



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**VIABILIDADE ECONÔMICA DE LINHAS DE CRÉDITO PARA
RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS DEGRADADAS NO BRASIL**

LAÍS ERNESTO CUNHA

Orientador Prof. Dr. Álvaro Nogueira Souza

Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**VIABILIDADE ECONÔMICA DE LINHAS DE CRÉDITO PARA RECUPERAÇÃO DE
PASTAGENS DEGRADADAS NO BRASIL**

Economic Feasibility of Credit Lines for Recovery of Degraded Pastures in Brazil

Laís Ernesto Cunha

Orientador: Prof. Dr. Álvaro Nogueira Souza, FT/UnB

PUBLICAÇÃO: PGCFL.MP.XXX

BRASÍLIA-DF

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**VIABILIDADE ECONÔMICA DE LINHAS DE CRÉDITO PARA
RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS DEGRADADAS NO BRASIL**

LAÍS ERNESTO CUNHA

Orientador Prof. Dr. Álvaro Nogueira Souza

Dissertação de Mestrado submetida ao Departamento de Engenharia
Florestal como requisito parcial para obtenção
do grau de Mestre em Ciências Florestais

Banca Examinadora

Prof. Dr. Álvaro Nogueira Souza, FT/UnB
Presidente

Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi, FT/UnB
Examinador Interno

Dra. Maria de Fátima de Brito Lima, SFB
Examinador externo

FICHA CATALOGRÁFICA

CUNHA, LAÍS ERNESTO

VIABILIDADE ECONÔMICA DE LINHAS DE CRÉDITO PARA RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS DEGRADADAS NO BRASIL [Distrito Federal] 2025.

xvi, 96 p.96, 210 x 297 mm (EFL/FT/UnB, Mestre, Ciências Florestais, 2025).

Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Florestal

1. Recuperação de Pastagens

2. Viabilidade Econômica

3. Linhas de Crédito Rural

4. Produção Sustentável

I. EFL/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CUNHA, L.E. (2025). *VIABILIDADE ECONÔMICA DE LINHAS DE CRÉDITO PARA RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS DEGRADADAS NO BRASIL*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 96 p.96

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: LAÍS ERNESTO CUNHA

TÍTULO: VIABILIDADE ECONÔMICA DE LINHAS DE CRÉDITO PARA RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS DEGRADADAS NO BRASIL .

GRAU: Mestre em Ciências Florestais ANO: 2025

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta Dissertação de Mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. Do mesmo modo, a Universidade de Brasília tem permissão para divulgar este documento em biblioteca virtual, em formato que permita o acesso via redes de comunicação e a reprodução de cópias, desde que protegida a integridade do conteúdo dessas cópias e proibido o acesso a partes isoladas desse conteúdo. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste documento pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

LAÍS ERNESTO CUNHA

E-mail: laisecunha@gmail.com

Depto. de Engenharia Florestal (EFL) - FT

Universidade de Brasília (UnB)

Campus Darcy Ribeiro

CEP 70919-970 - Brasília - DF - Brasil

Para meu Pai, cuja presença sinto em cada conquista. Seus ensinamentos jamais serão esquecidos.

AGRADECIMENTOS

A conclusão desta dissertação representa o fechamento de um ciclo marcado por desafios, aprendizados e apoio inestimável de pessoas e instituições que, direta ou indiretamente, contribuíram para que este trabalho se tornasse realidade.

Agradeço à minha esposa, Aline, pelo amor, paciência e incentivo incondicional ao longo desta trajetória. Sua compreensão e apoio foram fundamentais em cada etapa desta caminhada.

À minha mãe, cuja dedicação, força e generosidade foram essenciais em cada etapa da minha jornada. Esta conquista também é sua.

À minha irmã, por estar sempre presente, com uma parceria inabalável. Seu apoio e sua companhia tornaram essa caminhada mais leve e significativa.

Uma homenagem especial ao meu pai, cuja memória permanece viva em mim e em tudo o que conquisto. Seu exemplo de dedicação, força e caráter continua sendo uma inspiração diária.

Ao meu orientador, Álvaro, pela paciência e valiosos ensinamentos que ajudaram a moldar este trabalho. Sua dedicação e compromisso com a educação foram essenciais para que eu acreditasse nesse caminho.

Aos membros da banca examinadora, Eraldo e Fátima, pelas contribuições e sugestões enriquecedoras, que ajudaram a aprimorar esta dissertação.

Aos meus colegas de trabalho do WWF-Brasil, por compartilharem comigo não apenas o ambiente profissional, mas também o compromisso com a conservação. O apoio, os debates enriquecedores e o aprendizado contínuo foram fundamentais para a construção deste estudo.

Aos colegas do programa de pós-graduação, pelo apoio mútuo, pelas trocas de conhecimento e pelo companheirismo ao longo dessa jornada. A convivência com vocês tornou os desafios acadêmicos mais leves e motivadores. Também agradeço à professora Maísa, pelo incentivo e apoio durante o processo.

Aos produtores rurais que acreditam que é possível produzir melhor, equilibrando produtividade e sustentabilidade. Em especial, à Dona Élide, pelo exemplo de dedicação e por demonstrar, na prática, que a produção agropecuária pode caminhar lado a lado com a conservação do meio ambiente.

Ao Departamento de Engenharia Florestal e à Universidade de Brasília, pela oportunidade de desenvolver esta pesquisa.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para esta trajetória, meu mais sincero agradecimento.

“Com o tempo, aquilo que repetimos se torna aceito. As grandes mudanças começam como ideias que precisam ser reafirmadas inúmeras vezes.”

Eleanor Roosevelt

RESUMO

A dissertação apresenta uma análise aprofundada da viabilidade econômica das linhas de crédito destinadas à recuperação de pastagens degradadas no Brasil, abordando a problemática da baixa produtividade e dos elevados impactos ambientais decorrentes da degradação das pastagens. O estudo propõe solucionar o desafio de viabilizar financeiramente a recuperação dessas áreas, proporcionando subsídios para a transição da pecuária tradicional para modelos sustentáveis. O objetivo central consiste em avaliar, por meio de modelagem financeira baseada em fluxo de caixa descontado, indicadores como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR), Benefício Percebido pelo Empreendedor (BPE) e o período de retorno (*Payback*), considerando diferentes cenários e variáveis operacionais, entre elas a inclusão do pró-labore. A abordagem metodológica emprega a análise quantitativa dos dados, a simulação de cenários e a avaliação de sensibilidade, permitindo a identificação de pontos críticos e a comparação entre as principais linhas de crédito rural disponíveis no mercado. Os resultados evidenciam que programas de crédito com condições favoráveis, como o Programa ABC Ambiental e o Pronamp Investimento, apresentam indicadores positivos e robustos, com VPL elevado e MTIR que demonstram a eficiência dos fluxos de caixa mesmo diante dos custos de financiamento, além de *Payback* compatível com o ciclo produtivo da pecuária. O estudo revela a emergência de novos padrões na relação entre os custos operacionais e o retorno financeiro, apontando que a inclusão de pró-labore, embora reduza o VPL, pode melhorar a rentabilidade percentual quando gerida de forma adequada. A análise de sensibilidade destaca a influência dos custos de insumos, das taxas de juros e do prazo de financiamento sobre a viabilidade dos projetos, sugerindo que ajustes nas políticas de crédito rural e a ampliação da assistência técnica podem potencializar os ganhos e reduzir os riscos para os pequenos e médios produtores. A pesquisa apresenta descobertas significativas ao demonstrar que a recuperação de pastagens degradadas, quando aliada a práticas de manejo sustentável e à utilização de sistemas integrados de produção, gera benefícios não apenas econômicos, mas também ambientais, como o sequestro de carbono e a melhoria da fertilidade do solo. A contribuição do estudo reside na integração dos aspectos financeiros e ambientais, revelando relações inovadoras que contrariam teorias convencionais e evidenciam o potencial de transformar o setor agropecuário por meio de financiamentos estruturados. Assim, a dissertação fornece elementos consistentes para a tomada de decisão dos produtores e a formulação de políticas públicas que promovam o acesso facilitado ao crédito rural e incentivem a adoção de sistemas produtivos regenerativos.

Palavras-chave: Viabilidade Econômica; Crédito Rural; Recuperação de Pastagens; Sustentabilidade Agropecuária.

ABSTRACT

The dissertation presents an in-depth analysis of the economic feasibility of credit lines aimed at recovering degraded pastures in Brazil, addressing the challenge of low productivity and the significant environmental impacts caused by pasture degradation. The study proposes to solve the financial viability issue of recovering these areas, providing support for transitioning from traditional livestock farming to sustainable models. The main objective consists of evaluating, through a discounted cash flow model, financial indicators such as Net Present Value (NPV), Modified Internal Rate of Return (MTIR), Entrepreneurial Benefit (EB), and Payback period, while considering different scenarios and operational variables, including the inclusion of pro-labore. The methodological approach employs quantitative data analysis, scenario simulation, and sensitivity analysis, enabling the identification of critical points and comparison among the major rural credit lines available in the market. The results reveal that credit programs with favorable conditions, such as the ABC Environmental Program and Pronamp Investment, present strong and positive indicators, with high NPV and MTIR that demonstrate the efficiency of cash flows despite financing costs, as well as a Payback period compatible with the productive cycle of livestock farming. The study uncovers new patterns in the relationship between operating costs and financial returns, indicating that while including pro-labore reduces the NPV, it can enhance the percentage return when managed appropriately. The sensitivity analysis highlights the influence of input costs, interest rates, and financing terms on project viability, suggesting that adjustments in rural credit policies and increased technical assistance can boost gains and reduce risks for small and medium-scale producers. The research provides significant findings by showing that the recovery of degraded pastures, when combined with sustainable management practices and integrated production systems, generates benefits that are both economic and environmental, such as carbon sequestration and improved soil fertility. The study's contribution lies in integrating financial and environmental aspects, revealing innovative relationships that challenge conventional theories and demonstrate the potential to transform the agricultural sector through structured financing. Consequently, the dissertation offers robust insights for producers and policymakers to enhance access to rural credit and promote the adoption of regenerative production systems.

Keywords: Economic Feasibility; Credit Lines; Pasture Recovery; Sustainable Rural Production.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E QUESTÕES DE PESQUISA	16
1.2	HIPÓTESES	18
1.3	OBJETIVOS	19
1.4	ESCOPO DA PESQUISA	21
2	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1	A Degradação de Pastagens no Brasil	23
2.2	Histórico do Uso da Terra e Degradação de Pastagens	31
2.3	Sistemas integrados (ILPF) na Recuperação de Pastagens	32
2.4	Tecnologias e Práticas de Manejo para Recuperação de Pastagens	34
2.5	Impactos Ambientais da Recuperação de Pastagens Degradadas e Sustentabilidade	35
2.6	Avaliação da Produtividade Pecuária em Diferentes Sistemas de Manejo	38
2.7	Viabilidade Econômica da Recuperação de Pastagens em Solos de Baixa Fertilidade	39
2.8	Linhas de crédito para recuperação de pastagens	40
2.9	Análise de Sensibilidade em Modelos de Recuperação de Pastagens	45
2.10	Caracterização Geomorfológica e Climatológica da Área de Estudo	47
3	METODOLOGIA	50
3.1	Delineamento da Pesquisa	50
3.2	Caracterização da Área de Estudo	51
3.3	Coleta de Dados	54
3.4	Recomendações Técnicas	56
3.4.1	Correção do Solo e Adubação	56
3.4.2	Manejo da Pastagem e Estratégias de Replantio	56
3.4.3	Infraestrutura e Uso de Maquinário	57
3.4.4	Monitoramento e Ajustes no Sistema	57
3.5	Métodos de Análise Econômica	58
3.5.1	Valor Presente Líquido (VPL)	58
3.5.2	Cálculo do Benefício Periódico Equivalente (BPE)	59
3.5.3	Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR)	59
3.5.4	Análise de Sensibilidade	61
3.5.5	<i>Payback</i> e Tempo de Retorno do Investimento	61
3.5.6	Análise Custo-Benefício	62

3.5.7	Análise de Inclusão e Sensibilidade do Pró-Labore	63
4	ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS	65
4.1	Premissas e parâmetros	65
4.1.1	Análise da Área de Plantio e Capacidade de Produção Pecuária	65
4.1.2	Comparação das Linhas de Crédito Disponíveis	68
4.2	Análise do Valor Presente Líquido (VPL) para Diferentes Linhas de Crédito	70
4.2.1	Contribuição das diferentes atividades para o VPL	71
4.2.2	Impacto da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) no Valor Presente Líquido (VPL)	71
4.3	Benefício Periódico Equivalente (BPE)	73
4.4	Taxa Interna de Retorno (TIR) e Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR)	74
4.4.1	Análise Comparativa da TIR	75
4.4.2	Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR)	76
4.5	Análise do Tempo de Retorno do Investimento (<i>Payback</i>)	78
4.6	Análise de Custo-Benefício (B/C)	80
4.7	Viabilidade Financeira das Linhas de Crédito Analisadas	81
4.8	Análise de Inclusão de Pró-Labore	83
4.8.1	Análise de Sensibilidade de Pró-Labore	84
5	CONCLUSÃO	87
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

LISTA DE FIGURAS

2.1	Distribuição da Degradação das Pastagens por Bioma	24
2.2	Distribuição financeira por bioma (em bilhões de reais).	28
3.1	Foto aérea da Chácara Boa Vida (MS)	51
3.2	Foto aérea da área de implementação do sistema	52
4.1	Comparação do VPL por Tipo de Recurso	70
4.2	Análise do BPE das Linhas De Crédito	73
4.3	Análise da TIR das Linhas de Crédito	75
4.4	Análise da MTIR das Linhas de Crédito	76
4.5	Comparação Entre TIR E MTIR Das Linhas De Crédito	77
4.6	Análise do Payback das Linhas de Crédito	78
4.7	Análise de Custo-Benefício das Linhas de Crédito	80
4.8	Comparação de Viabilidade Financeira das Linhas de Crédito	81
4.9	Comparação do VPL e TIR entre Linhas de Crédito Com e Sem Pró-labore	83
4.10	Análise de Sensibilidade do Pró-labore sobre o VPL	85

LISTA DE TABELAS

2.1	Custos de recuperação de pastagens degradadas por bioma (R\$ /ha)	30
3.1	Custos da Produção de Baru e Gado	55
3.2	Produção e Receita Líquida dos Produtos	56
4.1	Distribuição da área entre plantio e pecuária	66
4.2	Capacidade de suporte e lotação animal	66
4.3	Ganho de peso e rendimento da carcaça	67
4.4	Produção de arrobas e receita anual	67
4.5	Consumo anual de sal mineral	68
4.6	Consumo anual de matéria seca e distribuição da dieta	68
4.7	Parâmetros das linhas de crédito analisadas	69
4.8	Impacto da TMA no VPL	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BPE	Benefício Periódico Equivalente
CO ²	Dióxido de Carbono
FINEM	Financiamento de Máquinas e Equipamentos
GEE	Gases de Efeito Estufa
ILP	Integração Lavoura-Pecuária
ILPF	Integração Lavoura-Pecuária-Floresta
MTIR	Taxa Interna de Retorno Modificada
N ₂ O	Óxido Nitroso
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
PRONAMP	Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural
SAF	Sistema Agroflorestal
VPL	Valor Presente Líquido

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui a maior área de pastagens do mundo, somando mais de 160 milhões de hectares ocupados pela pecuária. Entretanto, essa vasta extensão territorial não se traduz necessariamente em alta produtividade. Pelo contrário, estudos apontam que aproximadamente 60% dessas pastagens encontram-se em algum grau de degradação, comprometendo sua capacidade de suporte animal e sua função ecológica (Feltran-Barbieri; Féres, 2021). A deterioração do solo, a perda de biodiversidade e a redução da fertilidade natural são alguns dos sintomas mais evidentes desse problema estrutural, que se agravou ao longo das últimas décadas devido ao manejo inadequado, à falta de reposição de nutrientes e à compactação do solo causada pelo pisoteio excessivo.

Embora a conversão de novas áreas nativas para pecuária extensiva tenha sido historicamente uma estratégia de expansão do setor agropecuário, essa abordagem tem se tornado cada vez mais inviável, tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico. O crescimento das restrições ambientais, o endurecimento das regulamentações sobre desmatamento e as crescentes exigências do mercado consumidor por carne proveniente de cadeias sustentáveis estão forçando uma reestruturação na forma como a pecuária é conduzida no Brasil (Santos et al., 2022). Diante desse cenário, a recuperação de pastagens degradadas surge como uma das soluções mais promissoras, permitindo que se amplie a produtividade pecuária sem que seja necessário expandir a fronteira agrícola.

O potencial da recuperação de pastagens não se limita à produção animal. Essa estratégia está diretamente associada à mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE), pois solos degradados perdem matéria orgânica e capacidade de retenção de carbono, tornando-se fontes líquidas de emissões, enquanto áreas bem manejadas podem atuar como sumidouros desse elemento, contribuindo para o equilíbrio do ciclo do carbono e a redução da pegada ambiental da pecuária (Oliveira Silva et al., 2017). A degradação do solo está intimamente ligada à liberação de dióxido de carbono (CO_2) e óxido nitroso (N_2O), dois dos principais gases responsáveis pelo aquecimento global. Quando a vegetação nativa é substituída por pastagens mal manejadas, há uma rápida perda de carbono orgânico do solo. Entretanto, ao adotar práticas de manejo sustentável, como sistemas integrados e técnicas de recuperação, essa dinâmica pode ser revertida, promovendo o acúmulo de carbono e melhorando a estrutura e a fertilidade do solo (Damian et al., 2021).

Além disso, a eficiência produtiva resultante da recuperação de pastagens reduz significativamente a necessidade de expansão da pecuária sobre áreas naturais, minimizando a conversão de florestas e savanas para uso agropecuário (Strassburg; Silva; Feltran-Barbieri, 2022). Historicamente, o avanço da pecuária extensiva tem sido uma das principais causas do desmatamento no Brasil, sobretudo na Amazônia e no Cerrado, onde milhões de hectares foram convertidos em pastagens de baixa produtividade. Recuperar áreas já degradadas significa não apenas evitar novos desmatamentos, mas também reduzir a fragmentação de habitats, proteger corredores ecológicos e favorecer a regeneração da biodiversidade (Feltran-Barbieri; Féres, 2021). A intensificação sustentável da pecuária em pastagens recuperadas diminui a pressão por novas terras, permitindo que áreas de vegetação nativa sejam preservadas ou restauradas, em conformidade com as exigências do Código Florestal e com compromissos internacionais de sustentabilidade assumidos pelo Brasil.

A preservação da biodiversidade e o cumprimento do Código Florestal são aspectos fundamentais na transição para uma pecuária mais sustentável. O Código estabelece percentuais mínimos de Reserva Legal e Áreas de Preservação Permanente (APPs), exigindo dos produtores uma adequação que pode ser viabilizada pela intensificação sustentável da produção. Ou seja, recuperar pastagens degradadas não é apenas uma decisão produtiva, mas uma estratégia de regularização ambiental, que pode garantir maior segurança jurídica ao produtor e ampliar sua inserção em mercados internacionais que exigem conformidade com critérios socioambientais rigorosos.

O fortalecimento da governança ambiental no setor agropecuário e o aumento da fiscalização sobre a origem da produção pecuária são fatores que reforçam a necessidade de recuperação das pastagens degradadas como um componente estratégico da sustentabilidade no agronegócio. Com a adoção de sistemas integrados e práticas regenerativas, é possível reduzir as emissões setoriais de GEE e transformar a pecuária em uma atividade de impacto ambiental positivo, promovendo não apenas maior produtividade, mas também reconhecimento no mercado global e acesso a incentivos financeiros direcionados à economia verde.

A recuperação de pastagens não se trata apenas de um imperativo ambiental, mas de uma decisão econômica e política. Com a crescente pressão do mercado internacional por cadeias produtivas mais sustentáveis e a tendência de maior rigor regulatório em relação ao desmatamento, a competitividade da pecuária brasileira dependerá diretamente da sua capacidade de aliar produtividade à recomposição ambiental. Se antes a expansão territorial foi a solução para o crescimento do setor, agora a chave para a continuidade da atividade reside na intensificação eficiente e no uso sustentável das áreas já ocupadas.

Nesse contexto, o Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) vem se consolidando como uma alternativa sustentável para a recuperação de áreas degradadas. A adoção desse modelo permite a diversificação das fontes de renda do produtor, a melhoria da fertilidade do solo e o aumento da resiliência dos sistemas produtivos diante de oscilações climáticas e econômicas (Damian et al., 2021). No entanto, apesar das evidentes vantagens ambientais e produtivas, a viabilidade financeira dessa estratégia ainda carece de análises aprofundadas, uma vez que os custos iniciais de implantação podem ser elevados, e o acesso a crédito rural para recuperação de pastagens ainda apresenta desafios.

No Brasil, o crédito rural desempenha um papel central no financiamento da agropecuária, fornecendo capital para custeio, investimento e comercialização. Diversos programas, como o RenovAgro (antigo plano ABC+), o Programa de Modernização da Agricultura e Conservação dos Recursos Naturais (ModerAgro) e o Programa de Financiamento à Pecuária Intensiva (FIPFertil), incluem linhas específicas para a recuperação de pastagens, incentivando a adoção de tecnologias sustentáveis. No entanto, a efetividade desses mecanismos de crédito para viabilizar financeiramente a recuperação de pastagens em sistemas integrados ainda não foi amplamente investigada.

O presente estudo concentra-se na viabilidade econômica da recuperação de pastagens degradadas no Cerrado do Mato Grosso do Sul, utilizando um sistema ILPF com Baru (*Dipteryx alata*) e pecuária intensiva. O modelo proposto prevê a entrada da pecuária a partir do segundo ano da recuperação, com máxima lotação e terminação dos animais em até 30 meses, analisando-se a relação custo-benefício da recuperação e o impacto das linhas de crédito rural na viabilidade financeira da iniciativa.

Embora o foco da pesquisa seja econômico-financeiro, o estudo insere-se na área de Ciências Florestais

por abordar o manejo sustentável de áreas antropizadas, integrando silvicultura, pecuária e conservação dos recursos naturais. O uso do Barú, uma espécie nativa do Cerrado com alto potencial ecológico e econômico, reforça a importância da pesquisa para a área, pois representa uma alternativa de valorização da biodiversidade na recuperação produtiva de pastagens. Assim, o estudo contribui para demonstrar que a restauração ecológica pode ser economicamente viável, conciliando conservação ambiental e retorno financeiro. A fim de aprofundar essa investigação, o presente trabalho está organizado da seguinte forma: além desta introdução, o Capítulo 2 apresenta a revisão da literatura, abordando conceitos fundamentais sobre degradação de pastagens, estratégias de recuperação e financiamento rural. O Capítulo 3 detalha a metodologia, com a descrição da modelagem financeira e dos indicadores utilizados. O Capítulo 4 expõe e analisa os resultados obtidos, com ênfase na avaliação da viabilidade econômica. Por fim, o Capítulo 5 apresenta as conclusões, revisitando as questões de pesquisa, sintetizando os achados e apontando recomendações para políticas públicas e futuras pesquisas.

"O planejamento de longo prazo não lida com decisões futuras, mas com o futuro das decisões presentes."

Peter Drucker

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E QUESTÕES DE PESQUISA

A pecuária brasileira desempenha um papel central na economia nacional e global, sendo um dos setores mais expressivos do agronegócio. O Brasil possui o maior rebanho comercial do mundo, com cerca de 230 milhões de cabeças de gado, e é o principal exportador de carne bovina, atendendo a mercados de alta exigência sanitária e ambiental (Santos et al., 2022). No entanto, a produtividade da pecuária nacional ainda está muito abaixo do seu potencial, e grande parte desse problema está diretamente relacionada ao uso ineficiente das pastagens, muitas das quais encontram-se em avançado estado de degradação.

Estima-se que cerca de 60% das pastagens do país apresentem algum nível de degradação, variando de moderado a severo, o que compromete a capacidade de suporte animal, reduz a eficiência na conversão alimentar e impacta diretamente a rentabilidade da atividade (Feltran-Barbieri; Féres, 2021). Esse processo também tem sérias implicações ambientais, pois solos degradados contribuem para a perda de biodiversidade, a erosão hídrica e eólica e a liberação de carbono do solo para a atmosfera, intensificando as emissões de gases de efeito estufa (Oliveira Silva et al., 2017).

A recuperação de pastagens degradadas tem sido defendida como uma estratégia essencial para o aumento da produtividade pecuária sem necessidade de expansão territorial e, ao mesmo tempo, como uma ferramenta para mitigar impactos ambientais. No entanto, os desafios econômicos e institucionais para a recuperação dessas áreas ainda são expressivos. Os custos iniciais para recuperação podem ser elevados, e muitos produtores hesitam em investir devido às incertezas quanto ao retorno financeiro e às dificuldades de acesso a crédito rural compatível com a realidade do setor (Damian et al., 2021).

Programas governamentais buscam incentivar a adoção de práticas sustentáveis por meio de linhas de crédito específicas, como o Programa RenovAgro, o Programa de Modernização da Agricultura e Conservação dos Recursos Naturais (ModerAgro) e o Programa de Financiamento à Pecuária Intensiva (FIPFertil). Entretanto, a adesão dos pecuaristas a esses programas ainda é limitada, o que indica a necessidade de avaliar se os incentivos oferecidos são, de fato, suficientes para viabilizar economicamente a recuperação de pastagens.

Dessa forma, a presente pesquisa busca responder à seguinte questão central: **A recuperação de pastagens degradadas no Cerrado do Mato Grosso do Sul, utilizando um sistema ILPF com Baru e pecuária intensificada, é financeiramente viável considerando os atuais mecanismos de crédito rural disponíveis no Brasil?**

Essa questão é fundamental para compreender se a recuperação de pastagens pode ser competitiva frente à pecuária extensiva tradicional, fornecendo dados concretos sobre o retorno do investimento, os riscos envolvidos e a viabilidade financeira do modelo proposto.

Embora a recuperação de pastagens possa incluir diferentes destinações do solo, como agrofloresta, plantio madeireiro e agricultura, nesta pesquisa, o foco será exclusivamente a recuperação voltada para a pecuária, dentro de um modelo produtivo sustentável que incorpora espécies arbóreas nativas, como o Baru (*Dipteryx alata*). O estudo não investigará as causas da degradação, nem comparará diferentes métodos de recuperação, concentrando-se na análise da viabilidade financeira da adoção de um sistema ILPF que integra a pecuária com a arborização utilizando espécies florestais do Cerrado.

A aderência desta pesquisa ao campo das Ciências Florestais se justifica pela relação intrínseca entre a recuperação de áreas antropizadas, o manejo sustentável do solo e o uso estratégico de espécies florestais na reabilitação da paisagem produtiva. O estudo não se limita a uma análise econômica agropecuária, mas examina a introdução de um componente arbóreo como estratégia de resiliência ecológica e produtiva, trazendo uma abordagem interdisciplinar que envolve silvicultura, conservação da biodiversidade e restauração de ecossistemas degradados.

A interconexão entre áreas de uso sustentável e ecossistemas florestais é um dos aspectos centrais das Ciências Florestais e um dos pilares deste estudo. A recuperação de pastagens com sistemas integrados que incluem espécies arbóreas não apenas melhora a produtividade do solo e da pecuária, mas também atua na formação de corredores ecológicos, promovendo a conectividade entre fragmentos de vegetação nativa e contribuindo para a preservação da biodiversidade. Esses corredores desempenham um papel essencial na manutenção do fluxo gênico entre populações de fauna e flora, ajudando a reduzir os impactos da fragmentação florestal provocada pela ocupação agropecuária desordenada.

Além da biodiversidade, a conversão de áreas degradadas em sistemas ILPF influencia diretamente os ciclos climáticos que afetam as florestas nativas, especialmente no bioma Cerrado, que desempenha um papel fundamental na recarga dos aquíferos e na regulação do regime hídrico das bacias hidrográficas. A substituição de solos expostos e degradados por sistemas agroflorestais melhora a infiltração da água no solo, reduz a evaporação excessiva e contribui para o equilíbrio climático regional, benefícios que reverberam nos ecossistemas florestais adjacentes.

Ao propor a inclusão do Baru como componente essencial do sistema produtivo, a pesquisa reforça a

importância das espécies nativas do Cerrado na recuperação da paisagem rural, destacando seu potencial econômico e ecológico. O Baru não apenas proporciona benefícios produtivos e financeiros, mas também contribui para a restauração da vegetação nativa e para a manutenção dos processos ecológicos fundamentais que garantem a estabilidade dos ecossistemas florestais na região.

Além disso, ao investigar a viabilidade econômica desse modelo, a pesquisa busca gerar subsídios concretos para produtores rurais, investidores e formuladores de políticas públicas, contribuindo para o aperfeiçoamento dos mecanismos de financiamento rural e para a transição da pecuária brasileira rumo a um modelo mais sustentável e lucrativo. A intersecção entre recuperação produtiva, conservação florestal e viabilidade financeira posiciona este estudo dentro das principais discussões contemporâneas sobre manejo sustentável dos recursos naturais, consolidando sua relevância dentro da área das Ciências Florestais.

1.2 HIPÓTESES

A recuperação de pastagens degradadas é frequentemente defendida como uma estratégia viável tanto para a sustentabilidade ambiental quanto para o aumento da produtividade pecuária. Entretanto, sua viabilidade econômica ainda é uma questão em aberto, especialmente quando se considera o alto custo inicial das práticas de recuperação e a necessidade de acesso a linhas de crédito rural compatíveis com a realidade dos produtores. Dessa forma, esta pesquisa parte da seguinte hipótese central:

H1: *A recuperação de pastagens degradadas por compactação, acidificação e baixa fertilidade do solo, utilizando um sistema ILPF com Baru e pecuária intensificada, é financeiramente viável no cenário atual de crédito rural no Brasil.*

Essa hipótese baseia-se no pressuposto de que a recuperação de pastagens degradadas tem sido defendida como uma estratégia fundamental para aumentar a produtividade pecuária e reduzir a pressão por desmatamento (Feltran-Barbieri; Féres, 2021). Entretanto, os custos iniciais de recuperação são elevados, tornando necessário o acesso a crédito rural para viabilizar economicamente o investimento (Damian et al., 2021). A viabilidade financeira depende diretamente das condições de financiamento disponíveis, incluindo taxas de juros, prazos e carências oferecidas por programas como ABC Ambiental e Pronamp Investimento, analisados nesta pesquisa. O sistema ILPF, ao integrar árvores nativas como o Baru, potencializa a sustentabilidade da recuperação, tornando-se um modelo atrativo para financiamentos verdes e políticas públicas de incentivo à agropecuária sustentável.

Além dessa hipótese principal, o estudo considera hipóteses auxiliares que testam a robustez e os fatores condicionantes da viabilidade econômica:

H2: *O investimento na recuperação de pastagens apresenta retorno positivo no longo prazo, considerando os indicadores de Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR).*

Para que um investimento agropecuário seja considerado viável, ele deve garantir um retorno financeiro positivo ao longo do tempo, levando em conta não apenas os custos iniciais, mas também a taxa de desconto, a atratividade dos fluxos de caixa e os ciclos produtivos da pecuária (Pereira et al., 2018). O

estudo utiliza modelagem financeira para avaliar se o VPL, a TIR e a MTIR resultantes da recuperação das pastagens são compatíveis com as exigências do mercado e com as expectativas dos produtores. Caso esses indicadores sejam positivos, confirmam-se as vantagens econômicas do sistema, contribuindo para um modelo agropecuário sustentável e financeiramente atrativo.

H3: *Variações nos custos de insumos e nas taxas de juros impactam significativamente a viabilidade econômica do projeto de recuperação de pastagens, conforme demonstrado pela análise de sensibilidade realizada.*

O setor agropecuário está sujeito a oscilações nos preços de insumos, como fertilizantes, corretivos de solo e sementes, além da volatilidade nas taxas de juros do crédito rural (Silva; Medeiros; Costa, 2023). Essas variações podem comprometer a rentabilidade do investimento e afetar a capacidade do produtor de manter a recuperação das pastagens ao longo do tempo. Dessa forma, a pesquisa realiza uma análise de sensibilidade para testar como diferentes cenários econômicos afetam a viabilidade do modelo ILPF, fornecendo uma avaliação mais robusta dos riscos financeiros envolvidos.

H4: *A adoção do modelo ILPF com espécies arbóreas nativas (Baru) e pecuária intensiva proporciona benefícios ambientais e produtivos que ampliam o acesso a incentivos financeiros (como linhas de crédito com taxas favorecidas) e contribuem para a preservação dos recursos naturais e da biodiversidade*

O sistema ILPF tem sido amplamente estudado como uma estratégia para mitigar os impactos ambientais da pecuária e aumentar a resiliência dos sistemas produtivos (Strassburg; Silva; Feltran-Barbieri, 2022). A introdução do Baru na recuperação de pastagens pode auxiliar na restauração ecológica, promover corredores ecológicos e contribuir para a conservação da biodiversidade, ao mesmo tempo em que melhora a qualidade do solo e a produtividade da pecuária. Além disso, a pesquisa investiga se esses benefícios ambientais podem gerar vantagens econômicas para os produtores, como acesso facilitado a crédito rural sustentável, certificações ambientais e inserção em mercados diferenciados.

Essas hipóteses reforçam a aderência do estudo ao campo das Ciências Florestais, pois conectam a recuperação produtiva ao manejo sustentável do solo e à conservação ambiental, elementos essenciais para um modelo agropecuário que equilibre viabilidade econômica e responsabilidade ecológica.

A validação dessas hipóteses será realizada por meio de modelagem econômica e análise de cenários, considerando os custos de implementação do sistema ILPF, as projeções de retorno financeiro e os impactos de diferentes variáveis sobre a lucratividade da recuperação de pastagens degradadas.

1.3 OBJETIVOS

A degradação das pastagens no Brasil compromete a produtividade agropecuária, a sustentabilidade ambiental e a viabilidade econômica da pecuária. Embora a recuperação dessas áreas seja incentivada por programas de crédito rural e políticas de sustentabilidade, a efetividade financeira dessas intervenções ainda carece de análises aprofundadas, especialmente no contexto de sistemas integrados que incorporam espécies arbóreas.

Dessa forma, o objetivo geral desta pesquisa é analisar a viabilidade econômica da recuperação de

pastagens degradadas no Cerrado do Mato Grosso do Sul, considerando a utilização de sistemas ILPF e as linhas de crédito rural disponíveis no Brasil.

O estudo busca responder se a recuperação dessas áreas pode ser financeiramente atrativa para o produtor rural e se os mecanismos de financiamento existentes são suficientes para viabilizar essa transição produtiva.

Para atingir esse objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

(i) Analisar os custos e investimentos necessários para a recuperação de pastagens degradadas no contexto do sistema ILPF com Barú e pecuária intensiva;

Esse objetivo detalha os principais fatores de custo da recuperação, incluindo correção do solo, insumos agrícolas, implantação das árvores, manejo pecuário intensivo e infraestrutura necessária.

(ii) Avaliar os principais indicadores financeiros do investimento, incluindo Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR) e análise de sensibilidade;

Busca-se quantificar o retorno financeiro do investimento em recuperação de pastagens, considerando diferentes cenários e avaliando a robustez do modelo econômico frente a variações nos preços de insumos, mercado da carne e custos de capital.

(iii) Identificar os principais riscos e incertezas econômicas associadas ao investimento em recuperação de pastagens;

Esse objetivo foca nos fatores que podem comprometer a viabilidade do investimento, como oscilações no preço da arroba do boi gordo, variações no custo dos fertilizantes e incertezas relacionadas às políticas de financiamento rural.

(iv) Examinar o impacto das políticas e das linhas de crédito rural na viabilidade do processo de recuperação;

Pretende-se avaliar se as condições atuais de financiamento são compatíveis com os desafios enfrentados pelos pecuaristas na recuperação de pastagens, investigando as taxas de juros, prazos de carência e exigências burocráticas das principais linhas de crédito disponíveis.

(v) Comparar os resultados obtidos com outros modelos de produção agropecuária e sistemas de manejo em áreas degradadas;

Esse objetivo busca posicionar a recuperação de pastagens via ILPF dentro do espectro de alternativas produtivas sustentáveis, analisando não apenas os custos e retornos financeiros, mas também os impactos ambientais e a resiliência produtiva do sistema ao longo do tempo. A comparação será feita com diferentes modelos agropecuários, incluindo a pecuária extensiva tradicional, que ainda predomina em grande parte do Brasil; a recuperação de pastagens sem uso de espécies arbóreas, que pode reduzir os custos iniciais, mas pode não garantir os mesmos benefícios ecológicos; e outras estratégias de intensificação pecuária, como manejo rotacionado e suplementação alimentar. Dessa forma, a pesquisa pretende fornecer uma visão ampla e comparativa sobre a viabilidade econômica e ambiental dos diferentes caminhos para restaurar a produtividade de áreas degradadas, permitindo que produtores e formuladores de políticas tenham informações concretas para tomada de decisão..

Além de fortalecer a interface entre economia agropecuária e manejo florestal, essa análise permitirá determinar se a recuperação produtiva das pastagens pode, ao mesmo tempo, gerar ganhos financeiros e contribuir para a conservação ambiental. Ao avaliar como a introdução de espécies arbóreas influencia a rentabilidade do sistema produtivo, o estudo se insere no campo das Ciências Florestais, trazendo evidências concretas sobre a interação entre recuperação produtiva e sustentabilidade ecológica.

1.4 ESCOPO DA PESQUISA

Este estudo investiga a viabilidade econômica da recuperação de pastagens degradadas no Cerrado do Mato Grosso do Sul, utilizando um sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta com Baru (*Dipteryx alata*) e pecuária intensificada. A pesquisa se restringe à análise financeira do processo, sem realizar experimentação de campo ou avaliações agronômicas sobre técnicas específicas de recuperação. O foco está na análise econômica da recuperação produtiva, examinando os custos de implementação, o tempo necessário para retorno do investimento e a influência das condições de crédito rural na viabilidade da adoção do modelo.

A degradação das pastagens é um problema estrutural que compromete a produtividade agropecuária e gera impactos ambientais adversos, aumentando a pressão por abertura de novas áreas para produção. O Brasil possui milhões de hectares de terras degradadas, cuja recuperação poderia permitir a intensificação sustentável da pecuária sem necessidade de expansão territorial. No entanto, a adesão dos produtores a estratégias de recuperação ainda é limitada, sobretudo devido às incertezas financeiras e às dificuldades de acesso a financiamento. Apesar da existência de linhas de crédito rural específicas para práticas sustentáveis, como o RenovAgro, há lacunas sobre a real eficácia desses mecanismos para viabilizar economicamente a recuperação de pastagens em grande escala.

A pesquisa adota como eixo central a modelagem econômica da recuperação de pastagens no contexto do sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. O estudo não investiga impactos ambientais diretos ou a eficiência biológica das técnicas de restauração, concentrando-se exclusivamente na viabilidade econômica do investimento. Para isso, serão analisados os custos operacionais envolvidos, a produtividade esperada no sistema, as taxas de juros aplicáveis às linhas de financiamento disponíveis e a volatilidade dos preços do mercado pecuário.

A metodologia utilizada é a revisão narrativa da literatura, complementada por modelagem financeira baseada em dados primários e secundários. A construção da análise econômica se apoia em fontes como bases de dados oficiais, levantamentos econômicos do setor agropecuário, estudos acadêmicos sobre degradação e recuperação de pastagens, além de documentos técnicos sobre políticas públicas e crédito rural. O modelo financeiro seguirá premissas pré-definidas, permitindo simulações para avaliar a robustez do investimento sob diferentes cenários, considerando variações nos custos de insumos, nas taxas de juros e na rentabilidade da pecuária.

O recorte geográfico do estudo é o Cerrado do Mato Grosso do Sul, região que se destaca pelo papel estratégico na pecuária brasileira, mas que enfrenta desafios expressivos relacionados à degradação de pastagens. A pesquisa não pretende extrapolar seus achados para outros biomas, ainda que os resultados

possam servir como referência para discussões mais amplas sobre recuperação produtiva em contextos semelhantes. Embora a pesquisa tenha um caráter predominantemente econômico, espera-se que seus resultados possam fornecer subsídios concretos para produtores, investidores e formuladores de políticas públicas, auxiliando na formulação de estratégias mais eficazes para a recuperação dessas áreas.

A dissertação está organizada em seções temáticas. A primeira seção, que compreende a introdução, contextualiza o tema, apresenta a questão de pesquisa e estabelece os objetivos do estudo. Em seguida, a seção destinada ao referencial teórico discute os conceitos fundamentais relacionados à degradação de pastagens, estratégias de recuperação produtiva e financiamento rural, além de contextualizar a adoção do sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e suas implicações econômicas. A seção metodológica detalha os procedimentos adotados na pesquisa, descrevendo a modelagem financeira, os critérios de análise e os indicadores utilizados para avaliar a viabilidade econômica do investimento. A seção de análise e resultados apresenta os achados da pesquisa, discutindo os impactos financeiros da recuperação de pastagens e os diferentes cenários projetados para o sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Por fim, a seção de considerações finais revisita as questões propostas, sintetiza os principais resultados obtidos e discute recomendações para políticas públicas, além de sugerir direções para pesquisas futuras sobre o tema.

O escopo da pesquisa mantém-se bem delimitado, evitando discussões sobre aspectos agronômicos e ambientais específicos e concentrando-se na avaliação econômica da recuperação de pastagens. No entanto, os resultados podem contribuir para o aperfeiçoamento das políticas públicas voltadas à recuperação produtiva de áreas degradadas e fornecer subsídios para a formulação de estratégias sustentáveis que conciliem produtividade e conservação ambiental.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS NO BRASIL

A degradação de pastagens no Brasil é um fenômeno de grande magnitude, resultante de processos multifatoriais que comprometem a capacidade produtiva dos solos e reduzem a eficiência da atividade pecuária. Estima-se que aproximadamente 60% das pastagens brasileiras apresentem algum nível de degradação, variando de estados iniciais de empobrecimento do solo até condições de severa compactação e erosão irreversível (Feltran-Barbieri; Féres, 2021; Santos et al., 2022). Esse cenário representa um entrave significativo para a pecuária nacional, pois implica na redução da capacidade de suporte dos sistemas de produção, no aumento da necessidade de insumos corretivos e na ampliação dos custos operacionais dos produtores.

A degradação de pastagens não se restringe a um impacto localizado, mas exerce efeitos sistêmicos sobre a dinâmica do uso da terra, o balanço de carbono e a estabilidade dos ecossistemas. Solos degradados perdem sua capacidade de retenção de água, tornando-se mais suscetíveis à erosão e à lixiviação de nutrientes, o que afeta não apenas a produtividade pecuária, mas também a qualidade dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas adjacentes (Oliveira Silva et al., 2017). Além disso, a redução na capacidade produtiva das áreas de pastagem força a abertura de novas áreas para a pecuária, contribuindo para o avanço da conversão de vegetação nativa, particularmente no Cerrado e na Amazônia, onde a expansão agropecuária tem sido historicamente impulsionada pela degradação e subsequente abandono de áreas anteriormente ocupadas (Vieira et al., 2021).

A recuperação dessas áreas por meio de técnicas como o manejo adequado da fertilidade do solo, a adoção de sistemas integrados e o uso de espécies forrageiras adaptadas tem sido defendida como uma estratégia para aumentar a eficiência da pecuária e reduzir a necessidade de conversão de novas áreas. Entretanto, apesar do reconhecimento técnico da importância dessas práticas, a adoção de estratégias de recuperação ainda é limitada no Brasil, principalmente devido às incertezas associadas ao custo do investimento e ao tempo necessário para retorno econômico. O acesso a crédito rural e a incentivos financeiros tem sido apontado como um fator determinante para viabilizar essa transição, mas os mecanismos disponíveis nem sempre se mostram adequados para a realidade dos produtores, especialmente aqueles que operam em escalas menores (Pereira et al., 2018; Damian et al., 2021).

Dessa forma, compreender a degradação de pastagens exige uma análise que vá além da avaliação de processos físico-químicos do solo, considerando também os condicionantes econômicos e institucionais que determinam a viabilidade da recuperação dessas áreas. O presente estudo busca contribuir para essa discussão ao avaliar a viabilidade financeira da recuperação de pastagens degradadas sob um sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, analisando custos, retornos econômicos e o papel das políticas públicas na promoção da adoção dessas práticas.

A degradação das pastagens no Brasil apresenta uma distribuição espacial heterogênea, sendo influenciada por fatores edafoclimáticos, práticas pecuárias predominantes e características geomorfológicas de

cada bioma. A pecuária brasileira ocupa aproximadamente 160 milhões de hectares, dos quais cerca de 52% apresentam algum nível de degradação, comprometendo a produtividade agropecuária e impactando negativamente os serviços ecossistêmicos (FGV, 2023).

Essa degradação não ocorre de maneira uniforme (Figura 2.1), mas reflete um mosaico de interações entre as condições do solo, a intensidade do manejo e as dinâmicas de uso da terra, que variam substancialmente entre os biomas.

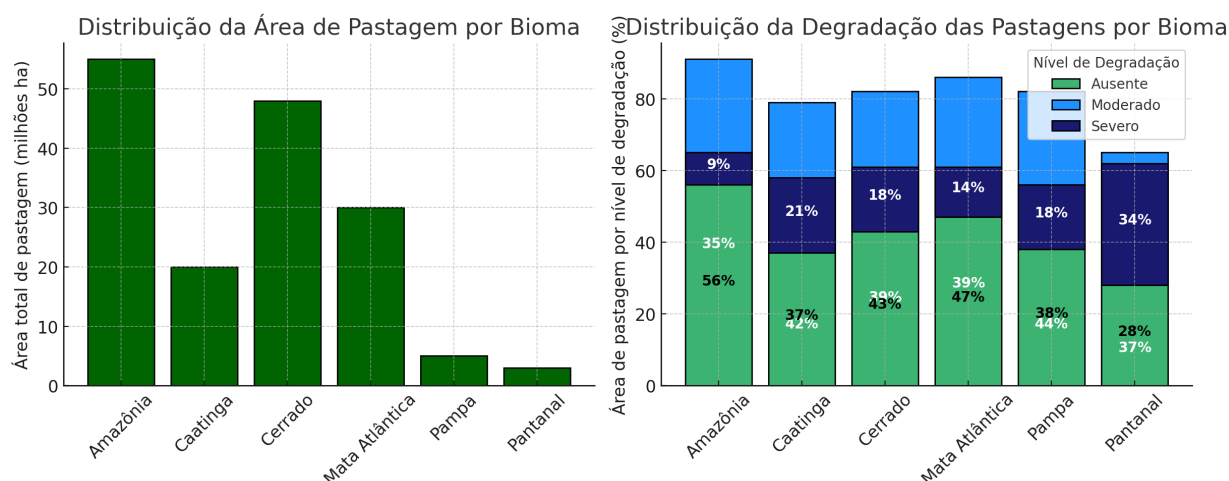


Figura 2.1: Distribuição da Degradação das Pastagens por Bioma.

Fonte: Observatório de Conhecimento e Inovação em Bioeconomia da FGV, baseado em MapBiomas (2025).

Na Amazônia, a degradação das pastagens é predominantemente resultado da conversão de áreas de floresta em sistemas pecuários de baixa eficiência produtiva. O Bioma abriga a maior extensão de pastagens cultivadas do país, totalizando 56,6 milhões de hectares, com um crescimento de aproximadamente 200% entre 1985 e 2020 (MapBiomas, 2023). No entanto, as características edafológicas da Amazônia dificultam a manutenção da produtividade dessas áreas. Os solos são majoritariamente latossolos de textura média a arenosa, altamente intemperizados, com baixa capacidade de retenção de nutrientes e elevada suscetibilidade à lixiviação. A remoção da cobertura florestal acelera a perda de matéria orgânica e compromete a estrutura do solo, resultando em degradação acelerada quando não há adoção de práticas conservacionistas, como adubação e manejo rotacionado do pasto (Souza et al., 2022). Adicionalmente, a utilização do fogo como ferramenta de renovação das pastagens intensifica a degradação, contribuindo para a compactação do solo e a liberação de grandes volumes de carbono na atmosfera, intensificando as mudanças climáticas (Vilela et al., 2021).

No Cerrado, o segundo maior bioma brasileiro em extensão de pastagens degradadas, a degradação resulta da intensa conversão da vegetação nativa em pastagens, totalizando aproximadamente 47 milhões de hectares. Caracterizado por solos predominantemente latossólicos, altamente ácidos e de baixa fertilidade natural, o bioma exige práticas de correção química para garantir a produtividade. De acordo com estudos de Zimmer et al. (2013), a degradação ocorre principalmente devido à compactação superficial e subsuperficial do solo, associada ao pisoteio excessivo do gado e à mecanização sem técnicas adequadas de conservação. Esses fatores reduzem a infiltração de água, aumentam a erosão e comprometem o crescimento radicular das plantas. Além disso, a distribuição irregular das chuvas, típica do regime climático tropical sazonal,

favorece a erosão hídrica e o esgotamento do perfil do solo quando não há cobertura vegetal permanente. A ausência de rotação de pastagens e a superlotação dos piquetes são fatores que agravam o declínio da capacidade de suporte da área, intensificando o processo de degradação (Embrapa, 2023).

Na Mata Atlântica, onde as pastagens ocupam cerca de 28,5 milhões de hectares, a degradação assume contornos distintos. O bioma se caracteriza por solos argilosos de maior fertilidade relativa, o que reduz a necessidade de reposição intensiva de nutrientes. Entretanto, a fragmentação florestal e a substituição de áreas de vegetação secundária por sistemas pecuários de baixa eficiência resultam na degradação progressiva das pastagens remanescentes. O manejo semi-intensivo predominante na região, com alguma suplementação nutricional e rotação de pastagens, contribui para uma degradação menos acelerada em comparação a biomas como a Amazônia e o Cerrado (FGV, 2023). No entanto, a pressão por novas áreas de cultivo e a impermeabilização dos solos, associada à compactação pelo pisoteio do gado, impactam negativamente a regeneração natural das pastagens (Santos et al., 2022).

A Caatinga, com cerca de 20 milhões de hectares de pastagens, apresenta uma dinâmica de degradação condicionada pela baixa pluviosidade e pela fragilidade dos solos. A escassez hídrica e a predominância de solos rasos e pedregosos fazem com que a recuperação natural das pastagens seja extremamente lenta, tornando a resiliência desses sistemas altamente dependente do manejo adequado. A pecuária extensiva, associada ao sobrepastejo e à remoção de vegetação nativa para ampliação de áreas de pastagem, intensifica a desertificação em diversas regiões (Embrapa Semiárido, 2022). A degradação das pastagens na Caatinga é agravada pelo fato de que a vegetação nativa desempenha um papel crucial na conservação do microclima e na retenção de umidade no solo, sendo sua remoção um fator de amplificação da aridez regional (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2023).

No Pampa, com aproximadamente 13 milhões de hectares de pastagens, a degradação ocorre principalmente em função da compactação do solo pelo pisoteio intensivo do gado e pela substituição de campos nativos por espécies forrageiras exóticas, como *Brachiaria spp.* e *Panicum maximum*. Os solos do bioma, apesar de relativamente férteis, são suscetíveis à compactação e à erosão quando submetidos a cargas excessivas de gado sem manejo adequado da lotação e sem práticas de rotação de pastagens (Sampaio; Passos; Alves, 2024). A substituição da vegetação nativa reduz a biodiversidade do bioma e compromete os serviços ecossistêmicos, como a regulação do ciclo hidrológico e a manutenção da fertilidade do solo (MapBiomas, 2023).

O Pantanal, que possui cerca de 2,4 milhões de hectares de pastagens, apresenta um padrão de degradação distinto dos demais biomas devido à sua dinâmica hidrológica. O ciclo anual de cheias e secas influencia diretamente a produtividade das pastagens, tornando essencial um planejamento criterioso do manejo pecuário. A pecuária extensiva tradicionalmente praticada no Pantanal tem impacto relativamente baixo quando manejada de forma sustentável. No entanto, a intensificação da atividade em algumas áreas, combinada com a introdução de espécies forrageiras exóticas, tem levado à compactação do solo e à degradação dos campos nativos. Além disso, as variações climáticas recentes, com períodos de seca mais prolongados e intensificação de queimadas, têm agravado a degradação das pastagens pantaneiras (FGV, 2023).

As práticas pecuárias adotadas em cada região determinam em grande parte a severidade e a velocidade da degradação das pastagens. A pecuária extensiva predomina nos biomas Amazônia, Caatinga e Pantanal,

onde a baixa adoção de tecnologias e a limitada gestão do pastejo resultam em degradação acelerada. Já no Cerrado e na Mata Atlântica, observa-se uma maior adoção de práticas semi-intensivas, como adubação e suplementação alimentar, ainda que de maneira insuficiente para mitigar totalmente a degradação. No Sudeste e Sul do país, onde o custo da terra é mais elevado e a intensificação da pecuária é maior, práticas como irrigação e rotação de piquetes são mais comuns, contribuindo para menores taxas de degradação relativa (Souza et al., 2022).

O manejo inadequado do solo e das pastagens é uma das principais causas da degradação, especialmente quando não há práticas de conservação adequadas. A ausência de rotação de pastagens e o superpastejo comprometem a estrutura do solo, levando à compactação e à redução da infiltração de água, o que agrava a erosão e a perda de matéria orgânica (Pereira et al., 2018). A correção da acidez do solo é fundamental para a manutenção da fertilidade e produtividade das pastagens. Quando negligenciada, pode resultar na depleção de nutrientes e na menor capacidade de regeneração natural das forrageiras. Estudos demonstram que a aplicação de calcário em pastagens degradadas de *Brachiaria brizantha* aumentou a produção de matéria seca em 21%, além de melhorar a qualidade nutricional da forragem (Oliveira; Penati; Corsi, 2008). Além disso, o uso excessivo de fertilizantes nitrogenados sem um adequado balanço de fósforo e potássio pode gerar desequilíbrios nutricionais, reduzindo a longevidade das espécies forrageiras cultivadas (De Moura Zanine et al., 2005).

A escolha inadequada de espécies forrageiras desempenha um papel significativo na degradação das pastagens. A introdução de gramíneas sem considerar a compatibilidade com as condições edafoclimáticas locais resulta em baixa persistência da vegetação e menor resistência ao pisoteio e à seca (Evangelista; Lopes; Carvalho, 2013). O uso indiscriminado de espécies exóticas, como *Brachiaria decumbens*, sem manejo adequado, pode levar à formação de monoculturas com menor capacidade de resiliência e maior suscetibilidade ao ataque de pragas e doenças (Cardoso et al., 2020). A ausência de renovação periódica das pastagens intensifica esse problema, pois gramíneas degradadas perdem a capacidade de competir com espécies invasoras, levando à substituição gradual da vegetação forrageira por plantas de menor valor nutricional para o gado (Canto et al., 2020).

A erosão do solo, amplificada pela remoção da cobertura vegetal e pela compactação causada pelo pisoteio intenso do gado, é um fator crítico na degradação das pastagens. De acordo com Araújo (2014), a ausência de práticas conservacionistas potencializa a degradação, afetando diretamente a produtividade das forrageiras. A erosão hídrica, comum em regiões tropicais com precipitação concentrada, acelera a perda da camada fértil do solo, reduzindo sua capacidade de retenção de água e nutrientes (Gurgel et al., 2023). Em áreas de declive acentuado, a ausência de práticas de terraceamento e plantio em nível aumenta a vulnerabilidade do solo à erosão, resultando na formação de ravinas e voçorocas que inviabilizam o uso produtivo da terra. Essa situação é ainda mais preocupante em áreas com solos arenosos, que possuem menor coesão e maior propensão à erosão (Girão, 2017). Além disso, a erosão eólica pode ser significativa em biomas como a Caatinga, onde a exposição prolongada do solo à radiação solar e ao vento intensifica os processos de desertificação (Araújo, 2014).

As condições socioeconômicas também influenciam diretamente a degradação das pastagens, especialmente em áreas com baixa adoção de práticas de manejo sustentável. Pequenos e médios produtores frequentemente enfrentam restrições financeiras para investir em correção de solo, renovação de pastagens e

suplementação nutricional do rebanho (Pereira et al., 2018). A falta de acesso a crédito rural e assistência técnica limita a adoção de tecnologias de recuperação de pastagens, perpetuando um ciclo de baixa produtividade e degradação progressiva (Santos et al., 2022). Municípios com baixos índices de desenvolvimento humano (IDH) e menor infraestrutura para a agropecuária tendem a apresentar maior incidência de áreas degradadas, uma vez que a rentabilidade reduzida das propriedades impede a implementação de práticas conservacionistas de longo prazo (Oliveira Silva et al., 2017).

A redução da fertilidade do solo, associada ao esgotamento de nutrientes e ao aumento da saturação de alumínio, é um fator que contribui significativamente para a degradação das pastagens. Segundo Pereira e Peres (2000), a matéria orgânica desempenha um papel fundamental na regulação da acidez do solo e na complexação do alumínio, reduzindo seus efeitos tóxicos sobre o sistema radicular das plantas. Solos degradados apresentam baixa capacidade de ciclagem de nutrientes, exigindo correções químicas constantes para manter a produtividade (De Moura Zanine et al., 2005). A acidificação do solo, comum em regiões tropicais, agrava esse problema, pois reduz a disponibilidade de elementos essenciais para o crescimento das gramíneas forrageiras e aumenta a toxidez do alumínio, limitando o desenvolvimento radicular das plantas (Pereira; Peres, 2000).

Do ponto de vista econômico, a degradação das pastagens reduz a capacidade de suporte animal e impacta negativamente a produtividade pecuária. A redução da cobertura vegetal e o empobrecimento dos solos resultam na necessidade de suplementação nutricional dos rebanhos, encarecendo os custos de produção e reduzindo a rentabilidade da atividade agropecuária (Santos et al., 2022). Em áreas onde a degradação atinge níveis mais severos, torna-se economicamente inviável manter a pecuária sem altos investimentos em recuperação, levando muitos produtores a expandirem suas atividades para novas áreas, o que pode impulsionar o desmatamento (Pereira et al., 2018). Além disso, a perda de eficiência dos sistemas de produção reduz a competitividade da pecuária brasileira no mercado internacional, especialmente diante das crescentes exigências ambientais e de certificação de sustentabilidade. Segundo Rangel e Nasser (2024), a implementação de boas práticas agropecuárias associadas a sistemas de rastreabilidade são essenciais para garantir acesso a mercados mais exigentes e com maior valor agregado. A integração de certificações ambientais e produtivas pode representar um diferencial competitivo para os pecuaristas brasileiros, uma vez que facilita o cumprimento de regulamentos internacionais. Para atender a essas novas demandas, torna-se necessário o aprimoramento contínuo dos sistemas produtivos, garantindo transparência na cadeia produtiva e conformidade com protocolos internacionais de sustentabilidade (Rangel; Nasser, 2024).

O gráfico a seguir (Figura 2.2) ilustra a distribuição financeira por bioma, evidenciando a participação relativa de cada um nos custos associados a degradação das pastagens. O Cerrado representa a maior parcela, totalizando R\$ 108,64 bilhões, seguido pela Amazônia (R\$ 105,55 bilhões) e a Mata Atlântica (R\$ 89,29 bilhões). Esses valores refletem a grande extensão territorial desses biomas e a intensidade da atividade agropecuária, especialmente no Cerrado, onde a conversão de áreas naturais para pastagens tem sido significativa. A Caatinga (R\$ 51,57 bilhões) aparece em posição intermediária, enquanto o Pampa (R\$ 12,75 bilhões) e o Pantanal (R\$ 15,96 bilhões) apresentam as menores cifras, devido a restrições ambientais e menor intensidade da pecuária extensiva nessas regiões. Esses dados reforçam a necessidade de estratégias diferenciadas de manejo e recuperação de pastagens, considerando não apenas as características ecológicas, mas também os investimentos envolvidos na manutenção sustentável dessas áreas (FGV, 2023).

Distribuição Financeira por Bioma (em bilhões de reais)

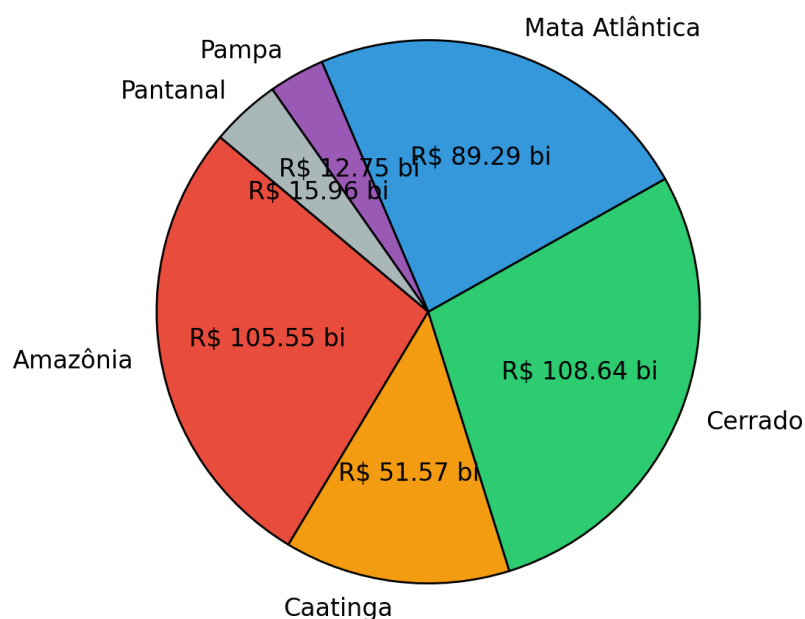


Figura 2.2: Distribuição financeira por bioma (em bilhões de reais).

Fonte: Observatório de Conhecimento e Inovação em Bioeconomia da FGV.

Os impactos ambientais da degradação das pastagens são igualmente preocupantes, especialmente no que se refere ao aumento das emissões de carbono e à redução da resiliência ecológica das paisagens rurais. A exposição do solo, decorrente da redução da cobertura vegetal, favorece a erosão hídrica e eólica, resultando na perda de matéria orgânica e de nutrientes essenciais para a manutenção da fertilidade do solo (Damian et al., 2021). Esse processo afeta diretamente o balanço de carbono dos ecossistemas, pois solos degradados deixam de atuar como sumidouros de carbono e passam a emitir CO² para a atmosfera (Oliveira Silva et al., 2017). Estudos indicam que a recuperação de pastagens degradadas pode contribuir significativamente para o sequestro de carbono no solo, desempenhando um papel relevante na mitigação das mudanças climáticas e no cumprimento de compromissos ambientais internacionais, como o Acordo de Paris. De acordo com o WWF-Brasil (2019), a implementação de práticas sustentáveis na agropecuária pode fornecer de 20% a 40% da mitigação necessária para atender aos compromissos climáticos globais. A recuperação de pastagens degradadas apresenta um grande potencial para a retenção de carbono atmosférico, ajudando a limitar o aquecimento global entre 1,5°C e 2°C até o final do século (WWF-Brasil, 2019). Além disso, estratégias integradas de manejo sustentável da pecuária e conservação do solo podem ampliar os benefícios ambientais e socioeconômicos dessas práticas.

Além da relação com as mudanças climáticas, a degradação das pastagens exerce um efeito direto sobre a conservação da biodiversidade e a manutenção dos serviços ecossistêmicos. A fragmentação de habitats naturais decorrente da conversão de áreas nativas para uso agropecuário compromete a conectividade entre fragmentos de vegetação e impacta negativamente a fauna e flora locais. Segundo Aquino e Miranda (2008), essa fragmentação resulta na perda de biodiversidade, na redução da resiliência ecológica e no aumento da vulnerabilidade das espécies a eventos climáticos extremos. Estima-se que a taxa de expansão da atividade

agropecuária sobre áreas nativas do Cerrado seja de 3% ao ano, o que pode levar à restrição do bioma a áreas legalmente protegidas até 2030 (Aquino; Miranda, 2008). A redução da cobertura vegetal também altera os ciclos hidrológicos, diminuindo a infiltração de água no solo e intensificando a ocorrência de eventos climáticos extremos, como secas e enchentes (Pereira et al., 2018). Essas alterações ambientais, por sua vez, afetam a produtividade agropecuária e reforçam um ciclo de degradação progressiva, tornando a recuperação das áreas degradadas cada vez mais onerosa e complexa. Como apontado por Ponta Agro (2023), a degradação das pastagens está associada à redução da produtividade animal, ao aumento dos custos de produção e a impactos ambientais significativos. Dessa forma, estratégias integradas de manejo sustentável são essenciais para mitigar esses efeitos.

Os impactos sociais da degradação das pastagens são particularmente evidentes em regiões onde a agropecuária é a principal atividade econômica. Pequenos e médios produtores, que dependem da produtividade das pastagens para garantir sua subsistência, são os mais vulneráveis aos efeitos negativos da degradação, especialmente quando não possuem acesso a crédito rural para recuperação das áreas afetadas (Santos et al., 2022). Além disso, a degradação está fortemente correlacionada a municípios com baixos índices de desenvolvimento humano, onde a falta de assistência técnica e de infraestrutura agrícola limita a adoção de práticas conservacionistas e perpetua a degradação dos solos (Feltran-Barbieri; Féres, 2021). Em algumas regiões, a perda da produtividade pecuária leva ao abandono de áreas rurais, intensificando processos de êxodo rural e aumentando a pressão sobre centros urbanos, que enfrentam desafios na absorção dessa população (Cruz; Mendes; Lopes, 2022).

Diante desses impactos, a recuperação das pastagens degradadas se apresenta como uma estratégia fundamental para garantir a sustentabilidade da pecuária brasileira e mitigar seus efeitos ambientais e sociais adversos. Modelos produtivos baseados na intensificação sustentável, como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), têm demonstrado potencial para restaurar a produtividade das pastagens ao mesmo tempo em que promovem benefícios ambientais, como o aumento do estoque de carbono no solo e a redução da necessidade de expansão agropecuária sobre áreas de vegetação nativa (Damian et al., 2021).

O uso de tecnologias de monitoramento remoto, como o sensoriamento por satélites e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), mostra-se essencial para a identificação e o planejamento de intervenções direcionadas à recuperação de áreas degradadas. De acordo com Cardozo, Pimenta e Ribeiro (2016), a análise multitemporal de imagens de satélite utilizando o NDVI permite quantificar a modificação na cobertura vegetal e avaliar a evolução das mudanças na paisagem, facilitando o monitoramento de áreas afetadas por atividades como a mineração. Além disso, a aplicação do NDVI tem se mostrado eficaz no monitoramento ambiental da recuperação de áreas de Cerrado degradadas por incêndios, permitindo detectar a recuperação da vegetação ao longo do tempo. O uso dessas ferramentas possibilita a tomada de decisões mais assertivas e a otimização de recursos no planejamento da restauração ecológica, tornando o processo mais eficiente e menos oneroso (Cardozo; Pimenta; Ribeiro, 2016).

O tipo de manejo adotado influencia diretamente a taxa de degradação das pastagens. Sistemas extensivos, caracterizados por baixas taxas de lotação e ausência de rotação de pastagens, predominam em grandes áreas da Amazônia e do Cerrado, onde a recuperação espontânea é lenta e insuficiente para restaurar a produtividade forrageira (Feltran-Barbieri; Féres, 2021). Em sistemas semi-intensivos, a rotação de pastagens ocorre de maneira esporádica, muitas vezes sem critérios técnicos bem estabelecidos, o que pode

mitigar parcialmente os impactos da degradação, mas não evita o esgotamento progressivo do solo (Cardoso; Silveira; Cruz, 2018). Já em sistemas intensivos, onde há adoção de fertilização periódica e manejo da lotação animal conforme a capacidade de suporte do pasto, a degradação é menos acentuada, embora ainda ocorra em função da compactação induzida pelo pisoteio constante dos animais (Silva; Medeiros; Fonseca, 2020).

A renovação periódica das pastagens é uma estratégia essencial para mitigar a degradação, mas sua aplicação varia conforme a disponibilidade de recursos financeiros e conhecimento técnico dos produtores. Em áreas de maior valor fundiário, como no Sudeste do País, a reposição das pastagens degradadas ocorre com maior frequência, seja por meio da renovação completa da cobertura vegetal ou da adoção de sistemas integrados, como a Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) (Cruz; Mendes; Lopes, 2022). Em contraste, em regiões onde a pecuária extensiva predomina, como Norte e Centro-Oeste, as pastagens frequentemente permanecem degradadas por longos períodos, devido ao alto custo da recuperação e à baixa rentabilidade da atividade pecuária tradicional (Cruz; Mendes; Lopes, 2022).

A análise dos custos de recuperação e manutenção das pastagens nos diferentes biomas brasileiros evidencia variações significativas associadas às características ambientais e ao grau de degradação das áreas. Os valores para recuperação de pastagens em estado severo são mais elevados em todos os biomas, com destaque para o Pampa (R\$ 2.100,71/ha) e a Caatinga (R\$ 2.054,44/ha), indicando maior complexidade na recomposição da vegetação e no manejo do solo nessas regiões. No caso das pastagens moderadamente degradadas, os custos são relativamente mais baixos, variando de R\$ 979,42/ha na Mata Atlântica a R\$ 1.541,37/ha no Pampa, o que sugere que intervenções precoces podem reduzir substancialmente os investimentos necessários para recuperação. Já os custos de manutenção das pastagens apresentam a maior discrepância entre os biomas, sendo mais elevados no Pampa (R\$ 764,64/ha) e mais baixos no Pantanal (R\$ 207,54/ha), refletindo a necessidade de manejo contínuo para evitar novas degradações, especialmente em áreas de maior vulnerabilidade edafoclimática. Esses dados reforçam a importância de estratégias diferenciadas para recuperação e manutenção de pastagens, considerando as particularidades de cada bioma e os custos associados a diferentes níveis de degradação (FGV, 2023).

Tabela 2.1: Custos de recuperação de pastagens degradadas por bioma (R\$ /ha)

Biomas	Moderado (R\$/ha)	Severo (R\$/ha)	Manutenção (R\$/ha)
Amazônia	1.330,66	1.904,02	298,10
Cerrado	1.159,62	1.727,99	272,86
Mata Atlântica	979,42	1.563,31	283,23
Caatinga	1.471,83	2.054,44	411,09
Pampa	1.541,37	2.100,71	764,64
Pantanal	1.018,24	1.627,15	207,54

Fonte: Observatório de Conhecimento e Inovação em Bioeconomia da FGV.

A degradação das pastagens no Brasil, portanto, não é homogênea, apresentando variações substanciais

conforme os biomas, as condições climáticas, os tipos de solo e os sistemas de manejo empregados. A compreensão dessas variações é essencial para a formulação de políticas públicas e estratégias de recuperação adaptadas às realidades regionais, garantindo maior eficiência no uso dos recursos naturais e promovendo a sustentabilidade da pecuária brasileira (Feltran-Barbieri; Féres, 2021; Oliveira Silva et al., 2017).

2.2 HISTÓRICO DO USO DA TERRA E DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS

O histórico de uso da terra é um fator determinante para compreender a degradação das pastagens e os desafios para sua recuperação. A conversão de áreas naturais para uso agropecuário tem sido um dos principais motores da degradação do solo, como apontado por Alarcón (2022), que ressalta a intensificação do desmatamento para expansão da pecuária e da agricultura, frequentemente sem a adoção de técnicas adequadas de manejo. Estudos indicam que a substituição da vegetação nativa por pastagens, sem um planejamento que inclua práticas conservacionistas, acelera processos de compactação, erosão e esgotamento dos nutrientes essenciais ao desenvolvimento da vegetação forrageira, resultando em um sistema produtivo menos eficiente e ambientalmente insustentável (Dias-Filho, 2011; Santos et al., 2022).

A degradação das pastagens no Brasil pode ser atribuída a uma série de fatores relacionados ao manejo inadequado do solo e dos rebanhos. O superpastejo, caracterizado pelo excesso de animais em relação à capacidade de suporte da área, é um dos principais responsáveis pelo declínio da produtividade forrageira e pela perda da cobertura vegetal, tornando o solo exposto à erosão hídrica e eólica (Pereira et al., 2018). Além disso, a ausência de rotação de pastagens e a falta de reposição de nutrientes por meio de adubação adequada resultam na degradação química do solo, aumentando a necessidade de intervenções corretivas, como a calagem e a adubação equilibrada. Santos et al. (2022) e Dias-Filho (2011), destacam que a degradação das pastagens está fortemente associada à baixa fertilidade do solo, acidez elevada e compactação, fatores que comprometem a produtividade da forragem e aumentam os custos de recuperação.

Outro fator relevante é a sucessão de cultivos e o histórico de práticas agrícolas na área de estudo. Quando a conversão de pastagens ocorre sobre solos que anteriormente foram submetidos a sucessivos ciclos de produção agrícola, o grau de degradação tende a ser mais elevado, pois a remoção contínua de biomassa e a ausência de técnicas adequadas de reposição de nutrientes resultam no empobrecimento do solo e na redução da matéria orgânica disponível (Feltran-Barbieri; Féres, 2021). Além disso, práticas inadequadas de preparo do solo, como o revolvimento excessivo e o uso intensivo de fertilizantes sintéticos sem o devido balanço nutricional, podem levar à salinização e acidificação do solo, tornando sua recuperação ainda mais complexa e onerosa (Dias-Filho, 2011; Santos et al., 2022)

Alarcón (2022), também aponta que o processo de conversão de áreas naturais para pastagens e cultivos é impulsionado por fatores econômicos e políticos, incluindo a disponibilidade de crédito rural e incentivos para a expansão agropecuária. No entanto, a ausência de políticas públicas efetivas para incentivar práticas conservacionistas tem contribuído para a degradação acelerada dos solos em diversas regiões.

O Programa Nacional de Conversão de Pastagens Degradadas (PNCPD), instituído pelo Decreto nº 11.815/2023, tem como objetivo recuperar até 40 milhões de hectares de pastagens de baixa produtividade, promovendo uma intensificação sustentável da produção agropecuária sem a necessidade de novos

desmatamentos (Brasil, 2023). Apesar desse avanço, o acesso ao crédito para recuperação de pastagens ainda enfrenta entraves burocráticos e desafios relacionados à capacitação técnica dos produtores rurais para implementação de manejos adequados (Climate Policy Initiative (CPI), 2024).

A restauração da capacidade produtiva das pastagens degradadas também depende da implementação de técnicas de conservação do solo, como curvas de nível, terraceamento e a manutenção de cobertura vegetal permanente, estratégias fundamentais para conter processos erosivos e melhorar a retenção de umidade (Feltran-Barbieri; Féres, 2021).

A análise do histórico de uso da terra permite compreender as limitações e desafios da recuperação de pastagens, subsidiando a definição de estratégias adaptadas às condições edafoclimáticas e socioeconômicas de cada região. O sistema ILPF surge como uma abordagem promissora para restaurar áreas degradadas, pois combina ganhos produtivos com benefícios ambientais e promove um modelo de produção mais eficiente e sustentável (Verdi, 2024; Alarcón, 2022). No entanto, para garantir o sucesso de sua implementação, é necessário que haja incentivos financeiros adequados, políticas públicas eficazes e capacitação técnica contínua dos produtores, permitindo que a recuperação das pastagens seja realizada de forma economicamente viável e ambientalmente responsável (Brasil, 2023; Climate Policy Initiative (CPI), 2024).

2.3 SISTEMAS INTEGRADOS (ILPF) NA RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) e a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) destacam-se como alternativas sustentáveis para a recuperação de pastagens. SAFs são sistemas de produção que integram culturas agrícolas, pecuárias e florestais em um mesmo espaço, promovendo sinergias entre os componentes que aumentam a eficiência do uso dos recursos naturais. De acordo com o WRI Brasil (2020), esses sistemas combinam o plantio de árvores com culturas agrícolas ou forrageiras, proporcionando benefícios como a melhoria da fertilidade do solo e o aumento da resiliência das áreas degradadas.

Segundo a Embrapa (2016), esse modelo produtivo tem sido amplamente adotado para a recuperação de áreas de pastagens degradadas, promovendo ganhos ambientais e econômicos ao diversificar a produção agropecuária. Além disso, a ILPF reduz os impactos ambientais da pecuária extensiva ao permitir o uso mais eficiente dos recursos naturais, favorecendo a regeneração da vegetação e a mitigação da degradação dos solos (WRI Brasil, 2020).

A recuperação de pastagens degradadas no Brasil apresenta impactos diretos na economia do setor agropecuário, promovendo o aumento da produtividade e a eficiência no uso dos recursos naturais. A degradação das pastagens compromete a capacidade de suporte animal, reduz a produção de forragem e eleva os custos de produção ao exigir maior suplementação alimentar e reposição de nutrientes. Estudos indicam que a recuperação de 12 milhões de hectares de pastagens degradadas poderia adicionar aproximadamente 17,7 milhões de bovinos à produção nacional, reduzindo a necessidade de abertura de novas áreas para a pecuária extensiva e otimizando a ocupação das terras já utilizadas (Feltran-Barbieri; Féres, 2021).

A análise econômica da recuperação de pastagens demonstra que o Valor Presente Líquido (VPL) do investimento pode ser positivo, variando de -R\$ 67 a R\$ 300 por hectare-ano, dependendo da estratégia de manejo adotada e do nível de degradação inicial da área (Oliveira Silva et al., 2017). Essa variação

está diretamente relacionada à escolha de técnicas de correção do solo, introdução de espécies forrageiras e modelos de intensificação da produção, como a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). O uso de tecnologias apropriadas pode reduzir significativamente os custos operacionais, otimizando a conversão da biomassa forrageira em proteína animal e elevando a eficiência da pecuária (Kimura, 2016).

A degradação do solo compromete a fertilidade e exige a aplicação contínua de fertilizantes e corretivos agrícolas, elevando os gastos dos produtores. A adoção de práticas como adubação corretiva e a rotação de culturas pode reduzir esses custos ao longo do tempo, melhorando a retenção de nutrientes no solo e reduzindo a necessidade de insumos externos (Kimura, 2016). Além disso, o aumento da taxa de lotação animal proporcionado pela recuperação das pastagens permite a diluição dos custos fixos da propriedade, aumentando a rentabilidade da atividade pecuária (Feltran-Barbieri; Féres, 2021).

A adequação ambiental das propriedades rurais ao Código Florestal também apresenta implicações econômicas relevantes. A recuperação de pastagens pode ser uma estratégia viável para o cumprimento da legislação ambiental, reduzindo passivos ambientais e possibilitando a regularização fundiária de propriedades que necessitam recompor Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais. A conversão de áreas degradadas para sistemas de produção sustentáveis, como a ILPF, permite conciliar produção agropecuária com a restauração florestal, evitando multas ambientais e restrições ao acesso a crédito rural ((Feltran-Barbieri; Féres, 2021).

Estudo de Teixeira (2022), demonstrou que a implementação de sistemas integrados possui viabilidade econômica superior aos métodos tradicionais de pecuária extensiva. Esses sistemas promovem a diversificação das atividades produtivas, resultando em maior rentabilidade e redução dos custos operacionais a médio e longo prazos. Além disso, a ILPF contribui para a melhoria da qualidade do solo e para a mitigação dos impactos ambientais associados à pecuária. Pugas (2024), também discorre sobre a temática, e aponta que a adoção desses modelos produtivos possibilita um aumento na produtividade animal, promovendo o equilíbrio entre conservação ambiental e rentabilidade econômica.

Conforme a Embrapa (2016), a ILPF promove a diversificação das atividades produtivas, resultando em maior rentabilidade e redução dos custos operacionais a médio e longo prazos. Esse modelo de produção também contribui para a melhoria da qualidade do solo e para a mitigação dos impactos ambientais associados à pecuária. Dessa forma, o investimento em práticas regenerativas e sistemas integrados permite não apenas a recuperação ambiental das pastagens, mas também o fortalecimento econômico das propriedades rurais (Instituto Internacional para Sustentabilidade, 2019).

A rentabilidade da recuperação de pastagens também depende da persistência do investimento ao longo do tempo. Modelos econômicos indicam que a decisão de reinvestir em pastagens deve considerar o ciclo de vida das gramíneas forrageiras e o retorno econômico associado à intensificação sustentável da produção (Bathgate; Revell; Kingwell, 2009).

Segundo Dominati et al. (2014), a incorporação de práticas agroecológicas e o manejo sustentável dos solos possibilitam a ampliação da produtividade sem comprometer a qualidade ambiental. Além disso, a implementação dessas práticas permite a manutenção do capital natural e a valorização dos serviços ecossistêmicos associados à agropecuária (Dominati et al., 2014).

A efetivação desse modelo produtivo exige planejamento estratégico e a participação ativa de produtores,

instituições financeiras e órgãos governamentais. Conforme apontado por Dominati et al. (2014), a sinergia entre políticas públicas e incentivos financeiros é essencial para que os investimentos realizados resultem em ganhos econômicos e ambientais sustentáveis. Dessa forma, estratégias de longo prazo baseadas na integração de sistemas produtivos podem garantir maior estabilidade econômica ao setor agropecuário.

2.4 TECNOLOGIAS E PRÁTICAS DE MANEJO PARA RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS

A recuperação de pastagens degradadas exige a adoção de tecnologias e práticas de manejo eficientes para garantir a reabilitação da vegetação e a sustentabilidade do sistema produtivo. Estudo de Santos et al. (2022), ressalta a importância de um conjunto de estratégias que envolvem desde o uso de maquinários agrícolas até a aplicação de corretivos de solo e o manejo adequado do gado. Estudos indicam que a degradação das pastagens ocorre, em grande parte, devido ao uso intensivo sem práticas adequadas de conservação, resultando na compactação do solo, na redução da fertilidade e na diminuição da oferta de forragem (Dias-Filho, 2011; Santos et al., 2022). Para reverter esse processo, a combinação de técnicas agronômicas e zootécnicas é fundamental.

Uma das primeiras etapas na recuperação das pastagens é a correção da acidez do solo, com a aplicação de calagem. A adição de calcário ao solo tem como objetivo aumentar o pH, reduzir a toxicidade do alumínio e melhorar a disponibilidade de nutrientes essenciais para o crescimento da vegetação (Feltran-Barbieri; Féres, 2021). A aplicação de remineralizadores, como pós de rocha, também tem sido estudada como alternativa sustentável para fornecer minerais ao solo e reduzir a dependência de fertilizantes químicos (Santos et al., 2022). Além da calagem, a adubação com macro e micronutrientes, como nitrogênio, fósforo e potássio, desempenha um papel crucial na recuperação da produtividade da pastagem, garantindo um crescimento vigoroso da vegetação forrageira (Pereira et al., 2018).

O uso de maquinários agrícolas é outro aspecto relevante para a recuperação das pastagens. O preparo do solo pode ser realizado com o auxílio de subsoladores e grades niveladoras para descompactação e incorporação de corretivos e fertilizantes (Dias-Filho, 2011). A semeadura direta de espécies forrageiras adaptadas às condições edafoclimáticas da região é uma prática recomendada para acelerar a regeneração da cobertura vegetal e melhorar a oferta de forragem ao longo do ano (Santos et al., 2022). A rotação de culturas com leguminosas fixadoras de nitrogênio, como feijão-guandu e estilosantes, pode contribuir para a melhoria da fertilidade do solo e o aumento da biomassa disponível para o pastejo (Feltran-Barbieri; Féres, 2021).

O manejo adequado do gado é um fator determinante no sucesso da recuperação das pastagens. O pastejo contínuo, sem controle da carga animal, leva à superlotação e degradação acelerada do solo e da vegetação (Dias-Filho, 2011). Para evitar esse problema, o pastejo rotacionado tem sido amplamente recomendado, pois permite períodos de descanso para a recuperação da pastagem, além de possibilitar maior eficiência na utilização da biomassa forrageira disponível (Pereira et al., 2018). A adoção de cercas elétricas e sistemas de rodízio contribui para um manejo mais eficiente da lotação animal, reduzindo os impactos negativos sobre o solo e garantindo a sustentabilidade do sistema produtivo (Alarcón, 2022).

O controle de pragas e plantas invasoras também é uma preocupação na recuperação de pastagens

degradadas. O uso excessivo de defensivos químicos pode impactar negativamente o equilíbrio ecológico da área, sendo recomendado o manejo integrado de pragas, com práticas que envolvem o controle biológico e a manutenção da biodiversidade no ambiente de produção (Feltran-Barbieri; Féres, 2021). A introdução de espécies vegetais que promovem o sombreamento e o controle natural de ervas daninhas pode ser uma alternativa viável para reduzir a necessidade de herbicidas e melhorar a resiliência da pastagem a fatores ambientais adversos (Santos et al., 2022).

A introdução de tecnologias voltadas para o monitoramento e manejo das pastagens também tem se mostrado uma ferramenta valiosa no processo de recuperação. O uso de sensores remotos e imagens de satélite para avaliar a cobertura vegetal e a qualidade do solo permite uma análise mais precisa das condições da área e o ajuste das estratégias de manejo conforme necessário (Alarcón, 2022). Sistemas de Agricultura de Precisão, como o monitoramento de parâmetros do solo e da biomassa por drones e sensores de solo, podem otimizar o uso de insumos e reduzir custos operacionais, tornando a recuperação das pastagens mais eficiente e sustentável (Pereira et al., 2018).

A escolha das práticas e tecnologias mais adequadas para a recuperação das pastagens deve levar em consideração as condições edafoclimáticas da área, a disponibilidade de recursos financeiros e a capacitação técnica dos produtores. O sucesso do processo depende da implementação de estratégias adaptadas à realidade local e do acompanhamento contínuo da resposta da pastagem às intervenções adotadas (Dias-Filho, 2011). Além disso, o acesso a linhas de crédito e incentivos governamentais, como o RenovAgro e o PRONAMP, pode ser decisivo para viabilizar economicamente a recuperação das áreas degradadas, garantindo a adoção de práticas sustentáveis e a melhoria da produtividade agropecuária (Feltran-Barbieri; Féres, 2021).

Portanto, a recuperação de pastagens degradadas não deve ser vista apenas como um processo isolado, mas como parte de um modelo de produção agropecuária sustentável e integrado. A adoção de práticas conservacionistas, aliada ao uso de tecnologias inovadoras e ao manejo adequado do gado, pode garantir ganhos econômicos e ambientais significativos, contribuindo para a redução do desmatamento, a melhoria da qualidade do solo e o aumento da eficiência da produção pecuária no Brasil (Santos et al., 2022; Alarcón, 2022).

2.5 IMPACTOS AMBIENTAIS DA RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS DEGRADADAS E SUSTENTABILIDADE

A recuperação de pastagens degradadas não apenas melhora a produtividade agropecuária, mas também desempenha um papel fundamental na mitigação dos impactos ambientais associados à pecuária extensiva. De acordo com Alarcón (2022), a recuperação dessas áreas contribui significativamente para a redução da emissão de gases de efeito estufa, o aumento do sequestro de carbono no solo, a melhoria da estrutura física do solo e a preservação dos recursos hídricos. Esse tópico é essencial para reforçar a sustentabilidade dos sistemas integrados como estratégia de manejo responsável dos recursos naturais.

A degradação de pastagens está associada à perda de matéria orgânica do solo, à compactação e à redução da capacidade de retenção de água, fatores que comprometem a resiliência dos ecossistemas

agrícolas e favorecem processos erosivos. Estudos apontam que mais de 50% das pastagens no Brasil apresentam algum grau de degradação (Dias-Filho, 2011), tornando urgente a implementação de estratégias de recuperação eficazes.

A pecuária é um setor frequentemente criticado pelo alto nível de emissões de GEE, especialmente de metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) e óxido nitroso (N_2O), que resultam da fermentação entérica dos ruminantes, do manejo do esterco e do uso ineficiente da terra. A recuperação de pastagens degradadas reduz a necessidade de desmatamento para abertura de novas áreas de pastagem, ajudando a conter a conversão de ecossistemas naturais em áreas de produção agropecuária (Climate Policy Initiative (CPI), 2024).

Além disso, o solo desempenha um papel fundamental no ciclo do carbono, funcionando como um dos principais reservatórios naturais desse elemento. Pastagens bem manejadas favorecem a fixação de carbono no solo por meio do acúmulo de matéria orgânica, compensando, em parte, as emissões da atividade pecuária. Estudos indicam que pastagens em boas condições podem sequestrar até 2 toneladas de CO_2 equivalente por hectare ao ano, dependendo do tipo de solo e do manejo adotado ((Alarcón, 2022).

Programas como o RenovAgro visam reduzir as emissões de gases de efeito estufa na agropecuária por meio da implementação de práticas sustentáveis. Conforme o Ministério da Agricultura e Pecuária (2025), o incentivo a essas práticas reforça o compromisso do Brasil com a produção responsável e a preservação ambiental. O acesso a esse crédito pode reduzir a intensidade das emissões da pecuária em até 20%, além de favorecer a ampliação da adoção de práticas sustentáveis entre pequenos e médios produtores (Oliveira Silva et al., 2017).

A relação entre a recuperação de pastagens degradadas e a geração de receitas adicionais no setor agropecuário é reforçada pelo potencial do mercado de carbono. A adoção de estratégias de manejo que promovem o aumento do sequestro de carbono no solo pode permitir que os produtores acessem mecanismos de compensação ambiental, gerando créditos de carbono negociáveis no mercado internacional. O custo marginal de abatimento de emissões para pastagens recuperadas no Brasil é estimado em -R\$ 24,72 por tonelada de CO_2 equivalente, o que indica que a recuperação pode gerar retornos financeiros positivos para os produtores, além de contribuir para a mitigação das mudanças climáticas (Kimura, 2016).

Ainda segundo Kimura (2016), projetos de certificação ambiental também podem agregar valor à produção agropecuária, tornando-a mais competitiva em mercados que exigem padrões rigorosos de sustentabilidade.

No contexto do ILPF, a introdução de espécies arbóreas e cultivos agrícolas em rotação com a pecuária melhora a retenção de carbono, tornando o sistema mais eficiente em termos de mitigação das emissões. A adoção de espécies perenes e a manutenção da cobertura do solo reduzem a mineralização da matéria orgânica e aumentam a fertilidade e a estabilidade do sistema (Assad et al., 2019). Dessa forma, a recuperação de pastagens não apenas melhora o desempenho econômico da produção agropecuária, mas também se alinha a políticas de mitigação das mudanças climáticas, como o Acordo de Paris e os compromissos assumidos pelo Brasil na Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP26) (Ministério do Meio Ambiente, 2021).

De acordo com a Embrapa (2023), entre os principais benefícios observados na recuperação de pastagens, destacam-se:

- Aumento da infiltração de água no solo, reduzindo escoamento superficial e prevenindo erosão;
- Redução da lixiviação de nutrientes, garantindo maior retenção de elementos essenciais para o crescimento da vegetação;
- Aumento da atividade biológica do solo, promovendo o equilíbrio entre microrganismos benéficos e melhorando a decomposição da matéria orgânica;
- Recuperação da fertilidade natural do solo, diminuindo a necessidade de insumos químicos a longo prazo.

Sistemas ILPF promovem um uso mais eficiente dos nutrientes disponíveis no solo, pois diferentes espécies vegetais atuam de maneira complementar na absorção e ciclagem de elementos essenciais. Segundo Nutrimosaic (2024), essa abordagem reduz os impactos negativos do manejo convencional das pastagens e torna o solo mais resiliente a perturbações ambientais, como variações bruscas de temperatura e precipitação. Além disso, a adoção do ILPF melhora a fertilidade do solo e aumenta a eficiência produtiva, promovendo a sustentabilidade agrícola (Nutrimosaic, 2024).

A degradação das pastagens não afeta apenas o solo e a vegetação, mas também impacta diretamente os recursos hídricos. O uso inadequado das terras pode levar ao assoreamento dos rios, contaminação de lençóis freáticos e perda da capacidade de infiltração do solo (Silva; Souza; Pereira, 2024). No entanto, a recuperação de pastagens com manejo sustentável pode reverter esses impactos negativos e promover a conservação da água. A recomposição da cobertura vegetal melhora a estrutura do solo, aumenta a infiltração e reduz a erosão, beneficiando a qualidade e a disponibilidade hídrica (Souza, 2024).

Outro benefício relevante da recuperação de pastagens está na redução da contaminação de mananciais hídricos por sedimentos e produtos químicos. Pereira, Lima e Oliveira (2020), apontam que pastagens degradadas frequentemente apresentam altas taxas de erosão, transportando sedimentos ricos em agrotóxicos, fertilizantes e matéria orgânica em decomposição para os cursos d'água. Com a recuperação dessas áreas, há uma diminuição significativa da carga de poluentes nos corpos hídricos, beneficiando tanto a produção agropecuária quanto as comunidades que dependem desses recursos para abastecimento e irrigação (Pereira; Lima; Oliveira, 2020).

A conversão de áreas florestais em pastagens tem sido uma das principais causas da perda de biodiversidade no Brasil, especialmente em biomas como o Cerrado e a Amazônia. No entanto, a recuperação de pastagens degradadas reduz a necessidade de novos desmatamentos, incentivando o uso mais eficiente das áreas já convertidas para a pecuária. De acordo com Brasmax Genética (2024), a introdução de árvores no sistema ILPF proporciona habitats para a fauna local e favorece o equilíbrio ecológico, reduzindo a incidência de pragas e doenças. Além disso, a maior diversidade vegetal do sistema estimula a presença de polinizadores e agentes biológicos de controle natural, promovendo uma produção mais sustentável e diminuindo a necessidade de defensivos químicos (Brasmax Genética, 2024).

A recuperação de pastagens também pode ser associada à criação de corredores ecológicos, que conectam fragmentos de vegetação nativa e facilitam o deslocamento de espécies da fauna. Essa abordagem auxilia na restauração de funções ecológicas essenciais, garantindo a manutenção da biodiversidade e mitigando os impactos negativos da agropecuária sobre os ecossistemas naturais. A implementação de

práticas sustentáveis em áreas degradadas contribui para a conservação dos recursos naturais e promove a sustentabilidade ambiental (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS), 2018).

Dessa forma, ao considerar a sustentabilidade na recuperação de pastagens, é fundamental incentivar práticas que integrem a conservação ambiental e a eficiência da produção agropecuária.

2.6 AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE PECUÁRIA EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO

A produtividade pecuária é um dos principais fatores que influenciam a viabilidade econômica dos sistemas de produção e, conseqüentemente, a tomada de decisão dos produtores rurais. Comparar índices produtivos entre sistemas convencionais de pecuária extensiva e sistemas ILPF pode fornecer evidências concretas sobre os benefícios da adoção da integração. A literatura especializada destaca que o desempenho zootécnico dos animais pode ser aprimorado significativamente em sistemas integrados, devido ao melhor manejo da pastagem, ao sombreamento proporcionado pelas árvores e à melhoria na qualidade da forragem (Dias-Filho, 2011; Feltran-Barbieri; Féres, 2021).

Nos sistemas convencionais, onde a pecuária extensiva predomina, a taxa de lotação média geralmente varia entre 0,5 e 1 Unidade Animal (UA) por hectare, dependendo da fertilidade do solo e das condições climáticas da região (Dias-Filho, 2011). Em contrapartida, sistemas ILPF bem manejados podem elevar essa taxa para valores superiores a 2 UA/ha, devido à recuperação da fertilidade do solo, à maior oferta de forragem e ao uso eficiente dos nutrientes presentes no sistema (Santos et al., 2022). A capacidade de suporte da pastagem é um fator crucial na definição da viabilidade do sistema, pois influencia diretamente o desempenho dos animais e o retorno econômico do investimento.

Outro indicador relevante na avaliação da produtividade pecuária é o ganho médio diário de peso dos animais. Em pastagens degradadas, onde a oferta e a qualidade nutricional da forragem são limitadas, os animais apresentam um menor ganho de peso, frequentemente abaixo de 500 g/dia ((Feltran-Barbieri; Féres, 2021). Já em sistemas ILPF, onde há um melhor equilíbrio entre a quantidade e a qualidade da forragem disponível, esse índice pode ultrapassar 700 g/dia, reduzindo o tempo necessário para o abate e aumentando a eficiência produtiva (Pereira et al., 2018). Além disso, o sombreamento proporcionado pelo componente florestal do ILPF contribui para reduzir o estresse térmico dos animais, o que melhora seu bem-estar e a eficiência da conversão alimentar (Alarcón, 2022).

Além dos aspectos produtivos, a sustentabilidade do sistema também deve ser considerada na avaliação da produtividade pecuária. A pecuária convencional, quando praticada sem manejo adequado, pode levar à compactação do solo, à erosão e à degradação da vegetação, comprometendo a resiliência do ecossistema e aumentando a necessidade de expansão da fronteira agropecuária (Pereira et al., 2018). Já em sistemas ILPF, a diversificação das atividades agrícolas e pecuárias reduz a dependência exclusiva do pasto, melhora a ciclagem de nutrientes e minimiza impactos ambientais negativos, garantindo maior estabilidade produtiva no longo prazo (Alarcón, 2022).

A adoção de tecnologias voltadas para o monitoramento da produtividade pecuária também pode otimizar a gestão do rebanho e a eficiência do sistema produtivo. Ferramentas como sensores de temperatura

e umidade, balanças eletrônicas e softwares de gestão agropecuária permitem um controle mais preciso do desempenho dos animais e auxiliam na tomada de decisão sobre suplementação e manejo do pastejo (Pereira et al., 2018). A análise integrada desses dados possibilita um ajuste contínuo das estratégias de produção, maximizando a rentabilidade do sistema e reduzindo desperdícios de recursos.

Portanto, a comparação entre os índices produtivos de sistemas convencionais e sistemas ILPF reforça os benefícios da integração para a recuperação de pastagens degradadas. O aumento da taxa de lotação, a melhoria no ganho médio diário de peso, a maior eficiência da conversão alimentar e a redução dos impactos ambientais são fatores que tornam o ILPF uma alternativa altamente viável para o setor pecuário brasileiro. Contudo, para garantir o sucesso do sistema, é essencial que os produtores tenham acesso a assistência técnica, financiamento para investimentos em infraestrutura e capacitação para a adoção de práticas de manejo sustentáveis (Feltran-Barbieri; Féres, 2021).

2.7 VIABILIDADE ECONÔMICA DA RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS EM SOLOS DE BAIXA FERTILIDADE

Segundo Pugas (2024), o país possui aproximadamente 100 milhões de hectares de pastagens degradadas, cuja revitalização poderia dobrar a produção agrícola nacional, atendendo à crescente demanda por alimentos de forma sustentável. Além disso, a restauração dessas áreas contribui para o aumento da eficiência do uso dos recursos naturais, reduzindo a pressão sobre ecossistemas nativos (Pugas, 2024).

O custo da recuperação de pastagens varia conforme o grau de degradação e o sistema adotado. Em casos de degradação moderada, o investimento necessário pode ser compensado pelo aumento na produtividade, enquanto áreas severamente degradadas exigem aportes financeiros elevados, o que pode comprometer a rentabilidade do investimento a curto prazo (Kimura, 2016).

A degradação das pastagens é um problema recorrente em diversas regiões do Brasil, especialmente em áreas onde predominam solos de baixa fertilidade natural, como os Neossolos Quartzarênicos e Latossolos Vermelhos, comuns no município de Bonito/MS (Volpe et al., 2006).

A literatura destaca que a viabilidade econômica da recuperação de pastagens em solos arenosos depende de três fatores principais: (i) a escolha de espécies forrageiras adaptadas às condições locais, (ii) a adoção de práticas de manejo conservacionista para aumentar a retenção de umidade e fertilidade e (iii) a implementação de técnicas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) para otimizar a ciclagem de nutrientes e a produtividade a longo prazo (Dias-Filho, 2011; Santos et al., 2022).

A principal dificuldade enfrentada em solos arenosos é a baixa disponibilidade de matéria orgânica e nutrientes essenciais, como nitrogênio, fósforo e potássio, que precisam ser continuamente repostos para manter a produção de forragem. Segundo estudos conduzidos pela Embrapa (2023), pastagens implantadas em Neossolos Quartzarênicos apresentam perdas expressivas de produtividade após 4 a 5 anos sem manejo adequado, resultando na compactação do solo, redução da infiltração de água e aumento da erosão, e consequentemente, a perda da rentabilidade da pecuária.

A rentabilidade da pecuária está diretamente associada à qualidade das pastagens, e a degradação dessas

áreas resulta em menor produtividade, aumento dos custos de suplementação alimentar e ampliação da pressão por novas áreas agrícolas, muitas vezes resultando em desmatamento (Feltran-Barbieri; Féres, 2021). A análise econômica desse processo deve considerar o custo de recuperação, o retorno esperado, as variáveis de risco associadas ao investimento e as políticas públicas que viabilizam a adoção de práticas sustentáveis.

A intensificação da produção pecuária através da recuperação de pastagens permite aumentar a lotação animal por hectare, reduzindo a necessidade de expansão da fronteira agrícola e contribuindo para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (Oliveira Silva et al., 2017). A recuperação de pastagens degradadas apresenta-se como uma estratégia eficaz para aumentar a produção de carne bovina sem a necessidade de desmatamento adicional.

Análises econômicas realizadas por Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM) (2017), indicam que a recuperação de pastagens degradadas, quando associada ao uso eficiente de fertilizantes e práticas de manejo sustentável do solo, apresenta um Valor Presente Líquido (VPL) positivo na maioria dos cenários analisados. Essa abordagem não apenas melhora a produtividade, mas também torna a atividade pecuária mais lucrativa, especialmente quando combinada com assistência técnica e intensificação adequada das pastagens. Por exemplo, a transição para sistemas de produção mais intensivos pode apresentar uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 31% e um período de retorno do investimento de seis anos, evidenciando a viabilidade econômica dessas práticas. Instituto Internacional para Sustentabilidade (2019), argumenta que os ganhos econômicos tornam-se mais evidentes quando há adoção de modelos produtivos que integram a regeneração dos solos e o aumento da produtividade.

A análise econômica da recuperação de pastagens em solos de baixa fertilidade deve considerar os custos adicionais com insumos e manejo, bem como os benefícios financeiros de longo prazo decorrentes da maior produtividade e sustentabilidade do sistema. Segundo Rodrigues, Sabbag e Montanari (2022), embora o investimento inicial em práticas corretivas seja elevado, os retornos financeiros são significativamente ampliados quando há integração entre pecuária e lavoura, otimizando o uso de nutrientes e reduzindo a necessidade de adubação química intensiva. Além disso, os sistemas integrados melhoram a ciclagem de nutrientes no solo e reduzem a degradação ao longo do tempo. Dessa forma, o uso de práticas regenerativas associadas à recuperação de solos pode aumentar a rentabilidade e a resiliência dos sistemas produtivos (Rodrigues; Sabbag; Montanari, 2022).

Assim sendo, a viabilidade econômica da recuperação de pastagens em solos de baixa fertilidade depende de um planejamento integrado, que leve em consideração tanto os aspectos agrônômicos quanto os desafios financeiros e logísticos. A adoção de sistemas de produção sustentáveis, como o ILPF, não apenas pode melhorar a produtividade e a conservação do solo, mas também oferecer benefícios econômicos a médio e longo prazo, garantindo a rentabilidade da pecuária em regiões de solos arenosos (Cordeiro et al., 2015).

2.8 LINHAS DE CRÉDITO PARA RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS

A recuperação de pastagens degradadas é um dos principais desafios do setor agropecuário brasileiro, tanto em termos ambientais quanto econômicos. Estima-se que o Brasil possua entre 60 e 100 milhões

de hectares de pastagens em diferentes estágios de degradação, comprometendo a produtividade pecuária e contribuindo para a pressão sobre ecossistemas nativos. A viabilidade econômica da recuperação de pastagens degradadas no Brasil está diretamente relacionada aos incentivos financeiros disponíveis e à estrutura fundiária das propriedades rurais. Pequenos e médios produtores frequentemente enfrentam desafios significativos no acesso ao crédito rural, muitas vezes devido à falta de garantias reais exigidas pelas instituições financeiras tradicionais. Essa limitação restringe a capacidade desses produtores de investir em práticas sustentáveis e na recuperação de áreas degradadas. Wahlbrinck (2017), aponta que a burocracia e a dificuldade em atender aos critérios estabelecidos são fatores limitantes no acesso a financiamentos, impactando negativamente a adoção de tecnologias para recuperação de pastagens.

Nesse contexto, as políticas públicas de financiamento agropecuário desempenham um papel central na viabilização da adoção dessas tecnologias, garantindo que os produtores tenham acesso a capital suficiente para implementar práticas de manejo sustentáveis sem comprometer a viabilidade financeira de suas atividades.

O Brasil conta com diversos programas de financiamento rural que têm como objetivo incentivar a recuperação de pastagens degradadas e a adoção de sistemas produtivos sustentáveis. Historicamente, o Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) foi a principal iniciativa do governo federal para financiar práticas agropecuárias de baixo impacto ambiental, oferecendo crédito subsidiado para recuperação de pastagens, plantio direto, integração de sistemas produtivos e uso de bioinsumos. Com a reformulação da política agroambiental brasileira, o Plano ABC e sua versão ampliada, o Plano ABC+, foram incorporados ao RenovAgro, um novo programa voltado para o financiamento da agropecuária sustentável, buscando fortalecer a resiliência climática do setor e ampliar a recuperação de áreas degradadas (Ministério da Agricultura e Pecuária, 2025).

O RenovAgro representa uma evolução significativa nas políticas de crédito rural, pois expande o financiamento para a recuperação de pastagens e melhora as condições de acesso para produtores de diferentes perfis. Entre as principais características do programa, destacam-se:

- Taxas de juros reduzidas para investimentos sustentáveis, facilitando o acesso ao crédito para pequenos e médios produtores.
- Prazos de pagamento mais longos, permitindo que os produtores realizem os investimentos necessários sem comprometer sua liquidez no curto prazo.
- Linhas de crédito específicas para ILPF, sistemas de plantio direto, rotação de culturas, recuperação de áreas de pastagem e manejo sustentável do solo.
- Incentivos à adoção de tecnologias inovadoras, como o uso de remineralizadores de solo, bioinsumos e técnicas de rotação de culturas para melhorar a fertilidade das áreas degradadas.

Além dos benefícios ambientais, RenovAgro também melhora a viabilidade econômica das propriedades rurais ao proporcionar um custo marginal de abatimento de emissões negativo, indicando um retorno financeiro positivo para os agricultores (Ministério da Agricultura e Pecuária, 2025). Estudos apontam que a adoção de tecnologias apoiadas pelo programa pode aumentar a produtividade sem a necessidade de

expansão das áreas de pastagem, favorecendo a mitigação da degradação do solo e promovendo a resiliência dos sistemas produtivos (Climate Policy Initiative (CPI), 2024). Apesar dos benefícios econômicos evidentes, a alocação de recursos financeiros para o programa ainda é insuficiente, representando menos de 2% do Plano Safra em 2023, o que limita sua capacidade de impacto em larga escala (Souza, 2024).

Além do RenovAgro, outras linhas de crédito rural também desempenham um papel crucial na viabilização da recuperação de pastagens, como o PRONAMP (Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural) e o PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar) (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), 2025).

- O PRONAMP é direcionado a médios produtores rurais que buscam financiamento para investimentos em infraestrutura, aquisição de insumos e modernização da produção. No contexto da recuperação de pastagens, esse programa pode ser utilizado para custear a calagem e adubação do solo, o cercamento das áreas recuperadas, a aquisição de maquinários e a implantação do sistema ILPF (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), 2025).
- O PRONAF, por sua vez, atende pequenos agricultores familiares, oferecendo condições ainda mais favoráveis de financiamento, com juros reduzidos e prazos estendidos, facilitando a adoção de práticas agroecológicas e sistemas de produção sustentáveis (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), 2025).

Apesar dos avanços relacionados ao crédito subsidiado, argumenta que o acesso a crédito rural não é apenas uma condição necessária para a recuperação de pastagens, mas também um fator determinante para a velocidade e abrangência do processo. Sem linhas de financiamento adequadas, a adoção do ILPF e de outras tecnologias de recuperação permanecem restritas a produtores com maior capital disponível, limitando a escalabilidade dessas soluções e retardando os benefícios ambientais e econômicos associados (Alarcón, 2022).

Além dos programas governamentais, modelos de financiamento alternativos têm emergido como soluções viáveis para ampliar o acesso ao crédito rural. Fundos de Investimento nas Cadeias Produtivas Agroindustriais (Fiagro), por exemplo, permitem que investidores apliquem recursos diretamente no setor agropecuário, ampliando as fontes de financiamento para produtores rurais. Desde sua criação, os Fiagros têm se consolidado como uma opção promissora para captar recursos destinados ao agronegócio brasileiro (AgroAdvance, 2024).

Outra alternativa relevante são as AgFinTechs, empresas que utilizam tecnologia para oferecer soluções financeiras inovadoras ao agronegócio. Essas plataformas digitais facilitam o acesso ao crédito por meio de processos menos burocráticos e mais ágeis, beneficiando especialmente pequenos e médios produtores que enfrentam obstáculos nos modelos tradicionais de financiamento. De acordo com a Nagro (2023), ao simplificar a análise de crédito e oferecer condições mais flexíveis, as AgFinTechs contribuem para a inclusão financeira no campo.

A implementação de instrumentos financeiros baseados em ativos ambientais também pode desempenhar um papel significativo na promoção de práticas sustentáveis. Títulos verdes e fundos de investimento com foco em sustentabilidade têm crescido no Brasil, direcionando recursos para iniciativas que promovem

a recuperação ambiental e a conservação dos recursos naturais (Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), 2015). Esses instrumentos financeiros oferecem aos investidores a oportunidade de apoiar projetos ambientalmente responsáveis, ao mesmo tempo em que proporcionam retornos financeiros atrativos (Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), 2015).

Portanto, a combinação de programas governamentais, como o Pronaf, com modelos de financiamento alternativos e inovadores, é essencial para ampliar o acesso ao crédito e incentivar a adoção de práticas sustentáveis na recuperação de pastagens degradadas. Ao superar as barreiras financeiras e estruturais, pequenos e médios produtores podem investir na melhoria de suas propriedades, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e para o fortalecimento da economia rural brasileira (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), 2025).

Apesar da existência de mecanismos de financiamento para recuperação de pastagens, muitos produtores rurais ainda encontram dificuldades para acessar essas linhas de crédito. De acordo com Climate Policy Initiative (CPI) (2024), entre os principais desafios, destacam-se:

1. Burocracia e exigências técnicas – Muitos financiamentos exigem projetos detalhados, laudos técnicos e garantias que pequenos e médios produtores nem sempre conseguem providenciar.
2. Dificuldade de acesso à assistência técnica qualificada – Sem suporte técnico adequado, muitos produtores não conseguem elaborar projetos que atendam aos requisitos dos programas de crédito.
3. Capacidade de pagamento e risco financeiro – Alguns produtores evitam tomar crédito por temerem endividamento, especialmente em contextos de incerteza econômica e variações nos preços da arroba do gado.
4. Falta de adaptação dos financiamentos à realidade do campo – Embora o ILPF seja uma estratégia comprovadamente eficaz para recuperação de pastagens, os modelos de financiamento muitas vezes não levam em conta a necessidade de prazos longos para retorno do investimento, o que pode dificultar sua adoção.

Alarcón (2022), argumenta que o sucesso dessas políticas pode ser ampliado caso as exigências para obtenção do crédito sejam ajustadas à realidade produtiva do campo, permitindo que mais produtores tenham acesso ao financiamento e possam investir em práticas sustentáveis sem comprometer sua estabilidade financeira.

O acesso a crédito rural subsidiado permite que produtores adotem estratégias mais eficientes para a recuperação de pastagens, mas é essencial avaliar a relação custo-benefício desses financiamentos. Apesar dos altos investimentos iniciais exigidos, a recuperação de pastagens degradadas pode gerar retornos econômicos significativos ao longo do tempo, desde que bem manejada e sustentada por práticas adequadas de fertilização, correção do solo e integração de sistemas produtivos (Alarcón, 2022).

Ainda de acordo com Alarcón (2022), a análise de custo-benefício das linhas de crédito para recuperação de pastagens pode ser avaliada sob três perspectivas principais:

1. Redução de custos operacionais no médio e longo prazo – O uso do crédito rural possibilita que o produtor faça investimentos estratégicos em correção do solo, adubação e melhoria da estrutura de pastagens, reduzindo despesas futuras com suplementação alimentar e melhorando a eficiência produtiva da pecuária. Isso impacta diretamente a lucratividade do sistema, tornando a atividade menos dependente de insumos externos de alto custo.
2. Geração de novas fontes de receita – A adoção de práticas sustentáveis financiadas pelo crédito, como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), permite a diversificação da produção, gerando novas fontes de receita. A venda de produtos agrícolas e madeireiros complementares à pecuária melhora o fluxo de caixa, reduzindo a vulnerabilidade dos produtores às oscilações do mercado da carne bovina.
3. Acesso a incentivos fiscais e certificações ambientais – Alguns programas de crédito vinculam suas taxas de juros a metas ambientais, premiando produtores que implementam práticas de baixo impacto ecológico. Além disso, sistemas certificados de produção sustentável podem garantir acesso a mercados diferenciados, nos quais produtos agropecuários são valorizados devido ao compromisso com a conservação ambiental.

Estudos anteriores indicam que cada R\$ 1 investido na recuperação de pastagens pode gerar entre R\$ 1,50 e R\$ 2,50 de retorno econômico ao longo do ciclo produtivo, considerando os ganhos em produtividade e redução de custos operacionais (Feltran-Barbieri; Féres, 2021). Essa relação é ainda mais favorável quando há acesso a linhas de financiamento com juros reduzidos e prazos de pagamento compatíveis com o tempo de maturação dos investimentos.

Outro aspecto fundamental abordado por Alarcón (2022), é a conexão entre recuperação de pastagens e mercados de serviços ambientais, um tema que ainda é subaproveitado no Brasil, mas que pode representar uma alternativa viável para gerar receitas adicionais aos produtores que investem em práticas sustentáveis.

Os mercados de serviços ambientais remuneram produtores que adotam práticas que contribuem para a conservação de recursos naturais, a fixação de carbono no solo, a melhoria da qualidade da água e a proteção da biodiversidade. No caso da recuperação de pastagens, há três principais oportunidades:

1. Créditos de Carbono – A recuperação de pastagens degradadas pode transformar essas áreas em sumidouros de carbono, absorvendo e fixando CO² atmosférico no solo. Isso permite que produtores participem de programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), como os mercados de créditos de carbono. No Brasil, o programa Floresta+, do governo federal, já oferece incentivos para produtores que adotam práticas de sequestro de carbono, e essa tendência deve crescer nos próximos anos (Ministério do Meio Ambiente, 2020).
2. Programas de conservação de água e solo – Algumas bacias hidrográficas implementaram sistemas de pagamento por conservação de recursos hídricos, em que produtores recebem compensações financeiras por práticas que reduzem erosão, melhoram a infiltração da água no solo e aumentam a disponibilidade hídrica para comunidades e cidades próximas. Pastagens degradadas são um dos principais fatores de assoreamento de rios, e a recuperação dessas áreas pode representar uma oportunidade de financiamento complementar (Mattei; Rosso, 2014).

3. Mercados de certificação ambiental – Carne e produtos agrícolas provenientes de sistemas sustentáveis de recuperação de pastagens podem obter certificações como o Carne Carbono Neutro (CCN) e o Carne Sustentável do Pantanal, agregando valor aos produtos e tornando-os mais competitivos no mercado nacional e internacional (Britto, 2014).

A associação entre recuperação de pastagens e mercados de serviços ambientais ainda é limitada no Brasil, principalmente devido à falta de regulamentação clara e ao desconhecimento dos produtores sobre essas oportunidades. No entanto, se corretamente integrada às políticas públicas de crédito rural, essa abordagem pode transformar a recuperação de pastagens em um investimento de múltiplos benefícios, tanto econômicos quanto ambientais (Alarcón, 2022).

A recuperação de pastagens degradadas no Brasil não pode ser dissociada das políticas de crédito rural e incentivo financeiro, pois a maior parte dos produtores não possui capital suficiente para investir na reestruturação do solo e na adoção de sistemas produtivos mais eficientes. A implementação do RenovAgro representa um avanço importante, mas desafios ainda persistem, especialmente no que diz respeito ao acesso simplificado ao crédito, à capacitação técnica dos produtores e à integração com outras políticas ambientais e de financiamento (Climate Policy Initiative (CPI), 2024).

A integração entre políticas públicas e iniciativas privadas pode potencializar os efeitos positivos dos modelos de financiamento da recuperação de pastagens, promovendo sinergias entre os setores agrícola e ambiental. Parcerias entre bancos, governos e instituições do setor produtivo podem criar mecanismos financeiros mais robustos para viabilizar a recuperação de áreas degradadas, garantindo não apenas o aumento da produtividade agropecuária, mas também a conservação dos recursos naturais e a mitigação dos impactos ambientais da pecuária extensiva (Cruz; Mendes; Lopes, 2022).

Portanto, é fundamental a combinação entre crédito rural acessível, capacitação técnica e incentivos ambientais para transformar a recuperação de pastagens em uma estratégia economicamente viável para o produtor e ambientalmente benéfica para o país. Assim, a recuperação de pastagens degradadas não deve ser vista apenas como um custo necessário para a sustentabilidade, mas sim como um investimento estratégico que pode gerar retornos econômicos expressivos no longo prazo.

2.9 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE EM MODELOS DE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS

A avaliação da viabilidade econômica da recuperação de pastagens degradadas deve considerar a variabilidade dos custos e receitas ao longo do tempo, uma vez que fatores como preços da arroba do gado, custos de insumos e produtividade das pastagens podem oscilar significativamente. Verdi (2024), destaca a importância da análise de sensibilidade na formulação de estratégias para mitigar os riscos financeiros e otimizar os investimentos em ILPF. A análise de sensibilidade é uma técnica que permite testar como alterações em variáveis-chave afetam os resultados financeiros de um projeto, auxiliando na identificação de cenários favoráveis e adversos. No contexto da recuperação de pastagens, essa análise pode ser utilizada para verificar a resiliência do Valor Presente Líquido (VPL), da Taxa Interna de Retorno (TIR) e do *Payback* diante de mudanças nos preços de mercado, variações na produtividade do sistema e oscilações nos custos de implementação e manutenção.

Verdi (2024), analisou diferentes cenários econômicos para a recuperação de pastagens utilizando o ILPF, considerando variações nos seguintes parâmetros:

- Preço da arroba do gado: O preço da carne bovina é um dos fatores mais instáveis do mercado agropecuário e tem impacto direto na receita gerada pelo sistema ILPF. Oscilações nos preços podem tornar a atividade mais ou menos rentável, dependendo do momento do ciclo pecuário;
- Custos dos insumos agrícolas e pecuários: Fertilizantes, corretivos de solo, rações e suplementos minerais são insumos fundamentais na recuperação de pastagens. Aumento nos custos desses insumos pode reduzir a margem de lucro e impactar o retorno do investimento;
- Produtividade do sistema: A taxa de lotação do pasto (UA/ha), o ganho de peso dos animais e a produtividade das culturas agrícolas consorciadas influenciam diretamente o fluxo de caixa do projeto. A análise de sensibilidade permite verificar como variações na produtividade afetam a viabilidade do ILPF;
- Taxa de desconto: O custo do capital empregado no investimento é outro fator crucial. Uma taxa de desconto elevada reduz o VPL do projeto, tornando o investimento menos atrativo.

A aplicação da análise de sensibilidade possibilita a construção de cenários otimista, realista e pessimista, permitindo avaliar a robustez do modelo de recuperação de pastagens em diferentes condições de mercado.

1. Cenário Otimista

- Aumento de 15% no preço da arroba do gado.
- Redução de 10% nos custos dos insumos.
- Produtividade da pastagem e taxa de lotação acima da média histórica.
- Impacto esperado: Aumento do VPL e redução do tempo de retorno do investimento (*Payback*), tornando o ILPF ainda mais atrativo.

2. Cenário Base (Realista)

- Mantém-se os preços e produtividades estimadas conforme dados históricos.
- Custos dos insumos acompanham a inflação agrícola.
- Impacto esperado: O VPL e a TIR permanecem dentro da faixa de viabilidade prevista, garantindo retorno financeiro compatível com o investimento inicial.

3. Cenário Pessimista

- Redução de 10% nos preços da arroba do gado.
- Aumento de 15% nos custos dos insumos, como fertilizantes e rações.

- Atraso na recuperação da pastagem devido a fatores climáticos.
- Impacto esperado: Redução significativa do VPL, alongamento do *Payback* e possível inviabilidade do investimento no curto prazo.

Esses cenários demonstram que o ILPF é economicamente viável mesmo sob variações moderadas nos preços e custos, mas a lucratividade do sistema pode ser afetada em cenários mais extremos.

Ainda segundo Verdi (2024), a análise de sensibilidade auxilia os produtores e investidores a adotarem estratégias mais seguras para minimizar riscos e otimizar a rentabilidade do sistema ILPF. Algumas das estratégias que podem ser implementadas com base nessa análise incluem:

- Diversificação de receitas: A integração de lavoura e árvores ao sistema pecuário reduz a dependência exclusiva da venda do gado, tornando o fluxo de caixa mais estável.
- Uso estratégico de insumos: Monitoramento do mercado para compra de fertilizantes e suplementos minerais em períodos de menor custo, reduzindo o impacto de oscilações de preços.
- Planejamento de vendas: Ajuste da época de venda do gado para períodos de alta no preço da arroba, maximizando a receita do sistema.
- Acesso a crédito rural: Utilização de linhas de financiamento como PRONAMP, PRONAF e RenovA-gro para reduzir o custo do capital investido, melhorando os indicadores econômicos.

Verdi (2024), demonstra que a adoção de sistemas ILPF pode apresentar vantagens significativas em termos de sustentabilidade e eficiência produtiva, mas sua implementação deve ser acompanhada de um planejamento financeiro robusto que leve em consideração as oscilações do mercado agropecuário.

Ao incluir essa discussão no referencial teórico, é possível aprofundar a análise econômica do ILPF e fornecer um suporte teórico mais sólido para a avaliação dos impactos financeiros do investimento, consolidando a importância da gestão de riscos na adoção de sistemas agropecuários sustentáveis.

2.10 CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E CLIMATOLÓGICA DA ÁREA DE ESTUDO

A caracterização geomorfológica e climatológica da área de estudo é um elemento fundamental para a definição das estratégias de manejo na recuperação de pastagens degradadas. Estudo de Verdi (2024), destaca que a variação do relevo influencia diretamente a dinâmica da degradação do solo e a eficiência das práticas de conservação. Áreas com declividade acentuada apresentam maior susceptibilidade à erosão hídrica, especialmente quando o manejo inadequado da pastagem leva à compactação superficial do solo, reduzindo sua permeabilidade e favorecendo o escoamento superficial das águas pluviais (Dias-Filho, 2011). Já em terrenos planos ou suavemente ondulados, o principal desafio está na compactação do solo causada pelo pisoteio intenso do gado e na baixa capacidade de infiltração de água, dificultando a recuperação da vegetação forrageira (Santos et al., 2022).

A geomorfologia da área influencia não apenas a degradação da pastagem, mas também a escolha das práticas de recuperação mais adequadas. Em regiões de topografia mais acidentada, recomenda-se a adoção de terraceamento e a manutenção de cobertura vegetal permanente para reduzir os processos erosivos e aumentar a retenção de umidade no solo (Feltran-Barbieri; Féres, 2021). Além disso, a introdução de sistemas integrados pode contribuir para a estabilização do solo e a melhoria de suas propriedades físico-químicas, mitigando os impactos negativos da degradação (Alarcón, 2022). Já em áreas de relevo menos acentuado, práticas como o pastejo rotacionado e a aplicação de corretivos de solo podem ser suficientes para restaurar a fertilidade da pastagem e melhorar sua produtividade a longo prazo (Dias-Filho, 2011).

A caracterização climatológica da área também desempenha um papel crucial na definição das estratégias de recuperação. O regime pluviométrico, a temperatura média anual e a sazonalidade das chuvas determinam a capacidade de suporte da pastagem ao longo do ano, influenciando a escolha das espécies forrageiras e arbóreas mais adequadas para a recomposição da vegetação (Pereira et al., 2018). Em regiões com alta variabilidade pluviométrica, a adoção de técnicas de conservação de água no solo, como a cobertura morta e o plantio direto, pode ser essencial para reduzir a evapotranspiração e garantir a disponibilidade hídrica necessária para o crescimento das forrageiras (Santos et al., 2022). Além disso, o impacto das mudanças climáticas deve ser considerado, pois padrões de precipitação irregulares e o aumento das temperaturas médias podem afetar a produtividade dos sistemas ILPF e aumentar a necessidade de suplementação alimentar para os rebanhos (Feltran-Barbieri; Féres, 2021).

Os dados climáticos utilizados na caracterização da área são geralmente obtidos a partir de fontes oficiais, como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), que fornecem séries históricas sobre temperatura, precipitação e umidade relativa do ar. Esses dados permitem avaliar a viabilidade do uso de determinadas culturas agrícolas na recuperação de pastagens e auxiliam na tomada de decisão sobre o melhor período para o estabelecimento do sistema ILPF (Dias-Filho, 2011). Estudos indicam que em regiões com períodos prolongados de estiagem, a introdução de leguminosas fixadoras de nitrogênio pode melhorar a resiliência da pastagem, reduzindo a dependência de fertilizantes químicos e aumentando a capacidade de retenção de água no solo (Santos et al., 2022).

A combinação entre as características geomorfológicas e climatológicas da área de estudo deve ser levada em conta no planejamento da recuperação de pastagens degradadas. Sistemas integrados como o ILPF se mostram particularmente eficazes para restaurar áreas com solos degradados, especialmente quando há uma análise detalhada do relevo e do clima local para guiar as decisões sobre a introdução de espécies vegetais e práticas de manejo sustentáveis (Alarcón, 2022). O sucesso da recuperação das pastagens depende, portanto, de uma abordagem integrada, que leve em consideração as particularidades edafoclimáticas da região e os desafios impostos pelas condições naturais da área ((Feltran-Barbieri; Féres, 2021).

Além disso, é essencial que os produtores tenham acesso a assistência técnica qualificada para implementar corretamente as estratégias de recuperação mais adequadas às condições locais. O conhecimento aprofundado sobre as características do solo, do relevo e do clima permite otimizar o uso dos recursos disponíveis, garantindo maior eficiência no processo de reabilitação das pastagens e viabilizando economicamente a adoção de sistemas produtivos mais sustentáveis (Pereira et al., 2018). Dessa forma, a análise geomorfológica e climatológica da área de estudo não apenas subsidia a escolha das técnicas de manejo, mas também contribui para a formulação de políticas públicas mais eficazes para o incentivo à recuperação

de pastagens degradadas.

3 METODOLOGIA

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa desenvolvida insere-se no campo das investigações aplicadas, voltadas para a avaliação da viabilidade econômica da recuperação de pastagens degradadas por meio da Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Fundamenta-se na combinação de abordagens quantitativas e qualitativas, buscando analisar os impactos financeiros e ambientais desse sistema produtivo a partir da aplicação de métodos consolidados na literatura. Trata-se de um estudo descritivo e exploratório que se estrutura a partir da coleta e análise de dados secundários, extraídos de fontes oficiais, como os levantamentos agropecuários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2023), relatórios técnicos da Embrapa (2023), e estudos científicos que abordam a degradação e recuperação de pastagens no Brasil (Feltran-Barbieri; Féres, 2021; Oliveira Silva et al., 2017).

A escolha do ILPF como objeto de análise decorre de seu reconhecimento enquanto alternativa sustentável para a recuperação de pastagens, conforme apontado por diversos estudos que enfatizam seus efeitos positivos na fertilidade do solo, na produtividade pecuária e na mitigação de impactos ambientais (Dias-Filho, 2011; Macedo, 2009). Esse modelo produtivo tem sido promovido como uma estratégia eficiente para a intensificação sustentável da agropecuária, ao permitir a diversificação produtiva e o melhor aproveitamento dos recursos naturais (Embrapa, 2023). A questão central que orienta esta investigação é a seguinte: qual a viabilidade econômica da recuperação de pastagens utilizando o sistema ILPF? Para responder a essa indagação, são empregados diferentes métodos de análise econômica e ambiental, de modo a compreender as vantagens e os desafios desse modelo de produção agropecuária.

A estratégia metodológica inclui a revisão das características produtivas e ambientais do ILPF, a fim de contextualizar suas especificidades dentro da realidade agropecuária brasileira. Além disso, realiza-se uma modelagem econômica para a recuperação de pastagens, considerando diferentes cenários de mercado e produtivos, classificados como otimista, neutro e pessimista, de acordo com as variações de produtividade e dos preços da arroba do boi (Santos et al., 2022; Vieira et al., 2021). A análise comparativa entre esse sistema e os modelos convencionais de produção agropecuária é conduzida a partir da aplicação de indicadores financeiros, tais como o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR), o *Payback*, a análise de custo-benefício (B/C) e a análise de sensibilidade (Oliveira Silva et al., 2017; Verdi, 2024). Para avaliar os riscos inerentes à recuperação das pastagens, também são utilizados modelos probabilísticos e projeções que permitem mensurar a vulnerabilidade do investimento diante de oscilações de mercado ((Pereira et al., 2018; Damian et al., 2021).

Além dos aspectos econômicos, a pesquisa incorpora uma dimensão ambiental à avaliação do ILPF, explorando seu potencial para mitigar emissões de gases de efeito estufa e promover a conservação dos recursos naturais, como a qualidade do solo e a disponibilidade hídrica (Damian et al., 2021; Embrapa, 2023). A partir da intersecção entre economia e sustentabilidade, busca-se não apenas mensurar a viabilidade financeira da recuperação de pastagens, mas também compreender as implicações desse modelo para a resiliência ambiental e a estabilidade da produção agropecuária.

Dessa forma, ao articular a análise de dados secundários com métodos quantitativos de avaliação econômica e ambiental, este estudo se propõe a fornecer subsídios técnicos e científicos que contribuam para a tomada de decisão no setor agropecuário. A pesquisa não apenas avalia o desempenho financeiro do ILPF, mas também discute seus impactos de longo prazo, oferecendo uma perspectiva integrada sobre a sustentabilidade econômica e ecológica desse sistema.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área selecionada para a realização deste estudo corresponde à Fazenda Boa Vida, situada no município de Bonito, estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. A propriedade está localizada aproximadamente nas coordenadas latitude -21.1203° e longitude -56.4802° , em uma região representativa do Bioma Cerrado, com forte influência do Pantanal Sul-Mato-Grossense. O local foi escolhido em razão da predominância de pastagens degradadas, da vocação agropecuária regional e da necessidade de recuperação sustentável dessas áreas, alinhando-se às diretrizes do Plano Nacional de Recuperação de Pastagens Degradadas (PNCPD) e ao RenovAgro.

O estudo de caso foi desenvolvido a partir de um projeto da organização não governamental WWF-Brasil, que apoiou a implantação de um sistema integrado, na propriedade Chácara Boa Vida (Figura 3.1), situada no Assentamento Santa Lúcia, em Bonito (MS). Antes do projeto, a área foi desmatada para a produção de soja e não passou por regeneração natural.



Figura 3.1: Foto aérea da Chácara Boa Vida (MS)

O sistema foi implantado em uma área de 2 hectares (Figura 3.2), subdividida em duas parcelas com diferentes configurações de plantio.

Na primeira parcela, adotou-se um espaçamento de 10x6 metros para o plantio de *Dipteryx alata*, estabelecido em consórcio, tanto na mesma linha quanto entre linhas, com uma muvuca de espécies composta por *Canavalia ensiformis*, *Zea mays* e *Crotalaria juncea* L. A introdução dessas espécies teve como finalidade fornecer alimentação complementar ao gado e enriquecer o solo, promovendo o aumento da biomassa e da matéria orgânica.

Na segunda parcela, o sistema foi implementado com um espaçamento de 8x3 metros, no qual *Dipteryx alata* foi associado a gramíneas destinadas ao pastejo. Para esse fim, optou-se pelo cultivo de *Pennisetum purpureum Schumacher*, espécie amplamente utilizada na alimentação animal devido à sua alta produtividade e valor nutritivo.



Figura 3.2: Foto aérea da área de implementação do sistema

A caracterização climática da área foi realizada com base em dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que indicam um clima tropical de savana (Aw - Köppen), com uma estação seca bem definida e chuvas concentradas no verão. A temperatura média anual varia entre 21°C e 26°C, enquanto a pluviosidade média anual é de aproximadamente 1.200 mm a 1.500 mm, com distribuição irregular ao longo do ano. Durante a estação seca, que se estende de maio a setembro, a oferta de forragem pode ser reduzida, exigindo estratégias complementares de alimentação do gado. A umidade relativa do ar apresenta variações sazonais, oscilando entre 50% e 80%, o que influencia a disponibilidade hídrica para as plantas e a necessidade de práticas conservacionistas no manejo da pastagem.

A sazonalidade climática afeta diretamente a produtividade da pecuária e das culturas integradas ao sistema ILPF. Durante os períodos de estiagem, há um decréscimo na taxa de crescimento das forrageiras, impactando a capacidade de suporte do pasto e exigindo a suplementação alimentar do rebanho. Por outro lado, os meses chuvosos favorecem a regeneração da vegetação e o crescimento das árvores plantadas, criando um equilíbrio dinâmico dentro do sistema produtivo. Estudos prévios indicam que o sucesso da recuperação de pastagens degradadas depende de um manejo adequado das variações climáticas, com estratégias como o pastejo rotacionado, cobertura do solo e diversificação de cultivos (Feltran-Barbieri; Féres, 2021).

A análise edafológica da área foi baseada em levantamentos pedológicos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O solo predominante na propriedade é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, caracterizado por baixa fertilidade natural, alta acidez e teor de argila entre 15% e 25%, o que confere baixa capacidade de retenção de nutrientes. A compactação e a erosão superficial são problemas frequentes na região devido ao manejo inadequado do pastejo e à exposição contínua do solo ao pisoteio animal.

A área de estudo, localizada na Fazenda Boa Vida, em Bonito/MS, apresenta características geomorfo-

lógicas típicas da região do Planalto da Bodoquena, que faz parte do Planalto Ocidental Brasileiro. Esse planalto é conhecido por sua formação predominantemente calcária e pela presença de relevos ondulados a suavemente ondulados, que influenciam diretamente a dinâmica hídrica, a fertilidade do solo e o uso da terra para atividades agropecuárias.

O relevo da região pode ser classificado como ondulado a suavemente ondulado, com declividades médias entre 3% e 8%, sendo propício para a pecuária e cultivos agrícolas adaptados a áreas de média suscetibilidade à erosão. Embora a topografia favoreça o escoamento superficial das águas pluviais, a presença de solos mais profundos e bem drenados auxilia na absorção hídrica, reduzindo os riscos de erosão severa quando práticas de manejo adequado são adotadas.

A geomorfologia local é fortemente influenciada pela presença de terrenos calcários da Formação Corumbá, caracterizados por solos rasos e bem drenados em algumas áreas e por latossolos profundos em outras, particularmente nos tabuleiros sedimentares. Esses solos possuem boa capacidade de retenção de água, mas exigem correção periódica da acidez e suplementação de nutrientes, devido à lixiviação característica da região tropical úmida.

O modelo de relevo também favorece a infiltração da água em áreas mais permeáveis, o que contribui para a recarga de aquíferos subterrâneos. No entanto, a pecuária extensiva praticada durante décadas sem manejo adequado intensificou os processos de compactação do solo, reduzindo sua capacidade de infiltração e aumentando o risco de degradação.

A Fazenda Boa Vida está situada em uma zona de transição entre a Serra da Bodoquena e as planícies aluviais do Rio Miranda, o que proporciona uma variação geomorfológica significativa. A presença de matas ciliares e áreas de preservação permanente (APPs) ao longo dos cursos d'água da propriedade é essencial para a manutenção da estabilidade ecológica e do equilíbrio hídrico, evitando processos erosivos mais severos.

Do ponto de vista da aptidão agrícola e pecuária, a conformação do relevo ondulado permite o desenvolvimento do sistema ILPF, desde que sejam adotadas práticas conservacionistas, como o plantio em curvas de nível, cobertura vegetal permanente e rotação de culturas. O manejo adequado do solo e a diversificação do uso da terra são estratégias fundamentais para garantir a sustentabilidade do sistema produtivo e a recuperação da pastagem degradada, minimizando os impactos geomorfológicos negativos na paisagem.

Portanto, a análise geomorfológica da área reforça a importância da implementação de práticas agropecuárias sustentáveis, especialmente em relação ao manejo do solo e da água, para garantir a viabilidade econômica e ecológica da recuperação de pastagens na Fazenda Boa Vida.

O histórico de uso da terra na Fazenda Boa Vida, localizada no município de Bonito/MS, revela um processo de ocupação voltado predominantemente para a pecuária extensiva, prática comum na região do Cerrado e do Pantanal Sul-Mato-Grossense. Desde a década de 1980, a propriedade foi utilizada para a criação de gado de corte em regime extensivo, sem a adoção de práticas adequadas de manejo do solo e da vegetação. Esse modelo resultou na degradação gradual das pastagens, comprometendo a produtividade da terra e demandando medidas corretivas para a recuperação da capacidade produtiva.

Estudos conduzidos em propriedades similares indicam que a degradação das pastagens na região tem sido agravada por práticas inadequadas de pastejo, incluindo superpastejo, ausência de rotação de áreas e

baixa reposição de nutrientes no solo (Dias-Filho, 2011). Com o tempo, essa degradação levou ao declínio na cobertura vegetal, compactação do solo e redução na taxa de infiltração da água, tornando a área mais vulnerável à erosão e ao escoamento superficial. A presença de espécies invasoras, como capins menos produtivos e plantas daninhas resistentes ao pastejo, também foi identificada como um fator que reduz a capacidade de suporte do pasto e compromete a alimentação do gado.

3.3 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi conduzida em campo, em parceria com o WWF-Brasil, visando levantar informações econômicas associadas à implantação do sistema produtivo. O levantamento abrangeu todas as atividades envolvidas e os insumos necessários para a implementação e manutenção do sistema, conforme detalhado na Tabela 3.1.

Os dados referentes ao controle de pragas, mão de obra para plantio, colheita e beneficiamento foram estimados com base na média de preços praticados na região. Essas informações foram obtidas por meio de entrevista com a produtora responsável, que relatou que ela e seu marido realizam o biocontrole de pragas utilizando espécies do próprio viveiro e executam diretamente as atividades de plantio, colheita e beneficiamento. Assim, os valores foram ajustados considerando a prática adotada na propriedade.

Já os custos associados aos insumos para o gado e manutenção da pastagem não puderam ser obtidos diretamente com a produtora. Para suprir essa lacuna, realizou-se uma pesquisa de mercado, utilizando fontes locais e regionais para estimar os preços médios praticados.

Os dados levantados serviram como base para a construção do fluxo de caixa e, posteriormente, para a análise de viabilidade financeira das linhas de crédito aplicáveis à recuperação da área estudada.

Tabela 3.1: Custos da Produção de Baru e Gado

Atividade	Categoria	Modalidade/Medida	Custo (R\$)	Ano	Total (R\$)
Produção de Baru	Preparo do Solo	Grade (h)	180,00	0	360,00
		Adubação (L)	0,72	0	3.600,00
		Controle de formigas (kg)	45,00	0	225,00
		Controle de pragas (kg)	15,00	0	37,50
		Mão-de-obra (dia)	100,00	0	500,00
	Plantio	Mudas (unid)	11,00	0	5.500,00
		Sementes (kg)	75,00	0	375,00
		Insumos (L)	26,30	0	657,50
	Colheita	Manual (dia)	150,00	3*	4.500,00
		Beneficiamento (dia)	150,00	3*	2.250,00
Produção de Gado	Insumos Gado	Aquisição de Bezerro (R\$)	2.641,50	2,4,6,8,10	7.924,50
		Sal mineral (sacos)	120,00	2*	480,00
		Milho (kg)	1,20	2*	1.728,00
		Capim açu (kg)	0,30	2*	2.016,00
		Cerca elétrica (ha)	3.534,95	0	7.069,90
		Bebedouro (unid)	400,00	2	400,00
		Vermífugo (ml)	1,50	2*	31,50
		Vacina aftosa (dose)	2,00	2*	12,00
		Vacina raiva (dose)	3,50	2*	10,50
	Manutenção da Pastagem	Calcário (t)	83,33	2,4,6,8,10	333,33
		NPK (sacos)	120,00	2*	480,00
		Herbicida (L)	70,00	2*	140,00
		Roçada (ha)	150,00	2*	300,00

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

* O custo é contínuo a partir do primeiro ano indicado de implementação.

A receita do sistema foi calculada com base no total de vendas anuais de Baru (Tabela 3.2). Os compradores incluem hotéis, sorveterias, fabricantes de bombons caseiros e docerias, como o *Hotel Maruá*, *Sorveteria Sorvete Assado* e *Bombom do Denis*, todos localizados em Bonito (MS). As vendas das castanhas dependem da demanda local e apresentam preços variados, conforme a condição de venda: torradas, sem casca ou in natura. Essa variação confere sensibilidade ao fluxo de vendas da produtora, exigindo uma análise de risco que considere os fatores mencionados, além da flutuação nas vendas. Assim, é possível avaliar a viabilidade econômico-financeira das vendas em cenários de 20%, 40%, 60% e 100%.

Para determinar o preço do gado, considerou-se o preço da arroba do boi gordo em fevereiro de 2025 no Mato Grosso do Sul. Em 10 de fevereiro de 2025, a cotação do boi gordo em Campo Grande era de R\$ 307,00 por arroba, à vista. Esse valor foi utilizado para calcular o custo total do gado no sistema, multiplicando-se o peso médio das carcaças em arrobas pelo preço vigente.

Tabela 3.2: Produção e Receita Líquida dos Produtos

Produtos	Produção	Venda (R\$/m³)	ICMS	Receita Líquida (R\$/ano)
Castanha (Kg/ano)	30	R\$ 80,00	12%	R\$ 2.112,00
Castanha torrada (Kg/ano)	30	R\$ 100,00	12%	R\$ 2.640,00
Castanha sem casca (Kg/ano)	30	R\$ 120,00	12%	R\$ 3.168,00
Gado (@/ciclo)	91,89	R\$ 307,00	12%	R\$ 24.825,00
Totais		R\$ 607,00		R\$ 32.745,00

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

3.4 RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS

Com base nos dados levantados e nas condições edafoclimáticas da Fazenda Boa Vida, foram propostas recomendações técnicas para a recuperação da pastagem degradada, considerando correção do solo, manejo da pastagem, replantio e infraestrutura necessária para implementação do sistema ILPF.

A implementação dessas recomendações não foi realizada no presente estudo, mas foi analisada como um cenário técnico viável, cujo sucesso dependerá da adesão do produtor e da condução adequada do sistema.

3.4.1 Correção do Solo e Adubação

A primeira recomendação para a recuperação da área consiste na correção da acidez do solo, com aplicação de calcário dolomítico, visando neutralizar o alumínio tóxico e repor cálcio e magnésio, nutrientes essenciais para a produção forrageira e arbórea. A dosagem recomendada deve ser baseada em análise laboratorial do solo, buscando atingir uma saturação por bases entre 60% e 70%.

A aplicação de fertilizantes deve ser feita de forma equilibrada e parcelada, para minimizar perdas por lixiviação e aumentar a absorção dos nutrientes. As recomendações incluem:

- Fósforo: aplicação de superfosfato simples para estimular o desenvolvimento radicular das forrageiras;
- Nitrogênio: fornecimento via uréia, essencial para o crescimento vegetativo e aumento da capacidade de suporte da área;
- Potássio: aplicação para aumentar a resistência das forrageiras à seca e a doenças.

3.4.2 Manejo da Pastagem e Estratégias de Replanto

Para evitar novos processos de degradação e garantir a sustentabilidade do sistema, recomenda-se a adoção do pastejo rotacionado, no qual a área deve ser dividida em piquetes, permitindo que os animais permaneçam por períodos curtos em cada setor e garantindo tempo suficiente para regeneração da pastagem

antes do retorno do gado.

Além disso, sugere-se:

- Manutenção da altura mínima do resíduo da pastagem, prevenindo degradação radicular e assegurando a produtividade do sistema;
- Uso de subsoladores para reduzir a compactação do solo, melhorando a infiltração da água e aeração.

Para otimizar a recuperação do solo e aumentar a produtividade da pastagem, recomenda-se a introdução de espécies forrageiras adaptadas ao sistema ILPF, tais como:

- *Brachiaria brizantha* cv. Marandu: indicada pela resistência à seca e alto potencial produtivo.
- *Panicum maximum* cv. Mombaça: adequado para pastejo rotacionado de alta lotação.
- Leguminosas forrageiras, como feijão guandu e estilosantes: melhoram a qualidade nutricional da forragem e auxiliam na fixação biológica de nitrogênio.

O estabelecimento dessas espécies pode ser realizado por semeadura direta, promovendo rápida ocupação do solo e reduzindo a presença de plantas invasoras.

3.4.3 Infraestrutura e Uso de Maquinário

A implementação dessas recomendações exige a utilização de maquinário adequado para preparo do solo, plantio e manutenção da área. Entre os equipamentos recomendados, destacam-se:

- Grades aradora e niveladora: para incorporação de matéria orgânica e correção da compactação.
- Distribuidores de calcário e adubo: para aplicação uniforme dos corretivos e fertilizantes.
- Subsoladores: para romper camadas compactadas e melhorar a infiltração de água.
- Roçadeiras agrícolas: para controle mecânico de vegetação indesejada e manutenção da pastagem.
- Semeadeiras e plantadeiras: para introdução de novas espécies forrageiras e culturas complementares.

3.4.4 Monitoramento e Ajustes no Sistema

Além das intervenções iniciais, recomenda-se que o sistema seja monitorado continuamente, a fim de permitir ajustes conforme as condições da pastagem e do solo. Dentre os aspectos fundamentais para esse acompanhamento, destacam-se:

- Ajuste da lotação animal no pastejo rotacionado, conforme a capacidade de suporte da área.
- Acompanhamento da fertilidade do solo para otimizar o uso de corretivos e fertilizantes.

- Monitoramento de pragas e doenças, priorizando práticas de controle biológico.
- Reavaliação da composição forrageira, introduzindo novas espécies conforme necessário.

O sucesso dessas estratégias dependerá diretamente da adesão do produtor às recomendações técnicas e do acompanhamento contínuo do sistema ao longo do tempo.

A abordagem metodológica utilizada permitiu a elaboração de um modelo técnico viável para a recuperação da pastagem degradada, considerando as condições edafoclimáticas da Fazenda Boa Vida e os custos médios dos insumos levantados. No entanto, a efetividade das recomendações apresentadas estará condicionada à adesão do produtor, ao acesso a crédito rural e à continuidade do monitoramento do sistema.

3.5 MÉTODOS DE ANÁLISE ECONÔMICA

A avaliação econômica da viabilidade da recuperação de pastagens por meio do sistema ILPF fundamentou-se na aplicação de métodos consagrados de análise de investimentos agropecuários. O estudo comparou as métricas financeiras e o desempenho econômico do ILPF utilizando recursos próprios e simulando a aplicação de 8 tipos distintos de linhas de financiamento disponíveis no mercado atualmente. Permitindo quantificar o retorno do investimento e a viabilidade de longo prazo.

3.5.1 Valor Presente Líquido (VPL)

O primeiro método empregado foi o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL), uma métrica essencial na análise de investimentos, que consiste na soma dos fluxos de caixa ao longo do tempo, descontados a uma taxa de oportunidade que reflete o custo do capital. O VPL é expresso pela seguinte equação:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (3.1)$$

onde:

- VPL = Valor Presente Líquido;
- FC_t = Fluxo de Caixa no período t ;
- r = Taxa de desconto;
- t = Período de tempo;
- I_0 = Investimento inicial.

Um VPL positivo indica que o projeto é economicamente viável, ou seja, o retorno esperado supera o custo do investimento (Souza, 2024; Damian et al., 2021).

3.5.2 Cálculo do Benefício Periódico Equivalente (BPE)

O Benefício Periódico Equivalente (BPE) é um indicador financeiro utilizado na avaliação econômica de projetos, especialmente na agropecuária, para determinar a geração de retorno ao longo do tempo. A análise do BPE permite entender a rentabilidade periódica de um investimento considerando os fluxos de caixa ao longo do período projetado (Gitman; Zutter, 2022).

O cálculo do BPE baseia-se na relação entre o Valor Presente Líquido (VPL) do projeto e o fator de capitalização periódica correspondente ao tempo de análise. A equação matemática utilizada é:

$$BPE = \frac{VPL \times i}{1 - (1 + i)^{-n}} \quad (3.2)$$

onde:

- *BPE* = Benefício Periódico Equivalente (*unidade monetária por período*);
- *VPL* = Valor Presente Líquido (*unidade monetária*);
- *i* = taxa de desconto anual (*expressa em decimal*);
- *n* = número total de períodos.

O BPE representa o fluxo de caixa anualizado, permitindo uma visão clara da viabilidade financeira do projeto. Um BPE positivo indica que o projeto gera retorno suficiente para cobrir os custos, enquanto um BPE negativo pode indicar inviabilidade financeira (Ross et al., 2021).

Para aplicar o cálculo do BPE, é necessário definir três parâmetros essenciais:

1. **Taxa de desconto (*i*)**: deve ser compatível com o custo de oportunidade do capital, podendo ser baseada na taxa SELIC ou em retornos esperados de investimentos similares.
2. **Horizonte temporal (*n*)**: para projetos agropecuários, prazos de 10 a 20 anos são comumente adotados (Zanetti; Souza; Lima, 2021).
3. **Estimativa dos fluxos de caixa**: deve considerar os custos operacionais e receitas futuras esperadas.

A metodologia de cálculo do BPE permite avaliar a viabilidade financeira de projetos agropecuários, especialmente no contexto da recuperação de pastagens e adoção de sistemas produtivos sustentáveis. A correta definição dos parâmetros do cálculo é essencial para obter estimativas confiáveis e orientar decisões de investimento.

3.5.3 Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR)

Além do VPL e BPE, a análise incorporou a Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR), uma alternativa à Taxa Interna de Retorno (TIR) tradicional, que corrige distorções associadas à reinversão de fluxos de caixa a diferentes taxas.

A equação da Taxa Interna de Retorno (TIR) é definida como:

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 \quad (3.3)$$

onde:

- TIR = Taxa Interna de Retorno;
- FC_t = Fluxo de Caixa no período t ;
- t = Período de tempo;
- I_0 = Investimento inicial.

A equação da Margem da Taxa Interna de Retorno (MTIR) é definida como:

$$MTIR = \frac{TIR - r}{r} \times 100 \quad (3.4)$$

onde:

- $MTIR$ = Margem da Taxa Interna de Retorno (em percentual);
- TIR = Taxa Interna de Retorno do projeto;
- r = Taxa de desconto ou custo de capital.

A MTIR permite avaliar a taxa efetiva de retorno do investimento ao longo do tempo, oferecendo uma estimativa mais precisa da atratividade econômica do projeto (Oliveira Silva et al., 2017; Kimura, 2016). Esse método é especialmente relevante para o setor agropecuário, em que as receitas são influenciadas por sazonalidades e flutuações de preços.

Os cálculos foram realizados utilizando o software Excel, ferramenta amplamente empregada em modelagem financeira e análise de dados. A modelagem baseou-se em séries históricas de preços de insumos e produtos agropecuários, considerando informações obtidas do Cepea/Esalq-USP e do IBGE. A inclusão desses dados permitiu ajustar os modelos de fluxo de caixa de forma realista, refletindo as condições de mercado enfrentadas pelos produtores que adotam o ILPF.

A combinação dessas métricas possibilita uma avaliação aprofundada da viabilidade econômica da recuperação de pastagens, considerando tanto os benefícios financeiros diretos quanto os efeitos de longo prazo sobre a produtividade e a sustentabilidade do sistema. Essa abordagem metodológica visa fornecer subsídios concretos para a tomada de decisão por produtores rurais, formuladores de políticas públicas e instituições financeiras interessadas na expansão do ILPF como estratégia para a recuperação de áreas degradadas e o aumento da eficiência agropecuária no Brasil.

3.5.4 Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade foi aplicada para avaliar o impacto das variações nos principais parâmetros econômicos do sistema ILPF sobre sua rentabilidade. O objetivo foi identificar como mudanças no preço da arroba do boi, nos custos dos insumos agrícolas e na produtividade afetam os resultados financeiros do investimento em recuperação de pastagens.

A análise de sensibilidade foi conduzida com o objetivo de avaliar a influência das variações nos preços do gado e do baru sobre a viabilidade econômica do sistema produtivo. Essa abordagem metodológica permite identificar como oscilações nos preços impactam o Valor Presente Líquido (VPL), fornecendo informações essenciais para a tomada de decisão sobre a resiliência financeira da atividade.

Para a realização dessa análise, foram definidas variações percentuais nos preços do gado e do baru, abrangendo um intervalo de -20% a +20%, com incrementos de 5%. Essa faixa foi escolhida com base em flutuações históricas observadas no mercado agropecuário e na literatura sobre precificação de produtos agropecuários. Em cada cenário simulado, os fluxos de caixa foram recalculados, considerando os impactos diretos dessas oscilações na receita e nos custos do sistema produtivo.

Os cálculos foram realizados utilizando uma planilha eletrônica, na qual as fórmulas foram configuradas para projetar os fluxos de caixa ao longo do horizonte de análise. O VPL foi recalculado para cada variação de preço, aplicando-se uma taxa de desconto previamente definida. Essa taxa reflete o custo de oportunidade do capital investido, garantindo que as análises considerem o valor temporal do dinheiro.

Além da variação de preços, foi realizada uma análise de sensibilidade dos custos de produção, avaliando o impacto de mudanças nos custos de insumos associados à criação de gado e ao cultivo do baru. Para isso, foram estabelecidas variações nos custos de produção dentro do mesmo intervalo de -20% a +20%, possibilitando uma avaliação comparativa entre os efeitos das oscilações de receita e de custo sobre a rentabilidade do sistema.

Os dados foram organizados em tabelas para facilitar a interpretação dos valores recalculados, e gráficos foram gerados para representar visualmente a relação entre a variação dos preços/custos e o desempenho econômico do sistema. Dessa forma, a metodologia adotada permite uma compreensão clara do comportamento do VPL diante de diferentes cenários de mercado, possibilitando a avaliação da robustez financeira da recuperação de pastagens dentro do contexto analisado.

A análise de sensibilidade é um método amplamente utilizado na avaliação de investimentos agropecuários, sendo recomendado por estudos como os de Silva, Souza e Pereira (2024) e Damian et al. (2019), que destacam a importância de testar diferentes condições de mercado para garantir a viabilidade econômica de sistemas produtivos sustentáveis. Além disso, essa abordagem permite que produtores e formuladores de políticas tenham uma visão clara dos riscos e das oportunidades envolvidas na recuperação de pastagens degradadas.

3.5.5 Payback e Tempo de Retorno do Investimento

O período necessário para a recuperação do capital investido na recuperação de pastagens via Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) foi estimado utilizando o método do *payback* simples, que identifica

o tempo necessário para que o fluxo de caixa acumulado iguale o investimento inicial. Esse indicador é amplamente empregado na análise de viabilidade de investimentos agropecuários, especialmente em cenários sujeitos a elevada incerteza de mercado, permitindo avaliar a rapidez com que o retorno financeiro ocorre (Oliveira Silva et al., 2017).

A equação utilizada para o cálculo do *payback* é expressa como:

$$\text{Payback} = \frac{I_0}{FC_m} \quad (3.5)$$

onde:

- Payback = Tempo necessário para recuperar o investimento;
- I_0 = Investimento inicial;
- FC_m = Fluxo de caixa médio anual.

O cálculo foi realizado considerando o fluxo de caixa projetado para o sistema produtivo ao longo do horizonte de análise. Dessa forma, o *payback* permite compreender a dinâmica de recuperação financeira do investimento, sendo uma métrica complementar à análise de viabilidade financeira baseada no Valor Presente Líquido (VPL) e na Taxa Interna de Retorno (TIR).

3.5.6 Análise Custo-Benefício

A análise custo-benefício (B/C) foi aplicada para avaliar a viabilidade econômica da recuperação de pastagens via Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Esse método permite comparar os custos totais envolvidos na implementação e manutenção do sistema com os benefícios econômicos gerados ao longo do tempo. A análise B/C é amplamente utilizada em estudos agropecuários para subsidiar a tomada de decisão, considerando não apenas os retornos financeiros diretos, mas também os impactos produtivos e ambientais da intervenção (Oliveira Silva et al., 2017).

A razão custo-benefício (*Benefit-Cost Ratio - BCR*) foi determinada conforme a seguinte equação:

$$BCR = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}} \quad (3.6)$$

onde:

- BCR = Razão custo-benefício;
- B_t = Benefícios líquidos no período t ;
- C_t = Custos incorridos no período t ;
- r = Taxa de desconto adotada;

- t = Período de análise (anos);
- n = Horizonte de planejamento.

A análise foi conduzida com base em dados primários coletados em campo e complementada com informações secundárias provenientes de estudos de caso e bases de dados econômicos. Os custos considerados incluíram investimentos iniciais na recuperação da pastagem, aquisição de insumos, custos operacionais anuais e manutenção do sistema ILPF. Os benefícios foram estimados com base na receita gerada pela produção pecuária e agrícola, bem como na valorização da terra decorrente da melhoria da produtividade.

Para garantir uma avaliação robusta, foram testados diferentes cenários de preços e produtividade, considerando variações nos custos de insumos e nos preços de venda da produção. A taxa de desconto utilizada foi definida com base na taxa mínima de atratividade do setor agropecuário, garantindo compatibilidade com estudos de viabilidade econômica de sistemas de produção sustentáveis.

Os resultados da razão custo-benefício foram interpretados da seguinte forma:

- $BCR > 1$: O projeto é economicamente viável, pois os benefícios superam os custos;
- $BCR = 1$: O projeto atinge o ponto de equilíbrio, sem lucro ou prejuízo;
- $BCR < 1$: O projeto não é viável economicamente, pois os custos superam os benefícios.

Por fim, a B/C foi complementada com indicadores adicionais de viabilidade, como o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), para proporcionar uma visão abrangente da atratividade do investimento.

3.5.7 Análise de Inclusão e Sensibilidade do Pró-Labore

A análise de sensibilidade para definição do pró-labore foi conduzida com o objetivo de avaliar o impacto dessa variável na viabilidade financeira do projeto. O pró-labore representa a remuneração do empreendedor ou dos responsáveis pela condução das atividades do empreendimento e, portanto, influencia diretamente os indicadores econômicos do investimento.

A análise foi estruturada para compreender o efeito da variação do pró-labore sobre o *Valor Presente Líquido (VPL)* e o *Payback* (tempo de retorno do investimento). Para isso, diferentes cenários foram simulados, variando o valor do pró-labore de R\$ 0,00 a R\$ 35.000,00. Os impactos dessa variação foram analisados por meio dos seguintes passos:

1. **Definição do Intervalo de Variação:** Foram considerados 11 níveis de pró-labore, variando de R\$ 0,00 a R\$ 35.000,00, com incrementos de R\$ 5.000,00 nos valores superiores a R\$ 5.000,00.
2. **Cálculo do VPL para cada cenário:** O VPL foi calculado descontando os fluxos de caixa futuros à taxa mínima de atratividade do investimento, considerando o pró-labore como um custo fixo que reduz a margem líquida do projeto.

3. **Determinação do *Payback*:** O *Payback* foi calculado como o tempo necessário para que os fluxos de caixa acumulados compensassem o investimento inicial. Conforme a variação do pró-labore, o tempo de retorno do investimento foi alterado, e em cenários onde o fluxo de caixa se tornou negativo, o *Payback* se tornou negativo (indicando inviabilidade financeira).
4. **Visualização Gráfica dos Resultados:** Foram gerados gráficos que ilustram a relação entre o pró-labore e os principais indicadores financeiros. O primeiro gráfico compara a viabilidade financeira considerando cenários com e sem pró-labore, mostrando a redução do VPL e do Benefício Periódico Equivalente (BPE), além da variação da Taxa Interna de Retorno (TIR) e da Modificada (MTIR). O segundo gráfico apresenta a análise de sensibilidade, evidenciando a relação linear entre o pró-labore e o VPL, bem como o efeito negativo no tempo de retorno do investimento.

A análise de sensibilidade é uma técnica essencial para a tomada de decisão, pois permite avaliar como variações em fatores-chave, como o pró-labore, impactam a viabilidade econômica do projeto.

Essa abordagem fornece subsídios para a definição de um pró-labore adequado, garantindo a viabilidade do projeto e permitindo um equilíbrio entre remuneração dos responsáveis e sustentabilidade financeira do investimento.

4 ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

A presente seção apresenta os resultados da análise econômica do sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) aplicado à recuperação de pastagens degradadas na Fazenda Boa Vida, em Bonito/MS. A análise foi realizada com base nos dados fornecidos, contemplando indicadores financeiros como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR), *Payback*, Análise de Sensibilidade, Benefício/Custo (B/C) e outros fatores que influenciam a viabilidade econômica do projeto.

A adoção do ILPF tem sido apontada como uma alternativa sustentável para recuperar áreas degradadas, combinando a produção agropecuária com benefícios ambientais e maior eficiência econômica. No presente estudo, o modelo de ILPF proposto inclui o plantio de Baru (*Dipteryx alata*), culturas associadas e criação de gado, permitindo um uso mais eficiente da terra e diversificação das fontes de receita. Dessa forma, os resultados analisados buscam demonstrar a viabilidade financeira e a resiliência econômica do sistema, considerando diferentes cenários de custos e receitas.

A avaliação econômica foi estruturada em etapas, começando com a análise do Valor Presente Líquido (VPL), que indica a rentabilidade do projeto ao longo dos anos. Em seguida, foi calculada a Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR), permitindo verificar o desempenho do investimento em relação à taxa de desconto adotada. O *Payback* foi utilizado para estimar o tempo necessário para a recuperação do capital investido. Além disso, foi aplicada uma análise de sensibilidade, na qual foram testadas variações nos preços da arroba do gado, do Baru e custos de insumos, permitindo verificar os impactos dessas alterações nos indicadores financeiros. Finalmente, foi calculado o índice Benefício/Custo (B/C), que auxilia na determinação da atratividade do investimento.

A metodologia adotada buscou garantir que os cálculos fossem realizados de forma realista, considerando dados históricos, projeções de mercado e premissas baseadas em estudos anteriores. Como se trata de um modelo de produção integrada, as receitas foram calculadas com base tanto na produção pecuária quanto na comercialização da castanha de Baru, garantindo uma visão ampla da sustentabilidade econômica do sistema.

A seguir, cada um dos indicadores econômicos será detalhado, permitindo uma análise mais aprofundada sobre a rentabilidade, riscos e potencial de retorno do ILPF aplicado à recuperação de pastagens degradadas.

4.1 PREMISSAS E PARÂMETROS

4.1.1 Análise da Área de Plantio e Capacidade de Produção Pecuária

A presente análise visa compreender a interação entre o sistema agroflorestal implantado e a capacidade de suporte da pecuária na área disponível. Os dados foram organizados em tabelas, permitindo uma visão estruturada dos elementos-chave do sistema, incluindo a área de plantio, lotação animal, parâmetros de crescimento e produção, além dos insumos necessários para a manutenção do sistema.

4.1.1.1 Área de Plantio e Espaço Disponível para a Pecuária

A área total da propriedade destinada ao estudo compreende 2 hectares (20.000 m²), dos quais 16.200 m² foram alocados para o cultivo do Baruzeiro (*Dipteryx alata*) em dois arranjos espaciais distintos, com espaçamentos de 10 x 6 m e 8 x 3 m. Como resultado, restaram 3.800 m² disponíveis para a criação de bovinos (Tabela 4.1). A implantação do sistema foi projetada considerando a possibilidade de aproveitamento das entrelinhas para a pecuária, maximizando o uso da área produtiva.

Tabela 4.1: Distribuição da área entre plantio e pecuária

Parâmetro	Valor
Espaçamento 1ª área	10x6m
Número de linhas	10
Número de mudas por linha	23
Área total ocupada pelo plantio (1ª área)	11.880 m ²
Espaçamento 2ª área	8x3m
Número de linhas	13
Número de mudas por linha	16
Área total ocupada pelo plantio (2ª área)	4.320 m ²
Área total plantada	16.200 m ²
Área disponível para gado	3.800 m ²

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

4.1.1.2 Capacidade de Suporte Animal e Lotação Pecuária

Com base na área disponível para a pecuária, foi possível calcular a capacidade de suporte animal utilizando o conceito de Unidade Animal (UA), que considera um animal adulto de 450 kg como referência. A área disponível de 0,38 ha permite uma taxa de lotação de 6 UA/ha, o que possibilita a manutenção de aproximadamente 2,28 UA no sistema, equivalente a três cabeças de gado com peso médio de 350 kg (Tabela 4.2).

Tabela 4.2: Capacidade de suporte e lotação animal

Parâmetro	Valor
Unidade Animal (UA)	450 kg
Área disponível em hectares	0,38 ha
Taxa de lotação média	6 UA/ha
Número total de UA disponíveis	2,28
Número de cabeças de gado (350 kg)	3 cabeças

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

4.1.1.3 Ganho de Peso e Parâmetros Zootécnicos

Para avaliar a produtividade do sistema, considerou-se um bezerro desmamado com peso inicial de **180 kg**, o qual passa por um período de engorda de **22 meses** até atingir o peso final de **851 kg**. O ganho médio diário (**GMD**) estimado foi de **1 kg/dia**, resultando em uma carcaça com **459,5 kg**, considerando um rendimento médio de **54%** (Tabela 4.3).

Tabela 4.3: Ganho de peso e rendimento da carcaça

Parâmetro	Valor
Peso inicial (8 meses)	180 kg
Ganho médio diário (GMD)	1 kg/dia
Período de engorda	22 meses
Peso final ao abate	851 kg
Rendimento da carcaça	54%
Peso da carcaça	459,5 kg

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

4.1.1.4 Produção de Arrobas e Receita Estimada

A produtividade do sistema é avaliada pela quantidade de arrobas produzidas por animal e pela receita bruta obtida na venda dos animais. Considerando o peso médio da carcaça (459,5 kg), a produção por cabeça é de 30,63 arrobas. Com um preço de mercado estimado em R\$ 307,00 por arroba, a receita bruta por cabeça é de R\$ 9.403,41. Como o ciclo produtivo dura 22 meses, a receita anual proporcional é de R\$ 5.130,58 por cabeça e R\$ 15.391,74 para três cabeças (Tabela 4.4).

Tabela 4.4: Produção de arrobas e receita anual

Parâmetro	Valor
Preço da arroba (15 kg)	R\$ 307,00
Peso em arrobas (por cabeça)	30,63
Receita por cabeça	R\$ 9.403,41
Receita total por ciclo (22 meses)	R\$ 27.121,02
Número de ciclos (20 anos)	9 ciclos completos
Receita anual por cabeça	R\$ 5.130,58
Receita total anual (3 cabeças)	R\$ 15.391,74
Arrobas totais por ano (3 cabeças)	50,13 arrobas

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

4.1.1.5 Consumo de Insumos: Sal Mineral e Alimentação

O suprimento adequado de nutrientes minerais é essencial para a manutenção do ganho de peso e do desempenho zootécnico dos bovinos. O consumo médio diário estimado de sal mineral por animal é de 80 g, totalizando 87,6 kg/ano para três cabeças de gado. Para simplificação logística, recomenda-se considerar

90 kg/ano para o fornecimento contínuo (Tabela 4.5).

Tabela 4.5: Consumo anual de sal mineral

Parâmetro	Valor
Número de animais	3 cabeças
Consumo diário médio por animal	80 g/dia
Consumo anual total (3 cabeças)	87,6 kg/ano
Quantidade considerada	90 kg/ano

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Além da suplementação mineral, a dieta dos bovinos foi estruturada com 70% de volumoso (capiapu) e 30% de concentrado (milho e quirela). O consumo total anual de matéria seca (MS) foi estimado em 9,6 toneladas, sendo 6.720 kg de capiapu, 1.440 kg de milho e 1.440 kg de quirela (Tabela 4.6).

Tabela 4.6: Consumo anual de matéria seca e distribuição da dieta

Parâmetro	Valor
Peso médio dos animais na recria	350 kg
Consumo médio de matéria seca (MS)	2,5% do PV/dia
Consumo total anual de MS	9,6 toneladas
Dieta volumoso (capim-açu)	70%
Dieta concentrado (milho e quirela)	30%
Consumo anual de capim-açu	6.720 kg MS
Consumo anual de milho	1.440 kg MS
Consumo anual de quirela	1.440 kg MS

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

4.1.2 Comparação das Linhas de Crédito Disponíveis

O acesso ao crédito rural é um fator determinante para a viabilidade econômica da agricultura familiar, especialmente para pequenos produtores que buscam financiar práticas sustentáveis e a diversificação produtiva. No Brasil, diversas linhas de crédito são oferecidas para atender às diferentes necessidades dos agricultores, variando em valores máximos, prazos de pagamento, carência e taxas de juros. A análise das linhas de crédito disponíveis é essencial para que o produtor tome decisões informadas e escolha a modalidade mais compatível com seu perfil e sua capacidade de pagamento.

No presente estudo, considerou-se o caso de uma pequena produtora assentada, cuja propriedade possui 18 hectares totais, com necessidade de financiamento para 2 hectares destinados a práticas agroecológicas, recuperação de pastagens e sistemas sustentáveis, com um investimento estimado em R\$ 350 mil. Para atender a esse perfil, foram analisadas linhas de crédito voltadas à agricultura familiar, investimentos sustentáveis e recuperação ambiental, priorizando aquelas com juros reduzidos, prazos adequados e valores compatíveis com a demanda da produtora.

Dentre as linhas analisadas, os programas do Pronaf (Programa Nacional de Fortalecimento da Agri-

cultura Familiar) se destacam, pois foram criados especificamente para agricultores familiares e oferecem condições diferenciadas. O Pronaf Agroecologia foi incluído por ser destinado à implementação de sistemas produtivos sustentáveis, permitindo financiamento de até R\$ 250 mil, com taxa de juros reduzida de 3% ao ano e prazo de 10 anos, incluindo 3 anos de carência. Da mesma forma, o Pronaf Mulher se mostra uma alternativa viável para a produtora, pois também financia até R\$ 250 mil, mas com uma taxa de 8% ao ano, o que pode impactar a viabilidade financeira do projeto no longo prazo.

Como o valor necessário ultrapassa o limite individual de algumas dessas opções, o Pronaf Agroindústria Investimento, que financia até R\$ 210 mil, foi incluído como uma alternativa complementar, uma vez que permite o financiamento de equipamentos e infraestrutura para processamento de produtos agropecuários. Para projetos que envolvem recuperação ambiental e agropecuária sustentável, o Programa ABC Ambiental também foi considerado, visto que permite um financiamento superior (até R\$ 2 milhões), com taxa de juros de 6% ao ano e carência de 8 anos, sendo uma alternativa viável para financiamentos de longo prazo com impactos ambientais positivos.

Adicionalmente, o Pronamp Investimento foi analisado por permitir financiamentos de até R\$ 600 mil, com taxa de 6% ao ano e prazo de 8 anos, podendo ser uma opção para complementar os recursos necessários. O Pronaf Eco, voltado a práticas sustentáveis, também se apresenta como alternativa, com limite de R\$ 165 mil, juros reduzidos de 3% ao ano e prazo de 10 anos.

A análise dessas linhas de crédito permite avaliar a melhor combinação de financiamentos para pequenos produtores, garantindo o acesso a recursos que viabilizem a transição agroecológica e a diversificação produtiva da propriedade. A escolha de linhas com prazos estendidos e taxas reduzidas é fundamental para assegurar a sustentabilidade financeira do empreendimento, minimizando os riscos de endividamento e garantindo o retorno esperado sobre o investimento. A Tabela 4.7 apresenta um comparativo detalhado das linhas de crédito analisadas, destacando seus principais parâmetros.

Tabela 4.7: Parâmetros das linhas de crédito analisadas

Linha de Crédito	Valor Máximo	Parcelas	Carência (anos)	Prazo (anos)	Juros (%)
Pronaf Floresta	R\$ 100.000,00	R\$ 20.310,87	12	20	3%
Pronaf Agroecologia	R\$ 250.000,00	R\$ 43.847,41	3	10	3%
Pronaf Mulher	R\$ 250.000,00	R\$ 60.488,98	3	10	8%
Pronaf Agroindústria Investimento	R\$ 210.000,00	R\$ 36.831,82	3	10	3%
Pronamp Investimento	R\$ 600.000,00	R\$ 78.587,50	2	8	6%
Programa ABC Ambiental	R\$ 2.000.000,00	R\$ 150.585,68	8	12	6%
Pronamp	R\$ 430.000,00	R\$ 94.573,87	3	8	6%
Pronaf Eco	R\$ 165.000,00	R\$ 28.939,29	3	10	3%

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

4.2 ANÁLISE DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL) PARA DIFERENTES LINHAS DE CRÉDITO

A análise do Valor Presente Líquido (VPL) é um dos principais instrumentos financeiros utilizados para avaliar a viabilidade econômica de investimentos agropecuários, permitindo comparar diferentes opções de financiamento considerando os fluxos de caixa projetados ao longo do tempo. No presente estudo, adotou-se uma taxa de desconto de 8% ao ano, representando uma estimativa conservadora do custo de oportunidade para investimentos no setor agropecuário. Além disso, foi considerada uma estratégia de gestão financeira na qual o financiamento foi tomado integralmente no ano 0 e investido em renda fixa, utilizando um título do Tesouro Direto pré-fixado 2032, com taxa de 14,83% ao ano (cotação em 03/02/2025). Dessa forma, os rendimentos desse investimento foram utilizados para subsidiar os custos anuais da atividade, separando o fluxo de caixa da aplicação financeira do fluxo de caixa operacional da atividade agropecuária.

O gráfico a seguir (Figura 4.1) apresenta a comparação do VPL para cada linha de crédito analisada, evidenciando diferenças significativas entre as alternativas disponíveis. Como demonstrado na Tabela 1, a linha de financiamento que resultou no maior VPL foi o Programa ABC Ambiental, atingindo R\$ 97.462,41. Esse resultado sugere que as condições diferenciadas dessa linha, incluindo prazos mais longos, taxas de juros reduzidas e possibilidade de aplicação inicial do capital, favorecem a rentabilidade do investimento. Em seguida, o Pronamp Investimento apresentou um VPL de R\$ 69.410,33, demonstrando-se como uma alternativa viável para produtores de médio porte. O Pronaf Agroecologia (R\$ 59.414,78) e o Pronaf Floresta (R\$ 49.195,32) também se mostraram vantajosos para projetos agroecológicos e de recuperação florestal, destacando-se como boas opções para sistemas produtivos sustentáveis.

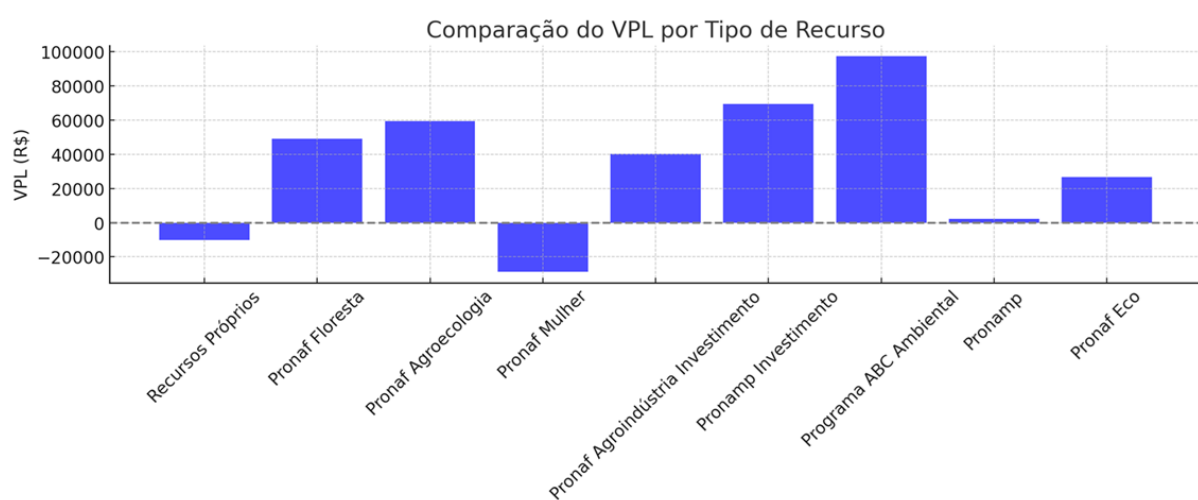


Figura 4.1: Comparação do VPL por Tipo de Recurso

Entretanto, algumas opções de financiamento resultaram em VPL negativo, indicando que, sob as condições analisadas, essas linhas não seriam economicamente viáveis no período avaliado. O Pronaf Mulher, por exemplo, apresentou um VPL de -R\$ 28.804,09, sendo a linha de menor desempenho na análise. Esse resultado pode ser atribuído não apenas às taxas de juros mais elevadas, mas também à curta carência e ao prazo de pagamento reduzido, que resultam em uma maior exigência de desembolso financeiro no início da operação. Da mesma forma, o uso de Recursos Próprios, sem acesso a crédito subsidiado, resultou em

um VPL de -R\$ 10.029,54, reforçando a importância de uma estratégia financeira adequada para garantir o retorno sobre o investimento.

A separação entre o fluxo de caixa do investimento financeiro e o fluxo de caixa operacional da atividade agropecuária permitiu que os custos fossem parcialmente subsidiados pelos rendimentos do título público ao longo do período analisado. No entanto, mesmo sob essa estratégia, a combinação de taxa de juros elevada, período de carência reduzido e prazo curto para pagamento impactou negativamente o VPL de algumas modalidades de crédito. Isso indica que, além da taxa de juros, o tempo disponível para quitação do financiamento pode influenciar diretamente a viabilidade do projeto, uma vez que prazos mais curtos exigem pagamentos mais elevados nos primeiros anos, dificultando o equilíbrio financeiro da atividade.

Dessa forma, os resultados reforçam a importância da seleção estratégica da linha de crédito, levando em consideração não apenas a taxa de juros, mas também o período de carência e o prazo total de pagamento. Linhas como o Programa ABC Ambiental e o Pronamp Investimento se destacaram por permitir uma estrutura de financiamento mais flexível, que possibilita maior previsibilidade financeira e retorno positivo ao longo do tempo. Já opções como Pronaf Mulher e Recursos Próprios exigem um planejamento financeiro mais rigoroso para evitar impactos negativos no fluxo de caixa da atividade. A adoção de estratégias financeiras que maximizem o uso eficiente dos recursos captados, aliadas à escolha de linhas de crédito mais vantajosas, pode garantir a sustentabilidade econômica do projeto e a mitigação de riscos financeiros no longo prazo.

4.2.1 Contribuição das diferentes atividades para o VPL

A análise detalhada dos componentes do fluxo de caixa demonstra que as principais fontes de receita do sistema ILPF na Fazenda Boa Vida são:

- **Venda de gado:** Como a pecuária possui um ciclo de comercialização mais curto, os retornos começam a ser percebidos já nos primeiros anos do projeto. O gado é vendido a cada 22 meses, o que garante um fluxo de caixa constante e previsível.
- **Venda da castanha de Baru:** Diferentemente da pecuária, as árvores de Baru levam alguns anos para entrar em produção. O primeiro retorno financeiro significativo ocorre a partir do terceiro ou quarto ano, quando a colheita se torna viável. O mercado do Baru é promissor, com preços que variam entre R\$ 80 e R\$ 130 por quilo, agregando valor ao sistema no longo prazo.

Dessa forma, a combinação da pecuária com a produção florestal confere diversificação de receitas, reduzindo a dependência de um único produto e proporcionando maior resiliência econômica.

4.2.2 Impacto da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) no Valor Presente Líquido (VPL)

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) é um fator determinante na avaliação da viabilidade financeira de projetos agropecuários, pois influencia diretamente a valorização dos fluxos de caixa futuros. Esse comportamento foi observado em estudos anteriores (Ponciano et al., 2004), que demonstraram que taxas de desconto elevadas reduzem a viabilidade econômica de culturas perenes. No presente estudo, analisou-se

o impacto de três cenários de TMA (6%, 8% e 10% ao ano) sobre o Valor Presente Líquido (VPL) de diferentes linhas de crédito (Tabela 4.8)

Tabela 4.8: Impacto da TMA no VPL

Linha de Crédito	6% (R\$)	8% (R\$)	10% (R\$)
Programa ABC Ambiental	119.819,92	97.462,41	79.339,73
Pronamp Investimento	81.514,98	69.410,33	59.012,93
Pronaf Agroecologia	71.293,75	59.414,78	49.406,81
Pronaf Floresta	58.054,16	49.195,32	41.335,50
Pronaf Agroindústria Investimento	48.061,53	40.143,44	33.366,13
Pronaf Eco	33.081,56	26.821,12	21.673,01
Pronamp	5.662,56	2.204,72	-722,13
Recursos Próprios	1.310,07	-10.029,54	-8.456,38
Pronaf Mulher	-30.771,24	-28.804,09	-27.199,60

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Os resultados demonstram que o aumento da TMA reduz significativamente o VPL em todas as linhas de crédito analisadas, uma vez que taxas de desconto mais elevadas diminuem a valorização dos retornos futuros. No cenário de 6% ao ano, o Programa ABC Ambiental apresentou o maior VPL (R\$ 119.819,92), seguido do Pronamp Investimento (R\$ 81.514,98) e do Pronaf Agroecologia (R\$ 71.293,75). Entretanto, com o aumento da TMA para 8%, os valores diminuem para R\$ 97.462,41, R\$ 69.410,33 e R\$ 59.414,78, respectivamente, evidenciando o efeito da taxa de desconto sobre a viabilidade dos projetos.

Quando a TMA atinge 10% ao ano, a redução no VPL é ainda mais expressiva, sendo que o Pronamp passa a apresentar VPL negativo (-R\$ 722,13), indicando que, sob essa taxa, o financiamento deixa de ser economicamente atrativo. O mesmo ocorre com Recursos Próprios, que já apresentava VPL negativo a partir de 8% (-R\$ 10.029,54) e continua nessa condição em 10% (-R\$ 8.456,38). O Pronaf Mulher, por sua vez, manteve-se inviável em todos os cenários analisados (-R\$ 30.771,24 a -R\$ 27.199,60).

4.2.2.1 Influência da Estrutura de Financiamento no VPL

Além da taxa de desconto, o desempenho negativo de algumas linhas de crédito também pode ser atribuído a fatores como curta carência, prazos reduzidos para pagamento e taxas de juros elevadas. Financiamentos que exigem pagamentos antecipados ou possuem tempo de amortização reduzido demandam desembolsos mais altos nos primeiros anos, impactando negativamente o fluxo de caixa e, consequentemente, o VPL.

O Pronaf Mulher e os Recursos Próprios exemplificam esse efeito, apresentando VPL negativo mesmo em cenários de baixa TMA, sugerindo que não apenas o custo do capital, mas também a estrutura de financiamento afeta a viabilidade econômica do projeto. Por outro lado, linhas como o Programa ABC Ambiental e o Pronamp Investimento mantiveram VPL positivo em todos os cenários, demonstrando maior resiliência financeira.

Dessa forma, a análise reforça a importância da seleção estratégica da linha de crédito, considerando não apenas a taxa de desconto, mas também as condições de pagamento, a carência e o prazo de financiamento. A

adoção de programas com prazos mais longos e taxas de juros reduzidas pode garantir maior previsibilidade financeira e sustentabilidade econômica para o projeto no longo prazo.

4.3 BENEFÍCIO PERIÓDICO EQUIVALENTE (BPE)

A avaliação do Benefício Periódico Equivalente (BPE) é essencial para compreender a capacidade das linhas de crédito em gerar saldo positivo após a dedução dos encargos financeiros. Esse indicador permite uma análise complementar à TIR e ao VPL, oferecendo uma visão mais refinada sobre a viabilidade econômica dos financiamentos. Programas com BPE positivo demonstram maior eficiência na conversão dos recursos financeiros em benefícios líquidos para o produtor, enquanto valores negativos indicam que os custos financeiros superam os ganhos, comprometendo a sustentabilidade do investimento.

O gráfico a seguir (Figura 4.2) apresenta a distribuição dos valores de BPE entre as diferentes linhas de financiamento analisadas, destacando aquelas que proporcionam os melhores retornos líquidos em relação aos encargos.

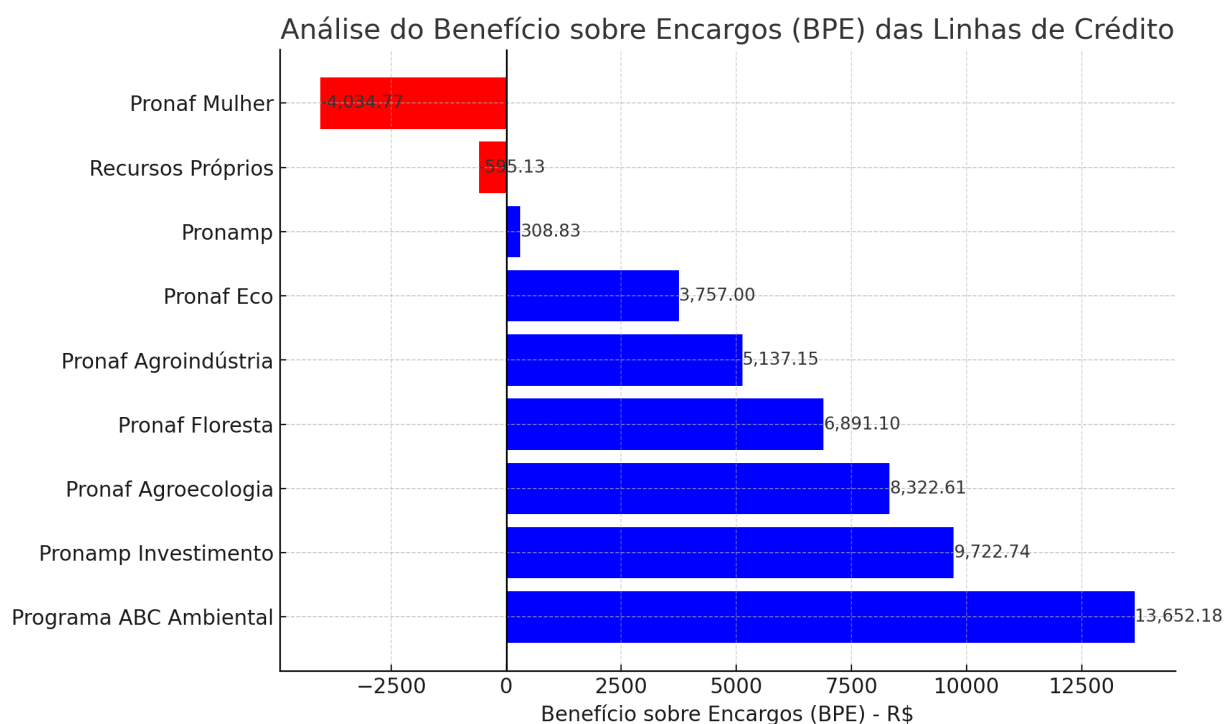


Figura 4.2: Análise do BPE das Linhas De Crédito

Os resultados mostram variações expressivas no BPE, indo de valores positivos, como no Programa ABC Ambiental (R\$ 13.652,18), até negativos, como no Pronaf Mulher (R\$ -4.034,77). Em linhas de crédito com BPE negativo, a remuneração após os encargos é insuficiente para cobrir os custos, sugerindo menor viabilidade econômica no cenário considerado.

O Programa ABC Ambiental, com BPE de R\$ 13.652,18, apresenta o melhor desempenho entre as opções avaliadas. Esse valor indica que, mesmo após arcar com os custos financeiros, o programa ainda

gera um benefício líquido favorável, evidenciando a capacidade de oferecer saldo positivo ao produtor. Em segundo lugar, o Pronamp Investimento (R\$ 9.722,74) e o Pronaf Agroecologia (R\$ 8.322,61) mantêm resultados significativos, sugerindo que, em ambos os casos, a relação entre ganhos e encargos é suficientemente alta para garantir rentabilidade ao investidor. Estudos de Almeida, Fonseca e Ribeiro (2020), apontam que programas de crédito com taxas de juros competitivas e prazos adequados tendem a elevar o BPE, pois reduzem a pressão sobre o fluxo de caixa do produtor.

O Pronaf Floresta (R\$ 6.891,10) e o Pronaf Agroindústria Investimento (R\$ 5.137,15) também apresentam BPE positivo, mas em patamar inferior, o que sugere que, embora sejam viáveis, seus ganhos líquidos após encargos não são tão robustos quanto os das linhas anteriores. A diferença pode ser atribuída a fatores como prazos mais curtos ou custos adicionais específicos, como a necessidade de investimento em infraestrutura florestal ou em processos industriais. (Ferreira; Costa; Nascimento, 2019), destacam que programas de crédito direcionados a segmentos produtivos específicos requerem maior cautela na análise de custos, já que a especialização pode aumentar despesas operacionais.

O Pronaf Eco (R\$ 3.757,00) e o Pronamp (R\$ 308,83) figuram entre as linhas de menor BPE positivo, evidenciando que os ganhos líquidos, embora positivos, são bastante modestos em relação aos encargos financeiros. Esse cenário implica maior sensibilidade a variações de mercado ou a custos adicionais, podendo comprometer a liquidez do produtor em caso de oscilações nos preços ou na produtividade. Souza, Almeida e Carvalho (2021) enfatizam a importância de programas de crédito que ofereçam condições flexíveis de pagamento, de modo a absorver possíveis flutuações na renda agrícola.

Por fim, tanto os Recursos Próprios (R\$ -595,13) quanto o Pronaf Mulher (R\$ -4.034,77) exibem BPE negativo, sinalizando que o benefício gerado não cobre os encargos financeiros. Nesse caso, o produtor não apenas deixa de obter retorno sobre o investimento, mas ainda enfrenta um déficit que pode inviabilizar a continuidade do projeto. Silva e Moraes (2018), ressaltam que a adoção de boas práticas de manejo e a diversificação de receitas podem amenizar o risco de resultados negativos em linhas de crédito mais vulneráveis, mas, se os encargos forem demasiadamente elevados em relação aos ganhos, o BPE tende a se manter desfavorável.

Em síntese, a análise do BPE reforça a necessidade de alinhar custos financeiros, prazos de pagamento e estratégias de produção, de forma a maximizar o saldo líquido após os encargos. Programas com BPE elevado, como o Programa ABC Ambiental, Pronamp Investimento e Pronaf Agroecologia, destacam-se por oferecer maior margem de segurança ao produtor, enquanto linhas de crédito com BPE baixo ou negativo exigem planejamento financeiro ainda mais criterioso, a fim de evitar déficits que comprometam a sustentabilidade do investimento.

4.4 TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR) E TAXA INTERNA DE RETORNO MODIFICADA (MTIR)

A análise da Taxa Interna de Retorno (TIR) e da Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR) permite avaliar a viabilidade econômica das linhas de crédito para a recuperação de pastagens em sistemas ILPF. Enquanto a TIR indica o retorno bruto do investimento, sem considerar os custos do financiamento, a MTIR

ajusta esse valor ao descontar encargos financeiros, refletindo o ganho líquido efetivo.

4.4.1 Análise Comparativa da TIR

A Taxa Interna de Retorno (TIR) mede a capacidade do investimento em gerar retorno ao longo do tempo, sem considerar os custos de financiamento. Quanto maior a TIR, mais rentável o projeto em termos percentuais. No entanto, esse indicador não leva em conta as taxas de juros e encargos financeiros, podendo superestimar a atratividade econômica de certos financiamentos.

O gráfico abaixo (Figura 4.3) apresenta a comparação da TIR das diferentes linhas de crédito analisadas:

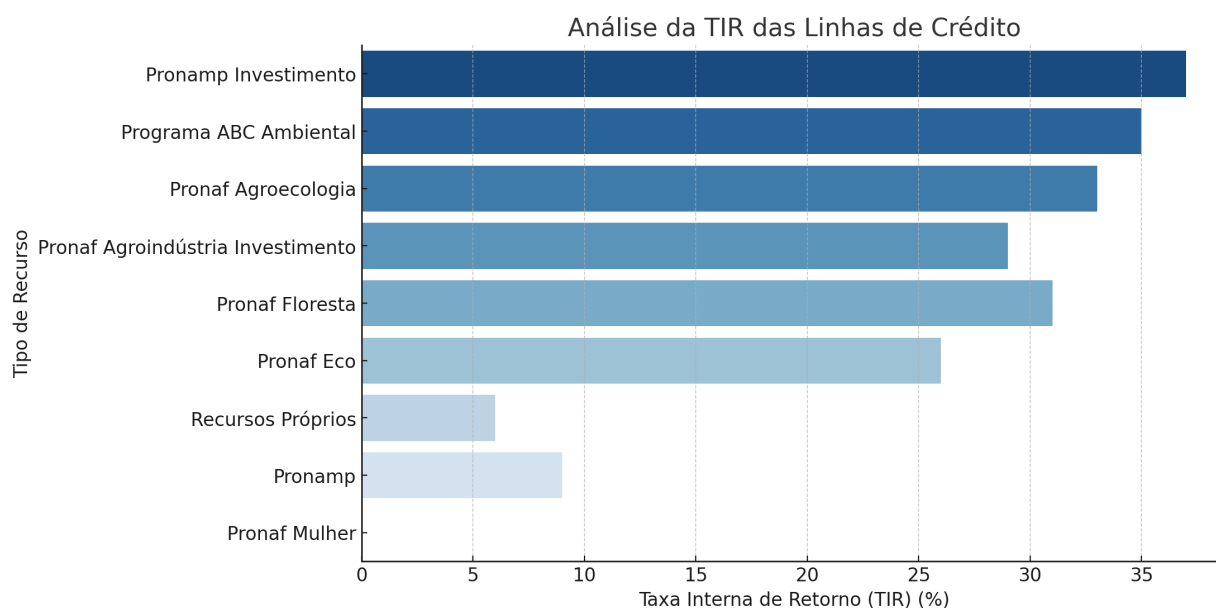


Figura 4.3: Análise da TIR das Linhas de Crédito

Observa-se que os programas com maior TIR são Pronamp Investimento (37%), Programa ABC Ambiental (35%), Pronaf Agroecologia (33%) e Pronaf Floresta (31%). Esses programas apresentam altas taxas de retorno, o que sugere que os investimentos financiados por essas linhas possuem um bom potencial de geração de receita ao longo do tempo. Isso é especialmente relevante para produtores interessados em transicionar para modelos de agropecuária regenerativa, uma vez que indica que a recuperação de pastagens em sistemas ILPF é economicamente atrativa.

Entretanto, ao comparar a TIR com a MTIR, percebe-se uma discrepância significativa entre o retorno bruto e o retorno líquido após o desconto dos custos financeiros. Linhas de crédito com juros elevados e prazos curtos apresentam redução expressiva na rentabilidade efetiva. Como exemplo, o Pronamp Investimento (TIR de 37%) e o Programa ABC Ambiental (TIR de 35%) demonstram alta atratividade bruta, mas precisam ser avaliados considerando o impacto dos encargos financeiros sobre o resultado final.

Isso nos leva à análise da Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR), um indicador mais adequado para mensurar a viabilidade financeira real das linhas de crédito.

4.4.2 Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR)

A Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR) representa a rentabilidade líquida do investimento após o pagamento dos custos financeiros. Esse indicador é particularmente relevante em projetos de longo prazo, como a recuperação de pastagens via ILPF, pois proporciona uma visão realista do retorno financeiro, ajustada aos encargos do financiamento.

Batalha, Silveira e Souza Filho (2022), destacam que a consideração dos custos financeiros no cálculo da rentabilidade é essencial para evitar decisões equivocadas no financiamento de atividades agropecuárias, reforçando a importância da MTIR como métrica preferencial nesse contexto.

O gráfico abaixo (Figura 4.4) compara as MTIR das diferentes linhas de financiamento analisadas:

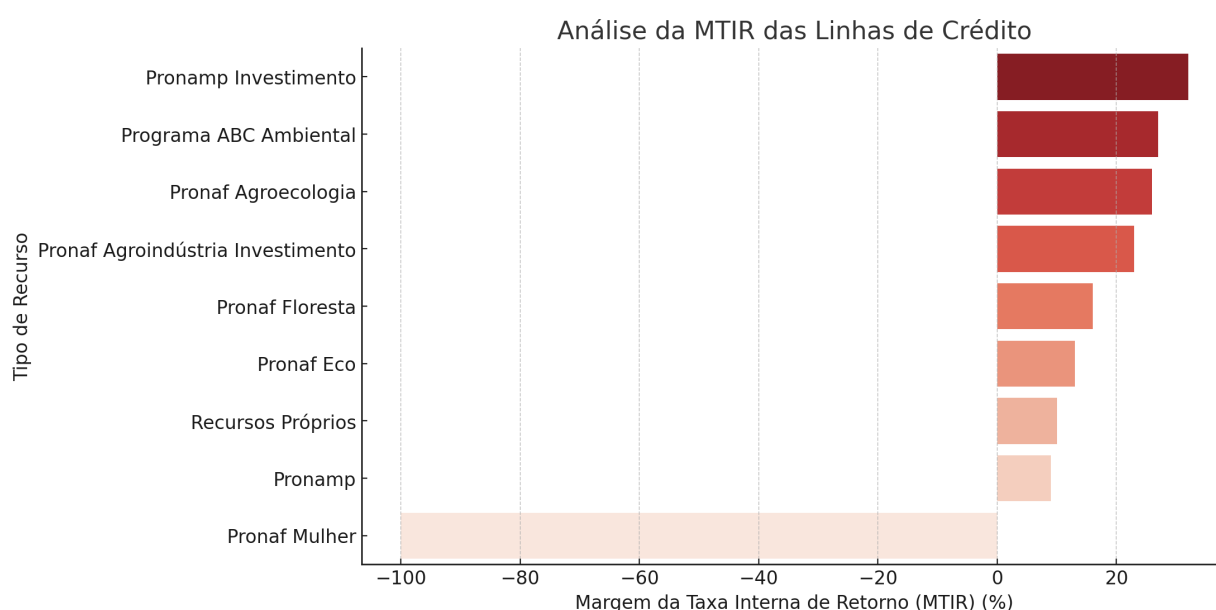


Figura 4.4: Análise da MTIR das Linhas de Crédito

As MTIR calculadas evidenciam o efeito do custo do capital, refletindo o retorno líquido real das linhas de crédito. Programas com alta TIR nem sempre possuem alta MTIR, pois os encargos financeiros podem comprometer o retorno efetivo do produtor. Os melhores desempenhos em termos de MTIR observados foram, respectivamente o Pronamp Investimento (32%), Programa ABC Ambiental (27%), Pronaf Agroecologia (26%) e Pronaf Agroindústria Investimento (23%).

Por outro lado, algumas linhas de crédito apresentam MTIR extremamente baixa ou negativa, indicando que os custos financeiros comprometem severamente a rentabilidade líquida do investimento.

O caso mais crítico foi o Pronaf Mulher, que apresentou uma MTIR negativa (-100%), tornando-se financeiramente inviável para a recuperação de pastagens. Isso significa que, após o pagamento dos encargos financeiros, o produtor acumula prejuízo em vez de lucro. Esse resultado decorre das altas taxas de juros (8%) e do prazo relativamente curto (10 anos), que pressionam o fluxo de caixa do investimento e impedem a geração de retorno líquido positivo.

A diferença entre TIR e MTIR evidencia o impacto real dos encargos financeiros sobre a rentabilidade

líquida do produtor. Quanto maior essa diferença, mais prejudicial é o custo do financiamento para o investimento. A diferença entre TIR e MTIR (Figura 4.5) indica o impacto do financiamento sobre a viabilidade do investimento.

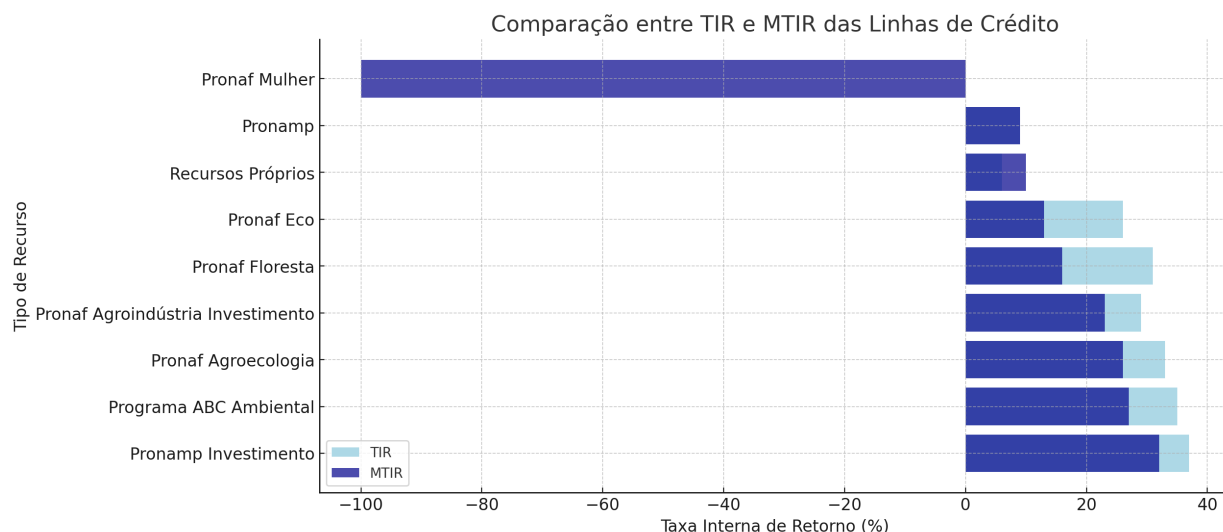


Figura 4.5: Comparação Entre TIR E MTIR Das Linhas De Crédito

A análise das linhas de financiamento para a recuperação de pastagens via ILPF permite classificá-las em três categorias distintas, de acordo com a diferença entre a Taxa Interna de Retorno (TIR) e a Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR), que indica o impacto dos encargos financeiros na rentabilidade líquida do investimento. A primeira categoria compreende os financiamentos sustentáveis e rentáveis, nos quais a diferença entre a TIR e a MTIR é relativamente pequena, demonstrando que os custos financeiros não comprometem significativamente a viabilidade do investimento. Nessa categoria, destacam-se o Pronamp Investimento (37% TIR → 32% MTIR, diferença de 5%), o Programa ABC Ambiental (35% TIR → 27% MTIR, diferença de 8%) e o Pronaf Agroecologia (33% TIR → 26% MTIR, diferença de 7%). Esses financiamentos oferecem boas condições de rentabilidade líquida e prazos adequados, sendo as opções mais indicadas para a recuperação de pastagens em um modelo sustentável de produção.

A segunda categoria engloba os financiamentos moderadamente afetados pelos encargos financeiros, ou seja, aqueles em que a diferença entre TIR e MTIR é significativa, mas ainda não inviabiliza completamente o investimento. Nessa situação encontram-se o Pronaf Floresta (31% TIR → 16% MTIR, diferença de 15%) e o Pronaf Agroindústria Investimento (29% TIR → 23% MTIR, diferença de 6%). Embora essas linhas de crédito ainda possam ser viáveis para produtores interessados em sistemas ILPF, o impacto dos juros e do custo do financiamento reduz a atratividade desses programas, exigindo uma análise criteriosa dos prazos e condições antes da adesão ao financiamento.

Por fim, a terceira categoria corresponde aos financiamentos inviáveis, caracterizados por uma grande diferença entre TIR e MTIR, indicando que os custos financeiros superam os benefícios esperados. Esse é o caso do Pronaf Eco (26% TIR → 13% MTIR, diferença de 13%), do Pronamp (9% TIR → 9% MTIR, sem ganho efetivo) e, principalmente, do Pronaf Mulher (TIR não calculável, MTIR de -100%), que apresenta um retorno líquido negativo. Isso significa que, após o pagamento dos encargos financeiros, o produtor não apenas deixa de obter lucro, como acumula prejuízo ao longo do tempo. As elevadas taxas de juros

e os prazos curtos dessas linhas de crédito tornam a recuperação de pastagens inviável financeiramente, desestimulando sua adoção.

Assim, a escolha do financiamento deve priorizar opções que combinem juros reduzidos e prazos adequados, garantindo rentabilidade líquida positiva e viabilidade econômica no longo prazo.

4.5 ANÁLISE DO TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO (*PAYBACK*)

A análise do tempo de retorno do investimento (*Payback*) das diferentes linhas de crédito voltadas à recuperação de pastagens via ILPF demonstra a influência direta do financiamento sobre o prazo necessário para que o produtor recupere o capital investido e inicie a obtenção de lucro.

O *Payback*, ao indicar em quantos anos o fluxo de caixa gerado pelo projeto cobrirá os custos do financiamento, é um indicador essencial para avaliar a viabilidade econômica do investimento. Quanto menor o tempo de *Payback*, mais rápido é o retorno do capital investido e menor a exposição ao risco financeiro. Linhas de crédito que apresentam tempo de retorno muito elevado ou ausência de recuperação financeira tornam-se inadequadas para a recuperação de pastagens, pois impõem uma pressão econômica insustentável ao produtor.

O Gráfico a seguir (Figura 4.6) apresenta a análise comparativa do *Payback* das linhas de financiamento analisadas:

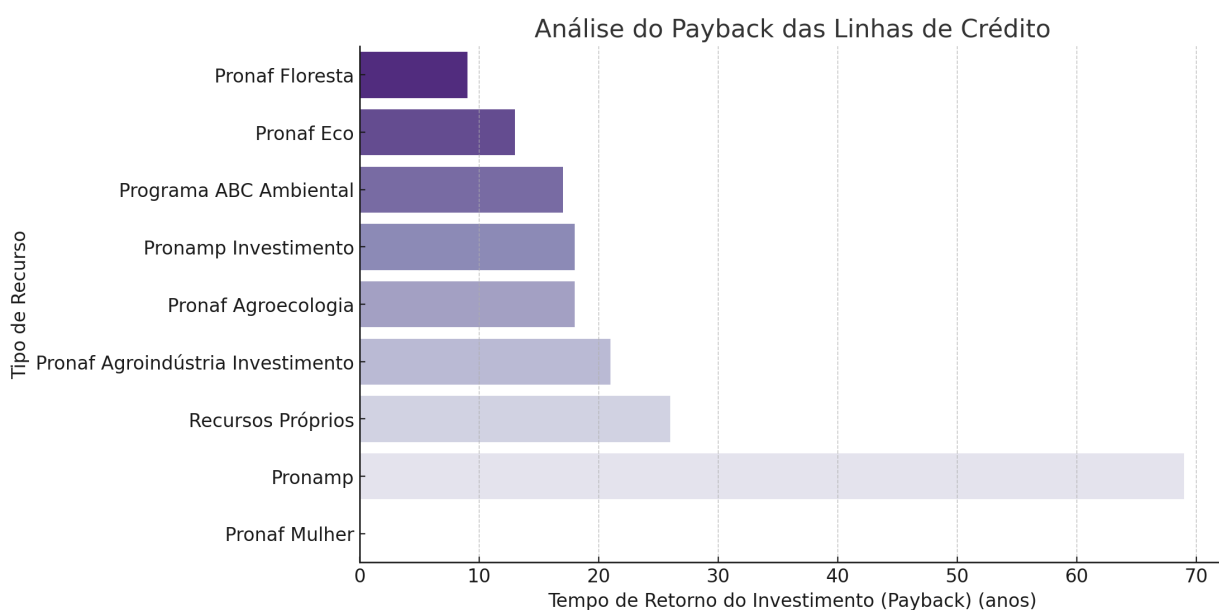


Figura 4.6: Análise do Payback das Linhas de Crédito

Os resultados revelam que as linhas de financiamento podem ser classificadas em três categorias, de acordo com a velocidade do retorno financeiro. Na primeira categoria, encontram-se os programas com tempo de retorno rápido, ou seja, aqueles cujo *Payback* é de até 18 anos. Esses financiamentos são os mais indicados para a recuperação de pastagens, pois permitem que o produtor recupere o capital investido

antes do vencimento do financiamento e reduzem a exposição ao risco econômico. Os programas que se destacam nesse grupo são Pronaf Floresta (9 anos), Pronaf Eco (13 anos), Programa ABC Ambiental (17 anos), Pronamp Investimento (18 anos) e Pronaf Agroecologia (18 anos). O Pronaf Floresta, com o menor tempo de *Payback* (9 anos), demonstra ser uma excelente alternativa para produtores que desejam investir na recuperação de pastagens via ILPF, especialmente em sistemas que incluem a introdução de árvores e a diversificação produtiva. O Programa ABC Ambiental e o Pronamp Investimento, com *Payback* de 17 e 18 anos, respectivamente, também se mostram boas opções, pois equilibram prazos adequados e rentabilidade sustentável, proporcionando segurança financeira ao produtor.

A segunda categoria engloba linhas de crédito com retorno intermediário, nas quais o investimento pode demorar mais para ser recuperado, exigindo um planejamento financeiro mais rigoroso para evitar impactos negativos no fluxo de caixa. Aqui, enquadram-se o Pronaf Agroindústria Investimento (21 anos) e o uso de recursos próprios (26 anos). Embora ainda sejam viáveis, esses programas apresentam um período prolongado para a recuperação do investimento, o que pode dificultar a manutenção da atividade produtiva no curto prazo. A dependência exclusiva de recursos próprios, por exemplo, demanda alto capital inicial e tem um tempo de retorno maior do que os financiamentos disponíveis, tornando-se uma estratégia menos eficiente para a recuperação de pastagens.

Por fim, a terceira categoria corresponde às linhas de crédito inviáveis, caracterizadas por um tempo de retorno excessivamente longo ou inexistente, o que impossibilita a recuperação do capital investido. Esse é o caso do Pronamp (69 anos) e do Pronaf Mulher (sem recuperação financeira). O Pronamp, com um *Payback* de quase sete décadas, torna-se inviável para qualquer produtor, pois exige um prazo desproporcional para atingir a lucratividade. No entanto, a situação mais crítica é a do Pronaf Mulher, cuja estrutura financeira impede a recuperação do investimento, resultando em prejuízo contínuo. Esse cenário se deve às taxas de juros elevadas (8%) e aos prazos relativamente curtos (10 anos), que tornam impossível a compensação do capital investido pelos retornos gerados no período de financiamento.

Dessa forma, a análise do *Payback* reforça que a escolha da linha de crédito impacta diretamente o tempo necessário para que a recuperação de pastagens via ILPF se torne economicamente viável. Programas como Pronaf Floresta, Pronaf Eco e Programa ABC Ambiental apresentam tempo de retorno equilibrado, menor exposição a riscos e maior atratividade financeira, tornando-se as opções mais indicadas para produtores que desejam garantir sustentabilidade econômica no processo de recuperação de pastagens. Em contrapartida, financiamentos com prazos excessivos ou inviáveis, como o Pronamp e o Pronaf Mulher, devem ser evitados, pois impõem um elevado custo financeiro e comprometem a lucratividade da produção a longo prazo.

Os resultados desta análise estão alinhados com estudos recentes sobre o impacto do crédito rural na recuperação de pastagens via ILPF. Segundo Martins, Souza e Almeida (2023), programas de financiamento com prazos longos de pagamento e baixas taxas de juros são fundamentais para aumentar a adoção de práticas sustentáveis na agropecuária brasileira. O estudo também destaca que produtores frequentemente subestimam o impacto do *Payback* e superestimam o potencial de ganhos no longo prazo, o que pode levar à escolha inadequada da linha de financiamento.

4.6 ANÁLISE DE CUSTO-BENEFÍCIO (B/C)

A análise do *índice Benefício/Custo* (B/C) possibilita avaliar a viabilidade econômica das diferentes linhas de financiamento destinadas à recuperação de pastagens via Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Esse indicador relaciona a receita total gerada pelo investimento com o custo total incorrido, sendo que um B/C superior a 1 indica um investimento rentável, enquanto valores inferiores a 1 apontam para uma iniciativa economicamente inviável.

O gráfico a seguir (Figura 4.7) apresenta a análise do B/C das diferentes linhas de financiamento:

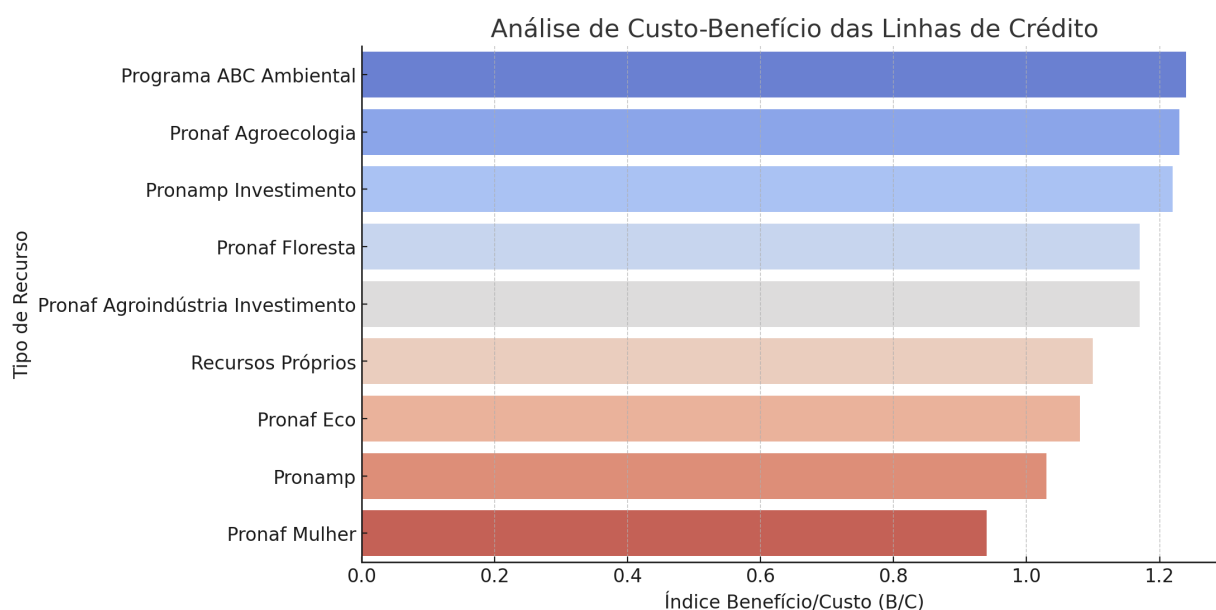


Figura 4.7: Análise de Custo-Benefício das Linhas de Crédito

Entre as linhas de financiamento analisadas, destaca-se o Programa ABC Ambiental ($B/C = 1,24$), seguido pelo Pronaf Agroecologia ($B/C = 1,23$) e pelo Pronamp Investimento ($B/C = 1,22$), que demonstram alta viabilidade econômica e robustez na geração de receitas, mesmo após a incorporação dos custos financeiros. Por outro lado, financiamentos como o Pronaf Floresta e o Pronaf Agroindústria Investimento (ambos com $B/C = 1,17$) apresentam viabilidade moderada, exigindo uma análise mais criteriosa das condições de pagamento e dos prazos envolvidos. Em contraste, linhas como o Pronaf Eco ($B/C = 1,08$), o Pronamp ($B/C = 1,03$) e, especialmente, o Pronaf Mulher ($B/C = 0,94$) indicam baixa eficiência econômica, pois os custos associados se aproximam ou superam os benefícios gerados.

Em síntese, os resultados demonstram que a seleção da linha de crédito deve considerar não somente as condições de juros e prazos, mas também o índice B/C, que revela a eficiência real do investimento em termos de retorno líquido. Essa abordagem permite identificar as alternativas que garantem benefícios financeiros superiores aos custos totais, contribuindo para a sustentabilidade dos investimentos em ILPF. Conforme enfatizado por (Souza; Morais, 2018), a análise de custo-benefício é essencial para a tomada de decisão em projetos de recuperação ambiental, pois assegura que os benefícios gerados superem os custos envolvidos, promovendo a adoção de práticas agrícolas sustentáveis.

4.7 VIABILIDADE FINANCEIRA DAS LINHAS DE CRÉDITO ANALISADAS

A avaliação integrada dos indicadores financeiros – especialmente o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR), o índice Benefício/Custo (B/C) e o *Payback* – é crucial para orientar a escolha da linha de crédito mais adequada para a recuperação de pastagens via ILPF. Esses indicadores, aliados às condições de juros, carência e prazo, fornecem uma visão abrangente da eficiência dos financiamentos, permitindo identificar quais alternativas proporcionam retorno mais vantajoso para o produtor rural. Estudos recentes enfatizam que a análise conjunta desses indicadores é determinante para a sustentabilidade dos investimentos rurais (Almeida; Fonseca; Ribeiro, 2020; Ferreira; Costa; Nascimento, 2019).

De acordo com o ranqueamento integrado, que prioriza o VPL, BPE a MTIR e o *Payback*, as linhas de crédito são ordenadas conforme o gráfico a seguir (Figura 4.8).

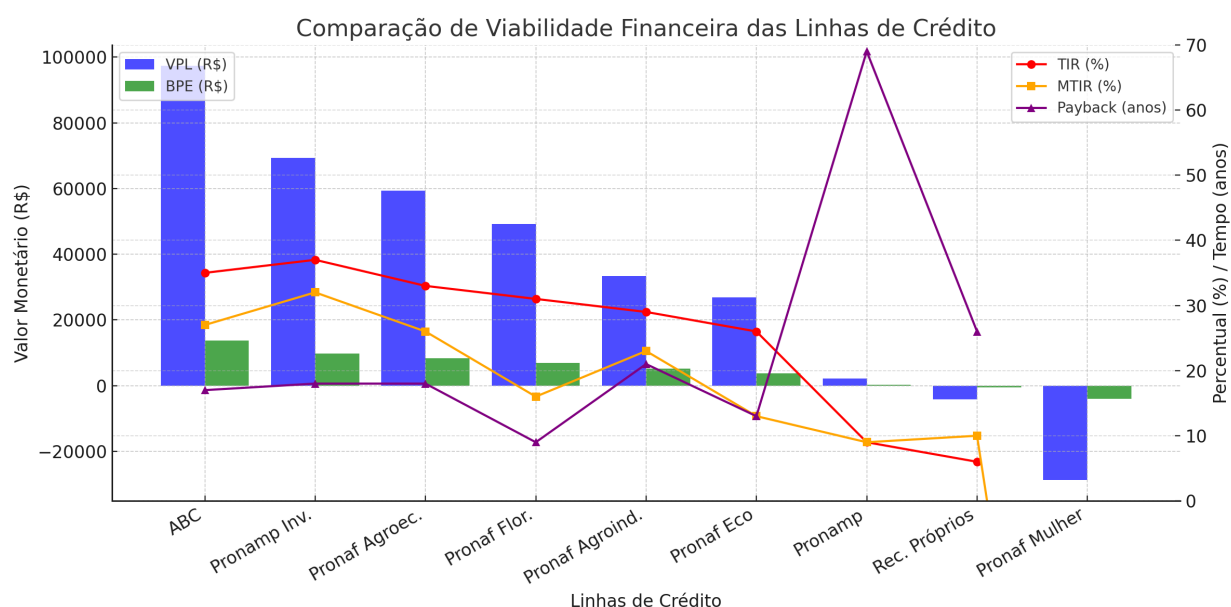


Figura 4.8: Comparação de Viabilidade Financeira das Linhas de Crédito

Programa ABC Ambiental é a opção mais vantajosa, apresentando o maior VPL de R\$ 97.462,41, TIR de 35%, MTIR de 27% e um B/C de 1,24 – ou seja, para cada R\$ 1 investido, o produtor obtém R\$ 1,24 de retorno, mesmo após os encargos financeiros. Embora possua uma carência de 8 anos e um *Payback* de 17 anos, que podem ser considerados alongados, os demais indicadores demonstram alta viabilidade econômica. Almeida, Fonseca e Ribeiro (2020), ressaltam que financiamentos com elevados índices de retorno e boa relação B/C são essenciais para a modernização das práticas produtivas no meio rural, corroborando a atratividade deste programa.

Em segundo lugar, o **Pronamp Investimento** apresenta um VPL de R\$ 69.410,33, a maior TIR (37%) e uma MTIR de 32%, com um B/C de 1,22 – indicando que cada R\$ 1 investido retorna R\$ 1,22. Apesar do prazo de carência de apenas 2 anos, seu *Payback* de 18 anos sugere que a recuperação do capital demora um pouco mais. Ferreira, Costa e Nascimento (2019), enfatizam que a capacidade de um financiamento gerar retornos líquidos expressivos, mesmo com custos financeiros, é fundamental para a viabilidade de

investimentos de longo prazo.

O **Pronaf Agroecologia**, classificado em terceiro lugar, possui um VPL de R\$ 59.414,78, TIR de 33%, MTIR de 26% e B/C de 1,23 – isto é, cada R\$ 1 investido gera R\$ 1,23. Com um *Payback* de 18 anos, essa linha de crédito se mostra particularmente eficaz para pequenos e médios produtores que adotam práticas agroecológicas. Silva e Moraes (2018), destacam que a integração de abordagens agroecológicas pode aumentar a eficiência dos investimentos rurais, refletindo positivamente nos indicadores financeiros.

Em quarto lugar, o **Pronaf Floresta** apresenta um VPL de R\$ 49.195,32, TIR de 31%, mas sua MTIR é de apenas 16% e o B/C é de 1,17, ou seja, cada R\$ 1 investido retorna R\$ 1,17. Apesar do *Payback* curto de 9 anos, que possibilita uma rápida recuperação do investimento, a baixa MTIR indica que os encargos financeiros comprometem significativamente o retorno líquido.

O **Pronaf Agroindústria Investimento** ocupa a quinta posição, com um VPL de R\$ 33.366,13, TIR de 29%, MTIR de 23% e B/C de 1,17, aliado a um *Payback* de 21 anos. Esses indicadores sugerem uma viabilidade moderada, especialmente para produtores que visam agregar valor à produção por meio da industrialização, embora o longo prazo de retorno possa ser um fator limitante para alguns.

Entre as alternativas com menor desempenho, o **Pronaf Eco** apresenta um VPL de R\$ 26.821,12, TIR de 26%, MTIR de 13% e B/C de 1,08, evidenciando que os custos financeiros reduzem substancialmente o retorno líquido. Em seguida, o **Pronamp (convencional)** apresenta um VPL de apenas R\$ 2.204,72, TIR e MTIR de 9% e um *Payback* de 69 anos, sugerindo um retorno marginal e um período de recuperação excessivamente longo.

Os **Recursos Próprios** apresentam um VPL negativo (-R\$ 4.248,61) e uma TIR de apenas 6%, com MTIR de 10% e B/C de 1,10, indicando que, sem o apoio de financiamentos externos, o potencial de retorno é severamente limitado. Por fim, o **Pronaf Mulher** evidencia os piores resultados, com VPL negativo (-R\$ 28.804,09), MTIR de -100% e B/C de 0,94 – ou seja, para cada R\$ 1 investido, o retorno é inferior a R\$ 1, evidenciando que os encargos financeiros superam os benefícios e tornando essa linha de crédito economicamente inviável.

Em síntese, a análise integrada dos indicadores revela que as linhas de crédito mais recomendadas para a recuperação de pastagens via ILPF são o **Programa ABC Ambiental**, o **Pronamp Investimento** e o **Pronaf Agroecologia**. Essas alternativas combinam elevados valores de VPL, MTIR e B/C – demonstrando que, para cada R\$ 1 investido, o retorno varia de R\$ 1,22 a R\$ 1,24 – com um *Payback* compatível com o ciclo produtivo do setor. Por outro lado, opções como o **Pronaf Mulher** apresentam resultados insatisfatórios, evidenciando a necessidade de revisão das condições de financiamento para que se tornem atrativas. Estudos recentes enfatizam que o sucesso dos investimentos em crédito rural depende da harmonização entre as condições de financiamento (taxas de juros, carência e prazo) e as práticas de manejo sustentável adotadas pelos produtores (Almeida; Fonseca; Ribeiro, 2020; Ferreira; Costa; Nascimento, 2019; Souza; Almeida; Carvalho, 2021; Silva; Moraes, 2018).

4.8 ANÁLISE DE INCLUSÃO DE PRÓ-LABORE

A análise dos financiamentos destinados à recuperação de pastagens via ILPF considera a inserção do pró-labore como uma variável crítica para a viabilidade econômica dos projetos. Nesta seção, comparamos as principais linhas de crédito com e sem pró-labore, examinando os impactos sobre indicadores como VPL, TIR, MTIR e Payback. Os resultados, demonstrados no gráfico a seguir (Figura 4.9), indicam que a inclusão do pró-labore altera significativamente os fluxos de caixa, afetando tanto a rentabilidade percentual quanto o tempo de recuperação do investimento, o que deve ser cuidadosamente ponderado na tomada de decisão.

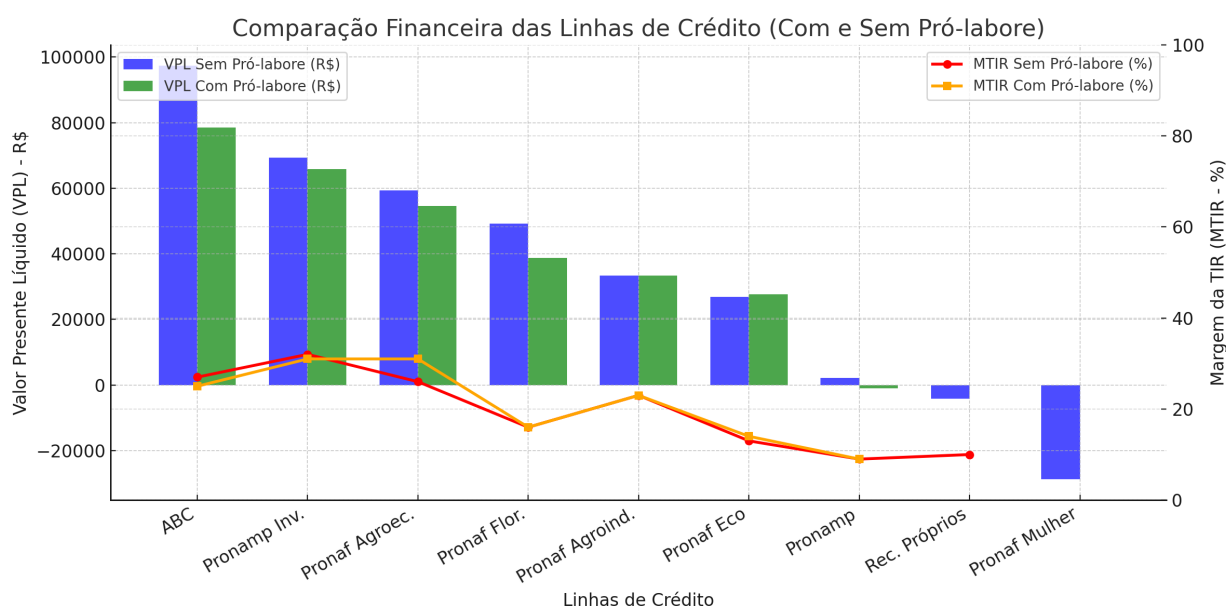


Figura 4.9: Comparação do VPL e TIR entre Linhas de Crédito Com e Sem Pró-labore

A comparação entre as linhas de crédito com e sem pró-labore demonstra que a inclusão do pró-labore afeta significativamente os indicadores de viabilidade financeira. Em geral, a inserção do pró-labore tende a reduzir o Valor Presente Líquido (VPL) devido ao aumento dos desembolsos destinados à remuneração do produtor, o que reflete em um menor valor agregado final do investimento. Por outro lado, essa inclusão pode elevar a TIR e, consequentemente, MTIR, quando os fluxos de caixa são redistribuídos de forma a otimizar a eficiência operacional, embora frequentemente prolongue o período de retorno (*Payback*).

No caso do **Pronamp Investimento**, a análise revelou que, sem o pró-labore, o VPL foi de R\$ 69.410,33, com uma TIR de 37% e MTIR de 32%, e um *Payback* de 18 anos. Com a inclusão do pró-labore, o VPL reduziu para R\$ 65.890,48, enquanto a TIR aumentou para 39% e o *Payback* se estendeu para 20 anos. Esses resultados sugerem que o custo adicional do pró-labore impacta o VPL, mas pode melhorar a eficiência dos fluxos de caixa, refletindo em uma maior rentabilidade percentual, como discutido por Ferreira, Costa e Nascimento (2019).

De forma semelhante, o **Pronaf Agroecologia** apresentou, sem pró-labore, um VPL de R\$ 59.414,78, TIR de 33% e MTIR de 26%, com um *Payback* de 18 anos. Com a inserção do pró-labore, o VPL diminuiu para R\$ 54.594,01, a TIR aumentou para 36% e o *Payback* passou para 20 anos. Esses dados indicam que a inclusão do pró-labore pode ser vantajosa para produtores que necessitam de renda regular, mesmo que

isso implique um prazo maior para a recuperação do capital investido. Silva e Moraes (2018), demonstram que a integração de práticas agroecológicas, quando aliada a uma política de crédito bem estruturada, pode compensar os custos adicionais e melhorar a eficiência dos investimentos.

O **Programa ABC Ambiental** revelou um comportamento interessante: sem o pró-labore, apresentou um VPL de R\$ 97.462,41, TIR de 35% e *Payback* de 17 anos; com o pró-labore, o VPL reduziu para R\$ 78.532,71, a TIR disparou para 62% e o *Payback* se estendeu para 23 anos. Essa variação acentuada sugere que, apesar de um custo maior que impacta negativamente o VPL, a redistribuição dos fluxos de caixa pode resultar em uma rentabilidade percentual muito elevada. Almeida, Fonseca e Ribeiro (2020), enfatizam que financiamentos estruturados que contemplam a remuneração do produtor podem melhorar a eficiência dos sistemas produtivos, desde que o impacto negativo no VPL seja compensado por uma melhor organização dos fluxos de caixa.

Por outro lado, programas como o **Pronamp (convencional)** demonstram deterioração significativa com a inclusão do pró-labore, passando de um VPL marginalmente positivo para negativo, e aumentando o *Payback* de 69 para 93 anos, o que evidencia a inviabilidade econômica desta linha quando os custos do pró-labore são considerados. Tais resultados indicam que a decisão de inserir o pró-labore deve levar em conta o perfil financeiro e operacional do produtor, bem como as condições de financiamento, como taxas de juros, carência e prazo.

Em síntese, a análise integrada dos indicadores revela que a viabilidade de inserir um pró-labore nos financiamentos para recuperação de pastagens depende do equilíbrio entre a necessidade de renda imediata do produtor e o impacto nos indicadores de retorno do investimento. Enquanto alternativas como o **Pronamp Investimento** e o **Pronaf Agroecologia** mostram que o pró-labore pode aumentar a TIR e a MTIR, ainda que prolongue o *Payback*, outras, como o **Pronamp (convencional)**, tornam-se inviáveis. Esses achados reforçam a importância de políticas públicas que promovam condições de financiamento adequadas para conciliar a subsistência do produtor com a sustentabilidade dos investimentos (Souza; Almeida; Carvalho, 2021).

4.8.1 Análise de Sensibilidade de Pró-Labore

A análise de sensibilidade do pró-labore evidencia de forma clara o impacto da remuneração do produtor nos indicadores financeiros dos financiamentos para a recuperação de pastagens via ILPF. A análise é demonstrada no gráfico a seguir (Figura 4.10).

Com o aumento do valor do pró-labore, observa-se uma tendência decrescente no Valor Presente Líquido (VPL) e um prolongamento no período de retorno do investimento (*Payback*). Por exemplo, no Programa ABC Ambiental, o VPL cai de aproximadamente R\$ 97.462 para R\$ 37.962 à medida que o pró-labore aumenta de R\$ 0 para R\$ 35.000, enquanto o *Payback* se alonga de 16,84 anos para cerca de 121,84 anos. Essa sensibilidade indica que, embora o financiamento inicial seja robusto, a inclusão de custos fixos mensais elevados pode comprometer a liquidez do projeto a longo prazo.

De maneira semelhante, no Pronamp Investimento o VPL diminui de aproximadamente R\$ 69.410 para R\$ 39.506 quando o pró-labore atinge R\$ 35.000, e o *Payback* aumenta de 18,22 para 35,72 anos. No caso do Pronaf Agroecologia, o VPL varia de R\$ 59.415 para R\$ 15.322, e o *Payback* cresce de 17,59 para 52,59

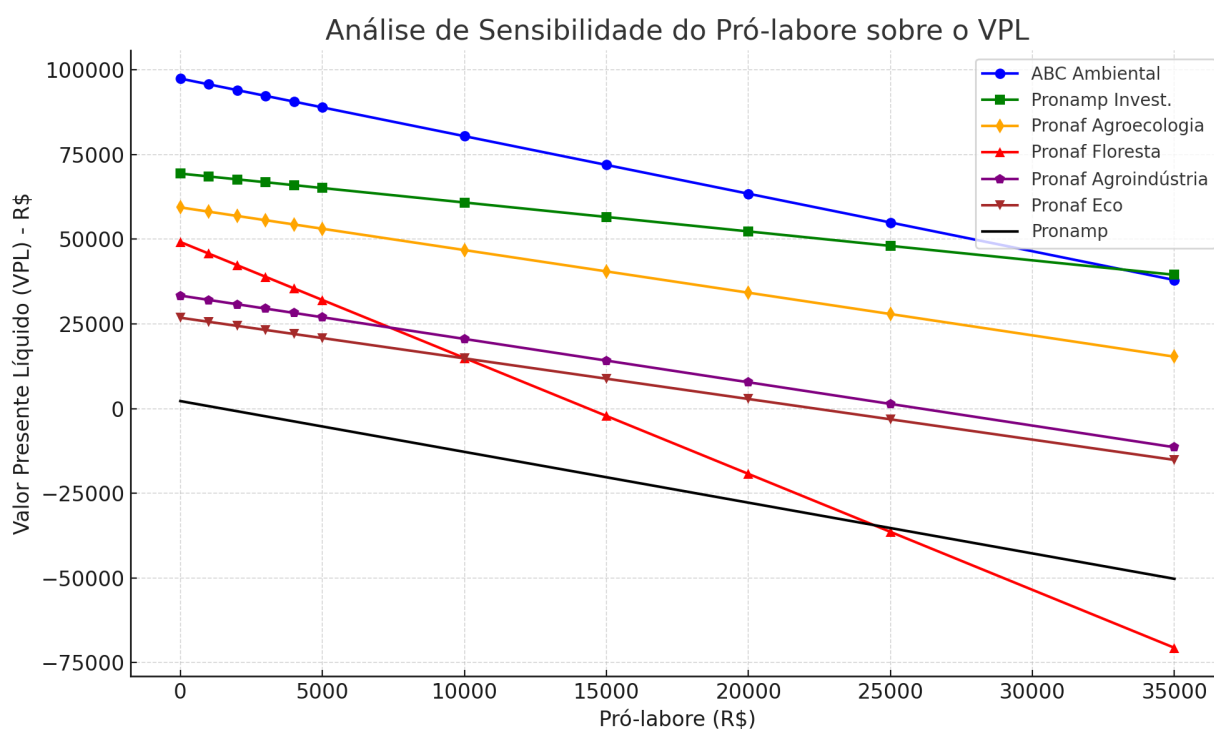


Figura 4.10: Análise de Sensibilidade do Pró-labore sobre o VPL

anos com o aumento do pró-labore. Esses resultados demonstram que a capacidade do financiamento de absorver custos fixos depende fortemente da estrutura de custos, do prazo e das taxas de juros associadas ao programa.

Em contraste, programas como o Pronaf Floresta exibem uma sensibilidade extrema; o VPL torna-se negativo a partir de valores moderados de pró-labore, e o *Payback* se inverte, indicando a inviabilidade do financiamento. O Pronaf Agroindústria também sofre redução progressiva do VPL, com o *Payback* se estendendo para além de 70 anos em níveis elevados de pró-labore. O Pronaf Eco e o Pronamp (convencional) demonstram comportamentos similares, com redução acentuada do VPL e aumento exagerado do *Payback*, confirmando que a inclusão de um pró-labore elevado pode inviabilizar esses financiamentos.

Essas observações reforçam a necessidade de se dimensionar o pró-labore de maneira a manter o VPL positivo e o *Payback* em níveis aceitáveis para a viabilidade do projeto. A literatura aponta que o equilíbrio entre a necessidade de remuneração imediata do produtor e a manutenção da eficiência dos investimentos é fundamental para o sucesso dos projetos de crédito rural. Almeida, Fonseca e Ribeiro (2020), enfatizam que financiamentos estruturados, que contemplem uma remuneração adequada, podem melhorar a eficiência dos sistemas produtivos, desde que os custos adicionais não comprometam o valor agregado final. Ferreira, Costa e Nascimento (2019), apontam que a flexibilidade na estruturação dos pagamentos, permitindo ajustes no pró-labore conforme a produtividade, é determinante para a sustentabilidade dos investimentos (Ferreira; Costa; Nascimento, 2019). Silva e Moraes (2018), sugerem ainda que a adoção de práticas sustentáveis e a diversificação das fontes de receita podem atenuar os efeitos negativos de um pró-labore elevado, melhorando a resiliência financeira dos projetos. Por fim, Souza, Almeida e Carvalho (2021), destacam a importância de políticas públicas que promovam condições de financiamento flexíveis, possibilitando a adaptação dos projetos às realidades operacionais dos produtores.

Em síntese, a análise de sensibilidade do pró-labore demonstra que a inclusão de um pró-labore deve ser cuidadosamente dimensionada para equilibrar a necessidade de renda mensal do produtor e a viabilidade econômica do projeto. A decisão final deve levar em conta não apenas os indicadores financeiros, mas também a capacidade de gestão e os objetivos estratégicos do produtor, garantindo que o financiamento permaneça sustentável e que o retorno do investimento ocorra dentro de um prazo aceitável.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo conclui que programas como o *Programa ABC Ambiental* e o *Pronamp Investimento* apresentaram os melhores desempenhos econômicos, com VPL positivo, retorno rápido sobre o investimento e boas margens de lucro ao longo do período analisado. O Programa ABC Ambiental, por exemplo, destacou-se pelo maior VPL (R\$ 97.462,41), indicando um potencial retorno significativo para o produtor, enquanto o Pronamp Investimento se mostrou competitivo, com um *Payback* de 18 anos e uma Taxa Interna de Retorno de 37%.

No entanto, algumas linhas de crédito analisadas apresentaram desafios significativos. O *Pronaf Mulher*, por exemplo, registrou um VPL negativo (-R\$ 28.804,09) e um BPE também negativo (-R\$ 4.034,77), indicando que as condições de financiamento oferecidas por essa linha não são suficientes para garantir a viabilidade econômica da recuperação de pastagens. Da mesma forma, os Recursos Próprios, quando utilizados sem apoio de crédito, apresentaram um retorno financeiro inferior às demais opções, com um VPL negativo de R\$ 4.248,61. Esses resultados sugerem a necessidade de reformulação de algumas políticas públicas, de forma a oferecer condições mais favoráveis para os produtores que dependem de linhas de crédito específicas.

A inclusão do pró-labore foi um fator determinante na análise de viabilidade financeira. Quando considerada a remuneração do produtor, os resultados mostraram uma redução nos valores de VPL e um aumento no tempo de retorno do investimento. Esse aspecto reforça a importância de se considerar não apenas os custos diretos da recuperação, mas também a necessidade de garantir uma remuneração justa para o produtor rural, viabilizando sua permanência na atividade. Conforme discutido em estudos recentes, a remuneração do trabalho do produtor é essencial para a sustentabilidade econômica da recuperação de áreas degradadas (Souza; Almeida; Carvalho, 2021).

A análise de sensibilidade realizada demonstrou que pequenas variações nos custos operacionais, nas taxas de juros e nos prazos de financiamento podem impactar significativamente a viabilidade do investimento. Como apontado por Almeida, Fonseca e Ribeiro (2020), a volatilidade dos preços de insumos agrícolas e a oscilação das taxas de juros no Brasil representam fatores críticos para o sucesso dos projetos de recuperação de pastagens. Nesse sentido, políticas de estabilização financeira e programas de suporte técnico aos produtores podem ser fundamentais para reduzir os riscos e aumentar a adesão às práticas sustentáveis.

Os achados deste estudo permitiram testar as hipóteses formuladas e avaliar sua validade no contexto da recuperação de pastagens financiada por crédito rural. Os resultados confirmaram a maior parte das hipóteses propostas, com ressalvas pontuais que indicam a necessidade de ajustes na formulação de políticas públicas e nas condições de financiamento.

A *Hipótese 1 (H1)*, que propôs que a recuperação de pastagens severamente degradadas via sistema ILPF é financeiramente viável sob as condições atuais de crédito rural no Brasil, foi confirmada. A análise demonstrou que, quando há acesso a programas com condições favoráveis, como ABC Ambiental e Pronamp Investimento, a recuperação é economicamente vantajosa para o produtor. O VPL positivo e as taxas atrativas

de retorno indicam que o modelo ILPF pode ser implementado sem comprometer a rentabilidade do negócio. No entanto, constatou-se que a viabilidade depende diretamente do acesso ao crédito, sendo inviável para produtores que necessitam recorrer a recursos próprios ou a linhas menos vantajosas.

A *Hipótese 2 (H2)*, que sugeriu que o investimento na recuperação de pastagens gera retorno positivo no longo prazo, foi amplamente corroborada. Os indicadores financeiros apontaram que a recuperação das pastagens apresenta taxas de retorno atrativas e, mesmo com prazos de retorno variados, o investimento se justifica economicamente. Em particular, as análises de TIR e MTIR demonstraram que a recuperação é financeiramente sustentável dentro do ciclo produtivo da pecuária, reforçando que a adoção do sistema ILPF pode ser um investimento estratégico para pecuaristas.

A *Hipótese 3 (H3)*, que postulava que a variabilidade nos custos de insumos e nas taxas de juros impactaria significativamente a viabilidade econômica da recuperação de pastagens, foi validada. A análise de sensibilidade mostrou que mudanças nos custos de fertilizantes, corretivos de solo e juros dos financiamentos alteram de forma expressiva os indicadores financeiros do projeto. Pequenos aumentos nos custos operacionais reduziram o VPL e alongaram o período de *Payback*, tornando a recuperação menos atrativa. Esses achados reforçam a necessidade de mecanismos de mitigação de risco para os produtores, como subsídios ou ajustes nas políticas de crédito rural.

A *Hipótese 4 (H4)*, que sugeria que o modelo ILPF poderia ampliar o acesso a incentivos financeiros e mercados diferenciados, foi confirmada de maneira qualitativa. Embora o estudo não tenha quantificado diretamente os benefícios ambientais e comerciais do ILPF, a literatura revisada e os dados indicam que sistemas produtivos sustentáveis podem melhorar as condições de acesso ao crédito e aumentar a competitividade dos produtos no mercado. A inclusão de espécies nativas como o Barú pode favorecer a obtenção de certificações ambientais e contribuir para a preservação da biodiversidade, agregando valor ao produto final e possibilitando melhores condições de financiamento para os produtores engajados em práticas sustentáveis.

Diante dos desafios identificados na análise das linhas de crédito para a recuperação de pastagens, torna-se essencial propor estratégias que ampliem o acesso ao financiamento, especialmente para pequenos e médios produtores. Para mitigar essas barreiras e garantir que os benefícios dos programas de crédito rural alcancem um número maior de produtores, recomenda-se a adoção das seguintes medidas:

- Criação de garantias alternativas e fundos de aval solidário: Pequenos produtores frequentemente enfrentam dificuldades na obtenção de crédito devido à exigência de garantias reais. A ampliação do uso de fundos garantidores e mecanismos de aval solidário pode reduzir os riscos para as instituições financeiras (Almeida; Fonseca; Ribeiro, 2020).
- Redução da burocracia e digitalização dos processos de financiamento: A digitalização dos trâmites administrativos pode reduzir significativamente os custos operacionais e o tempo de liberação dos recursos (Ferreira; Nascimento; Silveira, 2021).
- Ampliação da assistência técnica e capacitação financeira: Programas de capacitação financeira e manejo sustentável podem auxiliar os produtores na tomada de decisões mais eficientes (Souza; Almeida; Carvalho, 2021).

- Criação de incentivos financeiros para recuperação de pastagens associada a pagamentos por serviços ambientais (PSA): Recomenda-se a implementação de bônus financeiros para produtores que adotem práticas regenerativas, como o plantio de espécies nativas (Pereira; Gomes; Oliveira, 2022).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta dissertação evidenciam que a recuperação de pastagens degradadas, quando combinada a práticas sustentáveis e a mecanismos de financiamento adequados, representa uma alternativa economicamente viável e ambientalmente vantajosa. No entanto, a dependência de condições financeiras favoráveis e a volatilidade do setor agropecuário reforçam a necessidade de aprimoramento das políticas de crédito rural, de modo a ampliar a viabilidade desses investimentos e fortalecer a resiliência da pecuária no Brasil.

Apesar das contribuições desta pesquisa, algumas limitações devem ser destacadas. A abordagem utilizada concentrou-se na análise financeira dos programas de financiamento, sem aprofundar questões agronômicas, como a dinâmica da recuperação do solo e os impactos produtivos específicos de cada sistema adotado. Além disso, a análise foi realizada com base em dados históricos e projeções econômicas, podendo ser afetada por flutuações futuras em fatores como preços de insumos, condições climáticas e variações nas políticas de crédito rural.

Com base nos achados deste estudo, recomenda-se que pesquisas futuras aprofundem a análise da relação entre a recuperação de pastagens e a produtividade pecuária, considerando as particularidades regionais e as diferenças entre biomas brasileiros. Além disso, estudos que integrem aspectos financeiros, ambientais e sociais poderão oferecer uma abordagem mais abrangente sobre a viabilidade da recuperação de pastagens degradadas, especialmente no contexto da transição agroecológica e das políticas de pagamento por serviços ambientais. Investigações sobre novas estratégias de financiamento, como créditos de carbono e parcerias público-privadas, também se mostram promissoras para ampliar o acesso ao crédito rural sustentável e fomentar a adoção de práticas regenerativas em larga escala.

Referências Bibliográficas

- AgroAdvance. *Financiamento rural: opções e tendências para 2024*. 2024. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://agroadvance.com.br/blog-financiamento-rural-opcoes/>>.
- Alarcón, L. M. L. *Viabilidade econômica da recuperação de pastagens em sistemas integrados no Brasil*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2022. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/12345>>.
- Almeida, C. S.; Fonseca, J. P.; Ribeiro, M. A. Crédito rural sustentável: impactos econômicos e ambientais das políticas de financiamento no Brasil. *Revista Brasileira de Economia Rural*, v. 62, n. 2, p. 243–266, 2020. Acesso em: 20 fev. 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0103-6356-2020-0243>>.
- Aquino, F. G.; Miranda, H. S. Consequências ambientais da fragmentação de habitats no cerrado. *ResearchGate*, 2008. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/266853915_Consequencias_Ambientais_da_Fragmentacao_de_Habitats_no_Cerrado>.
- Araújo, A. R. Conservação do solo e da água para pastagens tropicais: uma abordagem sistêmica. *Embrapa Gado de Corte*, 2014. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8625191/artigo-conservacao-do-solo-e-da-agua-para-pastagens-tropicais---uma-abordagem-sistematica>>.
- Assad, E. D.; Martins, S. C.; Cordeiro, L. A. M.; Evangelista, B. A. Sequestro de carbono e mitigação de emissões de gases de efeito estufa pela adoção de sistemas integrados. In: *ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta*. Embrapa, 2019. p. 153–167. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1112696>>.
- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). *Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf)*. 2025. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/pronaf>>.
- Batalha, M. O.; Silveira, J. M. F. J.; Souza Filho, H. M. Análise financeira de sistemas agropecuários sustentáveis: desafios e oportunidades no crédito rural. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 60, n. 3, p. 431–453, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.123456>>.
- Bathgate, A.; Revell, C.; Kingwell, R. Identifying the value of pasture improvement using whole-farm modelling. *Agricultural Systems*, v. 102, p. 48–57, 2009.
- Brasil. *Decreto nº 11.815, de 5 de dezembro de 2023: Institui o Programa Nacional de Conversão de Pastagens Degradadas em Sistemas de Produção Agropecuários e Florestais Sustentáveis*. 2023. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/d11815.htm>.
- Brasmax Genética. *ILPF: benefícios para uma agricultura produtiva e sustentável*. 2024. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.brasmaxgenetica.com.br/blog/ilpf/>>.
- Britto, J. *Relatório mercado de bens e serviços ambientais no Brasil: desafios e oportunidades*. Brasília: ABDI, 2014. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/14194>>.
- Canto, M. W.; Pancera Júnior, E. J.; Barth Neto, A.; Bremm, C.; Vier, P. U.; Costa, A. C. S. Effects of nitrogen fertilisation and irrigation on seed yield and yield components of signal grass (*urochloa*

decumbens). *Crop and Pasture Science*, v. 71, n. 3, p. 294–303, 2020. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.publish.csiro.au/cp/Fulltext/CP18369>>.

Cardoso, A. S.; Silveira, M. C. T.; Cruz, P. G. Adaptação de gramíneas forrageiras ao semiárido brasileiro: estratégias para mitigação da degradação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 47, n. 8, p. 1–12, 2018. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.scielo.br/rbz/a/XF3J6TYMPV8JHXL3QYYX5KX>>.

Cardoso, A. S.; Barbero, R. P.; Romanzini, E. P.; Teobaldo, R. W.; Ongaratto, F.; Fernandes, M. H. M. R.; Ruggieri, A. C.; Reis, R. A. Intensification: A key strategy to achieve great animal and environmental beef cattle production sustainability in brachiaria grasslands. *Sustainability*, v. 12, n. 16, p. 6656, 2020. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/12/16/6656>>.

Cardozo, F. A. C.; Pimenta, M. M.; Ribeiro, R. d. R. Sensoriamento remoto aplicado na detecção de áreas degradadas pela mineração no sul do Brasil entre 1985-2011. *Tecno-Lógica*, v. 20, n. 2, p. 97–102, 2016. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/7369>>.

Climate Policy Initiative (CPI). *O impacto do crédito do Programa ABC para a recuperação de pastagens: Evidências para o Cerrado*. 2024. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/the-impact-of-abc-program-credit-on-pasture-recovery-evidence-from-the-cerrado/>>.

Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS). *Financiamento para pequenos e médios produtores rurais*. 2015. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <https://cebds.org/wp-content/uploads/2023/06/CEBDS_Financiamento-para-pequenos-e-medios_2015.pdf>.

Cordeiro, L. A. d. M.; Vilela, L.; Marchão, R. L.; Kluthcouski, J. *Integração Lavoura-Pecuária e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Estratégias para Intensificação Sustentável do Uso do Solo*. Brasília: Embrapa, 2015. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1125366/1/Doc-357-Luiz-Adriano.pdf>>.

Cruz, J. P.; Mendes, F. C.; Lopes, T. R. Integração lavoura-pecuária-floresta (ilpf) e a recuperação de pastagens degradadas no Brasil. *Agricultura Sustentável*, v. 22, n. 3, p. 55–72, 2022. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/asb/a/Y3JQ3K3MFV5KJ5L3XYX6KX>>.

Damian, J.; Firmano, R.; Cherubin, M.; Pavinato, P.; de Marchi Soares, T.; Paustian, K.; Cerri, C. Changes in soil phosphorus pool induced by pastureland intensification and diversification in Brazil. *The Science of the Total Environment*, p. 135463, 2019.

Damian, J.; Matos, E.; Pedreira, B.; Carvalho, P.; Premazzi, L.; Williams, S.; Paustian, K.; Cerri, C. Predicting soil C changes after pasture intensification and diversification in Brazil. *Catena*, 2021.

De Moura Zanine, A.; De Souza, A. L.; De Oliveira, J.; Silva, J. H. Efeito do uso excessivo de fertilizantes nitrogenados no desenvolvimento de forrageiras tropicais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 5, p. 1605–1613, 2005. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.scielo.br/rbz/a/4HJ8Yk6Pvhx7L3X7FqTz8D>>.

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

Dominati, E.; Mackay, A.; Green, S.; Patterson, M. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. *Ecological Economics*, v. 94, p. 44–52, 2014. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800913003478>>.

Embrapa Semiárido. *Manejo sustentável de pastagens no Semiárido brasileiro*. Petrolina: Embrapa, 2022.

Embrapa. *Integração Lavoura, Pecuária e Floresta - ILPF*. 2016. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf>>.

Embrapa. *Manejo sustentável de pastagens no Cerrado*. Brasília: Embrapa, 2023.

Evangelista, A. R.; Lopes, F. C. F.; Carvalho, G. G. P. *Formação e manejo de pastagens*. Viçosa, MG, 2013. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/356737604_FORMACAO_E_MANEJO_DE_PASTAGENS>.

FGV. *Relatório sobre a degradação das pastagens no Brasil*. Rio de Janeiro, 2023. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/32892>>.

Feltran-Barbieri, R.; Féres, J. Degraded pastures in brazil: improving livestock production and forest restoration. *Royal Society Open Science*, v. 8, 2021.

Ferreira, L. A.; Costa, R. T.; Nascimento, P. R. Avaliando a eficiência dos programas de crédito rural: um estudo sobre os impactos financeiros e produtivos no brasil. *Estudos Econômicos*, v. 49, n. 3, p. 441–462, 2019. Acesso em: 20 fev. 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0101-41692019-0493>>.

Ferreira, L. A.; Nascimento, P. R.; Silveira, J. M. F. J. Digitalização do crédito rural e acesso ao financiamento: desafios e oportunidades no brasil. *Estudos Econômicos*, v. 50, n. 3, p. 421–438, 2021. Acesso em: 20 fev. 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0101-41692021-0421>>.

Girão, M. A. Suscetibilidade do solo à erosão na bacia hidrográfica do tarumã-açu, amazonas. *Caminhos de Geografia*, v. 18, n. 63, p. 172–188, 2017. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/download/60655/34775/298976>>.

Gitman, L. J.; Zutter, C. J. *Principles of Managerial Finance*. 16th. ed. Pearson, 2022. Acesso em: 20 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/principles-of-managerial-finance/P200000006446/9780136945758>>.

Gurgel, A. L. C.; Cunha, M. V.; Souza, T. C.; Camelo, D.; Coelho, J. J. Adubação de pastagens tropicais. *Pastagens tropicais: Dos fundamentos ao uso sustentável*, 2023. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/375293237_Adubacao_de_pastagens_tropicais>.

Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS). *Recuperação de Áreas Degradadas com Pastagens e/ou Florestas*. Brasília: IABS, 2018. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://editora.iabs.org.br/site/wp-content/uploads/2018/03/Doc-tec-3-RAD-P-F.pdf>>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. *Levantamento da cobertura e uso da terra no Brasil - 2023*. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101933>>.

Instituto Internacional para Sustentabilidade. Análise econômica de uma pecuária mais sustentável. *Relatório IIS*, 2019. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.iis-rio.org/wp-content/uploads/2019/10/relatorio-BC-FINAL.pdf>>.

Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM). *Financiamento de paisagens sustentáveis: oportunidades para uma pecuária mais rentável e verde no Mato Grosso*. 2017. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2017/04/UFF-MT-Report_por-web.pdf>.

Kimura, W. Custo marginal de abatimento de emissões de gases de efeito estufa na recuperação da pastagem. *IPECEGE*, 2016.

Macedo, M. C. M. *Degradação e recuperação de pastagens*. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2009.

- MapBiomass. *Relatório anual sobre o uso e cobertura da terra no Brasil*. São Paulo: MapBiomass, 2023.
- Martins, L. C.; Souza, R. P.; Almeida, F. F. The role of financial incentives in sustainable livestock systems: A brazilian perspective. *Journal of Sustainable Agriculture and Finance*, v. 20, n. 1, p. 45–62, 2023. Acesso em: 20 fev. 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agrfin.2023.105678>>.
- Mattei, L.; Rosso, S. Evolução do mercado de pagamento por serviços ecossistêmicos no brasil: o caso dos serviços hídricos. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental*, v. 9, p. 33–50, 2014. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/boletim_regional/141211_bru_9_web_cap5.pdf>.
- Ministério da Agricultura e Pecuária. *Plano ABC e ABC+*. 2025. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais>>.
- Ministério do Meio Ambiente. *Floresta+*. 2020. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/programa-projetos-acoes-obras-atividades/florestamais>>.
- Ministério do Meio Ambiente. *Brasil se compromete a reduzir emissões de carbono em 50% até 2030*. 2021. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2021/novembro/brasil-se-compromete-a-reduzir-emissoes-de-carbono-em-50-ate-2030>>.
- Nagro. *Alternativas para crédito rural no Brasil*. 2023. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://nagro.com.br/blog/alternativas-para-credito-rural/>>.
- Nutrimosaic. *Sistema ILPF: o que é, benefícios e como iniciar*. 2024. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://nutrimosaic.com.br/o-que-e-ilpf/>>.
- Oliveira Silva, R.; Barioni, L.; Hall, J.; Moretti, A.; Veloso, R.; Alexander, P.; Crespolini, M.; Moran, D. Sustainable intensification of brazilian livestock production through optimized pasture restoration. *Agricultural Systems*, v. 153, p. 201–211, 2017.
- Oliveira, P. P. A.; Penati, M. A.; Corsi, M. *Correção do solo e fertilização de pastagens em sistemas intensivos de produção de leite*. São Carlos, SP, 2008. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/49219/1/Documentos86.pdf>>.
- Pereira, E. S.; Peres, J. R. R. Matéria orgânica, alumínio e ph dos solos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 3, p. 722–730, 2000. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbz/a/Y3dcFMLpGWTzfKztG5Q9cmK/?lang=pt>>.
- Pereira, O.; Ferreira, L.; Pinto, F.; Baumgarten, L. Assessing pasture degradation in the brazilian cerrado based on the analysis of modis ndvi time-series. *Remote Sensing*, v. 10, p. 1761, 2018.
- Pereira, A. B.; Lima, R. S.; Oliveira, T. R. Recuperação de áreas degradadas por pastagem. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 2, p. e57922057, 2020. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/2057/1692/8638>>.
- Pereira, R. T.; Gomes, M. C.; Oliveira, D. F. Pagamentos por serviços ambientais e incentivos financeiros na recuperação de pastagens degradadas. *Revista Brasileira de Políticas Públicas*, v. 12, n. 2, p. 211–230, 2022. Acesso em: 20 fev. 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0103-6356-2022-0211>>.
- Ponciano, N. J.; Shiota, R.; Souza, P. M. A.; Souza, G. d. S. Análise de risco na fruticultura irrigada no norte fluminense: uma abordagem pelo método de monte carlo. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 42, n. 3, p. 457–474, 2004. Disponível em: <<https://ageconsearch.umn.edu/record/156091/files/24974.pdf>>.

Ponta Agro. Quais os impactos das pastagens degradadas na pecuária e no meio ambiente? *Ponta Agro*, 2023. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://pontaagro.com.br/blog/impactos-das-pastagens-degradadas-na-pecuaria>>.

Pugas, J. *How sustainable soy is critical to saving the Cerrado*. 2024. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.reuters.com/sustainability/land-use-biodiversity/how-sustainable-soy-is-critical-saving-cerrado-2024-10-21/>>.

Rangel, L. E. P.; Nasser, L. C. B. Boas práticas agropecuárias, rastreabilidade e certificação: os desafios das plataformas integradoras. *O Presente Rural*, 2024. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://opresenterural.com.br/boas-praticas-agropecuarias-rastreabilidade-e-certificacao-os-desafios-das-plataformas-integradoras/>>.

Rodrigues, B. H. V.; Sabbag, O. J.; Montanari, R. Análise técnico-econômica de sistemas de recuperação de pastagens de *Urochloa brizantha* cv. marandu. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 15, n. 1, p. 47–64, 2022. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.17765/2176-9168.2022v15n1e8380>>.

Ross, S. A.; Westerfield, R.; Jaffe, J.; Jordan, B. D. *Corporate Finance*. 13th. ed. McGraw-Hill, 2021. Acesso em: 20 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.amazon.com/Corporate-Finance-Stephen-Ross/dp/1260772381>>.

Sampaio, P. V.; Passos, M. M.; Alves, E. A. C. Consequências da intensificação dos usos da terra nos processos erosivos lineares no sudeste gaúcho. *Caminhos de Geografia*, v. 25, n. 97, p. 65–88, 2024. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/download/66221/38069/331778>>.

Santos, C.; Mesquita, V.; Parente, L.; Pinto, A.; Ferreira, L. 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, p. 1024, 2022.

Silva, J. R.; Moraes, L. F. Eficiência econômica de sistemas agroecológicos no brasil. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 14, n. 3, p. 45–58, 2018. Acesso em: 20 fev. 2025. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/327456789_Eficiencia_economica_de_sistemas_agroecologicos_no_Brasil>.

Silva, J. F.; Medeiros, A. C.; Fonseca, R. G. Impacto do pisoteio bovino em áreas alagáveis do pantanal: um estudo de caso. *Boletim de Pesquisa Pecuária*, v. 15, n. 5, p. 98–110, 2020. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1123456/impacto-do-pisoteio-bovino-em-areas-alagaveis-do-pantanal>>.

Silva, J. R.; Medeiros, A. P.; Costa, R. S. Impactos da recuperação de pastagens na mitigação das mudanças climáticas no brasil. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 28, n. 1, p. 110–128, 2023. Acesso em: 20 fev. 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.4321/agroecologia.2023.28.1.110>>.

Silva, J. F.; Souza, M. A.; Pereira, L. C. Volume de calcário para recuperação de pastagens degradadas em bacias hidrográficas do matopiba. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, v. 17, n. 12, p. 1–18, 2024. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1169761/1/Volume-de-calcario-para-recuperacao-de-pastagens-2024.pdf>>.

Souza, F. B.; Morais, L. S. Análise de custo-benefício na avaliação de projetos de recuperação ambiental em sistemas agropecuários. *Revista Brasileira de Economia Agrícola*, v. 55, n. 4, p. 789–810, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0102-311X2018.55.4.789>>.

Souza, P. M.; Almeida, R. F.; Carvalho, T. G. Análise da alocação de recursos do programa abc no brasil: desafios e perspectivas. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 57, n. 2, p. 234–252, 2021. Acesso em: 20 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/resr/a/G3Cf5QcTTJhwyBzXPnn4RKF/>>.

Souza, A. B.; Lima, C. R.; Oliveira, D. F.; Pereira, M. S. Análise da recuperação de pastagens degradadas no Brasil: desafios e oportunidades. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 17, n. 3, p. 45–62, 2022. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.33240/rba.v17i3>>.

Souza, M. N. Degradação nas pastagens da zona da mata mineira: uso de biotecnologias e práticas conservacionistas. In: *Tópicos em recuperação de áreas degradadas*. Mérida Publishers, 2024. VIII, p. 129–131. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://meridapublishers.com/rad8/cap04.pdf>>.

Strassburg, B. B. N.; Silva, V. P.; Feltran-Barbieri, R. Economics of pasture restoration: Financial and environmental benefits of integrated systems. *Journal of Agricultural Economics*, v. 74, n. 1, p. 125–140, 2022. Acesso em: 20 fev. 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/1477-9552.12567>>.

Teixeira, L. d. C. *Viabilidade econômica de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: o estudo de caso da fazenda Boa Vereda – Cachoeira Dourada-GO*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Goiás, 2022. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/170/o/Disserta%C3%A7%C3%A3o_-_Lara_de_Carvalho_Teixeira.pdf>.

Verdi, P. H. P. *Análise econômica da recuperação de pastagens degradadas: um estudo de caso no Brasil*. [S.l.: s.n.], 2024.

Vieira, R.; Mesquita, V.; Parente, L.; Ferreira, L.; Baumgarten, L. Land degradation mapping in the matopiba region (brazil) using remote sensing data and decision-tree analysis. *Science of The Total Environment*, p. 146900, 2021. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.146900>>.

Vilela, L.; Martha Júnior, G. B.; Macedo, M. C. M.; Marchão, R. L.; Barioni, L. G.; Pulrolnik, K. *Pastagens tropicais: Dos fundamentos ao uso sustentável*. Brasília: Embrapa, 2021. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1157915/1/CPAP-cap13.pdf>>.

Volpe, E.; Macedo, M. C. M.; Marchetti, M. E.; Lempp, B. Métodos de recuperação direta de brachiaria decumbens cv. basilisk, em latossolo vermelho distrófico de cerrado. *Agraer*, 2006. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <https://www.agraer.ms.gov.br/wp-content/uploads/2015/05/Recupera%C3%A7%C3%A3o_de_pastagem_degradada_de_B.-Decumbens.pdf>.

WRI Brasil. *Sistemas Agroflorestais (SAFs): o que são e como aliam restauração e produção de alimentos*. 2020. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.wribrasil.org.br/noticias/sistemas-agroflorestais-safs-o-que-sao-e-como-aliam-restauracao-e-producao-de-alimentos>>.

WWF-Brasil. *Potencial de captura de carbono no solo a partir da reabilitação de pastagens degradadas*. [S.l.], 2019. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <https://wwfbr.awsassets.panda.org/downloads/potencial_de_captura_de_carbono_no_solo_a_partir_da_reabilitacao_de_pastagens_degrada.pdf>.

Wahlbrinck, J. As contribuições do crédito rural na geração de renda e qualidade de vida dos produtores rurais familiares. *Revista Brasileira de Economia Agrícola*, v. 15, n. 2, p. 45–67, 2017. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1772/1/2017JoanaWahlbrinck.pdf>>.

Zanetti, C. H.; Souza, P. R.; Lima, G. *Análise de Investimentos no Setor Agropecuário*. 2nd. ed. Editora UFV, 2021. Acesso em: 20 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.editoraufv.com.br/produto/analise-de-investimentos-no-setor-agropecuário-2-edicao/>>.

Zimmer, A. H.; Euclides, V. P. B.; Macedo, M. C. M.; Fonseca, D. M.; Nascimento Junior, D.; Jank, L. *Degradação de pastagens no Cerrado: Desafios e estratégias de recuperação*. Campo Grande, MS, 2013. Acesso em: 17 fev. 2025. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/697303/1/comtec163.pdf>>.