global, a Tabela 1 apresenta claramente que a grande expansão populacional nas próximas décadas está localizada nos trópicos e em regiões subdesenvolvidas, gerando assim uma crescente limitação de acesso a alimentos e tecnologias de produção, especialmente as proteínas de origem animal, nos grupos de baixa renda (Wang; Tran; Enahoro, 2021). Diante deste cenário, o desenvolvimento de tecnologias de produção

de alimentos em modelos eficientes para diferentes níveis sociais deve ser visto como uma estratégia para a mitigação dos riscos relacionados à insegurança alimentar

### 1.2.2 Uso do solo e degradação de pastagens no bioma Cerrado

Dentro de um ecossistema, desde os naturais até os antropizados, o solo consiste da base responsável pelo suporte das estruturas orgânicas, hídricas e minerais. Assim, independente da dinâmica de aporte de insumos, a manutenção das estruturas do solo em suas diversas camadas, é fundamental para a manutenção da sustentabilidade dos sistemas produtivos, visto que este componente é responsável, dentre outras funções, pelo suporte da biodiversidade vegetal e animal, regulação dos fluxos hídricos e ciclagem de nutrientes (Gama, 2023)

O conceito de degradação de pastagens pode ser definido como a perda de vigor produtivo das forragens e da capacidade de suporte de uma área, ocorrido por manejos inadequados sucessivos e depleção dos recursos biológicos do solo, como matéria orgânica e microrganismos do solo. É um processo que ocorre em diferentes níveis que vão desde a degradação leve, onde se destacam a perda do vigor produtivo e valor nutricional das forragens, com consequente surgimento de plantas invasoras, até a degradação severa, caracterizada por ausência de cobertura vegetal do solo e a ocorrência dos processos erosivos (Dias-Filho, 2014).

Segundo o Atlas das Pastagens, ferramenta desenvolvida pela Universidade Federal de Goiás para o acompanhamento em tempo real da dinâmica de degradação de áreas no Brasil, o país possui aproximadamente 180 milhões de hectares (ha) de pastagens, sendo, respectivamente, cerca de 78 milhões e 40 milhões de ha com níveis de degradação intermediário e severo. (UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS, 2025).

Estes dados explicitam de forma característica, o potencial produtivo a ser explorado pelas áreas de pecuária no Brasil. Bolfe *et al.* (2024) obtiveram como resultado da avaliação geoespacial das áreas de pastagens no país, uma área de 28,02 milhões de ha com potencial “bom” ou “muito bom” para a utilização em sistemas agrícolas eficientes, especialmente em áreas de Cerrado nos Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais. Desta forma, os autores indicam que a utilização destas áreas deve ser feita por meio de culturas que permitam o aumento da biomassa e acúmulo de carbono no solo, além da avaliação prévia de características ecorregionais específicas.

Klink *et al.* (2020) afirmam que o bioma Cerrado, desde a década de 1970, insere-se em um processo acelerado de desmatamento, com cerca de 45% de sua área já comprometida. Este cenário ocorre em função da conversão de terras que, embora estratégica para a

economia brasileira, levanta preocupações significativas sobre a integridade dos ecossistemas e a biodiversidade local. Apesar disso, práticas agrícolas embasadas em estratégias técnico-científicas e de intensificação têm o potencial de contribuir positivamente para a conservação e recuperação dos recursos naturais do bioma.

### 1.2.3 O desafio do bioma Cerrado na produção animal sustentável

Em uma análise dos desequilíbrios relacionados à produtividade e eficiência de lavouras e rebanhos no Brasil entre as décadas de 1970 e 2000, Sparovek *et al.* (2018), abordam o contexto de expansão agrícola e suas implicações para a sustentabilidade. Os autores afirmam que a intensificação da pecuária no Brasil está frequentemente associada a investimentos em conservação e que, apesar disso, não são gerados resultados efetivos.

Apesar de concluírem que o processo de intensificação é a forma mais eficaz de reduzir a demanda por recursos naturais, gera-se uma dependência de insumos e subsídios governamentais, sugerindo o risco de um efeito “rebote”, gerando condições de desafio à sustentabilidade ambiental. Por fim, os autores sugerem que haja o estímulo por meio de políticas públicas que estimulem o uso de terras já ocupadas por pastagens, utilizando sistemas de produção agrícola de baixo impacto e baixa emissão de carbono (Sparovek *et al.*, 2018).

Carvalho *et al.* (2023) destacam a possibilidade de aumentar os estoques de carbono no solo, mesmo em contexto de produção agrícola intensificadas. Os autores argumentam que, com a adoção de práticas adequadas, é viável manter a produtividade em áreas do Cerrado enquanto se promove a recuperação e a manutenção dos estoques do carbono no sistema. Nesse aspecto, os autores indicam como modelos eficazes dentro da pecuária, os consórcios com pastagens tropicais que, se geridos de uma forma adequada, permitem o equilíbrio entre produtividade elevada e conservação ambiental.

Dentre os sistemas consorciados, os silvipastoris, que associam o componente arbóreo com as forragens, não apenas aumentam as taxas fotossintéticas e a fixação de nitrogênio, mas também promovem a reciclagem de nutrientes, a produção de biomassa e o aumento da matéria orgânica no solo. Além disso, os sistemas silvipastoris contribuem para o bem-estar animal, por meio da presença das árvores que promovem sombreamento e manutenção do microclima, a continuidade de serviços ambientais essenciais, como o sequestro de carbono, a preservação da água, a reabilitação do solo e a conservação da biodiversidade (Lombardini *et al.* 2021).

A importância de metodologias específicas de incremento dos índices de produtividade associada a manutenção dos recursos ambientais é um dos fatores essenciais para a adoção por produtores da agricultura familiar. Tal cenário é apresentado por Feltran-Barbieri; Féres (2021), que destacam que a degradação de áreas de pastagem gera um processo de ineficiência produtiva em aproximadamente 12 milhões de hectares no Brasil. No entanto, os autores afirmam que 25% destas áreas estão localizadas em apenas 1% dos municípios brasileiros, afirmando a necessidade de políticas estratégicas e localizadas, como a liberação de crédito rural para programas específicos, como os relacionados à agricultura de baixo carbono.

Dessa forma, expansão do Cerrado como fronteira agrícola a partir da década de 1970, fortaleceu-se a partir dos anos 2010, colocando-se em cenário de destaque em nível mundial na produção de alimentos. Como efeito negativo deste desenvolvimento produtivo, a manutenção dos recursos naturais tornou-se um dos maiores desafios dentro do bioma, conduzindo a políticas governamentais pouco expansivas, quando comparadas aos 30 milhões de hectares abertos para áreas de pastagens nos últimos 20 anos e aos 304 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> emitidos anualmente (World Economic Forum, 2024).

#### 1.2.4 Sistemas agroflorestais e sua função na sustentabilidade nos trópicos

A grande diversidade natural encontrada nos trópicos contrasta com a abertura de grandes áreas de produção agrícola, condição que ocasiona um contrassenso na produção de alimentos no sul global, onde, numericamente, a grande maioria das unidades produtivas, é composta por pequenas propriedades. Neste sentido, a introdução dos SAFs em sistemas produtivos atua na valorização da produção de alimentos típicos, manutenção de variedades e germoplasmas, além da promoção da segurança e soberania alimentar (Moreno-Calles *et al.*, 2016).

Tais sistemas, também denominados agroflorestas são modelos produtivos que utilizam o solo de forma a associar a utilização de árvores ou arbustos, com o componente agrícola e/ou animal em uma mesma área, imitando uma floresta por meio da cobertura constante do solo por meio de material vegetal, podendo envolver duas ou mais espécies, de acordo com o interesse produtivo (Altieri, 2012).

A função ecossistêmica dos SAF biodiversos relacionam-se favoravelmente em relação às melhorias físico-químicas e microbiológicas do solo, em condições tropicais. Em comparação com pastagens degradadas e florestas nativas preservadas, SAFs incluídos de diferentes espécies vegetais, além do componente arbóreo, possuem a capacidade de

controlar o processo de acidificação, promovem o acúmulo de P, K e incrementam a biomassa microbiana no solo. Em relação às pastagens, tais modelos produtivos atuam como desagregadores, com redução da densidade das partículas do solo (Matos *et al.*, 2022)

Ao considerar as condições de estresse térmico por calor intrínsecas a sistemas de produção animal a céu aberto em ambiente tropical, outro fator ambiental favorável à instalação de SAFs é a modificação do microclima por meio da promoção de sombreamento e redução da temperatura do ar e do solo (Machado, 2024).

Embora a aplicação de NPK em Sistemas Agroflorestais (SAFs) seja frequentemente debatida, devido ao uso da própria matéria orgânica e da biodiversidade para melhorar o solo, Sousa *et al.* (2024) observaram que a decomposição da matéria seca e o desaparecimento da matéria orgânica aumentaram quando foram aplicados níveis mais altos de nitrogênio (400 kg por hectare por ano) em sistemas que combinam *U. Brizantha* e híbridos de eucaliptos.

Entre as espécies vegetais empregadas em sistemas agroflorestais, o *Tithonia diversifolia* (margaridão) é frequentemente utilizado em diversos modelos devido à sua capacidade de produzir um grande volume de matéria orgânica e sua eficiência na ciclagem de nutrientes, resultante de sua rápida decomposição. No entanto, Kato-Noguchi (2020) observou que *T. diversifolia* pode afetar negativamente a germinação e o crescimento de gramíneas, incluindo espécies forrageiras. Esse efeito pode ser benéfico ao impedir a infestação das linhas de plantio por *U. decumbens*, uma espécie não recomendada para SAFs devido à sua capacidade invasiva.

Outro material frequentemente utilizado na implantação dos SAFs é o milheto como estratégia de rápida cobertura do solo, especialmente em condições de degradação, em função da baixa exigência e baixo custo da obtenção das sementes (Almeida *et al.*, 2023).

Em função do seu potencial de crescimento e promoção de incremento de carbono nos sistemas produtivos, a introdução do eucalipto como componente arbóreo, é uma estratégia difundida em diferentes modelos de sistemas agroflorestais, desde os silvipastoris até os sucessoriais biodiversos, possuindo também o potencial depósito de matéria orgânica como função ecossistêmica de destaque nestes cenários (MEDEIROS *et al.*, 2024; SCHETTINI *et al.*, 2022).

As bananeiras (*Musa spp.*) são integradas em variados arranjos dos SAFs, não somente como espécie de produção para geração de receita, mas também como componente promotor de conservação e cobertura de solo, além da possibilidade de manutenção do material mesmo em condições de baixa tecnologia e capacidade de investimento (COSTA *et al.*, 2024).

*Manihot esculenta* (mandioca) é também espécie frequentemente utilizada em SAFs biodiversos, especialmente na sua fase de implantação, visto que é a fase de maior

investimento no sistema e estas, além de aproveitar de maneira efetiva a incidência luminosa disponível no dossel, completam seu ciclo produtivo ainda no primeiro ano do sistema (ASSMAN *et al.*, 2021).

Outra espécie comercial com potencial dentro dos arranjos agroflorestais, *Morus nigra* ( amoreira) se destaca principalmente pela facilidade de propagação, podendo ser feita por estaquias, como também pela versatilidade de comercial do fruto, podendo ser feita com ele in natura ou por meio de processados (MARUYAMA, PAULA, TOSCANO, 2024)

#### 1.2.5 Variáveis meteorológicas na pecuária

O ambiente tropical, ao mesmo tempo que é visto com grande potencial de produção de forrageiras, tem o contraponto do estresse por calor em animais criados a pasto. Dentre as estratégias de mensuração de conforto térmico em animais de produção, o uso do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) permite identificar os efeitos negativos do calor na produção de vacas em lactação. Baccari Jr. (2015) sugere que o acúmulo de horas em que vacas em lactação são expostas a condições de ITU superiores a 72 afeta diretamente a produção de leite. No entanto, o autor destaca que há uma variedade de valores mínimos críticos de ITU encontrados na literatura.

Em ambientes tropicais, Negri *et al.* (2023) determinaram que os limites mínimos de ITU para vacas Girolando em lactação são de 77 para animais com graus de sangue 7/8 Holandês-Zebu (HZ), 78 para animais ¾ e 80 para animais com graus de sangue entre ¼ e 5/8. Os autores sugerem que vacas primíparas da raça Girolando podem ter uma redução na produção de leite de até 34% quando expostas a condições de estresse térmico por calor.

Para determinar os limites mínimos de ITU em vacas holandesas em confinamento, Collier *et al.* (2012) identificaram que valores acima de 65 resultam em redução da produção de leite, sugerindo a necessidade de resfriamento desses animais, especialmente quando expostos a uma ITU média acima de 68 durante 17 horas. Esses dados indicam que o tempo de exposição das vacas leiteiras a condições de estresse térmico por calor também influencia diretamente a produção de leite.

#### 1.2.6 A estrutura DPSIR

A estrutura ou ferramenta DPSIR, é baseada em um modelo de pensamento sistemático, que considera relações de causa e efeito dos componentes sociais, econômicos e ambientais. Mais comumente utilizada no contexto da gestão ambiental para vincular fatores ecológicos e socioeconômicos, a DPSIR atua como observatório de diversas aplicações de recursos naturais, incluindo o gerenciamento de sistemas agrícolas e integração de aspectos sociais,

culturais e econômicos da saúde ambiental e humana em uma única estrutura (Bradley; Yee, 2015).

No contexto das questões ambientais associadas à produção agropecuária, a estrutura DPSIR (Drivers, Pressures, State, Impact, Responses), desenvolvida pela European Environment Agency (EEA), oferece uma abordagem útil para compreender as relações causais entre as forças impulsionadoras dos sistemas produtivos e seus impactos ambientais.

De acordo com a estrutura DPSIR, as forças de condução geram pressões sobre os recursos naturais, o que resulta em mudanças nos estados físico-químicos e biológicos dos ecossistemas, gerando impactos. Esses impactos, por sua vez, podem ser abordados por meio de respostas políticas, sociais e tecnológicas, com o objetivo de mitigar os efeitos adversos (Kristensen, 2004; Zhou *et al.*, 2018).

Dessa forma, a utilização dos dados obtidos pela DPSIR, pode servir como mecanismo efetivo ao poder público e privado para promoção de estratégias de mitigação da ação antropológica em diferentes contextos ambientais, atuando como ferramenta para gestão adaptativa de sistemas socioambientais (GARI, NEWTON, ICELY, 2015; MANDIC, 2020).

## REFERÊNCIAS

ALTIERI, M. A. Agroecologia, agricultura camponesa e soberania alimentar. **Revista do Núcleo de Estudos, Pesquisas e Projetos de Reforma Agrária**, Presidente Prudente, v.13, n.16 p. 22-32, jun. 2010. DOI: <https://doi.org/10.47946/rnera.v0i16.1362>. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/1362>. Acesso em: 23 jun. 2024.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3 ed. São Paulo, Rio de Janeiro: Expressão Poplar, AS-PTA. 2012. 400p.

ALMEIDA, M.C.R. et al. Production of millet and legumes in intercropping systems for semi-arid regions. **Research, Society and Development**, v.12, p.1-15, 2023. DOI: 10.33448/rsd-v12i3.40407. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i3.40407>>. Acessado em: 09 mar. 2024.

ANIMAL C. F. A. W. **Farm animal welfare in Great Britain: Past, present and future**. London: Farm Animal Welfare Council, 2009. Disponível em: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/319292/Farm\\_Animal\\_Welfare\\_in\\_Great\\_Britain\\_-Past\\_Present\\_and\\_Future.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/319292/Farm_Animal_Welfare_in_Great_Britain_-Past_Present_and_Future.pdf). Acesso em: 25 out. 2024.

ASSMAN, J.M. et al. Produção de cultivares de mandioca nas entrelinhas de um sistema agroflorestal. **Cadernos de Agroecologia - Anais da Reunião Técnica sobre Agroecologia - Agroecologia, Resiliência e Bem Viver** - Pelotas, RS, v. 17, n. 3, 2022. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/6778/4947>. Acesso em: 28 ago. 2025.

BACCARI JR, F. The dairy cow and global climate change. **Journal of Animal Behavior Biometeorology**, v.3, n.1, p.1-8., 2015. DOI: 10.14269/2318-1265/jabb.v3n1p1-8. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.14269/2318-1265/jabb.v3n1p1-8>>. Acessado em: 09 jan. 2024.

BEAUCHEMIN, K.A. et al.. Invited review: Current enteric methane mitigation options. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.15, p.9297-9326. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22091>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030222005999>. Acesso em: 23 mar. 2025.

BLOKHUIS, H. J. et al. **Improving farm animal welfare: science and society working together: the Welfare Quality approach**. 1. ed. Wageningen The Netherlands: Springer, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-770-7>

BRADLEY, P.; YEE, S. **Using the DPSIR Framework to Develop a Conceptual Model: Technical Support Document**. US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Atlantic Ecology Division, Narragansett, RI. EPA/600/R-15/154, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/299367917\\_Using\\_the\\_DPSIR\\_Framework\\_to\\_Develop\\_a\\_Conceptual\\_Model\\_Technical\\_Support\\_Document](https://www.researchgate.net/publication/299367917_Using_the_DPSIR_Framework_to_Develop_a_Conceptual_Model_Technical_Support_Document). Acesso em: 12 jun. 2024.

CARVALHO, A. *et al.* Soil Carbon Stocks and Greenhouse Gas Mitigation of Agriculture in the Brazilian Cerrado - A Review. **Plants**, Basel, v.26, n.12, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12132449>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37447015/>. Acesso em: 29 jan. 2025.

CHIARI, N. Food Security: the Challenge of Nutrition in the New Century. **Relations**, Stanford, v. 5, n.2, 2017. DOI: 10.7358/rela-2017-002-chia. Disponível em: <https://www.ledonline.it/index.php/Relations/article/download/1258/939>. Acesso em: 21 nov. 2024.

CHEMINEAU, P. Invited review: Importance of animal health and welfare for the stability of the three pillars of sustainability of livestock systems. **Advances in Animal Biosciences**, Cambridge, v.7, n.2, p. 208-214, out. 2016. <https://doi.org/10.1017/S2040470016000145>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2040470016000145>. Acesso em: 241 nov. 2024.

COLLIER, R.J. *et al.* **Quantifying Heat Stress and its Impact on Metabolism and Performance. Department of Animal Sciences University of Arizona.** 2012. Disponível em: <[https://jefo.ca/wp-content/uploads/2024/12/Collier\\_2012.pdf](https://jefo.ca/wp-content/uploads/2024/12/Collier_2012.pdf)>. Acessado em: 09 mar. 2024.

COSTA, A.L. *et al.* Contribuições da cultura da banana em Sistemas Agroflorestais no Espírito Santo. IN: Souza, Mauricio Novaes (org.). **Tópicos Especiais. v. 2.** Canoas, RS: Merida Publishers, 2024. DOI:<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-23-7.c7>. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/item/4723>. Acesso em: 20 ago. 2025.

DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/986147/1/DOC402.pdf>. Acesso em: 21 out 2024.

ENGEL, V. L. Sistemas agroflorestais: conceitos e aplicações. Botucatu: **Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais**, Botucatu, 1999. Disponível em: <http://saf.cnpgc.embrapa.br/publicacoes/01.pdf>. Acesso em: 24 set. 2024.

FELTRAN-BARBIERI R., FÉRES J.G. Degraded pastures in Brazil: improving livestock production and forest restoration. **Royal Society Open Science**, Londres, v.8, e201854, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsos.201854>. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rsos.201854>. Acesso em: 21 jun. 2024

GAMA, J.T. Climate Chance and Ecosystem Servicers: Challenges and Opportunities. **Ecologies**, Basel, v.4, p.552-567, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ecologies4030036>. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ecologies4030036>. Acesso em: 21 nov. 2024.

GARI, S.R., NEWTON, A., ICELY, J. D. A review of the application and evolution of the DPSIR framework with an emphasis on coastal social-ecological systems. **Ocean and Coastal Management**, v.103, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964569114003652>. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.11.013>. Acesso em: 22 jun. 2025.

INMET – Instituto Nacional De Meteorologia – **Dados Históricos Anuais**. 2025. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 13 fev. 2025.

KATO-NOGUCHI, H. Involvement of Allelopathy in the Invasive Potential of *Tithonia diversifolia*. **Plants**, v.9, n.766, 2020. DOI: 10.3390/plants9060766. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2223-7747/9/6/766>> Acesso em: 23 jun. 2024.

KLINK, C. *et al.* The Role of Vegetation on the Dynamics of Water and Fire in the Cerrado Ecosystems: Implications for Management and Conservation. **Plants**, Basel, v.9, n.12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9121803>. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants9121803>. Acesso em: 28 out. 2024.

KRISTENSEN, P. **The DPSIR Framework paper presented at the 27-29 September 2004 workshop on a comprehensive/detailed assessment of the vulnerability of water resources to environmental change in Africa using river basin approach**. UNEP Headquarters, Nairobi, Kenya, 2014.

LAPOLA, D. M. *et al.* Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature Climate Change**, Londres, v.4, n.1, p. 27-35, dez. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1038/nclimate2056> Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nclimate2056>. Acesso em: 03 dez. 2024.

LEENSTRA, F. R. **Intensification of animal production and its relation to animal welfare, food security and climate smart agriculture**. Nota n.1570-8616. Lelystad: Wageningen UR Livestock Research. 2013. Disponível em: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/259262>. Acesso em: 22 out. 2024.

LIMA, C.Z. *et al.* Heat stress on agricultural workers exacerbates crop impacts of climate change. **Environmental Research Letters**, v.16, e044020, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abeb9f>. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abeb9f>. Acesso em: 21 jan. 2025.

LOMBARDINI, P.F. *et al.* 2021. Assessing Sustainability in Cattle Silvopastoral Systems in the Mexican Tropics Using the SAFA Framework. **Animals**, Basel, v.11, n.1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11010109>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/1/109>. Acesso em: 03 jan. 2025.

MACEDO, J.L.V. de. Sistemas Agroflorestais: princípios básicos. Manaus: **Instituto Amazônia**, Manaus, 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/669177>. Acesso em: 20 ago. 2025.

MACHADO, T.M.P. *et al.* Microclimate and the thermal comfort during the implementation of silvopastoral systems: the windbreak countereflect. **International Journal of Biometeorology**, Bank Negara, v.67, p.1519-1531, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-024-02681-x>. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-024-02681-x> Acesso em: 02 jan. 2025.

MANDIC, A. Structuring challenges of sustainable tourism development in protected natural areas with driving force–pressure–state–impact–response (DPSIR) framework. **Environment Systems and Decisions**, v. 40, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10669-020-09759-y> Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10669-020-09759-y>> Acesso em: 20 jun. 2025.

MARUYAMA, W.I.; PAULA, G.R.; TOSCANO, L.C. Parâmetros biométricos de plantas e frutos de amora (*Morus nigra* L.) em Cassilândia-MS. **Ciência & Tecnologia: FATEC-JB**, v. 16, n. 1, e16107, 2024. DOI:10.52138/citec.v16i1.339. Disponível em: <https://publicacoes.fatecjaboticabal.edu.br/citec/article/view/339/264>. Acesso em: 27 ago. 2025.

MATOS, P.S. *et al.* Short-term effects of agroforestry systems on soil health in Southeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, Bank Negara, v.96 p-897-908, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-022-00749-4>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-022-00749-4>. Acesso em: 21 jan. 2025.  
MEDEIROS, A et al. Production System Sustainability of Two Agroforestry in the Southernmost of Rio Grande do Sul State. *Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade*, v.12, p.44-62, 2024.

MORENO-CALLES, A.I. *et al.* Ethnoagroforestry: integration of biocultural diversity for food sovereignty in Mexico. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, London, v.12, n.54, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13002-016-0127-6>. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/310789312\\_Ethnoagroforestry\\_Integration\\_of\\_bio\\_cultural\\_diversity\\_for\\_food\\_sovereignty\\_in\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/310789312_Ethnoagroforestry_Integration_of_bio_cultural_diversity_for_food_sovereignty_in_Mexico)> Acesso em: 07 fev 2025.

Nation Department of Economic and Social Affair. **Global Population Growth and Sustainable Development**. 2023. DOI: <https://doi.org/10.18356/9789210052467c007>. Disponível em: <https://doi.org/10.18356/9789210052467c007>. Acesso em: 21 dez 2024.

NEGRI, R. et al. Genomic-enhanced breeding values for heat stress tolerance in Girolando cattle in Brazil. **Livestock Science**, v.278, e.105360, 2023. DOI: [10.1016/j.livsci.2023.105360](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2023.105360). Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2023.105360>> Acessado em: 02 jan. 2025.

RAN, Y. *et al.* Freshwater use in livestock production—To be used for food crops or livestock feed? **Agricultural Systems**, Bank Negara, v.155, p. 1-8, July 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.03.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308521X16304048>. Acesso em: 28 nov. 2024.

SCHETTINI, B.L.S. et al. Use of destructive and non-destructive methodologies to estimate stem biomass accumulation and carbon stock in an eucalyptus forest. **Revista Árvore**, v.46, e4611, 2022. Available from: <<https://doi.org/10.1590/1806-908820220000011>>. Acesso em: 28 dez. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-908820220000011>.

SPAROVEK, G. *et al.* Asymmetries of cattle and crop productivity and science during Brazil's agricultural expansion from 1975 to 2006. **Elementa**, Washington, v.6, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1525/elementa.187>. Disponível em:<http://dx.doi.org/10.1525/elementa.187>. Acesso em: 03 fev. 2025.

SOUSA, M.K.C.R. et al. Nitrogen fertilization increased grass litter decomposition in a tropical agroforestry system. **Agroforest Systems**, v.98, p.995-1008, 2024. DOI: [10.1007/s10457-024-00968-x](https://doi.org/10.1007/s10457-024-00968-x). Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10457-024-00968-x>> Acesso em 04 mai. 2025.

UNDESA – United Nations Departament of Economic and Social Affairs. **UN DESA Annual Highlights Report 2022-2023.** 2023. Disponível em: <https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/desa-highlight-report-2022-2023.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2025.

UNEP – United Nations Environment Programme and Climate and Clean AirCoalition. **Global metane assessment: benefits and costs of mitigating methane emitions.** 2021. Disponível em: <https://www.ccacoalition.org/content/benefits-and-costs-mitigating-methane-emissions>. Acesso em: 23 mar 2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. **Atlas das Pastagens.** Disponível em: <https://atlasdaspastagens.ufg.br/map>. Acesso em 10 jan. 2025.

ZHOU, S. *et al.* Assessing agricultural sustainable development based on the DPSIR approach: case study in Jiangsu, China. **Journal of Integrative Agriculture**, Pequim, v.12, n.7, p. 1292-1299, 2013. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60434-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60434-7). Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095311913604347>. Acesso em: 30 dez. 2024.

WANG, P.; TRAN, N.; ENAHORO, D. Spatial and temporal patterns of consumption of animal-source foods in Tanzania. **Agribusiness**, v. 38, p.328-348. DOI: <https://doi.org/10.1002/agr.21729>. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/agr.21729>. Acesso em: 21 jan. 2025.

World Economic Forum - **The Cerrado: Production and Protection.** 2024. 42p. Disponível em: [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Sustainable\\_Transition\\_Cerrado\\_2024.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Sustainable_Transition_Cerrado_2024.pdf). Acesso em: 11 jan. 2025.

**SEÇÃO 2: IMPLEMENTATION AND THERMAL ENVIRONMENT OF AGROFORESTRY SYSTEM IN DEGRADED PASTURE OF *Urochloa decumbens* IN TROPICAL ENVIRONMENT**

ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA CIÊNCIA RURAL – ISSN ELETRÔNICO ISSN Eletrônico: 1678-4596

Implementation and thermal environment of agroforestry system in degraded pasture of  
*Urochloa decumbens* in tropical environment

André Madeira Silveira FRANÇA<sup>1</sup>, Michelle Borges SILVA<sup>2</sup>, Mara Regina Bueno de Mattos NASCIMENTO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduate Program in Veterinary Sciences, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brazil

<sup>2</sup>Graduate Program in Veterinary Sciences, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brazil

<sup>3</sup>Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics, Uberlândia, Minas Gerais, Brazil

**Corresponding author:**

Name: André Madeira Silveira França

Email: andrefrancamg@gmail.com

**Abstract:** In a global scenario that seeks agri-food models suited to the need to mitigate the effects caused by anthropological action, this work aimed to describe the costs, implementation and dynamics of changes in the thermal environment of an agroforestry system (AFS) in a degraded pasture of *Urochloa decumbens* in tropical environment. To do this, an AFS was planted in two rows 3m apart in an isolated area 6m wide and 90 m long. The rows were covered with cattle manure, fermented corn silage waste, composted calf bedding and NPK 08-28-16 formulation (250 g.m linear<sup>-1</sup>). The rows were planted with *Eucalyptus grandis*, *Musa* spp. AAB, *Morus nigra*, *Manihot esculenta* Crantz, *Tithonia diversifolia* and *Dipteryx alata*. The implementation cost was BRL 4312.28 (US\$ 763.33), which was mainly comprised of the mechanized preparation of the area (29.90%) and labor (21.11%). Compared to the degraded pasture, there was a reduction in the temperature and humidity index (THI), black globe humid index (BGHI) and radiant heat load (RHL) during the dry season within the AFS. The agroforestry model enable a low investment cost for the formation of natural shading and a reduction in heat stress factors from 16 months of implementation.

**Keywords:** Agroecology. Animal biometeorology. Brazilian savannah. Sustainability. Thermal comfort

## Introduction

Cattle farming in Brazil under predominantly occurs pasture conditions, with approximately 70% of the feed from enable maintaining the carrying capacity of these areas. Furthermore, an estimated 50 to 70% of the country's pastures are degraded or in the process of degradation

While the demand for animal protein raises with population growth, increasing global temperatures can subject grazing animals to heat stress, which negatively impacts productivity and, consequently, the cattle sector's economy, particularly dairy production (ASTUTI et al. 2024). Therefore, the combined effects of pasture degradation and climate change create detrimental conditions for livestock farming in tropical environments, reducing

production potential. This is especially true for small properties, which constitute 91,4% of cattle production establishments in Brazil (SANTOS et al. 2022a).

As a management strategy, the introduction of agroforestry systems (AFSs) aims to improve soil quality by diversifying and promoting beneficial organisms, producing plant material that is resistant to pests, diseases and adverse conditions, by increasing biodiversity, including the incorporation of trees (ANBESSA & UTAILE, 2024).

The use of such systems can help to optimize animal production, by promoting natural shade through the combination of trees, pasture, cattle and agricultural crops in the same area, at the same time and with integrated management. This reduces solar incidence and improves animal welfare.

In line with these demands, the main characteristics of AFSs include the adoption of successional, biodiverse forestry model and the use of organic matter produced within the system as a soil cover strategy. Therefore, this research aimed to characterize and determine the financial aspects of implementing agroforestry and the dynamics of changes in the thermal environment in degraded *Urochloa decumbens* (*Brachiaria*) pasture in tropical environments.

## **Material and Methods**

### **Experimental Area**

The experiment was carried out in the Cerrado biome, in the dairy farming sector (SEBOL) of Fazenda Experimental do Glória - Experimental Farm at the Federal University of Uberlândia (18°55'23" S; 48°17'19" O) between December 2021 and July 2023. According to the Köppen classification, the region's climate is classified as Aw, characterized by a dry winter and a rainy summer.

The AFS was implemented on a 4.8-hectare of degraded pasture of *Urochloa decumbens* (*Brachiaria*), used for continuous grazing by cattle and horses of various

categories, containing a small area of natural shade provided by scattered native trees (Figure 1).

In a central region of the pasture area, the experimental area was cordoned off with a two-wire electric fence, 6 m wide and 90 m long ( $540\text{ m}^2$ ). The implementation of the agroforestry system (AFS) was described by characterizing the activities relating to soil preparation, mowing, fertilizing the area, laying down organic matter, planting, and subsequent management. For soil chemical analysis, 25 soil samples were collected from depths of 0-20 cm and 20-40 cm within the experimental area. These samples were then homogenized, and a 300 g subsample was sent to the commercial laboratory, realized according to EMBRAPA (2009).

### **Economic variables**

The implementation cost was calculated by summing the costs of labor and machinery use for harrowing, liming, leveling, furrowing, and input application. Labor costs were obtained by contacting the Rural Workers' Union of Uberlândia, Minas Gerais. Machinery hourly rates were provided by the Municipal Department of Agribusiness, Economy and Innovation of Uberlândia, Minas Gerais. All the values obtained were for the month of December 2021.

### **Meteorological variables**

Regarding meteorological variables, the quality of the environment inside and outside the AFS (treatments) was assessed at a height of 1.4 m above the ground six standardized collection points were established: four inside the AFS and two outside in the *U. decumbens* pasture (Figure 2)

Data collection occurred between October 2022 and July 2023, starting on the 280th day after the forest was established. The initial collection period was chosen from the point at which the AFS plants visually shaded the experimental area.

At each of the six collection points, dry bulb (Tdb) and black globe (Tg) temperatures (in °C) were measured using a globe thermometer (Instrutherm® TGD-200 - ±0.1 °C) and wind speed (WS - in m.s<sup>-1</sup>) using an anemometer (Instrutherm® AD-250 - ±0.2 m.s<sup>-1</sup>). Data from 27 samples collected between October 2022 and July 2023 were used in the analysis, with two or three repetitions per month, between 11:30 and 12:30 on sunny days, during periods of peak solar radiation.

Data collected on days with sudden temperature fluctuations or cloud cover were excluded from the analysis to ensure data consistency and reliability. In addition, historical data from the NASA POWER Platform (NASA, 2025) was used to obtain global radiation (S) and relative humidity (RH) and dew point temperature (DPT).

The temperature and humidity index (THI) and the black-globe humidity index (BGHI) were calculated following the equation of BERMAN et al. (2016) and BUFFINGTON et al. (1981), respectively.

The temperature and humidity index (THI) and the black-globe humidity index (BGHI) were calculated following the equation of Berman et al. (2016) and Buffington et al. (1981), respectively.

$$THI = 3.43 + 1.058(Tdb) - 0.293(RH) + 0.0164(Tdb)(RH) + 35.7$$

Where: Tdb is dry bulb temperature (°C) and RH is the relative humidity (%)

$$BGHI = Tg + 0.36(Tpd) + 41.5$$

Where: Tg and Tdb are the black - globe and the dew-point temperatures (°C), respectively.

The radiant heat load (RHL) was calculated following the equation cited by SILVA & MAIA (2013):

$$RHL = 1.052 \times hc \left( (Tg + 273) - (Tdb + 273) \right) + 5.6697 \times 10^{-8} (Tg + 273.15)^4$$

Where:  $hc$  is the convection coefficient of the globe the  $T_g$  and  $T_{db}$  are the black globe and the dry bulb temperatures ( $^{\circ}\text{C}$ ), respectively.

The convection coefficient ( $hc$ ) was calculated following the equation

$$hc = \left( \frac{0.0477}{15} \right) + 4.6 \left( \frac{(T_{db} + 273) - (T_g + 273)}{15(T_{db} + 273)} \right)^{0.25}$$

Where:  $T_{db}$  and  $T_g$  are the dry bulb and the black globe temperatures ( $^{\circ}\text{C}$ ), respectively.

The experiment followed a completely randomized design with repeated measures over time. Two treatments were compared (inside and outside the forest), two times of the year (dry and rainy season) and 27 replications. The rainy season was between October 2022 and March 2023, while the dry a normality test and compared to each other using the student t-test with a significance level of 95%. JASP Statistical Software 0.19.4 was used for the analysis.

## **Results**

### **Implementation of the agroforestry forest**

An area 6 m wide and 90 m long was demarcated using a two-wire electric fence. This area served as the site for the AFS, which was established by planting two rows of trees in furrows spaced 3 m apart. The choice of a low-tech AFS focused on crops and processes that are easily accessible to family farmers in the Cerrado biome. Thus, the aim was to strategically integrate seedlings of plant species already present in the surrounding area, minimizing disturbance to the existing pasture, employing minimal mechanization, and avoiding the use of irrigation.

To correct the soil, based on the chemical analysis of the soil, 1200 kg/ha of dolomitic limestone, with 85% of relative total neutralization power was manually applied to the AFS area only, and incorporated immediately by revolving. After, the planting lines were furrowed to prepare for subsequent planting activities.

The AFS was planted in late December 2021, using tanned bovine manure (2 kg/m linear), fermented corn silage waste (0.5 kg/m linear<sup>-1</sup>), composted calf bedding (0.5 kg/m linear) and NPK 08-28-16 formulation (250 g/m linear) to cover the furrows. The planting layout within the rows consisted of a mixed of *Eucalyptus grandis*, *Musa spp.* AAB (banana prata-anã and banana nanica), *Morus nigra* (mulberry), *Manihot esculenta* Crantz (cassava) and *Tithonia diversifolia* (daisy) and *Dipteryx alata* (baru), distributed in the AFS, according to Table 1. The soil preparation methods and planting arrangement are illustrated in Figure 3.

*U. decumbens* was kept in the spacing between rows, in addition to the sowing of *Pennisetum glaucum* (millet), at a rate of 20 kg of seeds/ha, *Zinnia elegans* (Viúva Regateira) and *Sesamum indicum* (sesame).

The plants were managed on a weekly basis, for four hours a week, pruning the material planted in the rows, stimulating the incidence of light inside the canopy, as well as providing organic matter through the pruning of daisies, eucalyptus and *Zinnia elegans*.

The inter-row space was mowed as soon as the plant material reached a height of approximately 30 cm, before the *U. decumbens* seeds were emitted. After mowing, the material was driven over and piled up in the beds, with the aim of maintaining an approximate supply of 2kg of green matter per linear meter. Figure 4 shows the development of the agroforestry grove between December 2021 and July 2023.

In addition to the traditional management factors for implementing an AFS, other intervention actions were carried out to develop the model in question.

Ants were controlled using *Sesamum indicum* (sesame) seeds inside the forest. In adjacent areas, outside the forest, and with large *Atta spp.* anthills (leafcutters), required the use of granulated baits based on sulfluramid, given the high number of leaves and stems cut from the eucalyptus seedlings.

## **Economic variables**

Table 2 describes the inputs and items purchased, as well as the services carried out for the implementation of the agroforestry grove.

Once the system had stabilized, especially in relation to the need for frequent mowing, requiring only strategic pruning for the plants' overall development and the light deposition of organic material. Given that the experimental area was set up with the aim of evaluating development over 20 months, it can be said that the initial costs represented the largest investments. The percentages of items and services used in AFS implantation are shown in Figure 4.

### **Environmental variables**

The obtained values of Tdb and Tg show that there is a tendency to decrease inside the AFS, before March 2023 (Figure 5). In the following months (April, May, June and July 2023) we observed a lower Tdb inside the AFS than outside ( $p \leq 0.05$ ).

There was a more pronounced reduction in Tg in relation to Tdb, mainly due to the lower solar incidence caused by shading, since the black globe reading is directly influenced by the absorption of solar radiation (COSTA et al. 2023). These data suggest that the shading generated by the AFS reduces the Tg after 16 months of implementation.

The means of THI, BGHI and RHL determined inside and outside the AFS during the dry and rainy seasons are shown in Table 3. The AFS did not influence the THI according to the times of year observed.

### **Discussion**

Among the selection factors for the species used in the AFS in question was the local availability of the material, both at a regional level (e.g. eucalyptus, banana, millet) and in terms of the availability of seedlings and seeds in the vicinity of the experimental area (e.g. daisy, mulberry). This strategy aimed to mimic real conditions of low availability of financial

resources for the implementation of AFSs, preventing this factor from being an impediment to the implementation of the model in question.

Although the use of NPK formulations is not common to all AFSs, precisely because these systems use the organic matter generated and biodiversity as strategies to improve the soil, SOUSA et al. (2024) identified an increase in the decomposition of dry matter and the disappearance of organic matter when higher levels of N (400 kg/ha/year) were used in intercropped systems of *U. Brizantha* and eucalyptus hybrids.

The development of AFS models with low levels of intervention in the landscape and low costs can be seen as a factor in encouraging their use among agroforestry systems. OPDENBOSCH & HANSSON (2023) identified economic, environmental and risk factors that induce cattle farmers to implement AFSs on their properties. Although they concluded that all the AFSs evaluated generate positive returns in the long term, the main limiting factors observed for implementation are in high-investment and long-term productive return systems.

In addition to its function as a forage plant, with satisfactory forage accumulation and crude protein content (SOARES et al. 2024), *T. diversifolia* is used in various models with the aim of generating a high volume of organic matter production, in addition to its high nutrient cycling capacity due to the rapid decomposition rate of leaf material (PARTEY et al. 2011).

BIZZUTI et al. (2025) found that not only did the use of *T. diversifolia* intercropped in grazing systems reduce the system's CO<sub>2</sub> emissions, but also generated a 0.6 °C reduction in environmental temperature compared to the monoculture system. In this way, planting *T. diversifolia* can be beneficial for the implementation and establishment of AFSs.

The purpose of planting millet was to provide rapid cover due to its ability to develop in degraded soils, the low cost of the seeds, and its low water requirement (ALMEIDA et al.

2023), allowing these plants to generate rapid soil cover in the area, competing with the germination of *U. decumbens* seeds already present in the area.

In relation to the potential for efficient land use by agroecosystems, LIU et al. (2022) states that these models have the capacity to optimize areas due to the association of the forest component with food production, as well as being able to contribute to the recovery of the productive capacity of natural resources, and can also promote thermal comfort for animals, in addition to other services. It is essential to point out that the species used to implement a successional AFS are based on the characteristics of the local climate and soil, with the preferential use of native genetic material as a criterion. However, other factors must be taken into account, such as the maximum productive performance of the consortia and the ability to manage and market the products obtained from the system.

BINDE et al. (2021) developed a successional agroforestry system in the state of Mato Grosso, Brazil, preparing the soil using lime ( $100 \text{ g/m}^2$ ) and ash ( $200 \text{ g/m}^2$ ), preparing the beds and incorporating  $10 \text{ L/m}^2$  of cattle manure and  $200 \text{ g/m}^2$  of magnesium thermophosphate. The authors used vegetable varieties, as well as papaya, annatto, tingui, cotton, baru, pineapple, banana, ata, pitanga, sesame, lemon, eucalyptus, aguaí, guandu beans and pork beans.

AZIMI et al. (2023) highlights that *Sesamum indicum* mixed has the potential to inhibit the development of weeds and insect pests. Thus, FARIA et al. (2017) verified the efficiency of using sesame flour to inhibit the symbiont fungus of leaf-cutting ants, since the fungus is responsible for the bioavailability of nutrients to the ants, as well as the structural maintenance of the nests. Another strategy to minimize predation of eucalyptus seedlings by ants was to wrap the seedlings in disposable cups as a physical deterrent. In addition, many *P. glaucum* seeds were transported during the initial phase of the forest's development.

Leaf-cutting ants (*Atta* sp.) are considered the main pests of Eucalyptus plantations. CHILES et al. (2022) indicate that, in addition to strategies using formicide baits, the use of

functional ecosystem services makes it possible to reduce foraging. Thus, the use of biodiverse systems associated with the deposition of organic matter in the soil allows for greater system functionality and lower risks of cutting by *Atta* sp.

The costs of implementing agroforestry systems depend on various factors, such as the size of the area to be planted, the choice of plant species, the availability of labor and the necessary inputs. Initially, costs may include soil preparation, purchasing seedlings or seeds, implementing soil conservation practices, fencing the area and possibly installing irrigation systems. In addition, operating costs related to plantation maintenance and proper crop management should also be considered (STATON et al., 2022).

There was a reduction in THI, BGHI and RHL within the AFS during the dry season of the year. The non-occurrence of variation in the rainy season is probably due to the low influence of the shading generated by the AFS during this period, given that its formation was approximately one-year-old. These data suggest that the AFS model developed had a favorable influence on environmental variables 16 months after planting, when the start of the 2023 dry season was considered.

The use of THI allows the deleterious effects of heat on animal production to be identified. BACCARI JR. (2015) suggested that the accumulation of hours that lactating cows are exposed to THI conditions greater than 72 directly affects milk production. However, the author pointed out that there is a diversity of minimum critical THI values found in the literature.

Under tropical environmental conditions, NEGRI et al. (2023) determined the THI thresholds for lactating Girolando cows to be 77 for those with a 7/8 Holstein-Zebu (HZ) genetic composition, 78 for ¾ HZ animals, and 80 for animals with a genetic composition between ¼ and 5/8. The authors suggest that primiparous Girolando cows have a potential reduction in milk production of up to 34 % when exposed to conditions of thermal heat stress.

To determine the THI thresholds for Holstein cows in confinement, COLLIER et al. (2012) found that milk production was reduced when values were above 65, suggesting the need to cool these animals down, especially when they are exposed to a mean of THI above 68 for 17 hours. Thus, the mentioned data suggests that there is also a direct influence on milk production through the length of time dairy cows are exposed to heat stress conditions.

RHL is the sum of all the radiation emitted from space and received by a body and is considered the main determinant of heat exchange rates between animal body mass and the environment. Animals grazing in tropical environments, where solar radiation is more intense, are more susceptible to high RHL rates compared to confined animals (SANTOS et al. 2022b), as they are directly influenced by solar radiation, radiation from the ground, the sky and the bodies around them (BERMAN & HOROVITZ, 2012).

The reduction in THI, BGHI and RHL promoted by the AFS in the dry season of 2023 suggests that the shading was effective both in terms of exposing the animal to solar radiation and, possibly, by reducing the soil temperature and the microclimate generated by the forest when compared to the rainy season (Figure 6).

In line with these results, OLIVEIRA et al. (2018) identified a reduction in THI, BGHI and RHL in silvopastoral systems of *U. brizantha* cv. Piatã and *Eucalyptus* spp. in tropical conditions, when compared to pastures with sparse native trees. MAGALHÃES et al. (2023) highlight the use of different eucalyptus cultivars in systems intercropped with pastures in tropical conditions, indicating that this tree component has good adaptability to such soil and climatic conditions, as well as providing favorable shading for animal ambience and pasture productivity, provided they are managed strategically.

DANSO et al. (2024) state that although goats are adapted to different climatic conditions, through physiological changes that are adaptive to heat stress, they suffer a significant decrease in their immune and reproductive functions. As a result, the authors state that the current climatic reality negatively influences production processes, with the

occurrence of economic losses and risks to global food security, suggesting strategies such as temperature regulation and the provision of shade

The synergistic potential benefits to the microclimate and soil recovery promoted by AFS in a tropical environment are also highlighted by GUAMÁN-RIVERA et al. (2024). In silvopastoral systems formed by eucalyptus and *U. decumbens* at densities of 100 and 150 trees/ha, the authors identified a reduction in DBT, THI, and RHL, as well as an improvement in the agronomic composition of the soil, when compared to the conventional system. Like many authors, the researchers also suggest further research to clarify these short- and long-term benefits.

Among the biggest challenges when planting trees in degraded pastures, CORDEIRO et al. (2021) point out that the low availability of organic matter, low soil fertility, and lack of management when planting create unfavorable conditions for seedling survival. In this experiment, there was mortality of eucalyptus seedlings caused by ants cutting the leaves, as well as poor initial development of the baru and mulberry trees.

As the AFS in question aimed to produce shade to improve the thermal environment of the pasture on which it was installed, the use of eucalyptus trees as plants to promote a greater area of shade, the stratification of the AFS prioritized the development of such individuals. This meant that it was necessary to use a low number of tree varieties, given that they would later be occupied by animals. As a consequence of this condition, it is expected that the financial return from the AFS will be diluted as a result of the animals length of stay, due to the reduction in thermal heat stress.

SANTOS et al. (2024) state that, in Cerrado conditions, the adoption of biodiversity techniques, such as the implantation of forest areas, associated with production intensification strategies in degraded pastures allows for an increase in carbon sufficient to promote the recovery of these areas. Given this scenario, it can be said that the accumulation of organic matter obtained associated with the vegetation cover and the reduction in the temperature of

the microenvironment observed in this experiment allows for the partial recovery of degraded pasture areas.

In a systematic review of articles published on changes to the thermal environment in silvopastoral systems with dairy cows, DENIZ et al. (2023) identified that, among the 19 articles evaluated, it is possible to infer that the presence of shading, when compared to pastures without a tree component, increases the thermal comfort of the animals, well as increasing the frequency of food intake. In addition, the authors indicate that such systems allow for a reduction in water consumption, body temperature and respiratory rate, characterizing benefits of silvopastoral systems for animal welfare and the sustainability of the production system.

Due to the multidisciplinary aspects involved in the implementation of AFS, the global challenge of proposing models that are specific to each production system is a fundamental condition for producers to make decisions, disseminate information and draw up public policies for the development of these systems, regardless of the region they are implemented (BUDĂU et al. 2023; DE-SOUSA et al. 2025; LAUB et al. 2025).

Considering the experimental conditions, the AFS sought to use low-cost plant material by obtaining it locally, as well as applying pre-existing inputs on the property. Thus, despite the proposed system, producers must adapt, based on the use of low-cost materials, as well as the planting of species adapted to local climatic conditions, which are essential conditions for the success of the AFS.

## **Conclusion**

The implementation of the AFS allowed for a low investment cost, which was diluted over the course of the project. This AFS model can be used as an alternative to traditional woodland or integration systems that aim to provide shade in pasture conditions, promoting biodiversity and soil cover. Despite this, it is important to adopt strategic measures to

minimize the use of external inputs as a way of minimizing costs and encouraging their adoption by producers.

The proposed SAF enable reducing heat stress 16 months after its implementation. Thus, it can be said that the suggested model has a potential mitigating effect on heat stress conditions in production animals in tropical conditions.

**Declaration of conflicts of interest:** The authors declare no conflict of interest in development and submission of this paper

**Acknowledgments:** This study was partially funded by the Minas Gerais Research Foundation (FAPEMIG) the The Brazilian Federal Agency for Support and Evaluation (CAPES)

**Authors' Contributions:** A.M.S.F and M.R.B.M.N conceived of the presented idea. A.M.S.F, M.B. and M.R.B.M. carried out the experiment. A.M.S.F and M.R.B.M.N discussed the results. All authors contributed to the final manuscript.

## References

ALMEIDA, M.C.R. et al. Production of millet and legumes in intercropping systems for semi-arid regions. *Research, Society and Development*, v.12, p.1-15, 2023. Available from: <<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i3.40407>>. Acessed: Mar. 09, 2024. doi: 10.33448/rsd-v12i3.40407

ANBESSA, G.N., UTAILE, U.Y. Scattered trees in smallholder farms improve soil properties and litter decomposition in humid-agroecosystems in Ethiopia. *Agroforestry Systems*, v.98, p.1731-1743, 2024. Available from: <<https://doi.org/10.1007/s10457-024-00982-z>> Acessed: Jan. 02, 2025. doi: 10.1007/s10457-024-00982-z

ASTUTI, P.K. et al. Climate change and dairy farming sustainability; a causal loop paradox and its mitigation scenario. *Heliyon*, v.10, n.3, e25200, 2024. Available from: <<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25200>>. Acessed: Feb. 16, 2025. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e25200

AZIMI, S., AMINI, R., HOSSEINGOLIZADEH, M. Suppression of weed and insect populations by living and straw mulches in sesame (*Sesamum indicum L.*). *Scientific Reports*, v.13, n.21586, 2023. Available from: <<https://doi.org/10.1038/s41598-023-48978-6>> Acessed: Sep. 17, 2024. doi: 10.1038/s41598-023-48978-6

BACCARI JR, F. The dairy cow and global climate change. *Journal of Animal Behavior Biometeorology*, v.3, n.1, p.1-8., 2015. Available from: <<http://dx.doi.org/10.14269/2318-1265/jabb.v3n1p1-8>>. Acessed: Jan. 09, 2025. doi: 10.14269/2318-1265/jabb.v3n1p1-8

BERMAN, A, HOROVITZ, T. Radiant heat loss, an unexplored pathway for heat stress reduction in shaded cattle. *Journal of Dairy Science*, v.95, n.6, p.3021-3031, 2012. Available from: <<https://doi.org/10.3168/jds.2011-4844>> Acessed: Jan. 02, 2025. doi: 10.3168/jds.2011-4844

BERMAN, A. et al. A comparison of THI indices leads to a sensible heat-based heat stress index for shaded cattle that aligns temperature and humidity stress. *International Journal of Biometeorology*, v.60, p.1453-1462, 2016. Available from: <<https://doi.org/10.1007/s00484-016-1136-9>> Acessed: Mar. 09, 2024. doi: 10.3168/jds.2011-4844

BINDE, D.R. et al. Eficiência do uso de sistemas agroflorestais sucessionais na recuperação do solo em Flor de Ibez/Barra do Garças-MT. *Revista Panorâmica*, Special Edition, p.66-81, 2021. Available from: <<https://periodicoscientificos.ufmt.br/revistapanoramica/index.php/revistapanoramica/article/view/1380>> Acessed: Jan. 02, 2025.

BIZZUTI, B.E. et al. Balancing productivity and emissions: the role of *Tithonia diversifolia* in tropical silvopastoral system. *Agroforest Systems*, v.19, n.14, 2025. Available from: <<https://doi.org/10.1007/s10457-024-01108-1>> Acessed: Apr. 18, 2025. doi: 10.1007/s10457-024-01108-1

BUDĂU, R. et al. Expert-Based Assessment of the Potential of Agroforestry Systems in Plain Regions across Bihor County, Western Romania. *Sustainability*, v.15, n.22, 15724, 2023. Available from: <<https://doi.org/10.3390/su152215724>> Acessed: Mar. 09, 2024. doi: 10.3390/su152215724

BUFFINGTON, D.E. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transactions of the ASAE*, n.24, v.3, p.711-714, 1981. Available from: <<https://doi.org/10.13031/2013.34325>> Acessed: Mar. 09, 2024. doi: 10.13031/2013.34325

CHILLES, R.C et al. How can structure and composition of Eucalyptus plantation landscape reduce leaf-cutting ants? *Forest Ecology and Management*, v.518, e120250, 2022. Available from: <<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120250>>. Acessed: Jan. 02, 2025. doi: 10.1016/j.foreco.2022.120250

COLLIER, R.J. et al. Quantifying Heat Stress and its Impact on Metabolism and Performance. Department of Animal Sciences University of Arizona. 2012. Available from: <[https://jefo.ca/wp-content/uploads/2024/12/Collier\\_2012.pdf](https://jefo.ca/wp-content/uploads/2024/12/Collier_2012.pdf)>. Acessed: Mar. 09, 2024

CORDEIRO, I.M.C.C. et al. Crescimento e sobrevivência de espécies nativas plantadas em florestas em diferentes estágios de sucessão após pastagem. *Natural Resources*, v.11, n.3, p.20-32, 2021. Available from: <<http://doi.org/10.6008/CBPC2237-9290.2021.003.0004>> Acessed: Jan. 02, 2025. doi: 10.6008/CBPC2237-9290.2021.003.0004

COSTA, J.H.S. et al. Comparison of black and gray globe thermometers in different environments. *REVISTA DELOS*, v.16, n.46, p.1994–2009, 2023. Available from: <<https://doi.org/10.55905/rdelosv16.n46-004>> Acessed: Apr. 18, 2025. doi: 10.55905/rdelosv16.n46-004

DE-SOUZA, K.T. et al. Livestock farmer-reported knowledge and attitudes regarding agroforestry planning and management. *Agroforest Systems*, v.99, n.28, 2025. Available from: <<https://doi.org/10.1007/s10457-024-01115-2>> Acessed: Apr. 18, 2025. doi: 10.1007/s10457-024-01115-2

DENIZ, M. et al. A systematic review of the effects of silvopastoral system on thermal environment and dairy cows' behavioral and physiological responses. *International Journal of Biometeorology*, v.67, p.409-422, 2023. Available from: <<https://doi.org/10.1007/s00484-023-02431-5>>. Acessed: Jan. 02, 2025. doi: 10.1007/s00484-023-02431-5

DIAS-FILHO, M.B. Diagnóstico das Pastagens no Brasil. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2014. Available at: Available from: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/986147/1/DOC402.pdf>> Acessed: Mar. 09, 2024

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Manual de análises de solos, plantas e fertilizantes. 2nd ed. Brasília: Embrapa, 2009. Available from: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/330496>> Acessed: Mar. 09, 2024

FARIA, A.B.C. et al. Effect of Sesame Seed (*Sesamum Sp.*) About Symbiotic Fungus of the Ant Genus *Acromyrmex* spp (Formicidae: Hymenoptera). *Revista Ciências Exatas e Naturais*, v.12, p.133-141, 2010. Available from: <[https://www.researchgate.net/publication/267330524\\_Effect\\_of\\_Sesame\\_Seed\\_Sesamum\\_Sp\\_About\\_Symbiotic\\_Fungus\\_of\\_the\\_Ant\\_Genus\\_Acromyrmex\\_spp\\_Formicidae\\_Hymenoptera](https://www.researchgate.net/publication/267330524_Effect_of_Sesame_Seed_Sesamum_Sp_About_Symbiotic_Fungus_of_the_Ant_Genus_Acromyrmex_spp_Formicidae_Hymenoptera)> Acessed: Mar. 09, 2024

GUAMÁN-RIVERA, S.A. et al. Silvopastoral systems as a tool for recovering degraded pastures and improving animal thermal comfort indexes in Northern Ecuador. *Brazilian Journal of Biology*, v.84, e286137, 2024. Available from: <<https://doi.org/10.1590/1519-6984.286137>> Acessed: Apr. 18, 2025. doi: 10.1590/1519-6984.286137

HOTT, M.C. et al. Remote Sensing Applied to Pasture Monitoring: A Review. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v.18, n.7, p.1-18, 2024. Available from: <<https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n7-161>> Acessed: Mar. 09, 2024. doi: 10.24857/rgsa.v18n7-161

LAUB, M. et al. A novel approach to use the DayCent model for simulating agroforestry systems with multiple components. *Agroforest Systems*, v.99, n.25, 2025. Available from: <<https://doi.org/10.1007/s10457-024-01127-y>> Acessed: Apr. 18, 2025. doi: 10.1007/s10457-024-01127-y

LIU, Q. et al. Agroecosystem services: A review of concepts, indicators, assessment methods and future research perspectives. *Ecological indicators*, v.142, e109218, 2022. Available from: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109218>> Acessed: Apr. 18, 2025. doi: 10.1016/j.ecolind.2022.109218

MAGALHÃES, A.F. et al. Influência do sombreamento no desenvolvimento forrageiro em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. *Scientific Electronic Archives*. v.16, n.11, 2023. Available from: <<https://doi.org/10.36560/161120231803>> Acessed: Apr. 18, 2025. doi: 10.36560/161120231803

NASA - National Aeronautics and Space Administration. NASA POWER - Prediction of Worldwide Energy Resources. Data Access Viewer v.2.4.6, 2025 Available from: <<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>> Acessed: Apr. 18, 2025.

NEGRI, R. et al. Genomic-enhanced breeding values for heat stress tolerance in Girolando cattle in Brazil. *Livestock Science*, v.278, e.105360, 2023. Available from: <<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2023.105360>> Acessed: Jan. 02, 2025. doi: 10.1016/j.livsci.2023.105360

OLIVEIRA, C. et al. Thermal comfort indices assessed in integrated production systems in the Brazilian savannah. *Agroforestry Systems*, v.92, p.1659-1672, 2018. Available from: <<https://doi.org/10.1007/s10457-017-0114-5>> Acessed: Apr. 18, 2025.

OPDENBOSCH, H., HANSSON, H. Farmers' willingness to adopt silvopastoral systems: investigating cattle producers' compensation claims and attitudes using a contingent valuation approach. *Agroforest Systems*, v.22, p.133-149, 2023. Available from: <<https://doi.org/10.1007/s10457-022-00793-0>> Acessed: Apr. 18, 2025. doi: 10.1007/s10457-022-00793-0

PARTEY, S. et al. Decomposition and nutrient release patterns of the leaf biomass of the wild sunflower (*Tithonia diversifolia*): A comparative study with four leguminous agroforestry species. *Agroforestry Systems*. v.81, p.123-134, 2011. Available from: <<https://doi.org/10.1007/s10457-010-9360-5>> Acessed: Mar. 09, 2024. doi: 10.1007/s10457-010-9360-5

SANTOS, C.O. et al. Livestock intensification and environmental sustainability: An analysis based on pasture management scenarios in the brazilian savanna. *Journal of Environmental Management*, v.355, e120473, 2024. Available from: <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120473>> Acessed: Apr. 18, 2025. doi: 10.1016/j.jenvman.2024.120473

SANTOS, C.O. et al. Assessing the Wall-to-Wall Spatial and Qualitative Dynamics of the Brazilian Pasturelands 2010-2018, Based on the Analysis of the Landsat Data Archive. *Remote Sensing*, v.14, n.4, p.1024, 2022a Available from: <<https://doi.org/10.3390/rs14041024>> Acessed: Apr. 18, 2025. doi: 10.3390/rs14041024

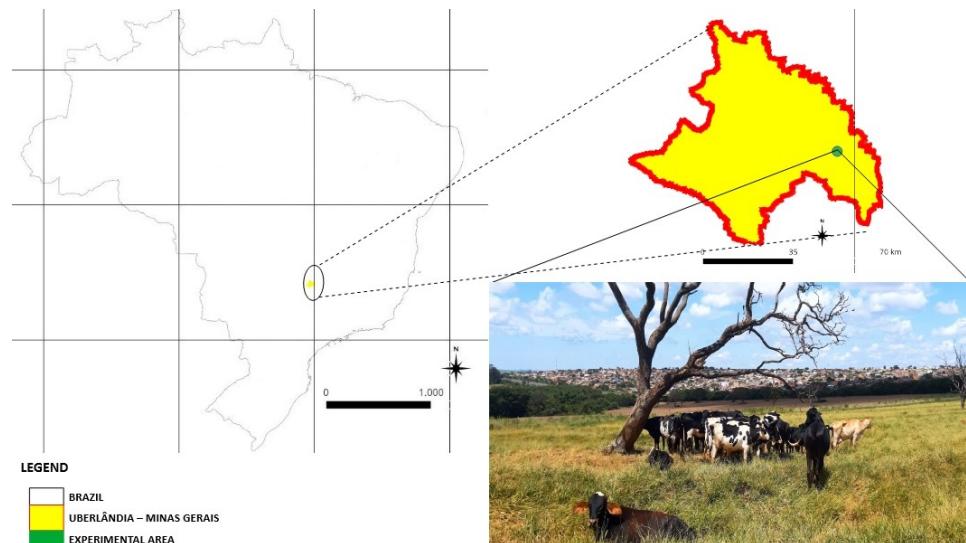
SANTOS, S.G.C.G. et al. Heat tolerance, thermal equilibrium and environmental management strategies for dairy cows living in intertropical regions, *Frontiers in Veterinary Science*, n.9, e988775, 2022b. Available from: <<https://doi.org/10.3389/fvets.2022.988775>> Acessed: Apr. 21, 2025. doi: 10.3389/fvets.2022.988775

SILVA, R.G., MAIA, A.S.C. Principles of Animal Biometeorology. *Biometeorology*. v.2. New York: Springer, 2012. Available from: <<https://doi.org/10.1007/978-94-007-5733-2>> Acessed: May. 04, 2025. doi: 10.1007/978-94-007-5733-2

SOARES, N.O. et al. *Tithonia diversifolia* potential for forage production: selection of accessions occurring in Cerrado and Atlantic Forest Biomes in Brazil. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.76, n.6, 2024. Available from: <<https://doi.org/10.1590/1678-4162-13185>> May. 04, 2025. doi: 10.1590/1678-4162-13185

SOUZA, M.K.C.R. et al. Nitrogen fertilization increased grass litter decomposition in a tropical agroforestry system. *Agroforest Systems*, v.98, p.995-1008, 2024. Available from: <<https://doi.org/10.1007/s10457-024-00968-x>> May. 04, 2025. doi: 10.1007/s10457-024-00968-x

STATON, T. et al. (2022) Productivity, biodiversity trade-offs, and farm income in an agroforestry versus an arable system. *Ecological Economics*, v.191, e107214, 2022. Available from: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107214>> Acessed: Mar. 09, 2024. doi: 10.1016/j.ecolecon.2021.107214



**Figure 1.** Geographical location of the experimental area.

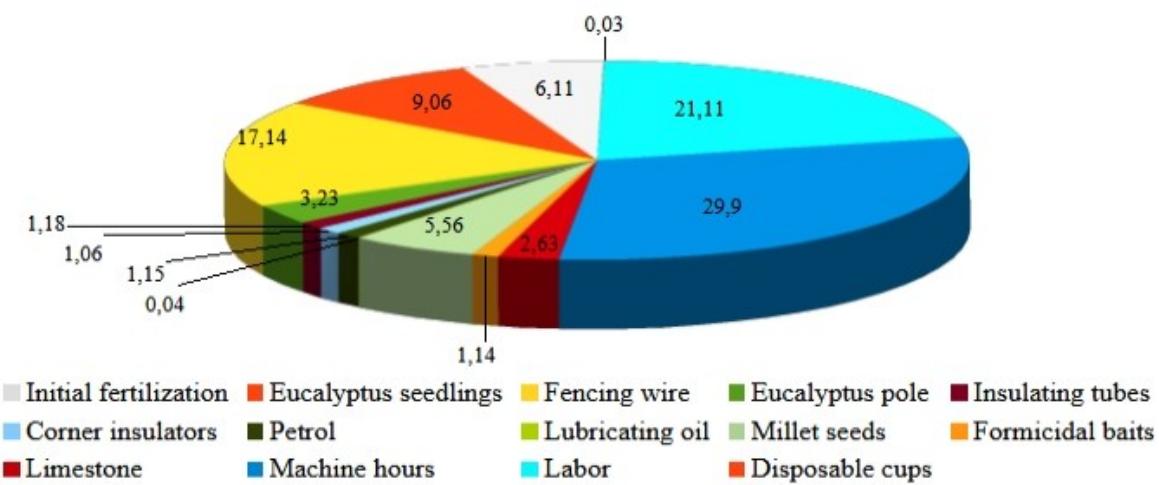


**Figure 2.** Location of agroforestral system, collection points (a) inside (red) and outside (yellow) the agroforestry system and *on-site* collection point (b) in December 2022.

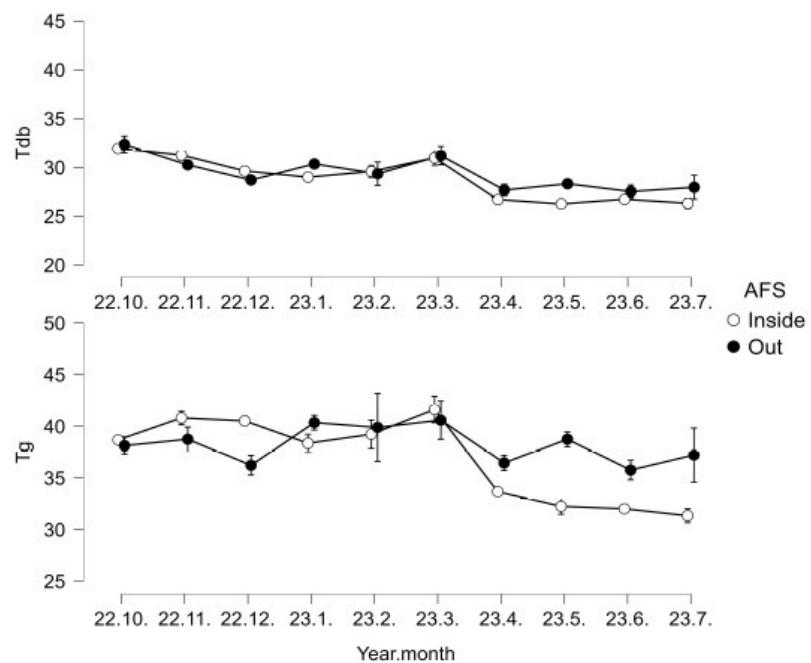
Source: authors / Google Maps®



**Figure 3.** Revolving and incorporation of dolomitic limestone (a) and furrows for planting (b) and vegetal composition (c) of the planting lines of the agroforestry system in degraded *Urochloa decumbens* pastures in December 2021.



**Figure 4.** Percentages of items and services used in agroforestry systems in degraded pasture of *Urochloa decumbens*



**Figure 5.** Means and standard deviation ( $p<0.05$ ) of dry bulb (Tdb) and black globe temperatures (Tg) inside and outside of agroforestral system (AFS) in degraded *Urochloa decumbens* pastures



**Figure 6.** Agroforestry system (AFS) on *Urochloa decumbens* pasture after 14 months (February 2023 - a) and 18 months (June 2023 - b)

Table 1: Distribution of seedlings planted in agroforestry groves in degraded *Urochloa decumbens* pastures according to spacing

<b>Species</b>	<b>Scientific name</b>	<b>Plant spacing (m)</b>	<b>Propagation method</b>
Eucalyptus	<i>Eucalyptus</i> spp.	3.0	25 cm seedling
Banana	<i>Musa</i> spp.	3.0	15 cm seedling
Mulberry	<i>Morus nigra</i>	1.5	45 cm piles
Cassava	<i>Manihot esculenta</i>	1.75	15 cm maniples
Daisy	<i>Tithonia diversifolia</i>	0.3	30 cm piles
Baru	<i>Dipteryx alata</i>	6	Viable seeds
<b>kg of seeds/ha</b>			
Viúva Regateira	<i>Zinnia angustifolia</i>	0.5	Harvested seed
Millet	<i>Pennisetum glaucum</i>	20	Commercial seed
Sesame	<i>Sesamum indicum</i>	3.0	Commercial seed

<sup>1</sup> Fresh cutting containing 3 or 4 viable buds

<sup>2</sup> Fresh cutting containing 3 to 8 viable buds, planted at an angle of 45° crosswise

<sup>3</sup> Seeds sown in the open both in the row and between the rows.

Source: authors

Table 2: Agroforestry system implementation costs between December 2021 and May 2022

Item	Quantity	Unit	Total (R\$)*	Total Value (US\$)*
Initial fertilization	1	40 kg bag	278.00	49.20
Eucalyptus seedlings	113	Unit	176.28	31.20
Fencing wire	1	1000 m roll	780.00	138.05
Eucalyptus pole	21	Unit	147.00	26.02
Insulating tubes	12	Metters	54.00	9.56
Corner insulators	16	Unit	48.00	8.50
Petrol	7.5	Liter	52.50	9.29
Lubricating oil	1.5	Bottle – 500 ml	18.00	3.18
Millet seeds	1	20 kg bag	253.00	44.78
Formicidal baits	1	Package	52.00	9.20
Limestone	0.6	Tons	120.00	21.24
Machine hours	8	Hours	1.360.00	240.70
Labor	64	Hours	960.00	170.82
Disposable cups	2	100 units	14.00	2.48
<b>Total</b>			<b>4312.28</b>	<b>763.33</b>

Source: authors \*R\$ - Reais; US\$ - dollars. Exchange rate of R\$ to US\$ in the ratio 1:5.65, referring to the date of planting the agroforest system (11/24/2021)

**SEÇÃO 3 - A DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS NO CERRADO PELO USO DA ESTRUTURA DPSIR: A IMPLANTAÇÃO DE AGROFLORESTAS DE BAIXA TECNOLOGIA COMO MITIGADORA DOS IMPACTOS**

NORMAS DE FORMATAÇÃO - REVISTA CIÊNCIA RURAL - ISSN Eletrônico: 1678-4596

A degradação de pastagens no Cerrado pelo modelo DPSIR: a implantação de agroflorestas de baixa tecnologia como mitigadora dos impactos

The degradation of grassland in the Cerrado through the use of the DPSIR framework: the implementation of low-tech agroforestry as a way of mitigating impacts

FRANÇA, André Madeira Silveira<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6340-4569>; NASCIMENTO, Mara Regina Bueno de Mattos<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4324-5262>  
<sup>1</sup>Universidade Federal de Uberlândia, andrefrancamg@gmail.com; <sup>2</sup>Universidade Federal de Uberlândia, maran@ufu.br

**Resumo:** O bioma Cerrado compõe cerca de um quarto de todo território brasileiro. Apesar da sua importância mundial para a produção de alimentos e comodities, o uso do solo para a pecuária, constantemente, é conduzido para um cenário de degradação. Diante do desafio das pequenas propriedades familiares dentro desta realidade, o objetivo foi utilizar o modelo DPSIR para uma pastagem degradada de *Urochloa decumbens* no bioma Cerrado e propor como ação mitigadora à perda de carbono a implantação de um sistema agroflorestal (SAF) de baixo nível de tecnologia. Desenvolveu-se um SAF biodiverso numa pastagem degradada de *Urochloa decumbens* e, após 36 meses da sua implantação, foi elaborada um modelo DPSIR para a degradação de pastagens no Cerrado, sugerindo o uso do SAF como resposta aos impactos gerados pelo processo, destacando o acúmulo de carbono no sistema de produção. Observou-se que as plantas de *Eucalyptus* spp. do SAF geraram um estoque de 4,567 Mg de C após 36 meses de implantação. O modelo DPSIR para processos de degradação de pastagens no Cerrado caracteriza tal processo como uma condição multifatorial capaz de gerar riscos às sustentabilidades ambiental, econômica e social de sistemas de produção pecuária, mas que possibilita que o SAF seja adotado como resposta aos impactos ambientais gerados. Conclui-se que o SAF de baixa tecnologia possibilita a mitigação parcial dos impactos provocados por uma pastagem tropical degradada no bioma Cerrado.

**Palavras-chave:** Agricultura familiar, Agricultura de baixo carbono, Agroecologia, Produção sustentável, Sistemas consorciados

**Abstract:** Cerrado makes up around a quarter of Brazil's territory. Despite its global importance for the production of food and commodities, the use of the land for livestock is constantly leading to a scenario of degradation. Faced with the challenge of small family farms within this reality, the aim was to develop a DPSIR tool for a degraded *Urochloa decumbens* pasture in the Cerrado biome and propose the implementation of a low-tech agroforestry system (SAF) as a mitigating action against carbon loss. A biodiverse AFS was developed in a degraded *Urochloa decumbens* pasture and, 36 years after its implementation, a DPSIR tool was developed for pasture degradation in the Cerrado, suggesting the use of the AFS as a response to the impacts generated by the process, highlighting the accumulation of carbon in the production system. It was observed that the *Eucalyptus* spp. plants in the SAF generated a stock of 4.567Mg of C after 36 months of implementation. The DPSIR tool for pasture degradation processes in the Cerrado, characterize thus process as a multifactorial condition capable of generating risks to the environmental, economic and social sustainability

of livestock production systems, but which allows the SAF to be adopted as a response to the environmental impacts generated. It is concluded that the low-tech SAF made it possible to partially mitigate the impacts caused by a degraded tropical pasture in the Cerrado biome.

**Keywords:** Agroecology, Family farming, Low carbon agriculture, Mixed systems, Sustainable production

## Introdução

O bioma Cerrado representa aproximadamente 23% do território brasileiro com destaque mundial na produção de alimentos e commodities, sendo o responsável pela produção de 44% de todos os produtos da bovinocultura gerados no Brasil, representando aproximadamente 6% da produção mundial (WORLD ECONOMIC FORUM, 2024).

Simultaneamente, verifica-se que as ações antropológicas sobre os recursos naturais geram alterações relacionadas ao clima e ao uso do solo e acentua a necessidade acerca de modelos pecuários baseado nas sustentabilidades ambiental, econômica e social. Para caracterizar os processos de degradação ambiental, a ferramenta Drive-Presure-State-Impact-Response (DPSIR) foi desenvolvida pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e difundida pela Agência Europeia do Ambiente (EEA) com o objetivo de criar um padrão visualmente descritivo para a tomada de decisões por grandes corporações e órgãos públicos, por meio de uma abordagem sistêmica (EEA, 1999).

O processo de degradação das pastagens inclui, dentre diversos fatores, a translocação do carbono do solo e forragens, para a atmosfera. O aumento de gases do efeito estufa (GEE) no Cerrado, especialmente dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ) são consequências naturais ao desenvolvimento tecnológico e produtivo dos sistemas pecuários nas últimas cinco décadas, especialmente provocado pela mudança do uso do solo (LOCATELLI et al., 2024).

Como estratégia de mitigação a tais emissões, a Lei 15.042/2024 instituiu o Sistema Brasileiro de Comércio de Gases do Efeito Estufa (SBCE) que propõe, dentre outras

atribuições, o manejo estratégico de florestas para a mitigação dos GEE gerados pelas atividades emissoras (BRASIL, 2024). Entretanto, é de fundamental importância identificar modelos produtivos em diferentes níveis tecnológicos capazes de promover, não só a compensação, como também possibilitar um mercado de carbono inclusivo.

O uso do solo de maneira integrada, especialmente em sistemas com o componente florestal, auxilia na manutenção do estoque de carbono no solo e a redução da emissão de GEE (FREITAS et al., 2024). Apesar disso, existe uma escassez de indicações na literatura de metodologias mitigadoras em sistemas de produção pecuária para pequenas áreas. Diante deste cenário, o objetivo foi desenvolver um modelo DPSIR para uma pastagem degradada de *Urochloa decumbens* no bioma Cerrado e propor como ação mitigadora à perda de carbono, a implantação de um sistema agroflorestal (SAF) de baixo nível de tecnologia.

## **Material e Métodos**

### **Área experimental e desenvolvimento do SAF**

O SAF foi implantado em dezembro de 2021 no Setor de Bovinocultura Leiteira da Fazenda Experimental do Glória, da Universidade Federal de Uberlândia ( $18^{\circ}55'23''$  S;  $48^{\circ}17'19''$  O), localizado no Estado de Minas Gerais, na região Sudeste do Brasil. A região de Uberlândia possui o clima do tipo Aw, caracterizado por invernos secos e verões chuvosos (KÖPPEN, 1918) e o solo é caracterizado como Latossolo Vermelho-Amarelo (SANTOS et al., 2018).

Como estratégia de promover área de sombreamento natural para os animais alocados na área, realizou-se a implantação em uma pastagem de 4,8 hectares de *Urochloa decumbens* (*Brachiaria*) em pastejo contínuo de bovinos de diferentes idades e equinos adultos, com

características de degradação, predominando pastagens de baixo vigor, conforme Plataforma Atlas das Pastagens (UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS, 2025) (Figura 1).

Para delimitação do SAF, usou-se cerca elétrica numa área de 0,054 ha - 6 m de largura e 90 m de comprimento – em nível, com sentido Leste-Oeste, em uma região central da área de pastagem. Para a análise química do solo da área experimental, foram obtidas 25 amostras de solo entre 0 e 20 cm e entre 20 e 40 cm de profundidade. Posteriormente, as amostras foram homogeneizadas e uma subamostra analisada conforme TEIXEIRA et al. (2017).

Por meio da análise de solo (Tabela 1), realizou-se a calagem somente da área cercada, onde incorporou-se 1,2 t/ha de calcário dolomítico PRNT 85% em outubro de 2021 e posteriormente foi implantada uma agrofloresta com duas linhas de plantio com 90m de comprimento e 3m de entrelinhas. Em cada linha de plantio foi incorporado 2 kg de esterco bovino curtido, 0,5 kg resíduo de silagem de milho fermentada, 0,5 kg cama de bezerreiro compostada e 0,25 kg de formulação NPK 08-28-16 a cada metro linear.

O plantio nas linhas ocorreu em dezembro de 2021 e foi composto por um consórcio em sistema agroflorestal biodiverso com culturas características da região, com material genético de fácil obtenção e propagação, baseado nas condições edafoclimáticas locais. Para isso, foram plantadas mudas de *Eucalyptus grandis* (3 m de espaçamento), *Musa spp.* (3 m de espaçamento), *Morus nigra* (1,5 m de espaçamento), *Manihot esculenta crantz* (1,7 m de espaçamento), *Tithonia diversifolia* (0,3m de espaçamento) e *Dipteryx alata* (6 m de espaçamento).

Com o objetivo de elevar a produção de material vegetal aéreo, controle da *U. decumbens* e formigas cortadeiras, no espaço entrelinhas e nas bordaduras foram plantadas a lanço sementes comerciais de *Pennisetum glaucum*, além de *Zinnia angustifolia* e *Sesamum indicum*, a 20, 5 e 3 kg de sementes/ha, respectivamente.

Após o estabelecimento das mudas, o manejo do SAF foi realizado por meio de roçagem de *Tithonia diversifolia*, do espaço entrelinhas e bordaduras, com posterior deposição do material roçado, próximo às linhas de plantio em formato de leiras, com o foco na deposição de matéria orgânica. Para as plantas de *Eucalyptus grandis*, realizou-se os desbastes dos galhos, com o objetivo de permitir o formato de fuste das plantas e garantir maior entrada de incidência luminosa no dossel. Também foram colhidas as raízes de *Manihot esculenta crantz* e cachos de *Musa spp.* em padrão comercial, sendo suas partes aéreas e pseudocaules depositados próximos às linhas de plantio. Não houve uso de métodos de irrigação em nenhum momento do desenvolvimento do SAF.

Após 20 meses de implantação, verificou-se o estabelecimento pleno das plantas de *E. grandis* e *T. diversifolia*, momento em que o cercamento foi removido, permitindo-se o acesso pelos bovinos. A evolução do SAF entre 2021 e 2024, estão apresentadas na Figura 2.

### **Inventário florestal e estoque de C por *Eucalyptus spp.***

A determinação do estoque de carbono do SAF foi realizada, baseando-se somente nas plantas de eucalipto, visto que as demais espécies foram forrageadas pelos animais. O diâmetro da planta a uma altura de 1,3 m (d) foi calculado medindo a circunferência por meio de fita de medida comercial a mesma altura, individualmente, em todas as 40 plantas de eucalipto do SAF, devidamente estabelecidas, semelhante metodologia utilizada por SCHETTINI et al. (2022).

Para calcular a biomassa total (quantidade de matéria vegetal), foi feito um inventário florestal usando um método que não danifica as plantas (técnica não-destrutiva, conforme Schettini et al., 2022). A altura comercial foi determinada pela altura do solo a qual a planta encontrava-se com diâmetro aproximado de 6,5 cm pelo medidor a laser (Bosch GLM-40) até

o diâmetro aproximado de 6,5 cm, somente nas plantas de eucalipto após 36 meses de implantação. A biomassa total das plantas foi obtida pela equação:

$$Bt = \Sigma (d \times ac \times 0,4399)_n$$

onde: Bt – biomassa total; d - diâmetro altura de 1,3m do solo; ac – altura comercial; n - número de plantas (SCHETTINI et al., 2022)

O estoque de carbono ( $Es_c$ ) das plantas de eucalipto foi determinado pela conversão da biomassa total multiplicada pelo fator 0,47, conforme IPCC (2006). Já o balanço de dióxido de carbono ( $BCO_2$ ) foi determinado conforme BRIANEZI et al. (2019) pela equação:

$$B_{CO_2} = Es_c - Em_{CO_2}$$

Onde:  $Es_c$  – estoque de carbono;  $Em_{CO_2}$  - emissões de carbono

Em que:  $Em_{CO_2} = Emm_{CO_2} + Emc_{CO_2}$

Onde:  $Emm_{CO_2}$  - emissões de  $CO_2$  (em kg) geradas pela mecanização;  $Emc_{CO_2}$  - emissões de  $CO_2$  (em kg) geradas pela calagem da área, conforme IPCC (2006), considerando-se 8 horas-máquina para preparação da área (2,68 kg de  $CO_2$  / litro de diesel)

## **Desenvolvimento do modelo DPSIR**

O modelo DPSIR ou Força Motriz/Pressão/Estado/Impacto/Resposta foi construída, baseada em BRADLEY & YEE (2015) e estruturada para as características de pastagens degradadas em condições do Cerrado, descritas a seguir.

Para determinar as Driving Forces (D) também denominadas forças motrizes, foram consideradas as necessidades humanas essenciais como a motivação da produção de alimentos, além de aspectos culturais. Tais forças motrizes são precursoras de pressões (Pressures - P) sobre os recursos e foram categorizadas em pressões diretas e indiretas, sendo as primeiras aquelas que têm um efeito imediato sobre o meio ambiente e as indiretas, mais relacionadas a questões abrangentes ou pontuais.

Os estados (State - S) referem-se à condição atual do recurso forragem e dos ecossistemas, com o objetivo de informações quantitativas e qualitativas sobre o estado das pastagens, sendo úteis para identificar a evolução dos processos de degradação a longo do tempo e para embasamento da tomada de decisões.

Os impactos (Impacts - I) são as alterações adversas no meio ambiente e sociedade, resultantes das atividades pecuárias no Cerrado geradoras do processo de degradação de pastagens, sendo dividido em diretos e indiretos.

O item respostas (Responses - R) consiste em instrumentos de política ambiental como ferramentas e abordagens práticas utilizadas para implementar as respostas políticas e alcançar os objetivos ambientais estabelecidos. Na ferramenta em questão, foi proposta a implantação de um SAF de baixo nível de tecnologia com o foco na recuperação do carbono removido do sistema de produção.

Os tópicos referentes a cada um dos componentes do modelo DPSIR foram obtidos por meio de revisão literária sistemática utilizando dados analíticos de publicações entre 2014 e 2025 em línguas portuguesa e inglesa, obtidas por meio das plataformas Google Scholar, Google, Web of Sciences, Science Direct, Scielo e ProQuest, utilizando as palavras-chave *agroforest systems, degraded pastures, degraded grasslands, improductive grasslands* e environmental *impacts*. Após a filtragem por ano de publicação, os resultados apresentaram 116 artigos, sendo 27 destes utilizados para a estruturação da DPSIR. Os principais países de origem dos artigos foram Brasil e China.

## **Resultados e Discussão**

Por meio do modelo DPSIR foi possível determinar as forças motrizes relacionadas à degradação de pastagens e as suas implicações posteriores (Figura 3). Tais forças relacionam-se com a difusão da produção de ruminantes no Cerrado, a partir da introdução de

metodologias produtivas propostas desde a década de 1970, onde iniciou-se de forma expressiva o uso do solo do bioma pela agricultura e pecuária. Durante as cinco décadas subsequentes a tal processo, esta expansão produtiva gerou danos ambientais em áreas nativas e antropizadas, destacando a necessidade de mecanismos de proteção e conservação dos recursos naturais (VILELA et al., 2020).

Em relação ao uso do solo, maior pressão exercida pela expansão agropecuária, as pastagens representam, aproximadamente 57 milhões de hectares do bioma, cerca de 27% da área total e dentre esses valores, 67,1% são caracterizadas como degradadas (UFG, 2025). No entanto, VIEIRA et al. (2022) afirmaram que, em função da dimensão desse processo, são essenciais alternativas de mitigação específicas em função das diversas variáveis regionais, incluindo o tipo de solo e demais fatores ambientais.

Os sistemas tradicionais de produção pecuária realizaram a ocupação do solo do Cerrado por meio do uso da abertura de novas áreas com o uso indiscriminado do fogo. Como alternativa de manejo também utilizada para o controle de plantas daninhas e manejo de pastagens, DICK et al. (2021) disseram que a pecuária extensiva com baixo nível de manejo de pastagens, são os principais responsáveis pelos impactos negativos relacionados a mudanças climáticas, perda, eutrofização e contaminação de recursos hídricos, além da ocupação de áreas do Cerrado.

Como pressão inicial gerada pela degradação de pastagens, estão as alterações que ocorrem físico-químicas e microbiológicas que alteram as condições do solo. ZHOU et al. (2024) identificaram alterações em diversos fatores como diminuição da capacidade de retenção de água, aumento da dureza do solo, diminuição do carbono orgânico do solo, nitrogênio total e aumento do potássio total, destacando também que, o aumento do período de degradação influencia negativamente cada um dos fatores avaliados.

LIRA-MARTINS et al. (2024) afirmaram que, em solos de Cerrado, a acidificação do solo promovido pela degradação de pastagens gera o impedimento da absorção de nutrientes por espécies de interesse comercial, favorecendo exclusivamente a persistência de plantas nativas restauradoras. No entanto, SILVA et al. (2023) relataram o baixo poder de regeneração natural ocasionado em tais condições.

Diante das alterações dos recursos solo e água, a degradação de pastagens gera uma depleção dos estoques de carbono e, consequente emissão de GEE. Por meio do monitoramento espacial do Cerrado, SANTOS et al. (2023) verificaram que o bioma teve uma perda total de 103 milhões de toneladas de carbono entre 2000 e 2019, somente nas áreas de pastagens submetidas a manejos tradicionais, indicando a necessidade da implantação de políticas que promovam o sequestro de C associadas ao aumento da produtividade pecuária.

### **O uso do sistema agroflorestal como resposta aos impactos da degradação de pastagens**

Por meio do inventário florestal foi determinado o estoque de carbono da parte aérea das plantas de *Eucalyptus* spp. (Tabela 2). Das 60 mudas de eucalipto estabelecidas, houve viabilidade de 40 (66,7%) após 36 meses de implantação. As causas de mortalidade (33,33%) foram a seca de ponteiros (n=12, 20%), quebra por ventania (n=3; 5%), quebra por contato dos bovinos (n=2; 3,33%), forrageamento por *Atta laevigata* (n=2; 3,33%) e causa não identificada (n=1; 1,66%).

Em análise de diferentes tipos de pastagens, com e sem a inclusão de sistemas silvipastoris, FREITAS et al. (2024) identificaram diferenças entre o carbono total dos sistemas consorciados em relação às pastagens degradadas, sugerindo que a transição destas para sistemas integrados permitem um maior acúmulo de carbono, viabilizando sistemas

sustentáveis de produção pecuária no Cerrado. Em nosso estudo, observou-se o BCO<sub>2</sub> (tabela 3).

Em comparação com pastagens consorciadas com eucaliptos, Freitas et al. (2024) verificaram que houve uma redução de 212% no carbono total em sistemas com pastagens degradadas, afirmando que sistemas silvipastoris e estratégias de integração permitem a mitigação das mudanças climáticas e incremento na qualidade do solo.

A análise de incremento de carbono no sistema em função do tempo também deve ser considerada como fator de mitigação das perdas (CASTELLANO et al., 2022). Ao considerar os três anos de implementação, o incremento de C na parte aérea dos eucaliptos foi de 1,52 Mg/ano. Quando comparados ao sequestro de C em monocultivos no Cerrado, BOGIANI et al. (2020) encontraram valores de acúmulo anual de 2,02; 4,08; 1,54 e 1,26 Mg/ha ano para as culturas de algodão, milho, soja e sorgo, respectivamente.

SANTOS et al. (2023) identificaram estoques de C médios em pastagens no Cerrado de 35 MgC/ha, destacando que houve uma perda de 104 MtC no solo do bioma nas duas primeiras décadas do século XX. Neste experimento, realizou-se o uso de 0,054 ha para a implementação do SAF, representando apenas 5,4% de 1 ha. Dessa forma, é possível considerar o potencial de incremento de C em sistemas com pastagens degradadas, utilizando pequenas áreas de SAFs.

Em relação à influência da concentração hídrica dos solos com o uso do eucalipto em sistemas consorciados, SARTO et al. (2022) identificaram menores conteúdos de água em solos próximos às linhas de eucaliptos, somente nas estações chuvosas, sugerindo que esse fato ocorre por meio da competição interespecífica com a *U. decumbens*. Como estratégia de minimização deste decréscimo, os autores indicam que diferentes modelos de SAFs devem ser avaliados para cada sistema produtivo, como estratégias de manejo intensificadas e com biodiversidade, conforme proposto por Li et al. (2022) e SHING & SHING (2024).

A dinâmica de alterações referentes à qualidade do solo promovidas por SAFs biodiversos foi avaliada por MATOS et al. (2022) por meio da Soil Management Assessment Framework (SMAF), utilizando scores de pontuação para parâmetros físico-químicos e biológicos. Em relação às pastagens em processo de degradação, os autores identificaram que tais sistemas produtivos promoveram efeitos favoráveis a curto prazo no solo, como baixa acidificação, maiores níveis de fósforo e potássio, intensificação da atividade microbiológica e menor densidade do solo.

Em uma revisão sobre a relação das árvores de sombra em agroecossistemas, ISAAC et al. (2024) afirmaram que tais indivíduos fornecem serviços ecossistêmicos por meio da deposição de serrapilheira, regulação do microclima, além do sinergismo interespecífico essencial aos SAFs biodiversos, com influência positiva nos resultados produtivos.

Apesar da perda da eficiência do uso do solo, pastagens tropicais degradadas possuem a capacidade de estocar C no sistema. Em processos de degradação moderados e severos, a capacidade de estocagem de C do solo varia 3,5 e 4,85 Mg/ha/ano, respectivamente (IPCC, 2006). Considerando tais valores, é possível afirmar que o modelo apresentado neste estudo poderia incrementar os estoques de C em 43% e 31%, respectivamente, em processos moderada e severamente degradados.

## Conclusão

Diante do cenário em questão, o SAF implementado foi projetado com foco na realidade de pequenas propriedades rurais familiares, com o objetivo de gerar o menor investimento possível na sua implantação e execução simplificada, voltado para a promoção de sombreamento natural, alteração do microclima e biodiversidade. Por meio dos resultados obtidos foi possível desenvolver um modelo DPSIR para processos de degradação de pastagens no Cerrado, que o apresenta como uma condição multifatorial capaz de gerar riscos

às sustentabilidades ambiental, econômica e social de sistemas de produção pecuária, mas que possibilita que o SAF seja adotado como resposta aos impactos ambientais gerados. Assim, é o possível concluir que o SAF de baixa tecnologia possibilitou a mitigação parcial dos impactos provocados por uma pastagem tropical degradada no bioma Cerrado.

É necessário destacar a importância de mais estudos a respeito das diferentes frações de carbono estocadas, bem como a adoção de diferentes componentes para melhor adequação do sistema em diferentes regiões e modelos de produção. Outro fator que deve ser levado em consideração é a necessidade de adoção de políticas públicas para o desenvolvimento de SAFs visando a baixa capacidade de investimento de parte dos agricultores familiares, possibilitando a introdução destes em projetos de Agricultura de Baixo Carbono e SBCE.

### Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento parcial do estudo e à Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

### Contribuição dos autores

Os autores contribuíram igualmente na concepção, desenvolvimento do projeto e redação do manuscrito.

### Referências

ARRUDA, V.L.S. et al. Assessing four decades of fire behavior dynamics in the Cerrado biome (1985 to 2022). *Fire Ecology*, v.20, n.64, 2024. Available from: <<https://fireecology.springeropen.com/articles/10.1186/s42408-024-00298-4>>. Accessed: Jan. 07 jan, 2025. doi: <https://doi.org/10.1186/s42408-024-00298-4>

BARBOSA, W.C.S et al. Soil Erosion Modeling Using the Revised Universal Soil Loss Equation and a Geographic Information System in a Watershed in the Northeastern Brazilian Cerrado. **Geosciences**, v.14, n. 78, 2024. Available from: <<https://www.mdpi.com/2076-3263/14/3/78>>. Acessed: Jan. 13, 2024. doi: <https://doi.org/10.3390/geosciences14030078>

BOGIANI, J.C. et al. **Sequestro de Carbono em Sistemas de Produção de Soja, Milho e Algodão em Solo Arenoso do Cerrado da Bahia.** EMBRAPA Territorial Campinas: Campinas, Brazil, 2020. Available from: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/223222/1/5317.pdf>>. Acessed: Dez. 24, 2024.

BRADLEY, P.; YEE, S. **Using the DPSIR Framework to Develop a Conceptual Model: Technical Support Document.** US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Atlantic Ecology Division, Narragansett, RI. EPA/600/R-15/154, 2015. Available from: <[https://www.researchgate.net/publication/299367917\\_Using\\_the\\_DPSIR\\_Framework\\_to\\_Develop\\_a\\_Conceptual\\_Model\\_Technical\\_Support\\_Document](https://www.researchgate.net/publication/299367917_Using_the_DPSIR_Framework_to_Develop_a_Conceptual_Model_Technical_Support_Document)>. Acessed: Jun. 12, 2024.

BRASIL, Lei nº 15.042, de 11 de dezembro de 2024. Institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE). **Diário Oficial da União:** Seção 1, Brasília, DF, ano 161, n.239, p. 4-8. 12 dez. 2024. Available from: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=12/12/2024&jornal=515&pagina=8&totalArquivos=248>>. Acessed: Jan. 22, 2024.

BRIANEZI, D. et al. Balanço de carbono em monocultivo de eucalipto com diferentes arranjos espaciais. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.9, n.1, p.27-33, 2019. Available from: <<https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/3056/pdf>>. Acessed: Out. 19, 2024. doi: <https://doi.org/10.21206/rbas.v9i1.3056>

CASTELLANO, G.R. et al. Carbon Soil Storage and Technologies to Increase Soil Carbon Stocks in the South American Savanna. **Sustainability**, v.14, n.9, 5571, 2022. Available from: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/14/9/5571>>. Acessed: Jan. 13, 2025. doi: <https://doi.org/10.3390/su1409557>

CHEN et al. The Importance of Soil Seed Bank Function in Studies of Grassland Degradation, **Diversity**, v.17, n.42, 2025. Available from: <[https://www.researchgate.net/publication/387850238\\_The\\_Importance\\_of\\_Soil\\_Seed\\_Bank\\_Function\\_in\\_Studies\\_of\\_Grassland\\_Degradation/citations#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/387850238_The_Importance_of_Soil_Seed_Bank_Function_in_Studies_of_Grassland_Degradation/citations#fullTextFileContent)>. Acessed: Fev. 01, 2025. doi: <https://doi.org/10.3390/d17010042>

DIAS-FILHO, M.B. **Diagnóstico das Pastagens no Brasil.** Embrapa Amazônia Ocidental: Belém, Brazil, 2014; p. 36

DURIGAN, G.; RATTER, J.A. The Need for a Consistent Fire Policy for Cerrado Conservation. **Journal of Applied Ecology**, v.53, p.11-15, 2016. Available from: <<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2664.12559>>. Acessed: Jan. 08, 2025. doi: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12559>

EEA, **Environmental Indicators: Typology and Overview, Technical report n.25.** 1999.  
 19p. European Environment Agency, Copenhagen  
<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/tec25>.

FRAZÃO, L.A. Carbon and nitrogen stocks and organic matter fractions in the topsoil of traditional and agrisilvicultural systems in the Southeast of Brazil. **Soil Research**, v.59, n.8, p.794-805, 2021. Available from:  
[https://www.researchgate.net/publication/354932729\\_Carbon\\_and\\_nitrogen\\_stocks\\_and\\_organic\\_matter\\_fractions\\_in\\_the\\_topsoil\\_of\\_traditional\\_and\\_agrisilvicultural\\_systems\\_in\\_the\\_Southeast\\_of\\_Brazil](https://www.researchgate.net/publication/354932729_Carbon_and_nitrogen_stocks_and_organic_matter_fractions_in_the_topsoil_of_traditional_and_agrisilvicultural_systems_in_the_Southeast_of_Brazil). Accessed: Jan. 03, 2025. doi: 10.1071/SR20150

FREITAS, I.G et al. Changing the land use from degraded pasture into integrated farming systems enhance soil carbon stocks in the Cerrado biome. **Acta Scientarum**, v.46, 2024. Available from: <<https://doi.org/10.4025/actasciagron.v46i1.63601>>. Accessed: Jan. 04, 2025. doi: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v46i1.63601>

GLATZLE, S. et al. Integrated Land-Use Systems Contribute to Restoring Water Cycles in the Brazilian Cerrado Biome, **Land**, v.13, n.2, 2024. Available from:  
<https://www.mdpi.com/2073-445X/13/2/221>. Accessed: Jan. 03, 2025. doi: <https://doi.org/10.3390/land13020221>

GLAZEBROOK, T. et al. Gender Matters: Climate Change, Gender Bias, and Women's Farming in the Global South and North, **Agriculture**, v.10, n.7, 2020. Available from:  
[https://www.researchgate.net/publication/342711984\\_Gender\\_Matters\\_Climate\\_Change\\_Gender\\_Bias\\_and\\_Women's\\_Farming\\_in\\_the\\_Global\\_South\\_and\\_North#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/342711984_Gender_Matters_Climate_Change_Gender_Bias_and_Women's_Farming_in_the_Global_South_and_North#fullTextFileContent). Accessed: Jan. 03, 2025. doi:10.3390/agriculture10070267

HENDERSON, B.B. et al. Greenhouse gas mitigation potential of the world's grazing lands: Modeling soil carbon and nitrogen fluxes of mitigation practices, Agriculture, **Ecosystems & Environment**, v.207, n.1, p.91-100, 2015. Available from: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880915001139>>. Accessed: Dez. 08, 2024. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.03.029>

HUNKE, P. et al. The Brazilian Cerrado: assessment of water and soil degradation in catchments under intensive agricultural use, **Ecohydrology**, v.8, n.6, 1154-1180, 2015. Available from: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/eco.1573>>. Accessed: Dez. 11, 2024. doi: <https://doi.org/10.1002/eco.1573>

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme**, Eggleston H. S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds.). Japan: IGES, 2006. Available from:  
[https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4\\_Volume4/V4\\_14\\_An2\\_SumEqua.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_14_An2_SumEqua.pdf) Accessed: Jan. 02, 2025.

ISAAC, M. E. et al. Shade tree trait diversity and functions in agroforestry systems: A review of which traits matter. **Journal of Applied Ecology**, v.61, p.1159–1173, 2024. Available from: <<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2664.14652>>. Accessed: Jan. 03, 2025. doi: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14652>

LOCATELLI, J.L. et al. A comprehensive assessment of greenhouse gas emissions research in the Cerrado region, Brazil, **CATENA**, v.247, e108538, 2024. Available from: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816224007355>>. Accessed: Jan. 03, 2025. doi: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.108538>

KÖPPEN, W. Klassification der klimate nach temperatur, niederschlag und jahreslauf. Petermanns Geographische Mitteilungen. **Gotha**, v. 64, p. 193-203, 1918. Available from: <[https://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Koppen\\_1918.pdf](https://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Koppen_1918.pdf)>. Accessed: Set. 05, 2024.

LEES et al. The Impact of Heat Load on Cattle. **Animals**, v.9, n.6, 2019. Available from: <<https://www.mdpi.com/2076-2615/9/6/322>>. Accessed: Dez. 22, 2024. Doi: <https://doi.org/10.3390/ani9060322>

LIRA-MARTINS et al. Soil acidification controls invasive plant species in the restoration of degraded Cerrado grasslands, **Restoration Ecology**, v.33, n.1, 2024. Available from: <[https://www.researchgate.net/publication/385193660\\_Soil\\_acidification\\_controls\\_invasive\\_plant\\_species\\_in\\_the\\_restoration\\_of\\_degraded\\_Cerrado\\_grasslands](https://www.researchgate.net/publication/385193660_Soil_acidification_controls_invasive_plant_species_in_the_restoration_of_degraded_Cerrado_grasslands)>. Accessed: Jan. 22, 2025. doi: 10.1111/rec.14294

LOWDER, S.K. et al. The number, size, and distribution of farms, smallholder farms, and family farms worldwide. **World Development**. v.87, p.16–29, 2016. Available from: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X15002703>>. Accessed: Jan. 22, 2025. doi: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.10.041>

MATOS, P.S. et al. Short-term effects of agroforestry systems on soil health in Southeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, v.96, p.897–908, 2022. Available from: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-022-00749-4>> Accessed: Jan. 02, 2025. doi: <https://doi.org/10.1007/s10457-022-00749-4>

MUZZO, B.I et al. 2025 Changes in Climate and Their Implications for Cattle Nutrition and Management. **Climate**, v.13, n.1, 2025. Available from: <<https://www.mdpi.com/2225-1154/13/1/1>>. Accessed: Jan. 14, 2025.

OLIVEIRA, C.R. et al. The modeling of pasture conservation and of its impact on stream water quality using Partial Least Squares-Path Modeling. **Science of The Total Environment**, v. 697, n.20, e 134081, 2019. Available from: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719340586>> Accessed: Dec. 22, 2024. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134081>

OVERBECK, G.E et al. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. **Diversity and Distributions**, v.21, n.15, p.1455-1460, 2015. Available from: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ddi.12380>>. Accessed: Dec. 22, 2024. doi: <https://doi.org/10.1111/ddi.12380>

PARENTE, L. et al. Assessing the pasturelands and livestock dynamics in Brazil, from 1985 to 2017: A novel approach based on high spatial resolution imagery and Google Earth Engine cloud computing. **Remote Sensing of Environment**, v.232, e111301, 2019. Available from:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425719303207>>. Acessed: Dec. 04, 2024. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111301>

PEREIRA, O.J.R. et al. Assessing Pasture Degradation in the Brazilian Cerrado Based on the Analysis of MODIS NDVI Time-Series. **Remote Sensing**, v.10, n.11, 1761, 2018. Available from: <<https://www.mdpi.com/2072-4292/10/11/1761>>. Acessed: 15 out. 2024. doi: <https://doi.org/10.3390/rs10111761>

SANTOS, C.O. et al. Monitoring of Carbon Stocks in Pastures in the Savannas of Brazil through Ecosystem Modeling on a Regional Scale. **Land**, v.12, n.1, 2023. Available from: <<https://www.mdpi.com/2073-445X/12/1/60>>. Acessed: Jan. 04, 2025. doi: <https://doi.org/10.3390/land12010060>.

SANTOS, L.J et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília, 2018.

SCHETTINI, B.L.S. et al. Use of destructive and non-destructive methodologies to estimate stem biomass accumulation and carbon stock in an eucalyptus forest. **Revista Árvore**, v.46, e4611, 2022. Available from: <<https://doi.org/10.1590/1806-908820220000011>>. Acessed: Dec. 28, 2024. doi: <https://doi.org/10.1590/1806-908820220000011>.

SINGH, S.; SINGH, G. Agroforestry for Sustainable Development: Assessing frameworks to drive agricultural sector growth. **Environment, Development and Sustainability**, v. 26, n. 9, p. 22281-22317, 2024. Available from: <[https://ideas.repec.org/a/spr/endesu/v26y2024i9d10.1007\\_s10668-023-03551-z.html](https://ideas.repec.org/a/spr/endesu/v26y2024i9d10.1007_s10668-023-03551-z.html)>. Acessed: Dec. 08, 2024. doi: <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03551-z>.

SILVA, T.R. et al. Mapping the regeneration potential of native vegetation in cultivated pastures of the Brazilian Cerrado. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.195, n.1038, 2023.. Available from: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-023-11606-x>>. Acessed: Dec. 22, 2024 doi: <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11606-x>

TADINI, A.M. et al. Chemical Characteristics of soil organic matter from integrated agricultural systems in southeastern Brazil. **European Journal of Soil Science**, v.73, n.1 p.1-18, 2022. Available from: <<https://bsssjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/ejss.13136>>. Acessed: Dec. 28, 2024. doi: <https://doi.org/10.1111/ejss.13136>.

TEIXEIRA, P. C et al. **Manual de métodos de análise de solo. 3. ed.** Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. **Atlas das Pastagens**. Available from: <https://atlasdaspastagens.ufg.br/map>. Acesso em Jan. 10, 2025.

VIEIRA, D.L.M. et al. A classification of cultivated pastures in the Brazilian Cerrado for sustainable intensification and savanna restoration. **Ambio**, v.51, p.1219-1226, 2022. Available from: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s13280-021-01646-3>>. Acessed: Jan. 22, 2025. doi: 10.1007/s13280-021-01646-3

ZHOU, C. et al. Grassland degradation affected vegetation carbon density but not soil carbon density. **BMC Plant Biology**, v.24, n.719, 2024. Available from: <<https://bmcbplantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12870-024-05409-6#:~:text=The%20reduction%20in%20carbon%20density,time%20as%20the%20degradation%20increases.>> Acessed: Feb. 10, 2025. doi: <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05409-6>

World Economic Forum - **The Cerrado: Production and Protection**. 2024. 42p. Available from: <[https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Sustainable\\_Transition\\_Cerrado\\_2024.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Sustainable_Transition_Cerrado_2024.pdf)>. Acessed: Jan. 11, 2025.

WU, Y. et al. Plant Diversity, Productivity, and Soil Nutrient Responses to Different Grassland Degradation Levels in Hulunbuir, China. **Land**, v.13, n.12, 2001, 2024. Available from: <<https://www.mdpi.com/2073-445X/13/12/2001>>. Acessed: Jan. 03, 2025. doi: <https://doi.org/10.3390/land13122001>

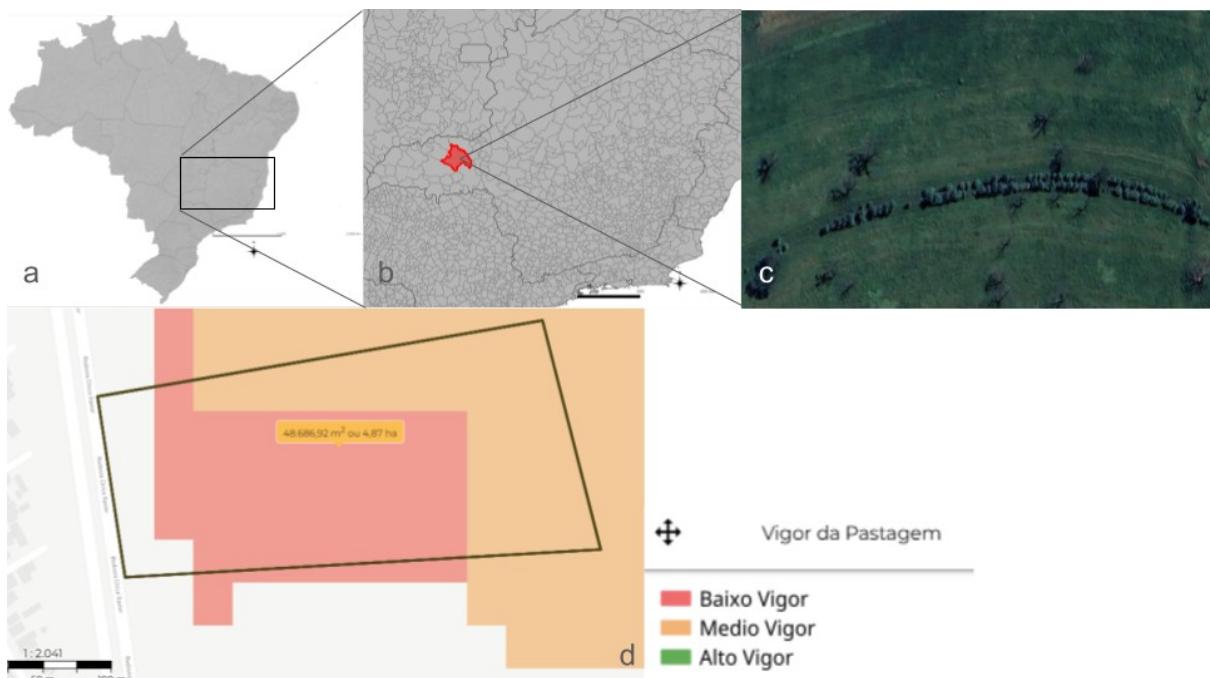


Figura 1: Mapa do Brasil (a), Minas Gerais (b), vista por satélite do sistema agroflorestal (c) e vigor de pastagens da área (d)

Fontes: autores; Google Earth; Universidade Federal de Goiás (2025)

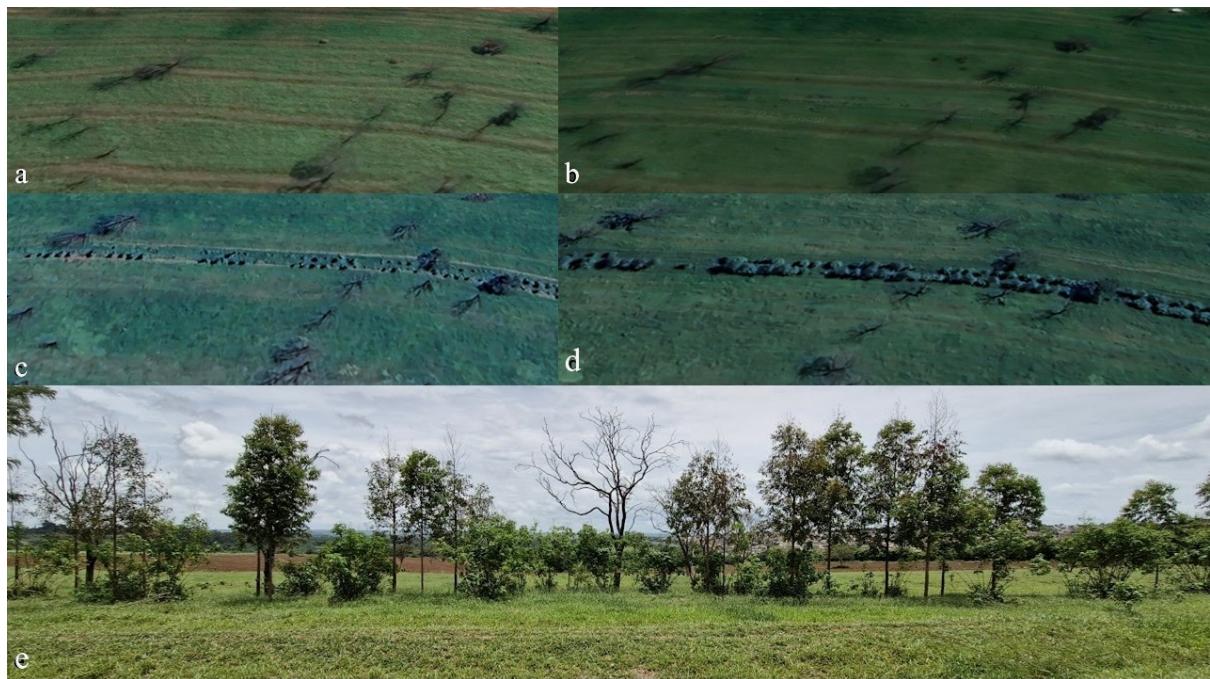


Figura 2: Vista aérea de pastagem degradada *Urochloa decumbens* antes (a) e após a implantação do sistema agroflorestal de baixo nível tecnológico em maio de 2022 (b), abril de 2023 (c), maio de 2024 (d) e *in loco* em dezembro de 2024 (e)

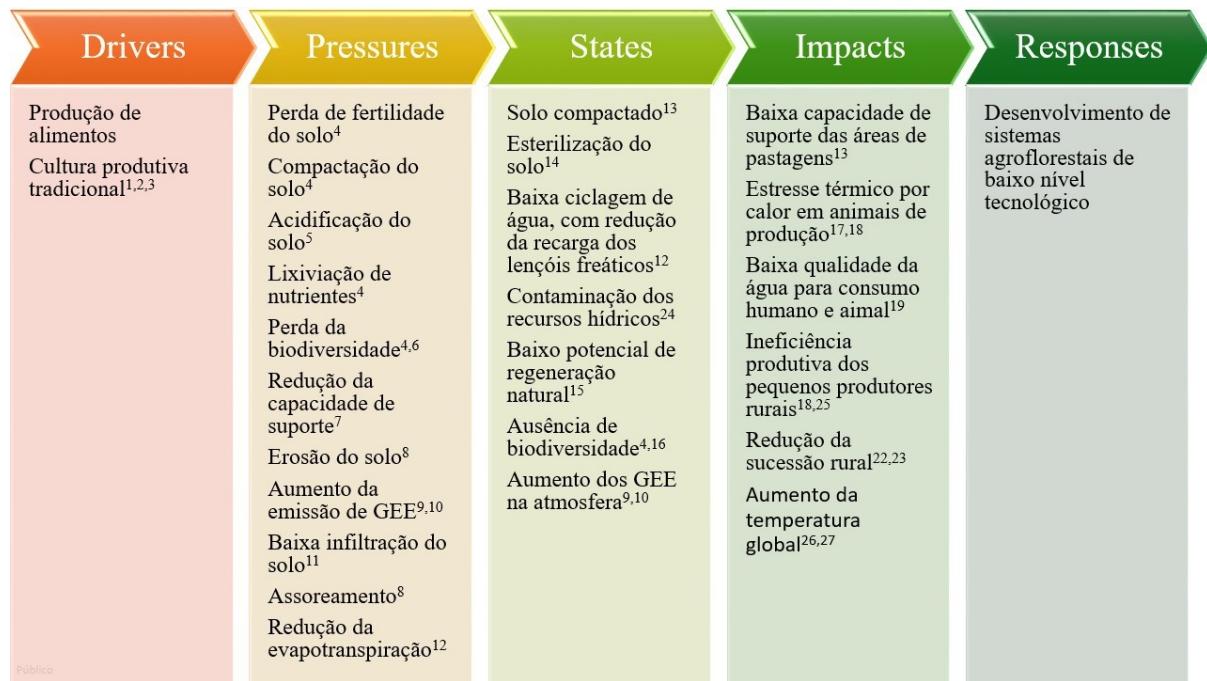


Figura 3: Modelo DPSIR para pastagens degradadas no Cerrado, com o foco no uso de sistemas agroflorestais de baixo nível tecnológico

<sup>1</sup>DURIGAN; RATTER (2016); <sup>2</sup>ARRUDA et al. (2024); <sup>3</sup>DIAS-FILHO (2014); <sup>4</sup>VIEIRA et al. (2022); <sup>5</sup>LIRA-MARTINS et al. (2025); <sup>6</sup>WU et al. (2024); <sup>7</sup>PEREIRA et al. (2018); <sup>8</sup>BARBOSA et al. (2024); <sup>9</sup>HENDERSON et al. (2015); <sup>10</sup>SANTOS et al. (2023); <sup>11</sup>HUNKE et al. (2014); <sup>12</sup>GLATZLE et al. (2024); <sup>13</sup>PARENTE et al. (2019); <sup>14</sup>OVERBECK et al. (2015); <sup>15</sup>SILVA et al. (2023); <sup>16</sup>CHEN et al. (2025); <sup>17</sup>LEES et al. 2019; <sup>18</sup>MUZZO et al. 2025; <sup>19</sup>OLIVEIRA et al. (2019); <sup>22</sup>LOWDER et al. (2016); <sup>23</sup>GLAZEBROOK et al. (2020); <sup>26</sup>TADINI et al. 2021; <sup>27</sup>FRAZÃO et al. (2021)

Tabela 1: Análise química do solo da área de pastagem degradada de *Urochloa decumbens* nas profundidades de 0 e 20cm e entre 20 e 40cm.

Variável	Profundidade (cm)	
	0-20	20-40
pH	5.8	5.8
pH CaCl <sub>2</sub>	5.4	5.3
P (mg.dm <sup>-3</sup> )	9.0	5.2
S-SO <sub>4</sub> (mg.dm <sup>-3</sup> )	77	5.2
K <sup>+</sup> (mg.dm <sup>-3</sup> )	7.6	3.9
Ca <sup>2+</sup> (mg.dm <sup>-3</sup> )	0.2	0.13
Mg <sup>2+</sup> (mg.dm <sup>-3</sup> )	1.71	1.33
Al <sup>3+</sup> (mg.dm <sup>-3</sup> )	0.82	0.67
SB	2.77	3.42
t	2.7	2.13
T (%)	5.5	2.1
V (%)	50	5.5
m (%)	0	38
M.O. (dag.kg <sup>-1</sup> )	1.6	-
C.O. (dag.kg <sup>-1</sup> )	0.9	-

SB - soma de bases, t - capacidade de troca de cátions efetiva, T – capacidade de troca de cátions a pH 7 (CTC); m – saturação por alumínio; V saturação por bases, M.O - matéria orgânica; C.O carbono orgânico

Tabela 2: Inventário florestal e estoque de carbono da parte aérea de *Eucalyptus* spp. em sistema agroflorestal de baixa tecnologia no bioma Cerrado, Minas Gerais, Brasil.

Plant a	DAP (cm)	AC (cm)	Biomassa (kg)	EC (kg)	Plant a	DAP (cm)	AC (cm)	Biomassa (kg)	EC (kg)
1	44,5	662	459,50	206,77	21	31	489	236,44	106,40
2	51	583	463,76	208,69	22	28,1	496	217,39	97,82
3	50,9	691	548,60	246,87	23	27,5	567	243,21	109,44
4	47,2	674	496,20	223,29	24	34,1	612	325,51	146,48
5	39,8	599	371,85	167,33	25	28,2	629	276,67	124,50
6	30,6	398	189,96	85,48	26	42,3	587	387,29	174,28
7	21	301	98,59	44,37	27	25,2	551	216,58	97,46
8	29	298	134,79	60,65	28	34,3	416	222,56	100,15
9	26	354	143,56	64,60	29	19,4	604	182,77	82,24
10	32,8	446	228,17	102,68	30	36,6	687	392,19	176,48
11	37,1	439	254,04	114,32	31	41,7	654	425,37	191,42
12	35,2	460	252,56	113,65	32	43	632	423,88	190,75
13	32,7	543	276,95	124,63	33	32,7	609	310,62	139,78
14	23,4	412	150,37	67,67	34	36,4	589	334,41	150,48
15	14	355	77,52	34,89	35	26	514	208,45	93,80
16	26,5	414	171,12	77,00	36	46,6	708	514,61	231,57
17	30	439	205,42	92,44	37	38	682	404,23	181,90
18	31,3	366	178,68	80,40	38	24,5	583	222,79	100,25
19	29,6	451	208,22	93,70	39	40,6	694	439,49	197,77
20	14,4	457	102,64	46,19	40	48	704	527,08	237,18
<b>Biomassa total (kg)</b>								<b>11524,1</b>	
<b>EC total (kg)</b>									<b>5185,8</b>

DAP - diâmetro na altura do peito; AC – altura comercial; EC – estoque de carbono

Tabela 3: Balanço de carbono (em Mg), conforme emissões de CO<sub>2</sub> e estoque de carbono de parte aérea de *Eucalyptus spp.* em sistema agroflorestal de baixa tecnologia

Item	Estoque de C (em Mg)	Emissões de CO <sub>2</sub> (em Mg)
<i>Eucalyptus spp.</i> (parte aérea)	5,185	-
Motomecanização <sup>1</sup>	-	0,265
Roçagem (roçadeira costal) <sup>2</sup>	-	0,015
Calagem	-	0,029
Total	5,185	0,309
Balanço de C (em Mg)		+4,567

<sup>1</sup>Baseado em um trator de 85 hp de potência com consumo aproximado de 0,15 L/hp/hora de diesel; <sup>2</sup>Baseado em uma roçadeira costal de 2,8 hp e emissão de 910g de CO<sub>2</sub>/kWh



**ANEXO 1 – NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA CIÊNCIA RURAL**

⟲ Menu

Você está aqui: [UFSM](#) > [Ciência Rural](#) > Instrução aos autores

## Instrução aos autores

SCOPO:

1. **Ciência Rural (CR)** – A Revista Científica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Maria publica artigos científicos, revisões bibliográficas e notas relativas à área de Ciências Agrárias, que devem ser enviados com exclusividade.
2. Os **artigos científicos, revisões e notas** deverão ser enviados eletronicamente e editados **preferencialmente em inglês**. Aqueles enviados em português poderão ser traduzidos após a 1<sup>a</sup> rodada de avaliação para que ainda possam ser revisados por consultores ad hoc e editor associado em rodada subsequente. Porém, **se não forem traduzidos nesta fase e forem aprovados** para publicação, terão que ser **traduzidos para o inglês** por empresas credenciadas pela Ciência Rural e deverão apresentar o certificado de tradução das mesmas para continuarem o processamento no CR.

**Empresas credenciadas:**

- American Journal Experts ( <http://www.journalexperts.com/> )
- Bioedit Scientific Editing ( <http://www.bioedit.co.uk/> )
- BioMed Proofreading ( <http://www.biomedproofreading.com> )
- Edanz ( <http://www.edanzediting.com> ) – Editage ( <http://www.editage.com.br/> )
- Editione ( <http://www.editione.com> )
- Enago ( <http://www.enago.com.br/forjournal/> )

- GlobalEdico (<http://www.globaledico.com/>)
- JournalPrep (<http://www.journalprep.com>)
- Liberty Medical Communications (<http://libertymedcom.com/>)
- Proofreading Copyediting Ireland (<http://www.proofreading-copyediting-ireland.com/>)
- Proof-Reading-Service.com (<http://www.proof-reading-service.com/pt/>)
- Quality Proofreading Services UK (<https://londonproofreaders.co.uk/>)
- Readytopub (<https://www.readytopub.com/home>)
- STTA (<https://www.stta.com.br>)
- Translation (<https://traduciencia.com.br/site/>)

#### **LIMITE DE PÁGINAS:**

Todas as linhas devem ser numeradas e paginadas no canto inferior direito. O trabalho deverá ser digitado em tamanho A4 210 x 297mm com no máximo 25 linhas por página, espaço duplo, com margens superior, inferior, esquerda e direita de 2,5cm, fonte Times New Roman e tamanho 12. O **número máximo** de páginas será 15 para artigo científico, 20 para revisão bibliográfica e 8 para nota, incluindo tabelas, gráficos e figuras. Figuras, gráficos e tabelas devem ser disponibilizados no final do texto e individualmente por página, não podendo ultrapassar as margens ou ser apresentados no formato paisagem.

Considerando o formato de publicação eletrônica, consideraremos manuscritos com páginas adicionais além dos limites acima. Porém, trabalhos aprovados que possuam excesso de páginas incorrerão em custo adicional para publicação (ver [taxa](#)).

#### **ESTRUTURA:**

3. O artigo científico (Modelo [.doc](#), [.pdf](#)) deve conter os seguintes tópicos: Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstrato; Palavras-chave; Introdução com Revisão de Literatura; Material e métodos; Resultados e Discussão ou resultados/discussão (em conjunto); Conclusão; Referências e Declaração de conflito de interesses. Agradecimento(s) e Apresentação; Contribuições dos autores; Fontes de Aquisição; Relatório verbal; O Comitê de Ética e Biossegurança deve comparecer antes das referências. Pesquisas envolvendo seres humanos e animais deverão apresentar parecer de aprovação de comitê de ética institucional no momento da submissão. Alternativamente, um dos modelos abaixo pode ser enviado ([Modelo de declaração humano](#) , [Modelo de declaração animal](#)). A Ciência Rural aceita arquivos eletrônicos multimídia (animações, imagens, tabelas,

filmes, áudio, etc.) e outros arquivos suplementares para serem publicados online juntamente com artigo, nota e revisão. Esse recurso pode acrescer informações ao artigo do autor. Se deseja que o material suplementar seja considerado no manuscrito, os dados devem estar em um repositório permanente. No manuscrito inserir o título Material suplementar com o link para acesso aos dados. Sendo o autor totalmente responsável pela permanência das informações na base de dados.

4. A revisão bibliográfica (Modelo [.doc](#), [.pdf](#)) deve conter os seguintes tópicos: Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstrato; Palavras-chave; Introdução; Desenvolvimento; Conclusão; Referências e Declaração de conflito de interesses.

Agradecimento(s) e Apresentação; Contribuições dos autores; Fontes de Aquisição e Relatório Verbal; O Comitê de Ética e Biossegurança deve comparecer antes das referências. **Pesquisas envolvendo seres humanos e animais deverão apresentar parecer de aprovação de comitê de ética institucional no momento da submissão.** Alternativamente, um dos modelos abaixo pode ser enviado ([Modelo de declaração humano](#), [Modelo de declaração animal](#)). A Ciência Rural aceita arquivos eletrônicos multimídia (animações, imagens, tabelas, filmes, áudio, etc.) e outros arquivos suplementares para serem publicados online juntamente com artigo, nota e revisão. Esse recurso pode acrescer informações ao artigo do autor. Se deseja que o material suplementar seja considerado no manuscrito, os dados devem estar em um repositório permanente. No manuscrito inserir o título Material suplementar com o link para acesso aos dados. Sendo o autor totalmente responsável pela permanência das informações na base de dados.

5. A nota (Modelo [.doc](#), [.pdf](#)) deve conter os seguintes tópicos: Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstrato; Palavras-chave; Texto (sem subdivisão, mas com Introdução; Metodologia; Resultados e Discussão e Conclusão; pode conter tabelas ou figuras); Referências e Declaração de conflito de interesses. Agradecimento(s) e Apresentação; Contribuições dos autores; Fontes de Aquisição e Relatório Verbal; O Comitê de Ética e Biossegurança deve comparecer antes das referências. Pesquisas envolvendo seres humanos e animais deverão apresentar parecer de aprovação de comitê de ética institucional no momento da submissão. Alternativamente, um dos modelos abaixo pode ser enviado ([Modelo de declaração humano](#), [Modelo de declaração animal](#)). A Ciência Rural aceita arquivos eletrônicos multimídia (animações, imagens, tabelas, filmes, áudio, etc.) e outros arquivos suplementares para serem publicados online juntamente com artigo, nota e revisão. Esse recurso pode acrescer informações ao artigo do autor.

Se deseja que o material suplementar seja considerado no manuscrito, os dados devem estar em um repositório permanente. No manuscrito inserir o título Material suplementar com o link para acesso aos dados. Sendo o autor totalmente responsável pela permanência das informações na base de dados.

#### **COVER LETTER:**

6. No preenchimento do campo “**cover letter**”, as seguintes informações deverão ser apresentadas em inglês, exceto para artigos submetidos em português (lembrando que os artigos deverão ser submetidos preferencialmente em inglês).
    - a) What is the major scientific achievement of your study?
    - b) The question your research answers?
    - c) Your major experimental results and overall findings?
    - d) The most important conclusions that can be drawn from your research?
    - e) Any other details that will encourage the editor to send your manuscript for review?
- Para mais informações acesse o seguinte [\*\*\*tutorial\*\*\*](#).
7. Nenhuma impressão será fornecida. Os artigos estão disponíveis em formato PDF no site da revista [\*\*\*www.scielo.br/cr\*\*\*](http://www.scielo.br/cr).

#### **TÍTULOS:**

8. Descrever o título em português e inglês (se o artigo for em português) – Inglês e português (se o artigo for em inglês). Apenas a primeira letra do título do artigo deve ser maiúscula, exceto no caso de nomes próprios. Evite abreviações e nomes científicos no título. O nome científico só deve ser utilizado quando estritamente necessário. Devem aparecer nas palavras-chave, resumo e outras seções quando necessário.
9. As citações dos autores no texto devem ser feitas em letras maiúsculas seguidas do ano de publicação, conforme exemplos: Estes resultados estão de acordo com os relatados por MILLER & KIPLINGER (1966) e LEE et al. (1996), como malformação congênita (MOULTON, 1978).

10. Este [link](#) fornece o arquivo de estilo para uso com o software EndNote (EndNote é um software de gerenciamento de referências, usado para gerenciar bibliografias ao escrever ensaios e artigos). Os arquivos de estilos também estão disponíveis para uso com o software Mendeley (disponível neste [link](#)) e Zotero (disponível neste [link](#)).

## **REFERÊNCIAS:**

11. As referências deverão ser feitas no estilo ABNT (NBR 6023/2000) de acordo com as normas próprias da revista.

### **11.1.** Citação de livro:

JENNINGS, PB **The practice of large animal surgery**. Philadelphia: Saunders, 1985. 2v.  
 TOKARNIA, CH et al. (More than two authors) **Plantas tóxicas da Amazônia a bovinos e outros herbívoros**. Manaus: INPA, 1979. 95p.

### **11.2.** Citação de livro de autoria de:

GORBAMAN, A. A comparative pathology of thyroid. In: HAZARD, JB; SMITH, FROM **The thyroid**. Baltimore: Williams & Wilkins, 1964. Ch.2, p.32-48.

### **11.3.** Capítulo de livro sem autoria:

COCHRAN, WC The estimation of sample size. In: \_\_\_\_\_. **Sampling techniques**. 3rd ed. New York: John Wiley, 1977. Ch.4, p.72-90.

TURNER, AS; McILWRAITH, CW Fluid Therapy. In: \_\_\_\_\_. **Técnicas cirúrgicas em grandes animais**. São Paulo: Roca, 1985. p.29-40.

### **11.4.** Artigo completo:

O autor deverá adicionar a url do artigo referenciado e o número de identificação DOI (Digital Object Identifiers), conforme exemplos abaixo:

MEWIS, I.; ULRICHS, CH. Action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Stored**

**Product Research ,** Amsterdam (City optional), v.37, p.153-164, 2001. Available from: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X\(00\)00016-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X(00)00016-3)> . Accessed: Mar. 18, 2002. doi: 10.1016/S0022-474X(00)00016-3.

PINTO JUNIOR, AR et al (More than 2 authors). Response of *Sitophilus oryzae* (L.), *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) and *Oryzaephilus surinamensis* (L.) to different concentrations of diatomaceous earth in bulk stored wheat. **Ciência Rural**, Santa Maria (City optional), v. 38, no. 8, p.2103-2108, nov. 2008 . Available from: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782008000800002&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782008000800002&lng=pt&nrm=iso)>. Accessed: Mar. 18, 2009. doi: 10.1590/S010384782008000800002.

SENA, DA et al. Vigor tests to evaluate the physiological quality of corn seeds cv. 'Countryside'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, no. 3, e20150705, 2017. Available from: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782017000300151&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782017000300151&lng=pt&nrm=iso)>. Accessed: Mar. 18, 2017. Epub 15-Dec-2016. doi: 10.1590/0103-8478cr20150705 (Article published electronically).

#### **11.5. Resumo:**

RIZZARDI, MA; MILGIORANÇA, ME Evaluation of cultivars from the national sunflower trial, Passo Fundo, RS, 1991/92. In: UFSM RESEARCH JOURNEY, 1., 1992, Santa Maria,

RS. **Annals...** Santa Maria: Dean of Postgraduate Studies and Research, 1992. V.1. 420p. p.236. (NOTE: try to avoid this type of citation).

#### **11.6. Tese e dissertação:**

COSTA, JMB **Comparative study of some digestive characteristics between cattle (Charolais) and buffaloes (Jafarabad)** . 1986. 132f. Monograph/Dissertation/Thesis (Specialization/Master's/Doctorate in Animal Science) – Postgraduate Course in Animal Science, Federal University of Santa Maria. (NOTE: try to avoid this type of citation).

#### **11.7. Boletim:**

ROGIK, FA **Lactose industry** . São Paulo: Department of Animal Production, 1942. 20p. (Technical Bulletin, 20). (NOTE: try to avoid this type of citation).

#### **11.8. Informação verbal:**

Identified in the text itself immediately after the information, through the expression in parentheses. Example: ... are findings described by Vieira (1991 – Verbal report). At the end of the text, before the Bibliographic References, cite the author's full address (include E-mail), and/or place, event, date and type of presentation in which the information was issued.

### **11.9. Documentos eletrônicos:**

MATERA, JM **Surgical conditions of the spine: analysis of the possibilities of surgical treatment**. São Paulo: Department of Surgery, FMVZ-USP, 1997. 1 CD. (NOTE: try to avoid this type of citation).

GRIFON, DM Arthroscopic diagnosis of elbow dysplasia. In: WORLD SMALL ANIMAL VETERINARY CONGRESS, 31., 2006, Prague, Czech Republic.

**Proceedings...** Prague:

WSAVA,	2006.	p.630-636.	Online.	Available	from
< <a href="http://www.ivis.org/proceedings/wsava/2006/lecture22/Griffon1.pdf?LA=1">http://www.ivis.org/proceedings/wsava/2006/lecture22/Griffon1.pdf?LA=1</a> >.					
Accessed: Mar. 18, 2005 (NOTE: try to avoid this type of citation).					

UFRGS.	<b>Transgenics</b>	.	Zero Hora Digital,	Porto Alegre,	23 March.	2000
Specials. Online. Available from: < <a href="http://www.zh.com.br/especial/index.htm">http://www.zh.com.br/especial/index.htm</a> >.						
Accessed: Mar. 18, 2001 (NOTE: try to avoid this type of citation).						

ONGPHIPHADHANAKUL, B. Prevention of postmenopausal bone loss by low and conventional doses of calcitriol or conjugated equine estrogen. **Maturitas**, (Ireland), v.34, n.2, p.179-184, Feb 15, 2000. Obtained via MEDLINE database. 1994-2000. Online. Available from: <<http://www.Medscape.com/server-java/MedlineSearchForm>>. Accessed: Mar. 18, 2007.

MARCHIONATTI, A.; PIPPI, NL Comparative analysis between two recovery techniques for non-infected corneal ulcers at the mid-stromal level. In: SEMINARIO LATINOAMERICANO DE CIRURGIA VETERINÁRIA, 3., 1997, Corrientes, Argentina. **Anais...** Corrientes: Facultad de Ciencias Veterinarias – UNNE, 1997. Floppy disk. 1 31/2 floppy disk. For use on PC. (NOTE: try to avoid this type of citation).

### **DESENHOS, GRÁFICOS E FOTOGRAFIAS:**

12. Os desenhos, gráficos e fotografias serão denominados figuras e terão o número de ordem em algarismos arábicos. A revista não utiliza o nome pintura. As figuras deverão ser disponibilizadas individualmente por página. Desenhos, figuras e gráficos (com largura máxima de 16cm) deverão ser feitos em editor gráfico sempre em qualidade máxima com no mínimo 300 dpi em extensão .tiff. As tabelas devem conter a palavra tabela, seguida do número de ordem em algarismos arábicos e não devem ultrapassar uma página.
13. Será obrigatório o cadastro de todos os autores nos metadados de submissão. O artigo não será processado até que este item seja atendido. Excepcionalmente, mediante consulta prévia ao Comitê Editorial, outro método poderá ser utilizado.
14. Checklist (Checklist [.doc .pdf](#)).
15. Os artigos serão publicados por ordem de aprovação.
16. Os artigos não aprovados serão arquivados, porém será fornecida justificativa para a rejeição.
17. Em caso de dúvida, consulte artigos de números já publicados antes de entrar em contato com o Comitê Editorial.
18. Todos os artigos reencaminhados deverão pagar taxa de processamento ([taxa de processamento](#)). Artigos reenviados (com decisão de Rejeitar e Reenviar) deverão pagar novamente a taxa de processamento. Artigos arquivados por vencimento do prazo não terão devolução da taxa de processamento.
19. Todos os artigos submetidos passarão por um processo de verificação de plágio através do programa “Cross Check”.

## **CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES**

21. Contribuição dos autores

Deve-se utilizar um dos seguintes exemplos:

### **Exemplo um**

*Todos os autores contribuíram igualmente para a concepção e redação do manuscrito.*

*Todos os autores revisaram criticamente o manuscrito e aprovaram a versão final.*

### **Exemplo dois**

*Os autores contribuíram igualmente para o manuscrito.*

**Em caso de contribuições diferentes por parte dos autores, utilizar os termos relacionados abaixo:**

*Conceitualização (Conceptualization)*  
*Curadoria de dados (Data curation)*  
*Análise de dados (Formal analysis)*  
*Recebimento de financiamento (Funding acquisition)*  
*Pesquisa (Investigation)*  
*Metodologia (Methodology)*  
*Administração do projeto (Project administration)*  
*Disponibilização de ferramentas (Resources)*  
*Desenvolvimento, implementação e teste de software (Software)*  
*Supervisão (Supervision)*  
*Validação de dados e experimentos (Validation)*  
*Design da apresentação de dados (Visualization)*  
*Redação do manuscrito original (Writing – original draft)*  
*Redação – revisão e edição (Writing – review & editing)*

### **Exemplo três**

RW e VN conceberam a *Conceitualização (Conceptualization)*. CBG realizou a *Análise de dados (Formal analysis)*. FA realizou a *Validação de dados e experimentos (Validation)*. ACS realizou a *Redação – revisão e edição (Writing – review & editing)*.

### **ORCID:**

22. ORCID (Open Research and Contributors Identification) permite a criação de identificadores digitais únicos (ORCID ID) para pesquisadores, facilitando a identificação nacional e internacional de pesquisadores e sua produção. Portanto, **recomendamos** que todos os autores de cada submissão adotem o registro ORCiD em suas publicações.

### **CIÊNCIA ABERTA:**

23. A Ciência Rural vem se alinhando às práticas de comunicação da Ciência Aberta, em conformidade com o que é promovido pelo Programa SciELO. Portanto, a partir

de 01/01/2022, os autores deverão fazer uso do [Formulário de Conformidade de Ciência Aberta](#), que deverá ser submetido como arquivo suplementar a todo manuscrito submetido à Ciência Rural. A conformidade relatada pelos autores será verificada durante a revisão inicial dos manuscritos e posteriormente pelos editores e pareceristas. Informamos aos autores que os artigos publicados na edição v52n1 já conterão a identificação do editor-chefe e editor da área responsável pelo processamento dos manuscritos no CR, conforme norteado pelas práticas da Ciência Aberta.

24. A Ciência Rural recomenda que todos os autores depositem preprints para acelerar a circulação dos dados dos artigos antes da revisão por pares. Se a pesquisa com preprint for aceita para publicação em CR, o preprint e o manuscrito publicado serão vinculados entre si na publicação online. Todos os autores devem vincular seu respectivo ORCID tanto à pré-impressão quanto ao manuscrito publicado. CR também recomenda editores a considerar os comentários e informações disponíveis no preprint para suportar o processo editorial e, quando relevantes, editores podem incorporar as informações na decisão editorial aos autores..

CR recomenda totalmente repositórios de pré-print como [BioRxiv](#) , [AgriRxiv](#) e [SciELO Preprints](#) .

#### **OPEN ACCESS, COPYRIGHT E POLÍTICA DE AUTO-ARQUIVAMENTO:**

Todo o conteúdo da Ciência Rural (CR) e artigos publicados pela revista, salvo indicação em contrário, estão licenciados sob a licença Creative Commons Attribution.

Os autores de artigos publicados pela Ciência Rural (CR) mantêm os direitos autorais de seus trabalhos, licenciando-os sob a licença Creative Commons Attribution, que permite a reutilização e distribuição de artigos sem restrições, desde que o trabalho original seja corretamente citado.

A Ciência Rural (CR) incentiva os autores a autoarquivar seus manuscritos aceitos, publicando-os em blogs pessoais, repositórios institucionais e redes sociais acadêmicas, bem como publicando-os em suas redes sociais pessoais, desde que a citação completa esteja incluída na versão do site da revista.

#### **USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

25. A fim de manter a transparência e o respeito aos critérios científicos, a Ciência Rural recomenda as seguintes medidas em relação ao uso de inteligência artificial:

- a. As ferramentas de inteligência artificial não devem ser usadas para a escrita do manuscrito ou para substituir atividades e competências dos autores, a exemplo da elaboração de resumo, palavras-chave, hipóteses e conclusão do estudo;
- b. É permitido uso de ferramentas de inteligência artificial para revisão e melhoria da qualidade da redação do manuscrito. Esse uso deve ser cuidadosamente acompanhado pelos autores de forma a garantir que o conteúdo científico não seja alterado. O uso de inteligência artificial para essa finalidade deve ser declarado em seção adequada do manuscrito;
- c. O uso de inteligência artificial é permitido para a melhoria da qualidade de imagens desde que não remova ou insira elementos que influenciem na conclusão dos resultados. A aplicação de inteligência artificial para essa finalidade também deve ser mencionada em seção adequada do manuscrito;
- d. Caso a inteligência artificial seja parte da metodologia do estudo, essa deve estar descrita na seção de “Materials and methods”, incluindo as informações necessárias para sua reprodução.

---

◀ [Voltar para o topo](#)

## CIÊNCIA RURAL

Universidade Federal de Santa Maria - Centro de Ciências Rurais

Prédio 42, Sala 3104

97105-900 - Santa Maria, RS, Brasil

E-mail: [cienciarural@ufsm.br](mailto:cienciarural@ufsm.br)

Fone: (55) 3220-8698