

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
ESCOLA DE CIÊNCIAS MÉDICAS E DA VIDA  
CURSO DE ZOOTECNIA

**RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS E SISTEMAS INTEGRADOS NA  
PECUÁRIA: FERRAMENTAS PARA MITIGAR GASES DE EFEITO ESTUFA**

Acadêmica: Sábytta Nayara Rodrigues Rezende  
Orientadora: Profa. Dra. Delma Machado Cantisani Pádua

Goiânia – Goiás  
2024



**SABYTTA NAYARA RODRIGUES REZENDE**



**RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS E SISTEMAS INTEGRADOS NA  
PECUÁRIA: FERRAMENTAS PARA MITIGAR GASES DE EFEITO ESTUFA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia, junto ao Curso de Zootecnia da Escola de Ciências Médicas e da Vida, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

Orientadora: Profa. Dra. Delma Machado Cantisani Padua

Goiânia – GO  
2024



**SABYTTA NAYARA RODRIGUES REZENDE**



**RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS E SISTEMAS INTEGRADOS NA  
PECUÁRIA: FERRAMENTAS PARA MITIGAR GASES DE EFEITO ESTUFA**

Monografia apresentada à banca avaliadora em 05/12/2024 para conclusão da disciplina de TCC, no curso de Zootecnia, junto a Escola de Ciências Médicas e da Vida da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, sendo parte integrante para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Conceito final obtido pelo aluno: Aprovado

---

Profa. Dra. Delma Machado Cantisani Padua  
(Orientadora)

---

Prof. Me. Wagno Pereira da Costa  
(Membro)

---

Prof. Dr. Rodrigo Zaiden Taveira  
(Membro)

As minhas filhas Louise e Charlot, que são meu abrigo, meu afago e minha luz, no meio de tudo a existência de vocês me abençoa.

Ao meu companheiro Ruhan, sem seu apoio inabalável este sonho não seria possível, obrigada por ser meu incentivador, e ter cuidado de nós para que eu pudesse chegar até aqui.

À minha querida avó Nilta, in memória, cujos ensinamentos continuam a iluminar minha jornada, sua bonequinha está formando, espero que de onde estiver esteja orgulhosa de mim.

Com muito amor, dedico a vocês este TCC.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, minha eterna gratidão por iluminar meu caminho, renovar minha fé nos desafios e tornar possível cada conquista ao longo desta jornada.

Agradeço primeiramente aos meus pais, Aguiarões e Thybiana, que sempre me apoiaram na conclusão do ensino superior e me ensinaram que o conhecimento é um bem que ninguém pode nos tirar. Aos meus irmãos, Jonattã e Emanuely, que são meus apoiadores incondicionais, que compreendem minhas ausências e me amam, mesmo assim.

Ao meu amado companheiro Ruhan Bruno, por seu amor, carinho e compreensão em cada fase que passei na faculdade, pelas suas palavras de incentivo em todos os momentos em que pensei em desistir, por segurar minha mão, olhar nos meus olhos e dizer que eu conseguiria, pelo trabalho árduo, muitas vezes debaixo do sol, que possibilitou suprir as pendências dentro de casa e na faculdade enquanto eu concluía meu sonho. Jamais me esquecerei disso. Essa vitória é nossa, meu amor.

À minha filha Louise Gabriely, minha primogênita, que foi e é minha melhor amiga, que me ajudou tanto a superar obstáculos da vida que nem sei se algum dia conseguirei retribuí-la. Você, Louise, é a dona dos melhores sorrisos, aqueles que iluminam todo o meu dia e me salvam diversas vezes sem nem mesmo saber. Obrigada pelo seu companheirismo o tempo todo, por sempre me ajudar com sua irmã e pelo seu empenho em me mostrar que eu tinha com quem contar. Obrigada por entender minha ausência em diversas ocasiões. Espero poder compensar cada tempo que perdi.

À minha caçula Charlot Vitória, você é o raio de sol pela manhã, aquele que chega para aquecer, igual aos seus abraços e beijos, os mais gostosos do mundo. Você me faz sorrir em meio ao caos e, com você, aprendi que as coisas podem ser ainda mais divertidas. Agradeço também por me entender e compreender minha ausência, muitas vezes dormindo do meu lado enquanto eu escrevia este trabalho. Espero que eu possa retribuir todo esse amor e companheirismo que você me oferece.

Ao meu avô, Marcílio, que sempre esteve de joelhos no chão, orando pela minha vitória. Aos meus avós, Abrão Rezende e Cleuza Rezende, e à minha

tia Darck Rezende (in memoriam), que com certeza estariam felizes e vibrantes com esta conquista. Como eu gostaria de tê-los aqui comigo.

Agradeço aos meus sogros, Sílvio Carvalho e Andréia Duarte, os quais sempre estiveram de prontidão para me auxiliar, rezar por mim e se alegrar comigo. Sou grata por todo apoio, compreensão e intercessão.

Aos meus mais que amigos, Ana Rosa Araújo e Frank Brandão, que se tornaram meus irmãos. Vocês sempre foram grandes apoiadores dos meus estudos, me motivando a correr atrás dos meus sonhos e estando ao meu lado nos dias difíceis, lembrando-me de que tudo passaria e que os próximos dias seriam melhores, que eu conseguiria enfrentar qualquer barreira, nossos momentos, risadas e trabalhos juntos com vocês a faculdade se tornou mais leve. Serei eternamente grata por todo esse apoio e espero conseguir retribuir no mesmo nível, pra sempre juntos.

À minha amiga Glenda, que, mesmo estando a 9.190 km de distância, sempre se fez presente. Ela me ouviu, se estressou e sorriu comigo. Hoje, quero compartilhar essa vitória com ela.

À minha amiga Railda Ferreira, por me ajudar tanto dentro quanto fora da faculdade, especialmente no cuidado com minhas filhas. Obrigada por vibrar comigo a cada conquista e por se alegrar com minhas vitórias. Estaremos sempre juntas, minha futura vizinha.

Ao meu amigo Carlos H. Sales, que, mesmo cansado da correria do trabalho, me ajudou na construção deste trabalho. Muito obrigada por todo apoio e incentivo ao longo desses anos e, principalmente, nesta reta final. Te admiro.

Agradeço também ao Thiago Oliveira, que se tornou um grande amigo, acreditou em mim e na minha determinação, e me incentivou nos estudos ao ponto de pagar minha primeira mensalidade. Serei eternamente grata.

Aos meus amigos de graduação, que marcaram minha vida de alguma forma, especialmente Andressa Souza, Flávia Bueno, Cecília Caetano e Jennifer Cristina. Juntos, vivemos momentos maravilhosos. Foram grandes companheiras nesta caminhada. Espero poder ter sido tão especial para vocês quanto foram e ainda são para mim.

Também não posso esquecer dos meus colegas da UFNT, onde comecei minha graduação. Agradeço a todos, tanto os alunos de Zootecnia quanto de Medicina Veterinária, especialmente Laryssa Borges, Israel

Guadalupe e Arietha Parente, que trocavam de turma de laboratório comigo para poderem cuidar da Louise enquanto eu estava em aula. E ao meu eterno amigo Kleciouan Soares: “Amigos de verdade são aqueles que nem a morte separa”.

À Rosângela, da PECFORT Identificação Animal, que sempre me ajudou, orou por mim e torceu para que eu chegasse até aqui.

Um agradecimento especial à minha orientadora, Delma Machado. Mais do que uma professora, a senhora se tornou uma querida amiga, alguém a quem recorri em muitos momentos, tanto dentro da faculdade quanto fora dela. Sempre estive disposta a me estender a mão, oferecendo apoio, conselhos e encorajamento. Agradeço profundamente por sua dedicação, não apenas a este trabalho, mas a mim como pessoa e aluna. Sou eternamente grata por todo o conhecimento transmitido e pelo exemplo de profissionalismo e humanidade que a senhora representa.

Aos meus professores da PUC-Goiás, com os quais tenho uma ligação genuína de afeto: Otávio Cordeiro, João Daros, Antônio Viana, Laudicéia Rocha, Marlos Castanheira, Wagno Costa e ao coordenador Bruno Mariano. Deixo aqui minha gratidão pelos ensinamentos valiosos que me proporcionaram ao longo dessa jornada. Gostaria de expressar também um agradecimento especial ao professor Zaiden, que aceitou o convite para fazer parte da minha banca avaliadora e, com sua análise criteriosa e suas observações perspicazes, me fez olhar para a Zootecnia sob novas perspectivas.

À Sementes Plante, meu sincero agradecimento por acreditarem no meu potencial e me darem a oportunidade de crescer profissionalmente. É um prazer imenso fazer parte desta equipe, trabalhando ao lado de pessoas tão competentes e especiais, que me inspiram diariamente.

“Quando for a hora certa. Eu, o Senhor farei acontecer.”

Isaias 60:22

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	
<b>RESUMO</b> .....	
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	3
2.1 Digestão em ruminantes e a produção de metano .....	3
2.2 Impactos do metano CH <sub>4</sub> no meio ambiente .....	4
2.3 Processo de recuperação de pastagem .....	7
2.4 Pastagens e o sequestro de carbono .....	11
2.4.1 Benefícios para o meio ambiente e para o produtor .....	13
2.5 Sistemas integrados na pecuária .....	15
2.6 Políticas públicas e programas de incentivo à produção sustentável .....	23
2.7 Casos de sucesso em sustentabilidade na bovinocultura .....	26
<b>3 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	28
<b>4 REFERÊNCIAS</b> .....	29

## LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	Página
Figura 1 - Representação do efeito estufa. ....	5
Figura 2 - Representação molecular dos gases de efeito estufa.....	6
Figura 3 - Ciclo de Calvin, rota da fixação do dióxido de carbono.....	12
Figura 4 – Esquema do arranjo de um sistema ILPF .....	17

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de Potencial de Aquecimento Global, GWP do CO <sub>2</sub> de gases ligados à agropecuária. ....	7
Tabela 2 - Estádios de degradação (ED) de pastagens.....	8
Tabela 3 - Níveis de degradação de pastagens do Brasil em 2021. ....	9
Tabela 4 - Custos médios de tecnologias de recuperação/reforma e de manutenção de pastagens nos biomas brasileiros (R\$/ha).....	10
Tabela 5 - Potencial de mitigação de GEE nos diferentes sistemas em t de Co <sub>2</sub> e por hectare .....	20
Tabela 6 - Custos de implementação de um sistema ILPF .....	21

## RESUMO

A pecuária brasileira tem redirecionado seu foco, saindo de um modelo baseado na expansão territorial para adotar práticas que priorizam a intensificação, tal estratégia busca aliar eficiência produtiva à sustentabilidade, assegurando a qualidade da carne e fortalecendo a posição do Brasil no cenário global. O objetivo do trabalho foi revisar a importância da recuperação de pastagens degradadas e dos sistemas integrados na pecuária de corte, destacando práticas que promovem a sustentabilidade, com foco no sequestro de carbono atmosférico e na mitigação dos impactos das emissões de gases de efeito estufa (GEE). A degradação das pastagens reduz a produtividade, aumenta os custos de produção e contribui para a emissão de GEE. A recuperação de pastagens e a adoção de sistemas integrados, promovem o sequestro de carbono atmosférico e consequentemente melhora os estoques de carbono e a qualidade do solo além de aumentar a biodiversidade. Os sistemas integrados oferecem diversos benefícios no solo, além de aumento da produtividade, diversificação da renda, uso mais eficiente dos insumos e melhoria do bem-estar animal. O sequestro de carbono em pastagens recuperadas e sistemas integrados contribui para a mitigação das mudanças climáticas e pode gerar renda adicional para os produtores por meio de mecanismos de pagamento por serviços ambientais. As políticas públicas e incentivos, como o Plano ABC+, têm sido desenvolvidos em conjunto com os produtores, apoiados por estudos de caso, para promover a adoção dessas práticas. A análise de casos de sucesso, como o uso do sistema ILPF em propriedades brasileiras, revela o potencial dessas abordagens na recuperação da saúde do solo e na melhoria da produtividade agropecuária, alinhando a preservação ambiental com o aumento da eficiência. Sendo assim essas estratégias se fazem eficazes para promover a sustentabilidade da pecuária de corte. Profissionais especializados auxiliam impulsionando a produção, alinhada com eficiência e sustentabilidade conectando o produtor com as políticas públicas e financiamentos.

Palavras-chave: degradação, integração, políticas públicas, créditos de carbono, sustentabilidade.

## 1. INTRODUÇÃO

A criação de bovinos no Brasil ocupa área de 160 milhões de hectares, onde está concentrado quase 90% do rebanho bovino nacional, o maior do mundo, com mais de 213,7 milhões de cabeças. O sistema de pecuária extensiva, que se destaca como diferencial significativo do Brasil, continua a ser uma característica importante dessa produção (EMBRAPA, 2020).

Dados do MAPBIOMAS (2022) mostram que, ao longo de 38 anos (1985-2022), a área ocupada pela agropecuária no Brasil cresceu 50%, e aumentou de 187,3 para 282,5 milhões de hectares, equivalente a 10,6% do território nacional. Esse crescimento tem gerado preocupações sobre a degradação das pastagens, com mais de 52% delas apresentando algum grau de degradação, o que impacta negativamente a produção de forragem e a capacidade de suporte das terras (MAPBIOMAS, 2022). A degradação do solo pode ser causada por ações naturais ou antrópicas, sendo a agricultura e a pecuária, quando mal manejadas, contribuintes importantes para esse processo (SILVA et al., 2020).

A degradação das pastagens resulta numa redução da produtividade e no aumento dos custos de produção, o que leva a queda nas receitas. A falta de administração eficiente e práticas inadequadas de manejo são fatores que comprometem a sustentabilidade da atividade e a produtividade das terras (PAULA; PESSOA; ABRÃO, 2019). Para mitigar esses problemas, é essencial o manejo adequado das pastagens, levando em consideração as suas características fisiológicas e as condições ambientais, o que pode aumentar a sua produtividade e prolongar sua vida útil (CORDEIRO et al., 2023).

Quando bem conduzidas, as pastagens desempenham papel importante no sequestro de carbono, convertendo o dióxido de carbono atmosférico em biomassa vegetal durante o ciclo da fotossíntese. Esse processo contribui para a conservação do carbono no solo por meio da deposição de material orgânico (CORDEIRO et al., 2023).

Além disso, os sistemas integrados de produção, como a ILPF, que combinam a produção de grãos com forrageiras e árvores, oferecem benefícios adicionais para o sequestro de carbono e a proteção do solo (MARINI, 2024).

A adoção de práticas conservacionistas, como o uso de gramíneas e leguminosas para produção de forragem e palhada, é essencial para reduzir os impactos ambientais, aumentar a produtividade e tornar a atividade agropecuária mais sustentável (ASSAD et al., 2022). A integração das atividades agrícolas e pecuárias com florestas resulta num modelo eficiente que favorece o uso mais eficaz dos recursos naturais, e ajuda na intensificação sustentável da produção (ADEGBEYE et al., 2020).

Considerando o perfil tecnológico do setor e a disponibilidade de tecnologias que garantem uma produção agrícola cada vez mais eficiente, aliada à vantagem adicional de emissões líquidas de GEE reduzidas e ao uso racional dos recursos naturais, observa-se que o potencial de mitigação da agropecuária supera as metas estabelecidas pelo Plano ABC. Em particular, nos casos da ILPF e SAFs (Sistemas Agroflorestais), esse potencial pode ser ainda maior do que o da recuperação das pastagens (SALTON, 2005; MACEDO, 2009).

Além disso, o governo brasileiro tem adotado políticas públicas, como o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC), voltadas à redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) na agricultura e pecuária. Ele visa promover práticas agrícolas e pecuárias mais sustentáveis, alinhadas aos objetivos ambientais do Brasil, incentivando a recuperação de pastagens degradadas e a adoção de sistemas como o ILPF (LIMA et al., 2020).

O objetivo desta revisão de bibliografia foi analisar a importância da recuperação de pastagens degradadas e os sistemas integrados na pecuária, afim de contribuir para práticas que promovem sustentabilidade, com foco na manutenção dos estoques de carbono no solo e na mitigação dos impactos das emissões de gases de efeito estufa.

## 2- REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Digestão em ruminantes e a produção de metano

O aparelho digestivo tem como função principal a digestão e absorção dos nutrientes, além de excretar os resíduos que não são aproveitados pelo organismo (SILVA e LEÃO, 1979). Nos ruminantes, há adaptações específicas no sistema digestório, resultado da evolução, que ocorreram principalmente em função da dieta rica em fibras consumida por esses animais (KÖNIG e LIEBICH, 2016).

O processo evolutivo concedeu aos ruminantes a capacidade de aproveitarem, de forma eficiente, carboidratos fibrosos como fonte de energia e compostos nitrogenados não proteicos como fonte de proteína (VALADARES FILHO e PINA, 2006). Essa capacidade de aproveitar esses nutrientes se deve ao fato de o estômago de ruminantes ser dividido em quatro compartimentos (rúmen, retículo, omaso e abomaso) e da relação simbiótica que desenvolveu com microrganismos fermentadores de fibra: fungos, protozoários e bactérias (CHANG et al., 2021).

Os três primeiros compartimentos do estômago dos ruminantes (rúmen, retículo e omaso) abrigam os microrganismos e, portanto, possuem atividade fermentativa. A fermentação realizada pela microbiota ruminal, sintetiza nutrientes como proteínas, ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e vitaminas do complexo B (OLIVEIRA et al., 2013).

A produção de metano é um processo natural que ocorre dentro do rúmen do bovino, pela fermentação do alimento ingerido pelo animal a partir da ação de bactérias metanogênicas que estão na microbiota do rúmen (OLIVEIRA et al., 2017).

Segundo NEWBOLD e MORALES (2020) dependendo da dieta oferecida ao animal, elétrons de  $H^+$  são liberados e se juntam, formando moléculas de  $H_2$ . A maioria das arqueobactérias presentes no rúmen aproveita a energia para seu crescimento ao reduzir bioquimicamente o  $CO_2$  com  $H_2$ . A ação das arqueais é vital para garantir a eficiência da digestão anaeróbia,

prevenindo o acúmulo de H<sub>2</sub> e ácidos graxos de cadeia curta. Contudo, sua atividade é sensível a fatores como temperatura e pH (LIU e WHITMAN, 2008).

A atividade microbiana no rúmen promove a hidrólise da maior parte da matéria orgânica da dieta, e o metano liberado durante a digestão representa perda de energia para o animal, além de contribuir para o aumento de metano na atmosfera. É importante considerar, no entanto, que a produção de CH<sub>4</sub> está diretamente relacionada à concentração de hidrogênio (H<sub>2</sub>) dissolvido, que, por sua vez, é influenciada por fatores do ecossistema ruminal, como as taxas de produção de acetato e propionato (HERDT, 2001).

A metanogênese é a fase mais crítica e mais lenta da biodigestão, é extremamente influenciada pelas condições de operação, como temperatura, composição do substrato, taxa de alimentação, tempo de retenção, pH, concentração de amônia entre outros (TOLMASQUIM, 2016). O produto final é composto basicamente de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S (AVACI et al., 2013).

## 2.2 Os impactos do metano CH<sub>4</sub> no meio ambiente

O acúmulo de GEE na atmosfera provoca maior retenção do calor liberado pela superfície terrestre e, conseqüentemente, aumenta o fenômeno conhecido como “efeito estufa”. Embora seja um fenômeno natural e fundamental para a manutenção da vida no planeta, o rápido aumento das emissões de GEE leva à sua intensificação, e a alteração desse equilíbrio ameaça os sistemas naturais e as sociedades humanas (HOEGH-GULDBERG, 2019).

O efeito estufa como já dito é indispensável para manter a temperatura adequada na Terra, contudo, o excesso de GEE cria uma camada densa que aprisiona o calor FIGURA 1, elevando a temperatura da superfície terrestre além do ideal. Esse processo resulta em mudanças climáticas e gera impactos ambientais significativos. A gravidade das alterações e variações no clima decorrentes do aquecimento global é considerada uma ameaça às condições de vida da população mundial, com variações na intensidade de seus efeitos (PAIVA et al., 2015).

Figura 1 - Representação do efeito estufa.



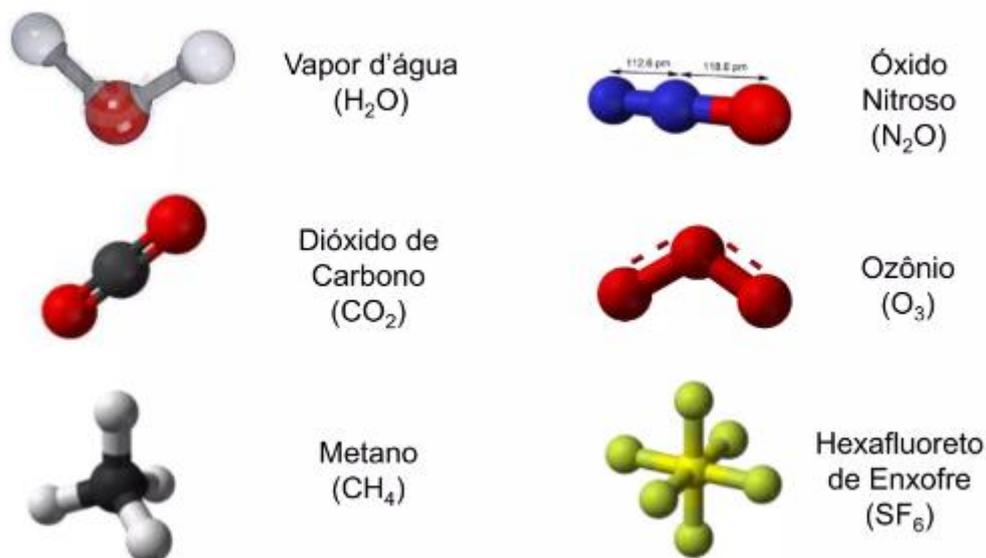
Fonte: GHILARDI-LOPES, 2014.

De acordo com o levantamento mais recente (SEEG, 2023), a pecuária, especialmente a fermentação entérica, foi a maior responsável pelas emissões de gases, correspondendo a 79,4% do total, o que representa 477 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Além disso, também foi a principal responsável pelo aumento observado no setor.

FIGUEIREDO et al. (2023) destacam que os GEE são compostos que, em concentração elevada na atmosfera, têm o potencial de provocar efeitos adversos no clima. Os principais GEEs presentes na atmosfera são o gás carbônico ou dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>). A FIGURA 2 mostra as representações moleculares desses gases de efeito estufa.

Os gases de efeito estufa (GEEs) mais relevantes ligados às atividades agropecuárias incluem o dióxido de carbono, o metano e o óxido nitroso. De acordo com o IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas), as principais fontes dessas emissões no setor são: fermentação entérica, manejo de resíduos animais, cultivo de arroz, queima de restos agrícolas, liberação de óxido nitroso devido ao uso de insumos e emissões ou remoções de dióxido de carbono associadas às mudanças no uso do solo (IPCC, 2014).

Figura 2 - Representação molecular dos gases de efeito estufa.



Fonte: MEDEIROS, 2011.

Geralmente, as fontes de dados apresentam os inventários de emissão em carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e), na métrica GWP (potencial de aquecimento global) e segundo os fatores do mais recente relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), o AR5, sendo representados por CO<sub>2</sub>e GWP-AR5 (AMACHAINS, 2023).

O carbono equivalente é calculado com base no potencial de aquecimento global (GWP) de cada gás de efeito estufa em comparação ao dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), permitindo comparação mais precisa das emissões. Para converter as emissões de diferentes gases em CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>e), foi estabelecido o conceito de GWP (Global Warming Potential, ou "Potencial de Aquecimento Global"). Sendo que o GWP do CO<sub>2</sub> é sempre igual a 1, servindo como referência para os demais. Na TABELA 1 são apresentados os valores de potencial de aquecimento global, GWP do CO<sub>2</sub> de gases ligados à agropecuária (AMACHAINS, 2023).

Além disso, há um aspecto adicional no cálculo que requer atenção. Embora o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) tenha um fator GWP igual a 1, 1 tonelada de CO<sub>2</sub> corresponde a apenas 0,2727 toneladas de Carbono Equivalente. Isso ocorre porque, no cálculo do Carbono Equivalente, considera-se apenas a massa do átomo de carbono (C) presente na molécula de CO<sub>2</sub>, que representa apenas 27,27% da massa total dessa molécula (CHO, 2023).

Tabela 1 - Valores de Potencial de Aquecimento Global, GWP do CO<sub>2</sub> de gases ligados à agropecuária.

<b>Gás</b>	<b>GWP relativo/CO<sub>2</sub> (100 anos)</b>	<b>Carbono equivalente (x 0,2727)</b>
<b>Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)</b>	1	0,273
<b>Metano (CH<sub>4</sub>)</b>	28	7,64
<b>Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O)</b>	265	72

Fonte: AMACHAINS, 2023

Há preocupações sobre as possíveis consequências associadas ao crescimento do setor pecuário, incluindo o aumento do uso e degradação dos recursos naturais, a contribuição para o aquecimento global por meio da emissão de gases de efeito estufa, o esgotamento dos recursos hídricos, a erosão do solo e a alteração dos habitats naturais (FAO, 2019).

### 2.3 Processo de recuperação de pastagens

No sistema tradicional, predomina a pecuária extensiva, que depende principalmente do fornecimento de nutrientes dos pastos, limitando a suplementação alimentar ao fornecimento de sal comum ou suplemento mineral para os animais. Nesse modelo, não há investimentos na melhoria da qualidade das pastagens, que muitas vezes se encontram em diferentes estágios de degradação (BARBOSA, et al. 2015).

Segundo BORGHI et al. (2018), uma pastagem em processo de degradação é caracterizada pela perda de vigor, diminuição da produtividade e esgotamento da capacidade de recuperação natural, mesmo sob condições climáticas favoráveis. Esse processo de degradação pode ser agravado por técnicas inadequadas de manejo e pela escolha equivocada da espécie forrageira para o local.

Áreas degradadas são aquelas que perderam a capacidade de regenerar-se naturalmente, demandando, assim, intervenções humanas, como o replantio de espécies arbóreas nativas. Essas áreas apresentam baixa produtividade devido à perda de nutrientes e à redução da biodiversidade; no entanto, sua recuperação com bom manejo pode elevar a produtividade a

patamares aceitáveis para uma produção economicamente viável e ambientalmente sustentável (COSTA e VENZKE, 2017; MONTEIRO et al., 2023; SOUZA, 2023; XAVIER et al., 2023).

De maneira ampla, a definição de manejo pode ser entendida como a forma como se dá a intervenção humana numa paisagem pelo conjunto de práticas adotadas. Em respeito ao manejo de pastagens, pressão de pastejo e/ou taxa de lotação animal é um aspecto crítico, pois em condições inadequadas leva a eliminação da população de forragem, não permitindo sua recuperação adequada entre ciclos de pastejo, seja pelo corte abaixo das gemas de rebrote das touceiras, seja pelo pisoteio excessivo. Esse fator leva à compactação do solo e deterioração geral da população de plantas forrageiras, criando falhas e solo exposto, que leva a um segundo problema, a proliferação das plantas daninhas nas áreas de solo desnudo (CÁCERES, 2020).

A ausência de uma gestão eficiente e de um manejo adequado nas propriedades resulta na degradação das pastagens e dos solos, contaminação dos recursos hídricos, disseminação de pragas, doenças e plantas daninhas, redução da biodiversidade. Como consequência, desenvolve-se uma pecuária improdutiva, que não atende aos parâmetros de sustentabilidade exigidos pelo mercado consumidor (MARTINS, 2023).

Para auxiliar no diagnóstico do grau de degradação, o processo de degradação é classificado em 3 níveis conforme apresentado na TABELA 2 (DIAS FILHO, 2014).

Tabela 2 - Estádios de degradação (ED) de pastagens

<b>Estádios de Degradação</b>	<b>Parâmetro Limitante</b>	<b>QCS (%)</b>	<b>Nível</b>
<b>1</b>	Vigor e solo descoberto	Até 20	Leve
<b>2</b>	Estádio 1 agravado + plantas invasoras	21-50	Moderado
<b>3</b>	Estádio 2 agravado ou morte das forrageiras	51-80	Forte

FONTE: DIAS-FILHO (2007).

Conforme levantamento realizado por meio de sistemas de classificação de imagens de satélite para monitoramento da evolução da área total e do nível de degradação das pastagens brasileiras, observou-se que, em 2021, o Brasil possuía mais de 150 milhões de hectares de terras dedicadas a pastagens. Mais da metade dessa área apresentava algum nível de degradação (LAPIG, 2023; MAPBIOMAS, 2023), como detalhado na Tabela 3.

Tabela 3 - Níveis de degradação de pastagens do Brasil em 2021.

<b>Nível de Degradação</b>	<b>Área total (Mha)</b>	<b>Área relativa (%)</b>	<b>Área total (Mha)</b>	<b>Área relativa (%)</b>
<b>Ausente</b>	58,16	36,59	56,59	37,20
<b>Moderada</b>	65,82	41,41	62,33	40,98
<b>Severa</b>	34,98	22,00	33,19	21,82
<b>Total</b>	158,96	100	152,03	100

Fontes: LAPIG (2023) E MAPBIOMAS (2023).

A compreensão desses cenários reforça a importância de identificar as causas da degradação das pastagens, com o objetivo de manter o potencial produtivo da pecuária e, simultaneamente, fortalecer o papel do Brasil como um dos maiores produtores de alimentos do mundo (DIAS FILHO, et al. 2024).

A degradação de pastagens compromete a capacidade de suporte, reduzindo o número de animais por área e impactando negativamente a produtividade, o meio ambiente e as emissões de GEE. A recuperação de pastagens degradadas apresenta potencial para neutralizar essas emissões, gerar créditos de remoção de CO<sub>2</sub> e contribuir para um balanço de emissões negativo no Brasil (PINTO, 2023). No entanto, os custos envolvidos na implementação dessas tecnologias representam um grande desafio, especialmente ao considerar estratégias como a recuperação para áreas moderadamente degradadas e a reforma para estádios mais severos, permitindo avaliar os impactos econômicos dessa solução (CARLOS et al., 2022).

O cálculo do custo operacional efetivo (COE) por hectare é diretamente relacionado ao processo de reabilitação das pastagens. O COE é composto pela soma dos custos com insumos (como sementes, corretivos e fertilizantes), custos operacionais (como a aplicação de fertilizantes, corretivos, adubação,

compactação de sementes, entre outros) e outros custos (como mão de obra e manutenção). É importante observar que os custos com frete, impostos, depreciação e benfeitorias não estão incluídos. A Tabela 4 apresenta os custos médios de recuperação por hectare, por nível de degradação e por bioma no Brasil.

Tabela 4 - Custos médios de tecnologias de recuperação/reforma e de manutenção de pastagens nos biomas brasileiros (R\$/ha)

<b>Biomas</b>	<b>Moderado</b>	<b>Severo</b>	<b>Manutenção</b>
<b>Amazônia</b>	1.330,66	1.904,02	298,10
<b>Cerrado</b>	1.159,62	1.727,99	277,86
<b>Mata Atlântica</b>	979,42	1.563,31	283,23
<b>Caatinga</b>	1.471,83	2.054,44	411,09
<b>Pampa</b>	1.541,37	2.100,71	764,64
<b>Pantanal</b>	1.018,24	1.627,15	207,54

Fonte: CARLOS et al. 2022.

A recuperação de pastos degradados é uma estratégia que busca promover a sustentabilidade de forma integrada, considerando os aspectos social, ambiental e econômico. Sob a ótica econômica, é fundamental avaliar o retorno potencial desse investimento. Para estimar a receita gerada pela recuperação, assume-se que as áreas recuperadas teriam aumento na capacidade de suporte. Já para as pastagens em níveis de degradação moderada e severa, essa capacidade seria de 1 animal por hectare, respectivamente. Essa recuperação não só melhora a produtividade das pastagens, mas também contribui para a viabilidade financeira a longo prazo, promovendo o equilíbrio econômico da propriedade (SABINO, 2022).

Esse resultado é relevante porque possibilita que os produtores analisem se a recuperação das pastagens é financeiramente viável e qual o retorno potencial que podem obter com a adoção dessas tecnologias. Com base nessa avaliação, eles podem direcionar de forma mais eficiente os recursos financeiros limitados, priorizando a recuperação das áreas com maior potencial de sucesso e rentabilidade (SALVADOR, 2022).

Muitos fatores podem contribuir para a degradação da pastagem, portanto é de extrema importância que sejam adotadas medidas para mitigar esse problema, reduzir os danos ao solo e o desmatamento pela abertura de novas áreas. Diante da presença de vastas áreas degradadas no país, é essencial identificá-las e implementar estratégias adequadas para sua recuperação, sendo que esse manejo pode elevar a produtividade da pecuária brasileira bem como aumentar sua qualidade, e ainda, evitar a abertura de novas áreas para formação de pastagens (SOUSA, 2022), e assim atende às metas de desenvolvimento sustentável, ODS da Organização das Nações Unidas ONU.

#### 2.4 Pastagens e o sequestro de carbono

Sistemas de produção que utilizam pastagens recuperadas e bem manejadas têm grande potencial para sequestrar carbono e reduzir os gases de efeito estufa. Isso ocorre devido à alta produção de forragem, à maior eficiência no uso de fertilizantes nitrogenados, taxa de fotossíntese e o acúmulo de matéria orgânica no solo (SOLLENBERGER et al., 2020).

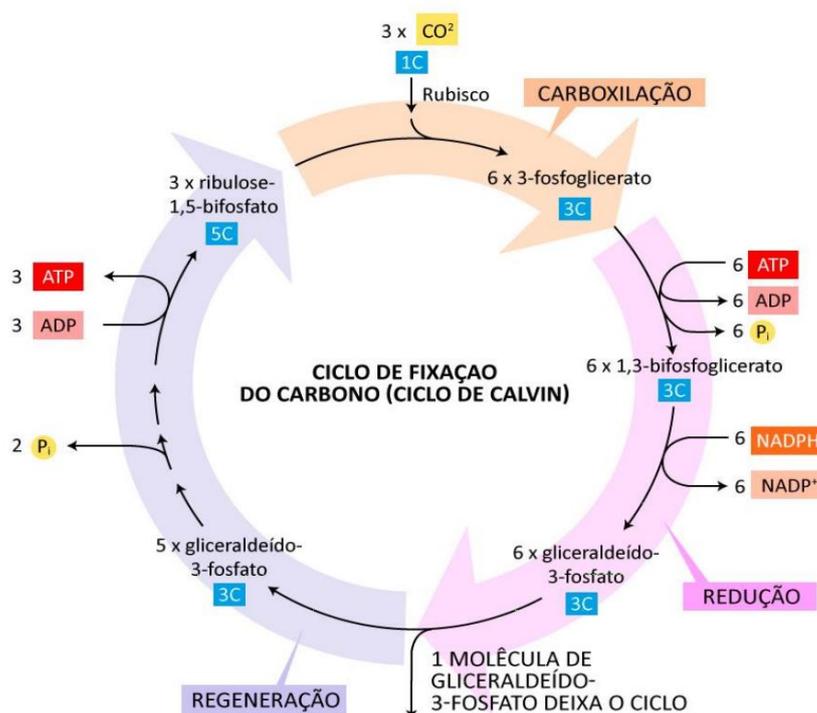
As pastagens nativas foram substituídas por gramíneas forrageiras africanas com metabolismo C4, que têm alto potencial para acumular forragem, especialmente as dos gêneros *Brachiaria*, *Panicum* e *Cynodon* (EUCLIDES et al., 2019).

Em plantas com metabolismo C3, a fotossíntese depende diretamente da disponibilidade de CO<sub>2</sub>, o que faz com que apresentem melhor crescimento em ambientes com maior concentração de dióxido de carbono. Por outro lado, plantas com metabolismo C4 possuem uma anatomia funcional que concentra CO<sub>2</sub> em suas células, tornando a fotossíntese mais eficiente (BRAGA, 2021).

A fotossíntese envolve dois processos principais: (1) as reações de luz, que acontecem quando a planta está sob iluminação, e (2) as reações de fixação de CO<sub>2</sub> conhecido ciclo de Calvin que ocorrem tanto na presença de luz quanto no escuro. Nas reações de luz é onde forma o ATP e NADPH. O ATP e o NADPH são então usados nas reações de fixação para sintetizar carboidratos. A produção de O<sub>2</sub> ocorre apenas com luz, enquanto a redução do CO<sub>2</sub> pode acontecer independentemente da luz (INGENHOUS, et al. 2023).

Na via C<sub>4</sub>, o CO<sub>2</sub> atmosférico é absorvido nas células do mesofilo, próximas à epiderme, onde reage com fosfoenolpiruvato, uma reação catalisada pela enzima fosfoenolpiruvato carboxilase (PEPcase). O produto dessa fixação é um composto de quatro carbonos (malato ou aspartato) que se move para as células adjacentes ao feixe vascular. Nessa fase, ocorre a descarboxilação, liberando o CO<sub>2</sub> para o Ciclo de Calvin-Benson (FIGURA 1) (ZHOU et al., 2018).

Figura 3 - Ciclo de Calvin, rota da fixação do dióxido de carbono



Fonte: ALBERTS et al., 2017.

O composto de três carbonos resultante retorna ao mesofilo como fosfoenolpiruvato, reiniciando o ciclo. Essa separação espacial entre a fixação de CO<sub>2</sub> e o Ciclo de Calvin reduz a fotorrespiração (um processo energeticamente custoso), pois o CO<sub>2</sub> permanece concentrado em torno da enzima RuBisCo, que participa da fixação de carbono (TAIZ et al., 2017).

O sequestro de carbono no solo ocorre principalmente pela fotossíntese, na qual as plantas capturam CO<sub>2</sub> da atmosfera e, com a decomposição da matéria orgânica, transferem carbono para o solo. Práticas agrícolas como plantio direto, rotação de culturas, uso de plantas de cobertura e recuperação de pastagens degradadas são eficazes em promover esse processo. Esse

sequestro de carbono em pastagens é essencial para mitigar as mudanças climáticas, pois solos saudáveis e ricos em carbono contribuem para a redução da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico. A restauração de pastagens degradadas, em particular, pode aumentar substancialmente esses estoques de carbono, favorecendo a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (MARINI, 2024).

#### 2.4.1 Benefícios para o meio ambiente e para o produtor

O relatório do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) afirma que a temperatura média global provavelmente irá aumentar 1,5°C nas próximas duas décadas (IPCC, 2021). Como o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> decorre principalmente de emissões de atividades humanas, é necessário que ações urgentes sejam tomadas para reverter esse quadro (CHEN; SUZUKI; LACKNER, 2017).

De um lado, a pecuária é responsável por emissões de GEE como os demais setores econômicos. De outro, ao adotar tecnologias e aplicar técnicas sustentáveis, tem o diferencial de oferecer significativas oportunidades de captura das emissões de CO<sub>2</sub>, pode figurar como reservatório de GEE, com emissões negativas, além de permitir a conservação da biodiversidade (IPCC, 2022).

O sequestro de carbono traz uma série de benefícios ambientais que vão além da mitigação das mudanças climáticas. Um dos principais benefícios é a melhoria da qualidade do solo. O aumento do carbono orgânico no solo melhora a estrutura, a capacidade de retenção de água e a fertilidade, resultando em solos mais saudáveis e produtivos (PACINI et al. 2024).

Além disso o mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) buscou viabilizar a diminuição, das emissões de CO<sub>2</sub>e, para tal, criou um ativo financeiro, transacionável, decorrente de projetos que viabilizassem reduções de emissões adicionais àquelas que ocorreriam na ausência desses projetos, visando benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo para a mitigação da mudança global do clima. A proposta é que cada tonelada de GEE deixada de ser emitida ou retirada da atmosfera por um país em desenvolvimento poderá ser negociada no mercado mundial, criando-se um atrativo para a redução das emissões globais (PEDRO, 2024).

Além dos benefícios ambientais, o sequestro de carbono no solo também oferece vantagens econômicas para os agricultores. A participação em programas de pagamento por serviços ambientais (PSA) e mercados de carbono pode gerar uma nova fonte de renda para os produtores rurais. Esses programas incentivam a adoção de práticas que aumentam o sequestro de carbono, recompensando os agricultores por suas contribuições à mitigação das mudanças climáticas (PIRES, 2024).

O crescente interesse por produtos de baixo carbono e práticas agrícolas sustentáveis abre novas oportunidades de mercado. Consumidores e empresas estão cada vez mais dispostos a pagar mais por produtos que demonstram um compromisso com a redução das emissões de carbono. Selos de certificação, como "soja de baixo carbono" e "carne carbono neutro", estão se tornando cada vez mais populares, permitindo que os agricultores se diferenciem no mercado (ALVES et al. 2024).

Pesquisa da Confederação Nacional das Indústrias (CNI) e do Ibope revelaram que 68% dos consumidores brasileiros estariam dispostos a pagar mais por um produto que não agredisse o meio ambiente. Por isso, LEITE et al. (2014), explicaram que nos últimos anos, tem se destacado uma nova postura no comportamento de consumo porque as pessoas estão mais sensíveis ao fato de que o modelo de produção e consumo adotado pelo mundo nas últimas décadas é insustentável.

Além disso a partir dos anos 2010 e 2011, os médios e grandes produtores passaram a ter acesso ao Programa ABC (Agricultura de Baixo Carbono), que é uma linha de financiamento rural destinada a alcançar as metas do Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas, conhecido como Plano ABC (PEROSA, 2024).

O Programa ABC, foi criado pelo governo brasileiro, e visa promover práticas de manejo sustentável que aumentem o sequestro de carbono na agricultura. O programa também oferece linhas de crédito e financiamento para agricultores que adotam práticas como o plantio direto, a recuperação de pastagens e a integração lavoura-pecuária (ALVES, 2024).

## 2.5 Sistemas Integrados

Ao longo das últimas décadas, diversos sistemas de produção e práticas agropecuárias têm sido criados e aperfeiçoados, levando ao surgimento dos sistemas de integração como soluções sustentáveis para a recuperação e intensificação da produção agropecuária, além da diversificação da renda no meio rural. Esses sistemas permitem a produção de grãos, frutas, carne, leite, fibra e energia sem aumentar a necessidade de expandir áreas de cultivo. Os sistemas de integração podem ser organizados em diferentes modelos, que, segundo BALBINO, BARCELLOS e STONE (2011), são classificados em quatro categorias principais:

- Integração Lavoura-Pecuária (ILP): Combina atividades agrícolas e pecuárias na mesma área, podendo ocorrer em consórcio, rotação ou sucessão, ao longo de um ou mais anos agrícolas, de forma alternada ou sequencial.
- Integração Pecuária-Floresta (IPF): Integra a atividade pecuária com a presença de componentes florestais na mesma área, criando um sistema silvipastoril.
- Integração Lavoura-Floresta (ILF): Une florestas com culturas agrícolas, sejam elas anuais ou perenes, formando o sistema silviagrícola.
- Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF): Incorpora simultaneamente atividades agrícolas, pecuárias e florestais na mesma área, utilizando consórcio, rotação ou sucessão entre esses componentes.

A conversão da vegetação nativa em pastagens pode afetar diversas características do solo, influenciando, de forma indireta, a densidade do solo (SILVEIRA SARTORI SILVA et al., 2019), além de contribuir para o aquecimento global por meio da emissão de gases de efeito estufa (GEE). Nesse contexto, uma solução viável para combater a atual degradação envolve a adoção de sistemas ecologicamente intensificados, que promovem um uso mais sustentável do solo, como os sistemas silvipastoris (SP). Esses sistemas, incentivados no Brasil na última década, trazem benefícios como a produção de madeira, redução nas emissões de GEE e manutenção da produtividade do gado (ALMEIDA et al., 2020).

A tecnologia dos sistemas silvipastoris está em evidência e é alternativa interessante do ponto de vista da sustentabilidade, intensificação da produção e diversificação da renda. Este sistema pode ser definido como uma modalidade

de sistema agroflorestal onde ocorre integração entre árvores e pastagens no mesmo espaço. Isso possibilita otimização da produção e da rentabilidade, além de se colocar como alternativa mais viável do ponto de vista sustentável, já que os sistemas integrados entre lavoura, pastagem e silvicultura são indicados para reverter o processo de degradação das pastagens (DE OLIVEIRA, 2024).

Os sistemas silvipastoris (SSP) se destacam nesse cenário, pois têm um grande potencial para oferecer uma ampla gama de benefícios que vão além dos produtores, beneficiando também a sociedade e o meio ambiente como um todo (GOMES ET AL., 2023). Entre os benefícios atribuídos a esses sistemas estão o aumento da biodiversidade, a melhoria das características físicas e químicas do solo, a redução de gases de efeito estufa, o aumento das concentrações de carbono orgânico e nitrogênio no solo, conforto térmico para os animais em pastejo, melhoria do valor nutricional da forragem e a possibilidade de obter diversos produtos comercializáveis na mesma área (MANFIO, 2022.).

LIMA et al. (2018), observaram que, produtores que optam por sistemas silvipastoris destacaram o aumento da produtividade, diminuição do processo erosivo e de compactação do solo e melhor ciclagem de nutrientes, além de proporcionar sombra. Destacam ainda manter a forragem mais verde e por mais tempo na entrada do período de seca, além da disponibilidade de produtos como forragem, madeira, lenha e outros.

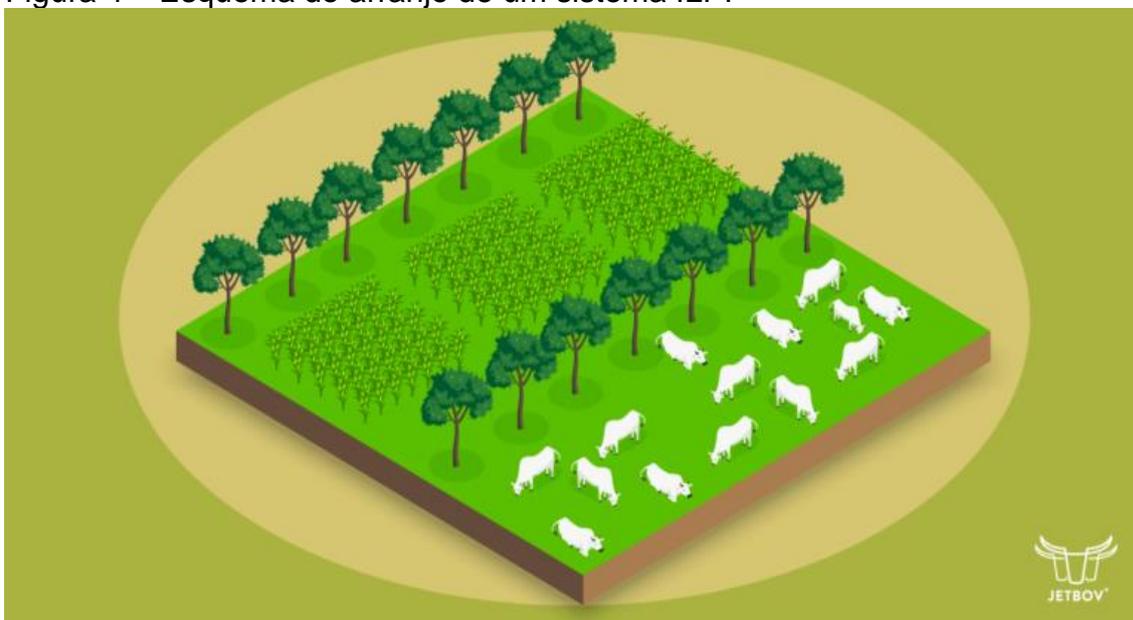
Além dos benefícios supracitados, a IPF (ou silvipastoril) pode usufruir do protocolo Carne Carbono Neutro (CCN), desenvolvido pela Embrapa, e agregar valor à produção de carne bovina. O protocolo prevê a introdução de árvores, que realizam a fixação de carbono no seu tronco (estimado em termos de CO<sub>2</sub> equivalente), para neutralizar as emissões de metano dos animais (FONSECA, 2024).

A intensificação e a integração dos sistemas produtivos, promovendo o aumento da produção e da produtividade enquanto reduzem as emissões de gases de efeito estufa, como ocorre nos sistemas ILPF, representam uma estratégia relevante para mitigar as emissões no setor agropecuário. Além disso, contribuem para valorizar os produtos brasileiros no mercado global e diminuir a pressão sobre o desmatamento (MANZATTO et al., 2020).

Os sistemas ILPF, especialmente aqueles que incorporam componentes florestais e forrageiros (FIGURA 4) destacam-se pelo elevado potencial de

neutralização das emissões de gases de efeito estufa provenientes das atividades agrícola e pecuária, através do armazenamento de carbono tanto na biomassa das árvores quanto no solo. Estudos sobre a implementação desses sistemas têm evidenciado redução de 20% nas emissões de GEE por hectare de pastagem e de 60% por quilo de carcaça produzido (ASSAD et al., 2019). Essa relação entre maior eficiência na produção agropecuária e a diminuição das emissões do setor oferece uma oportunidade para atender à crescente demanda por produtos de origem animal, promovendo um balanço positivo de carbono (MANZATTO et al., 2019).

Figura 4 – Esquema do arranjo de um sistema ILPF



Fonte: JETBOV, 2021

Entre os principais benefícios da ILPF estão o aumento da produtividade na mesma área, diversificação das fontes de renda, uso mais eficiente dos insumos, melhoria nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, maior bem-estar animal e geração de emprego e renda no meio rural. Além disso, os sistemas ajudam a diminuir a necessidade de abertura de novas áreas, promovem a recuperação de terrenos degradados ou de baixa produtividade e contribuem para a mitigação das emissões de GEE ao aumentar o sequestro de carbono no solo e na biomassa (EMBRAPA, 2021).

A adoção de sistemas de ILPF em diferentes ecossistemas brasileiros depende de uma série de fatores interligados. Conforme apontado por VILELA et al. (2011) e DIAS-FILHO (2007), esses fatores incluem a presença de solos

com características adequadas, a existência de infraestrutura para produção e armazenamento, e a disponibilidade de recursos financeiros, seja por meio de capital próprio ou acesso a crédito. Além disso, são indispensáveis o domínio das tecnologias necessárias para o manejo integrado de grãos e pecuária, o acesso a mercados para aquisição de insumos e comercialização da produção, e a disponibilidade de assistência técnica qualificada. Por fim, a viabilidade de arrendamento de terras ou a possibilidade de parcerias com produtores tradicionais de grãos também desempenham um papel fundamental nesse contexto

Além disso, os sistemas ILPF promovem a otimização no uso dos recursos produtivos, reduzindo a necessidade de grandes quantidades desses insumos (SZNITOWSKI et al., 2020). De acordo com a Rede ILPF, citada no relatório da Indústria Brasileira de Árvores (2022), a safra de 2020/2021 registrou 17,4 milhões de hectares destinados a sistemas produtivos integrados no Brasil.

As espécies florestais contribuem significativamente para o sequestro de carbono, oferecem conforto térmico aos animais e ainda podem gerar renda ao produtor por meio da comercialização de produtos madeireiros ou não madeireiros (SILVA et al., 2021). O componente arbóreo desempenha um papel fundamental no aumento da biomassa e no armazenamento de carbono em sistemas ILPF, sendo, por isso, frequentemente estudado no contexto das mudanças climáticas.

Para a escolha das espécies arbóreas em sistemas integrados, é fundamental priorizar aquelas que atendam a características específicas, conforme destacado por ALVES et al. (2015). Essas características incluem:

- Crescimento rápido, garantindo sombra para os animais em um curto período;
- Inocuidade aos animais, de modo que ramos, folhas ou frutos ingeridos não apresentem toxicidade;
- Ausência de raízes expostas, permitindo que os animais se abriguem sob as copas sem dificuldade;
- Falta de efeitos alelopáticos, evitando impactos negativos sobre as forrageiras cultivadas;
- Frutos pequenos, caso produzidos, para minimizar o risco de obstrução esofágica e problemas como timpanismo nos animais.

No componente florestal dos sistemas integrados, o eucalipto (*Eucalyptus* sp.) é amplamente utilizado devido ao seu rápido crescimento, uma característica essencial para liberar a área para o pastejo em menor tempo. Sua arquitetura de copa também é favorável para o consórcio com outras culturas. Além disso, o eucalipto se destaca pelo manejo silvicultural já consolidado, pela disponibilidade de cultivares adaptadas às condições regionais, que ampliam sua capacidade de adaptação a diferentes biomas e condições edafoclimáticas do Brasil, e pela versatilidade na produção de madeira para diversos fins (SKORUPA et al. 2023). Além disso, a densidade de animais no sistema será determinada pela área disponível para produção.

No Sistema ILPF, os renques de árvores podem ser configurados de forma simples, dupla, tripla, quádrupla ou até mais, dependendo da necessidade de compensar o número de árvores por hectare. Em arranjos com fileiras múltiplas, é comum realizar desbastes ao longo do tempo para atingir uma população final de 150 a 200 árvores por hectare, especialmente no caso do eucalipto. Essa estratégia visa agregar valor à produção, direcionando a madeira para diferentes finalidades, como serraria, laminação e tratamento para postes, entre outros (SENAR, 2018).

Embora o solo em sistemas agrícolas possa armazenar carbono na forma de matéria orgânica, raramente esses estoques superam os da vegetação nativa que existia anteriormente no mesmo local. Isso significa que, sem a inserção de árvores, é difícil alcançar um saldo positivo de carbono (ZHOU, 2018).

No caso da ILPF, as árvores desempenham papel crucial no sequestro de carbono. Por exemplo, uma única árvore nesse sistema pode acumular, em média, 30,2 kg de carbono por ano, o que equivale a capturar 110,5 kg de CO<sub>2</sub> da atmosfera por ano. Esse cálculo considera toda a biomassa aérea da planta, incluindo folhas, galhos, casca e tronco, mas exclui as raízes. No entanto, o carbono mais efetivamente estocado está concentrado na madeira do tronco, que fixa cerca de 20,7 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por hectare por ano, considerando o volume da madeira comercial (EMBRAPA, 2019).

De acordo com as estimativas do Plano ABC a ILPF possui um potencial de mitigação de 5 t CO<sub>2</sub>eq/há muito à frente do Sistema Plantio Direto (SPD) (2,25 t CO<sub>2</sub>eq/ha) e da fixação biológica de nitrogênio (FBN) (1,8 t CO<sub>2</sub>eq/ha) e

só atrás da recuperação de pastagens degradadas (RPD) (6,2 t CO<sub>2</sub>eq/ha) como detalhado na TABELA 5 (EMBRAPA, 2020).

Tabela 5 - Potencial de mitigação de GEE nos diferentes sistemas em t de Co<sub>2</sub>e por hectare

ILPF	SPD	FBN	RPD
5 t CO <sub>2</sub> eq/há	2,25 t CO <sub>2</sub> eq/há	1,8 t CO <sub>2</sub> eq/ha	6,2 t CO <sub>2</sub> eq/ha

Fonte: EMBRAPA, 2020.

As gramíneas forrageiras mais indicadas para sistemas com sombreamento de 30% a 50% incluem variedades como *Urochloa brizantha* (cvs. Marandu, Xaraés e Piatã), *Urochloa decumbens* (cv. Basilisk) e *Megathyrsus maximus* (cvs. Aruana, Mombaça, Tanzânia e Massai). Essas espécies são conhecidas por sua tolerância ao sombreamento e por apresentarem boa produtividade em sistemas ILPF. Quanto às leguminosas, que geralmente possuem menor resistência ao sombreamento em comparação às gramíneas, destacam-se o calopogônio (*Calopogonium mucunoides*), a centrosema (*Centrosema pubescens*), a puerária (*Pueraria phaseoloides*) e o amendoim forrageiro (*Arachis pinto*) (EMBRAPA, 2012).

A escolha dos animais para o sistema pode variar entre bovinos e pequenos ruminantes, dependendo do modelo adotado e da etapa de desenvolvimento do sistema integrado. É recomendado introduzir os animais somente quando as árvores estiverem bem estabelecidas e, inicialmente, optar por animais mais leves para evitar danos ao componente florestal (ALMEIDA, 2010).

Um estudo com sistemas ILPF utilizando teca como componente florestal recomenda que os animais sejam introduzidos apenas quando as árvores atingirem 3 metros de altura e diâmetro à altura do peito (DAP) entre 3 e 4 cm, preferencialmente utilizando animais jovens, com até 220 kg. Em sistemas implantados sem reforma da pastagem, o rebaixamento do pasto deve ser realizado previamente, aumentando a lotação para maior pressão de pastejo. Após o plantio, a área precisa ser vedada até que as árvores atinjam o porte adequado para a entrada dos animais. Animais adultos só devem ser inseridos

a partir do segundo ano, quando as árvores já estão suficientemente desenvolvidas para suportar sua presença (REIS et al. 2023).

Embora a dimensão econômica seja essencial para a tomada de decisão, a maior parte dos estudos sobre integração lavoura-pecuária concentra-se nos aspectos agronômicos. Em outras palavras, há uma quantidade limitada de informações voltadas especificamente para a perspectiva econômica (VILELA et al., 2012). A mesma situação se verifica nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, que apresentam um número de publicações ainda menor quando comparados aos sistemas de integração lavoura-pecuária (MORAES et al., 2014).

Mesmo considerando a escassez de informações sobre os custos de implantação de sistemas ILPF, foram utilizados dados provenientes de um experimento realizado na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), no estado de São Paulo. Avaliou um sistema de ILPF com eucaliptos plantados em linhas simples, com espaçamento de 17 a 21 metros entre as faixas e 2 metros entre as plantas, com densidade de 196 árvores por hectare. A TABELA 6 apresenta os custos detalhados de implantação desse sistema do ano de 2012 onde começou a preparação até 2016 dois anos após a entrada dos animais. Os resultados foram publicados apenas em 2020.

Tabela 6 -Custos de implementação de um sistema ILPF

<b>Descrição</b>	<b>US\$/ha</b>
Compra de Terra	6.855,35
Cercas	1.230,18
Bebedouros e Tubos	104,52
Preparo do solo	322,42
Plantio de árvores e manutenção	227,61
Plantio de soja e manutenção	542,60
Plantio de milho e manutenção	621,85
Plantio e manutenção de pastagens	175,23
Comprar animais	1.370,48
Alimentação Animais	554,88
<b>TOTAL</b>	<b>12.005,12</b>

Fonte: TRIVELIN et al. 2020.

O sistema ILPF demonstrou ser uma alternativa economicamente viável, combinando receitas provenientes da produção agrícola, pecuária e florestal. A venda de soja e silagem de milho durante o período de implantação amortizou os custos iniciais, enquanto a produção de madeira, mesmo em baixa densidade de árvores, contribuiu com receitas adicionais no médio prazo. Com um fluxo de caixa líquido de US\$ 10.334,92 e uma taxa interna de retorno (TIR) de 1,81%, o sistema possibilitou uma integração equilibrada entre seus componentes produtivos. Essa configuração destacou-se pela capacidade de gerar retorno financeiro e diversificar fontes de receita, além de favorecer a sustentabilidade econômica e ambiental do modelo de produção integrado (TRIVELIN, et al. 2020).

Diversos desafios devem ser superados para apoiar a transformação dos sistemas agropecuários tradicionais em modelos sustentáveis e resilientes. No caso da ILPF, é fundamental simplificar os mecanismos de gestão, visando aprimorar a qualificação da mão de obra operacional, oferecer suporte técnico especializado (especialmente no manejo de florestas) e formar gestores capacitados para o planejamento e controle integrado da produção. Além disso, é necessário avaliar os custos e os retornos financeiros relacionados à implementação desse sistema (PINTO, 2023).

## 2.6 Políticas públicas e programas de incentivo à produção sustentável

As inovações tecnológicas têm desempenhado papel crucial na busca por soluções mais sustentáveis na produção agrícola, o que permite concretizar o objetivo de "aumentar a produção na mesma área". No entanto, esse aumento de produtividade só é significativo quando está associado à redução dos impactos ambientais e à preservação dos recursos naturais, garantindo a sustentabilidade do sistema (CARDOSO et al. 2024).

Nesse contexto, as políticas públicas surgem como importantes ferramentas para fomentar práticas mais sustentáveis. Um marco significativo foi o estabelecimento, entre 2013 e 2014, de políticas voltadas para a produção de alimentos orgânicos. Essas medidas representam avanço ao oferecer suporte aos agricultores, embora tenham sido consolidadas tardiamente em relação à

longa história do crédito rural no Brasil. Historicamente, esse crédito privilegiava propriedades de maior escala e, apenas nas últimas décadas, começou a atender de forma expressiva à agricultura familiar e à produção de alimentos agroecológicos e orgânicos (DOS ANJOS & PERELLÓ, 2021).

O Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) foi criado em 1995 para atender às necessidades da agricultura familiar, oferecendo linhas de crédito com condições vantajosas. Com o aumento das preocupações ambientais, o Pronaf incorporou linhas específicas, denominadas “Pronaf Verde”, como o Pronaf Agroecologia, Floresta, Semiárido e ECO. Essas iniciativas têm como foco a transição para práticas mais sustentáveis, incluindo sistemas agroflorestais, manejo sustentável, recuperação de áreas degradadas, tecnologias de energia renovável e infraestrutura hídrica (BRASIL, 2018).

Nos anos 2000, houve ampliação expressiva nos recursos destinados ao crédito rural, marcando uma transformação no setor. Destacam-se as “linhas de crédito verde” e o Programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC), que promoveu práticas agropecuárias de baixa emissão de carbono (SAMBUICHI et al., 2020). A criação em 2012 do Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas, conhecido como Plano ABC, foi um marco para consolidar uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura (BRASIL, 2012).

O Plano ABC, vigente de 2010 a 2020, detalhou ações para reduzir as emissões de gases de efeito estufa no setor agropecuário. Entre as metas, destacam-se a recuperação de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas, a expansão do sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) e o uso de tecnologias como Fixação Biológica de Nitrogênio e tratamento de dejetos animais. Durante a COP26, em 2021, o Brasil anunciou o Plano ABC+, com a meta de expandir essas práticas para 72 milhões de hectares até 2030, alinhando-se às metas de neutralidade de carbono até 2050 (OLIVEIRA, 2024).

A partir de 2024, o antigo Programa ABC foi reformulado e passou a se chamar RenovAgro. Essa nova etapa incluiu exigências sociais, ambientais e climáticas mais rigorosas, como a regularidade no Cadastro Ambiental Rural (CAR) e a exclusão de propriedades embargadas por órgãos ambientais. Essas mudanças reforçam o papel estratégico do crédito rural como catalisador de práticas sustentáveis (ARAÚJO, 2023).

Paralelamente, a promoção da economia verde e a integração do mercado de créditos de carbono têm sido fundamentais para o desenvolvimento sustentável. Segundo Martins, TERUEL e SILVA (2023), o mercado de créditos de carbono, ao valorizar projetos que reduzem emissões de gases de efeito estufa, não apenas estimula a responsabilidade ambiental, mas também cria incentivos econômicos para tecnologias limpas. Essas ações, alinhadas à transição para uma economia de baixo carbono, destacam a importância de políticas públicas que fomentem práticas sustentáveis e garantam inclusão social e econômica.

O papel dos créditos de carbono se estende para além do incentivo financeiro, oferecendo uma fonte de receita adicional para empresas que adotam tecnologias limpas. Além disso, a economia verde impulsiona setores como energias renováveis e eficiência energética, promovendo a criação de empregos e reforçando a resiliência econômica diante dos desafios climáticos (MARTINS, TERUEL & SILVA, 2023).

É importante destacar que o mercado de créditos de carbono no Brasil ainda enfrenta a ausência de regulamentação específica, o que representa um desafio significativo para sua consolidação. Apesar de o país ter sido pioneiro na implementação de políticas e na criação de instituições voltadas para o tema, como a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (CIMGC), que atua como Autoridade Nacional Designada (AND) para o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) previsto no Protocolo de Quioto, essa lacuna regulatória tem limitado o pleno desenvolvimento do setor (MIGUEZ, 2008).

Embora o mercado nacional de créditos de carbono ainda esteja em processo de regulamentação, já existem iniciativas voluntárias promovidas por empresas interessadas em associar seus produtos à compensação de emissões de gases de efeito estufa, uma estratégia alinhada ao conceito de marketing verde. No Brasil, o valor de comercialização desses créditos no ano de 2022 girava em torno de R\$ 20,00 por tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente (ANIS, 2022).

O Projeto de Lei nº 182/2024 propõe a criação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE), com o objetivo de estabelecer um mercado regulado que imponha limites para emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e permita a comercialização de ativos relacionados à emissão, redução ou remoção de GEE. A iniciativa também prevê a definição de

tetos de emissões e a implementação de um mercado para negociação de títulos associados (DOS SANTOS TEIXEIRA, 2024).

Considerando que o mercado de créditos de carbono funciona como um mecanismo econômico voltado à solução de desafios ambientais, e que o Brasil tem compromissos estabelecidos na sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) sob o Acordo de Paris, a regulamentação desse mercado torna-se indispensável. A ausência de normas claras pode limitar o avanço de projetos sustentáveis, além de impactar negativamente a reputação do Brasil perante organismos internacionais, isso porque demonstra uma falha na implementação de mecanismos que viabilizem o cumprimento dos compromissos climáticos assumidos internacionalmente, sendo assim essa omissão pode passar a percepção de que o país não está suficientemente empenhado em enfrentar as mudanças climáticas ou em fomentar um ambiente favorável para investimentos em projetos de redução de emissões (VIEIRA FILHO et al. 2020).

Dessa forma, o fortalecimento de políticas públicas e a valorização de iniciativas sustentáveis destacam o potencial do Brasil em alinhar desenvolvimento econômico e preservação ambiental, exemplos concretos mostram como essas práticas vêm transformando setores estratégicos (ARTAXO, 2022).

## 2.7 Casos de sucesso em sustentabilidade na bovinocultura

No Brasil, algumas propriedades servem como exemplo inspirador, pois, ao alcançarem sucesso na implementação da ILPF, acabam incentivando outros produtores a adotarem o sistema em suas próprias áreas.

O Sítio Sempre Verde, localizado em Ipameri, Goiás, é um exemplo de sucesso na implementação do sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), realizado com o apoio da Embrapa. A propriedade, de 160 hectares, é de propriedade da família do agricultor Alex Silva, que implantou o sistema em 4,5 hectares, com planos de expandi-lo para mais quatro hectares, visando à recuperação das pastagens (CALDAS, 2016).

Entre os benefícios do sistema, o agricultor destaca o conforto térmico proporcionado pela sombra das árvores para os animais, o uso do eucalipto

como quebra-vento e a possibilidade futura de vender ou utilizar a madeira na própria propriedade. Ele também menciona que o gado permanece solto durante todo o ano, graças aos piquetes formados, e elogia a beleza do ambiente com a arborização. Segundo ele, o sistema não só melhora o conforto e a produtividade, mas também embeleza a paisagem (CALDAS, 2016).

A fazenda Água Viva, localizada em Cocalinho (MT), transformou-se em um caso de sucesso na recuperação de pastagens degradadas e na implementação do sistema ILPF. Adquirida em 2011 pelo grupo liderado por Caio Penido, a propriedade estava em condições precárias, mas foi revitalizada como um exemplo de boas práticas para a região. Inicialmente, os esforços concentraram-se na divisão de pastos, instalação de bebedouros, melhorias genéticas e suplementação estratégica, resultando na triplicação da taxa de lotação e no aumento significativo da produtividade. A introdução da integração lavoura-pecuária em 2020 intensificou os ganhos, permitindo a produção contínua e elevando a eficiência da fazenda (TOMAZ, 2017).

Além disso, iniciativas como a integração pecuária-floresta, com o plantio de mudas de baru, e o lançamento da marca SOU Beef, de carne gourmet sustentável, diversificaram as fontes de renda. A fazenda também foi um marco para a criação da Liga do Araguaia, que promove o desenvolvimento rural sustentável. Em 2022, o reconhecimento veio com o Prêmio Planeta Campo, reforçando o impacto positivo da transformação da Água Viva na sustentabilidade e produtividade agropecuária (TOMAZ, 2017).

A Fazenda Santa Brígida, localizada em Ipameri (GO), também é um exemplo de sucesso no modelo de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). A proprietária, Sra. Marize Porto Costa, relata que em 2006 a fazenda enfrentava pastagens degradadas e baixa produtividade na pecuária. Diante dos altos custos para recuperação das pastagens, ela procurou orientação da Embrapa, conhecendo os sistemas ILPF, propostos pelos pesquisadores João Kluthcouski e Homero Aidar (REDE FOMENTO ILPF, 2016). Com poucos recursos, contratou um vizinho para implantar as primeiras lavouras de soja e milho, utilizando o lucro da colheita para arcar com as despesas iniciais.

Após três anos, o sistema foi expandido com o plantio de eucaliptos, que além de gerar madeira, proporcionaram sombra e conforto para o gado, além de promover o sequestro de carbono. Com dez anos de implementação do ILPF, as

pastagens da fazenda estavam completamente recuperadas, e Sra. Marize agora busca aumentar a produção e o valor agregado dos itens produzidos, planejando intensificar a produção de soja e milho, aumentar a produção de carne com cruzamentos industriais e direcionar as árvores para a produção de madeira (REDE FOMENTO ILPF, 2016). Essas propriedades são exemplos que mostram o potencial transformador dos sistemas integrados na agropecuária.

### **3. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No Brasil, com o maior rebanho bovino mundial, predomina a pecuária extensiva em áreas degradadas, isto, frente a crescente demanda por produtos sustentáveis, vem exigir uma urgente adaptação do setor.

Diante de tal cenário, otimizar a eficiência e apresentar dados comprobatórios em função da necessidade de adaptação se faz imperativo.

A recuperação de pastagens adjunto aos sistemas integrados, são soluções eficazes nesse processo como o ILPF, que torna possível a ligação do produtor com o mercado de créditos de carbono e efetivamente diversificar a produção.

A implementação de políticas públicas e a oferta de incentivos financeiros são fundamentais para estimular a adoção de práticas sustentáveis e mitigar os impactos ambientais da atividade.

A sustentabilidade é um pilar essencial para o crescimento exponencial da bovinocultura de corte, uma vez que concilia equilibrar a produtividade com a conservação ambiental, promovendo práticas que perpetuem a continuidade eficiente do setor em longo prazo.

A capacitação de profissionais especializados e a transferência de conhecimento aos produtores são essenciais para a efetiva implementação dessas práticas e o aproveitamento das oportunidades do mercado global e dos programas de financiamento disponíveis.

#### 4 REFERÊNCIAS

ADEGBEYE, Ayodeji Olusegun; ROSA, Lais Moreira; LUCAS, Rodrigo Carvalho; CARDOSO, Pedro Rogério; FERNANDES, Fabiana Aparecida; FONSECA, Mariana Ferreira. Integração das atividades agrícolas, pecuárias e florestais: um modelo eficiente para intensificação sustentável da produção. 2020.

ALMEIDA, Fernando Rocha. Manejo de animais em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. *Revista Brasileira de Pecuária Sustentável*, v. 8, n. 2, p. 45-58, 2010.

ALMEIDA, Gabriel; ALMEIDA, Beatriz; SANTOS, Rafael Oliveira. Cattle production in silvopastoral systems compared to monoculture pasture in the Brazilian Cerrado. 2020. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Cattle-production-in-silvopastoral-systems-compared-Almeida-Almeida/8950aa5759ed0519082451a28360081cb0005e66>. Acesso em: 12 nov. 2024.

ALVES, Francisco Veríssimo; ALMEIDA, Rodrigo Guilherme de; LAURA, Valdemir Antonio; PORFÍRIO DA SILVA, Vinicius; MACEDO, Moacir Cerqueira Martins; MEDEIROS, Sila Ramos; FERREIRA, André Dias; GOMES, Renato Costa; ARAÚJO, Alexandre Rossi; MONTAGNER, Denise Barbosa; BUNGENSTAB, Daniel José; FEIJÓ, Guilherme Lopes de Deus. Carbon Neutral Brazilian Beef: A New Concept for Sustainable Beef Production in the Tropics. Documentos 243/EMBRAPA Gado de Corte. São Carlos, SP: Embrapa, 2024.

ALVES, Leonardo Augusto; DENARDIN, Luiz Gustavo Oliveira; MARTINS, André Pires; BAYER, Cimélio; VELOSO, Maria Gertrudes; BREMM, Caroline; CARVALHO, Paulo Cesar de Faccio; MACHADO, Darla Roseli; TIECHER, Tales. The effect of crop rotation and sheep grazing management on plant production and soil C and N stocks in a long-term integrated crop-livestock system in Southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, v. 203, p. 104678, 2024.

ALVES, Lucas Pedro; SILVA, João Augusto; COSTA, Maria Luísa. Considerações sobre a escolha de espécies arbóreas em sistemas integrados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 44, n. 3, p. 1-12, 2015.

AMACHAINS, João. Cálculo do carbono equivalente e o impacto das emissões de gases de efeito estufa na agropecuária. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, 2023.

ANIS, Cíntia Ferreira; CARDUCCI, Carla Eloize; RUVIARO, Cláudio Favarini. Mercado de carbono agrícola: realidade ou desafio? *Multitemas*, p. 163-188, 2022.

ARAÚJO, Wilson Vaz de. Plano Safra: uma política de desenvolvimento agropecuário sustentável. *Revista de Política Agrícola*, v. 32, n. 3, p. 3, 2023.

ARTAXO, Paulo. Mudanças climáticas: caminhos para o Brasil: a construção de uma sociedade minimamente sustentável requer esforços da sociedade com colaboração entre a ciência e os formuladores de políticas públicas. *Ciência e Cultura*, v. 74, n. 4, p. 01-14, 2022.

ASSAD, Eduardo Delgado; GOMES, Fernando Antônio; CUNHA, Marcelo José. Potencial de neutralização de gases de efeito estufa em sistemas ILPF: impactos na agricultura e pecuária. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v. 15, n. 3, p. 245-258, 2019.

ASSAD, Eduardo Delgado; LIMA, Paulo Henrique; FONSECA, Marisa Alves. Adaptação e resiliência de sistemas agrícolas às mudanças climáticas locais e eventos extremos: uma revisão integrativa. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 52, p. e72899-e72899, 2022.

AVACI, Daniel; SOUZA, Carla; PEREIRA, Marcos Vinícius. Estudo da composição do biogás: principais produtos e suas características. 2013.

BALBINO, Luiz Carlos; BARCELLOS, Ana de Oliveira; STONE, Luiz Fernando (Ed.). Marco referencial em integração lavoura-pecuária-floresta. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 130 p., 2011.

BARBOSA, João Luiz; SOUZA, Francisco Mendes; SILVA, Gabriel Teixeira. Pecuária extensiva e a limitação na suplementação alimentar no sistema tradicional. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 30, n. 2, p. 215-227, 2015.

BORGHI, Carlos Gustavo; ALMEIDA, Daniel Silva; PEREIRA, Ana Santos. Degradação de pastagens: causas e consequências. *Revista Brasileira de Pastagens*, v. 20, n. 4, p. 78-91, 2018.

BRAGA, Ana Sofia. Metabolismo de carbono em plantas: comparações entre C3 e C4. 2. ed. São Paulo: Editora Universitária, 2021.

BRASIL. Decreto nº 9.578, de 22 de novembro de 2018. Consolida atos normativos editados pelo Poder Executivo federal que dispõem sobre o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009, e a Política Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 22 de novembro de 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília: MAPA/ACS, 2012.

CÁCERES, Marina Rocha. O impacto da pressão de pastejo no manejo de pastagens. *Revista de Zootecnia e Pastagens*, v. 29, n. 5, p. 88-100, 2020.

CALDAS, Juliana. Pequena propriedade produtiva sustentável é foco de Dia de Campo em Ipameri (GO). 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/busca-de-noticias/noticia/12822787/pequena-propriedade-produtiva-sustentavel-e-foco-de-dia-de-campo-em-ipameri-go>. Acesso em: 21 nov. 2024.

CARDOSO, Mariana; SOARES, João Paulo Gonçalves; JUNQUEIRA, Ana Maria Ribeiro; LEITE, Eduardo José. Análise de políticas públicas e crédito na produção orgânica: um estudo preliminar. 2024.

CARLOS, Sérgio Mendes; SANTOS, André Luiz; RIBEIRO, Camila Oliveira; MOURA, Felipe Augusto. Custos da recuperação de pastagens degradadas nos estados e biomas brasileiros. São Paulo: FGV/EESP, 2022. Disponível em: [https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/eesp\\_relatorio\\_pasto-ap3\\_ajustado\\_0.pdf](https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/eesp_relatorio_pasto-ap3_ajustado_0.pdf).

CHANG, Jiangang; CIAIS, Philippe; GASSER, Thomas; SMITH, Pete; HERRERO, Mario; HAVLÍK, Petr; OBERSTEINER, Michael; GUENET, Bertrand; GOLL, Daniel Stefan; LI, Wei; NAIPAL, Vishal; PENG, Shushi; QIU, Cheng; TIAN, Hanqin; VIOVY, Nicolas; YUE, Chan; ZHU, Ding. Climate warming from managed grasslands cancels the cooling effect of carbon sinks in sparsely grazed and natural grasslands. *Nature Communications*, v. 12, n. 1, 2021.

CHEN, Hua; SUZUKI, Takashi; LACKNER, Klaus S. A necessidade de ações urgentes para mitigar as emissões de CO<sub>2</sub>. *Environmental Science & Technology*, v. 51, n. 12, p. 7411-7419, 2017.

CHO, Hannah Hyunah; STREZOV, Vladimir; EVANS, Timothy James. A review on global warming potential, challenges and opportunities of renewable hydrogen production technologies. *Sustainable Materials and Technologies*, v. 35, p. e00567, 2023.

CORDEIRO, Amanda; LUCENA, Darli; MOI, Marta. Utilização de composto orgânico na recuperação de pastagens degradadas. (Medicina Veterinária). *Repositório Institucional*, v. 1, n. 1, 2023.

COSTA, André Cardoso; VENZKE, Rafael Matos. Recuperação de áreas degradadas e seu impacto na produtividade agrícola. *Revista Brasileira de Conservação de Solo*, v. 14, n. 3, p. 45-58, 2017.

DE OLIVEIRA, Victor Augustus Vasconcelos; SILVA-MATOS, Raissa Rachel Salustriano da; SANTOS, Janaiane Ferreira dos; SOUSA, Gilcyvan Costa de.

FORAGEIRAS DO GÊNERO *Urochloa* EM SISTEMA SILVIPASTORIL. In: SILVA-MATOS, Raissa Rachel Salustriano da; SANTOS, Janaiane Ferreira dos; SOUSA, Gilcyvan Costa de (org.). *Cultivando o futuro: tendências e desafios nas ciências agrárias*. Ponta Grossa: Atena Editora, v. 3, 2024.

DIAS FILHO, Moacyr Bernardino. Diagnóstico das pastagens no Brasil. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 36 p., 2014. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402).

DIAS FILHO, Moacyr Bernardino. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007.

DOS ANJOS, Fabiana Souza; PERELLÓ, Luis Felipe. Políticas públicas para a produção de alimentos orgânicos no Brasil: avanços e desafios. *Revista de Agricultura Sustentável*, v. 13, n. 2, p. 45-59, 2021.

DOS SANTOS TEIXEIRA, Diego. A natureza jurídica do crédito de carbono no Brasil e seus impactos no mercado voluntário. *Revista Políticas Públicas & Cidades*, v. 13, n. 2, p. e1037-e1037, 2024.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasil é o quarto maior produtor de grãos e o maior exportador de carne bovina do mundo, diz estudo. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62619259/brasil-e-o-quarto-maior-produtor-de-graos-e-o-maior-exportador-de-carne-bovina-do-mundo-diz-estudo>. Acesso em: 12 set. 2024.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Mapa de estoque de carbono orgânico do solo do Brasil (90 m - Versão 2021). Disponível em: <http://geoinfo.cnps.embrapa.br/>. Acesso em: 19 nov. 2024.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. O papel das árvores no sequestro de carbono em sistemas ILPF. Embrapa Solos, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 26 out. 2024.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Potencial de mitigação da ILPF: comparações com outros sistemas. Embrapa Gado de Corte, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 26 out. 2024.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: forrageiras para sistemas com sombreamento. Embrapa Gado de Corte, 2012. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 26 nov. 2024.

EUCLIDES, Valéria Pereira Barbosa; MACEDO, Manoel Cláudio Motta; VALLE, Cacilda Borges do; DIFANTE, Gustavo dos Santos; BARBOSA, Rafael Antônio; CACERE, Evaldo Rodrigues. Valor nutritivo da forragem e produção animal em pastagens de *Brachiaria brizantha*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 1, p. 98-106, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000100014>.

FAO - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação. O futuro da pecuária: as implicações para a alimentação, os recursos naturais e a gestão ambiental. Relatório mundial da FAO, 2019.

FIGUEIREDO, Márcio Rodrigues Pereira; PIROVANI, Daniel Barbosa; BARROS, Ivan Duarte; GODINHO, Tiago Duarte. Levantamento de emissões e mitigação de gases de efeito estufa da pecuária bovina no Espírito Santo. 2023.

GHILARDI-LOPES, Naína Pierri; KAWABE, Lilian Domingos Ayres; SLOMPO, Camila dos Santos. Formação Continuada: Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos nos Ambientes Marinhos e Costeiros. Santo André: UFABC, 2014.

GOMES, Mirina Luiza Myczkowski; DE SOUZA, Marcos Roberto; FERREIRA, Fernando Ricardo. Sistemas agroflorestais como alternativa para a agricultura familiar. In: Congresso de Tecnologia - FATEC Mococa, 2023.

HERDT, Trevor. Fisiologia gastrointestinal e metabolismo. In: CUNNINGHAM, James Gerald. Texto, p. 231, 2001.

HOEGH-GULDBERG, Ove. The human imperative of stabilizing global climate change at 1.5°C. *Science*, v. 365, n. 1263, 2019.

INGENHOUS, Jan; SENEBIER, Jean. Noções de fotossíntese. 2023.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Summary for policymakers. In: *Climate change and land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P. R. Shukla et al. (eds.)]. In press, 2019.

IPCC. Good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories. Montreal, Canada: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014.

IPCC. Summary for policymakers [H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: *Climate change 2022: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2022.

KÖNIG, Hans E.; LIEBICH, Hermann G. Anatomia dos animais domésticos: Texto e atlas colorido. 6. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2016. 824 p.

LAPIG – Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. Atlas Digital das Pastagens Brasileiras. Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <https://lapig.iesa.ufg.br/p/38972-atlas-das-pastagens>. Acessado em 20/10/2024.

LEITE, Maria Lúcia Diniz Martins Viana; SILVA, Davi Santos; ANDRADE, Álvaro Pereira; PEREIRA, William Elias; RAMOS, José Pereira Dantas Filho. Caracterização da produção de palma forrageira no Cariri paraibano. *Revista Caatinga*, v. 27, n. 2, p. 192-200, 2014.

LIMA, Márcio et al. Sugarcane: Brazilian public policies threaten the Amazon and Pantanal biomes. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 18, n. 3, p. 210–212, 1 jul. 2020.

LIU, Shuang; SIX, Johan; ZHANG, Hongxia X.; ZHANG, Zhi Bin; PENG, Xue Hong. Integrated aggregate turnover and soil organic carbon sequestration using rare earth oxides and <sup>13</sup>C isotope as dual tracers. *Geoderma*, 430. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116313>, 2023.

MACEDO, Milton César Moreira. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, p. 133-146, jul. 2009.

MANFIO, Éverton da Silveira. Potencial de sequestro de carbono a partir da intensificação agrícola no RS. 2022.

MANZATTO, Carlos Vinícius; SKORUPA, Leonardo Augusto; ARAÚJO, Luiz Sérgio; VICENTE, Luiz Eduardo; ASSAD, Edson Doniseti. Estimativas de redução de emissões de gases de efeito estufa pela adoção de sistemas ILPF no Brasil. In: L. A. Skorupa & C. V. Manzatto (eds.), 2019.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomias – Coleção 6 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. 2022. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>. Acessado em 12/09/2024.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomias – Coleção 6 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: <https://mapbiomas.brasil.pastagens2021>. Acessado em 23/10/2024.

MARINI, José Adriano. Carbono no solo: práticas agrícolas para sequestro e mitigação. 2024.

MARTINS, Brenda Ferreira; TERUEL, Gustavo Lucheti; SILVA, Kevin Ranieli da. Análise da inclusão do mercado de carbono na economia brasileira pós Protocolo de Kyoto 2010-presente. 2023.

MARTINS, Maria de Lara Gonçalves; TERUEL, Gustavo Lucheti; SILVA, Emanuel Cardoso. A adoção de sistemas integrados na recuperação de pastagens degradadas e a promoção de uma pecuária sustentável. *Rio Verde*, 2023. 27 p.

MEDEIROS, Amanda Soares; MAIA, Silvia Maria Figueiredo; SANTOS, Thiago Carvalho; GOMES, Thiago Costa Azevedo. Losses and gains of soil organic carbon in grasslands in the Brazilian semi-arid region. *Scientia Agricola*, v. 78, e20190076, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2019-0076>.

MIGUEZ, José Domingos et al. O protocolo de Quioto e sua regulamentação no Brasil. 2008.

MONTEIRO, José Francisco; SILVA, Everton Rodrigues; LIMA, Valéria Gomes. Estratégias de recuperação de áreas degradadas: a importância do manejo adequado. *Revista de Gestão Ambiental*, v. 22, n. 4, p. 112-125, 2023.

MORAES, Andréa et al. *Economic Evaluation of Agroforestry Systems in Brazil*. 2014.

NEWBOLD, Christopher J.; RAMOS-MORALES, Edgar. Review: ruminal microbiome and microbial metabolome: effects of diet and ruminant host. *Animal*, v. 14, suppl. 1, p. 78-86, 2020. <https://doi.org/10.1017/S1751731119003252>.

OLIVEIRA, Arianne Sandri de. O Plano ABC como política pública de mitigação de gases de efeito estufa no bioma cerrado. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10113-022-01945-9>.

OLIVEIRA, Gabriel Oliveira. **Fisiologia básica**. 1ª ed., INTA, p. 184, 2017.

OLIVEIRA, Valéria Santos; SANTANA NETO, José Antônio; VALENÇA, Ricardo Lopes. Características químicas e fisiológicas da fermentação ruminal de bovinos em pastejo – Revisão de Literatura. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, v. 19, n. 20, p. 1-21, 2013.

PACINI, Andrea; PELLERI, Fabio; MARINI, Francesca; MALTONI, Alessandro; MARIOTTI, Barbara; MAZZA, Giovanni; MANETTI, Maria Cristina. Impacto da densidade de bovinos na estrutura e regeneração natural de um povoamento de carvalho de perus em uma fazenda agrossilvipastoril no centro da Itália. *Jornal de Pesquisa Florestal*, v. 35, n. 1, p. 22, 2024.

PAIVA, Daniela; FERNANDEZ, Leonardo; VENTURA, Ana; ALVAREZ, Gabriel; ANDRADE, João. Mercado Voluntário de Carbono: Análises de Cobenefícios de Projetos Brasileiros. *Rev. Adm. Contemp.*, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 45-64, fev. 2015.

PAULA, Karla Gomes da Silva Alves de; PESSOA, Marcela Souza; ABRÃO, Felipe Oliveira. Emissão de metano na pecuária: relação causaefeito e mecanismos modulatórios. *Pubvet, Goiás*, v. 13, n. 1, p. 111, 2019.

PEDRO, Ricardo Lima. O mecanismo de desenvolvimento limpo e sua contribuição para a redução das emissões de CO<sub>2</sub>e. *Revista de Políticas Ambientais*, v. 12, n. 1, p. 34-47, 2024.

PEROSA, Bruno. Agricultura de Baixo Carbono no Brasil: desafios de governança e monitoramento. *Labor e Engenho*, v. 18, p. e024005-e024005, 2024.

PINTO, Talita Priscila. Pecuária de baixo carbono: resiliência e sustentabilidade. 2023.

PIRES, João Paulo. Sequestro de carbono no solo e programas de pagamento por serviços ambientais: impactos econômicos para os agricultores. *Revista Brasileira de Economia Rural*, v. 15, n. 3, p. 78-90, 2024.

PORFÍRIO-DA-SILVA, Luiz Henrique; SOUZA, José Carlos; SANTOS, Ricardo Siqueira. Planejamento da disposição espacial do componente arbóreo em sistemas integrados. *Revista Brasileira de Agroflorestas*, v. 6, n. 1, p. 67-79, 2008.

REDE FOMENTO ILPF. Integração Lavoura-pecuária-floresta. 2016. Disponível em: <http://redeilpf.com.br>. Acesso em: 21/11/2024.

REIS, Carlos Alberto Fernandes; DE OLIVEIRA, Edson Barbosa; SANTOS, Aline Maria. Teca (*Tectona grandis* L. f.) no Brasil. 2023.

SABINO, Beatriz Tavares Silva; DA SILVA, Paulo Leonardo Fernandes; DE OLIVEIRA, Francisco Pereira; CAMPOS, Márcio Carlos dos Santos. Qualidade física do solo sob sistema de integração lavoura-pecuária-floresta: efeitos de 6 anos de implantação. *Revista Valore*, n. 7, p. e-7026, 2022.

SALTON, José Carlos. Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical. 2005. 158 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SALVADOR, Karla Regina Souza; DA SILVA, José Osvaldo Nunes; DE SOUZA SANTOS, João Paulo Araújo; MATHEUS, Raiane; LEITE, Cledilson; DE AVIZ, Rafael Oliveira; JARDIM, Ana Maria de Resende Farias. Indicadores de eficiência biológica, habilidade competitiva e benefício econômico de sistemas de produção sustentável de forragem: Uma revisão. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 15, n. 06, p. 2730-2754, 2022.

SAMBUICHI, Regina Helena Rosa et al. A contribuição do Planapo para o fortalecimento das linhas verdes do Pronaf. *Cadernos de Agroecologia*, v. 15, n. 2, 2020.

SEEG. Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Relatório de Emissões de GEE. 2023.

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Arranjos de renques de árvores no Sistema ILPF: manejo e valorização da madeira. SENAR/GTZ, 2018. Disponível em: <https://www.senar.org.br>. Acesso em: 13/11/2024.

SILVA, Aline Maria; LIMA, Fernanda Teixeira; OLIVEIRA, João Paulo. Contribuições das espécies florestais para o sequestro de carbono e a sustentabilidade em sistemas agrícolas. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 10, n. 4, p. 123-135, 2021.

SILVA, José Francisco Costa; LEÃO, Maria Ivone. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. 1ª ed., Piracicaba: Livroceres, 1979. 384 p.

SILVA, Mariana Barbosa; PARTELLI, Fabiano Luis; GONTIJO, Ítalo; CALDAS, Maria Madalena. Nutritional balance and its relationship to yield in a coffee field: Inferences from geospatial analysis. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v. 24, n. 12, p. 834-839, 2020. doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n12p834-839.

SILVEIRA SARTORI SILVA, Maria Regina; et al. Soil bacterial communities in the Brazilian Cerrado: Response to vegetation type and management. *Acta Oecologica*, v. 100, p. 103463, 1 out. 2019.

SKORUPA, Luiz A.; Behling, Marco; Porfírio-da-Silva, Valderir. O eucalipto e os desafios para a transferência de tecnologias em sistemas de integração lavoura-pecuária-florestal (ILPF). In E. B. Oliveira & J. E. Pinto Junior (Eds.), *O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento* (1ª ed., pp. 1147-1160). Embrapa. Recuperado em 22 de junho de 2023, de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/223925/1/EmbrapaFloresta-s-2021-LVEucaliptoEmbrapa-cap35.pdf>

SOLLENBERGER, L. E.; Vendramini, J. M.; Pedreira, C. G.; Rios, E. F. Warm-Season Grasses for Humid Areas. In: Moore, K. J.; Collins, M.; Nelson, J. C.; Redfearn, D. D. *Forages: The Science of Grassland Agriculture, 2 (7th ed.)* (pp. 331-345). 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9781119436669.ch18>

SOUSA, M. P.; PIRES, A. J. V.; SILVEIRA, R. B.; PUBLIO, P. P. P.; FIGUEIREDO, G. C.; CRUZ, N. T. Sistemas de Integração Lavoura, Pecuária e Floresta. *Brazilian Journal of Science*, v. 1, n. 10, p. 53-63, 2022.

SOUZA, Luiz Paulo. Manejo e recuperação de áreas degradadas: uma abordagem integrada. *Revista de Engenharia Ambiental*, v. 19, n. 2, p. 90-102, 2023.

SZNITOWSKI, A. M.; Souza Junior, J. V.; Gasparini, L. V. L.; Leitner, C. P. S.; Vargas, A. R. Capacidade de absorver conhecimento/tecnologia em sistemas produtivos agrícolas integrados: estudo multicascos em Mato Grosso. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 13(2), 549-574, 2020. <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n2p549-574>.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo; MÜLLER, Domenico. **Fisiologia Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TERUEL, Gustavo Lucheti; SILVA, Kevin Ranieli da. Crédito de carbono no Brasil: análise dos impactos econômicos e estratégias regulatórias para o fortalecimento do mercado. 2023.

TOLMASQUIM, V. A. Biodigestão e metanogênese: influências das condições operacionais na eficiência do processo. 2016.

TOMAZ, Gabriella Agapito; BORGES, Alexandre de Sousa; WANDER, Alcindo Elenor; SOUZA, Cleonice Borges de. Como viabilizar a adoção do sistema ILPF. 2017.

TRIVELIN, Gustavo Antunes et al. Animal production and economic viability of integrated crop-livestock systems. *International Journal for Innovation Education and Research*, v. 8, p. 530-540, 2020.

VALADARES FILHO, Sérgio Cardoso; PINA, Denize de Souza. Fermentação ruminal. In: *Nutrição de ruminantes*, v. 2, p. 161-189, 2006.

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro (Org.). Uma jornada pelos contrastes do Brasil: cem anos do Censo Agropecuário. 2020.

VILELA, Luiz; MARTHA JUNIOR, Gilberto Borges; MACEDO, Maria Cristina Marcondes; MARCHAO, Roberto Luiz; GUIMARÃES JUNIOR, Rui; PULROLNIK, Klaus; MACIEL, Gilberto Antonio. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, out. 2011.

XAVIER, Cássio Rodrigues; PEREIRA, Marcus Silveira; GOMES, Francisco Aires Almeida. A recuperação de áreas degradadas na agricultura: métodos e práticas. *Revista de Sustentabilidade Ambiental*, v. 11, n. 1, p. 35-48, 2023.

ZHOU, Ming; Gomis, Emilie; Lonnoy, Eric; Maycock, Trevor; Tignor, Mark; Waterfield, Tim (Eds.). Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. In press, 2018.

## RESOLUÇÃO n°038/2020 – CEPE

### ANEXO I

#### APÊNDICE ao TCC

#### Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A)estudante Sábytta Nayara Rodrigues Rezende, do Curso de Zootecnia, matrícula 2022.2.0027.0008-8, telefone: (62) 99327-4772 e-mail sabyttanay@gmail.com , na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei n° 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor), autoriza a Pontificia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado Recuperação de pastagens degradadas e sistemas integrados na pecuária: ferramentas para mitigar gases de efeito estufa, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 09 de Dezembro de 2024.

Documento assinado digitalmente  
 **SABYTTA NAYARA RODRIGUES REZENDE**  
Data: 09/12/2024 13:55:46-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do(s) autor(es): \_\_\_\_\_

Nome completo do autor: Sábytta Nayara Rodrigues Rezende

Assinatura do professor-orientador: \_\_\_\_\_

Nome completo do professor-orientador: Delma Machado Cantisani Pádua