

CAPÍTULO 4

Degradação nas pastagens da Zona da Mata Mineira: uso de biotecnologias e práticas conservacionistas nos procedimentos de recuperação

Maurício Novaes Souza, Priscilla de Oliveira Nascimento, Otacílio José Passos Rangel, Thaís de Souza Pastor, Sílvia Aline Bérghamo Xavier, Clarissa Alves de Novaes, Sandra Regina dos Santos Moreira de Oliveira, Alessandra Cunha Lopes

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-25-1.c4>

Resumo

O manejo inadequado de pastagens pode ter consequências significativas, incluindo a diminuição do estoque de carbono no solo e a formação de extensas áreas de pastagem degradadas. Superlotação e superpastejo são práticas comuns que não apenas diminuem o vigor das plantas, mas também resultam na compactação do solo, dificultando ainda mais o crescimento saudável das plantas. As práticas inadequadas de recuperação podem agravar ainda mais essa situação, aumentando os impactos e externalidades ambientais negativos. No entanto, há diversas técnicas e práticas conservacionistas com potencial na recuperação de pastagens degradadas, além da biotecnologia. Embora o uso desses microrganismos promissores pareça promissor, as interações precisas entre esses microrganismos e as espécies forrageiras ainda são pouco compreendidas. Investigações adicionais nesse campo podem fornecer percepções valiosas para a execução de estratégias eficazes de recuperação de pastagens degradadas, garantindo não apenas a sustentabilidade ambiental, mas também a produtividade em longo prazo das pastagens.

Palavras-chave: Manejo de pastagens. Técnicas de recuperação. Biotecnologia. Sustentabilidade ambiental.

1. Introdução

No Brasil, aproximadamente 180 milhões de hectares são ocupados por pastagens, dos quais cerca de 50% estão enfrentando um processo evidente de degradação (Bendito *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2021). Devido ao seu desenvolvimento majoritariamente extensivo, a degradação das pastagens emerge como um desafio significativo para a pecuária brasileira, acarretando prejuízos econômicos, sociais e ambientais substanciais (Salomão; Barbosa; Cordeiro, 2020).

Na Zona da Mata Mineira, assim como em muitas outras regiões do Brasil, o manejo inadequado das pastagens é uma questão crítica que contribui consideravelmente para sua degradação. Isso é evidente devido ao sobrepastejo, que ocorre quando há um número excessivo de animais pastando por longos períodos, sem permitir que a vegetação se regenere adequadamente, e ao subpastejo, que acontece quando a quantidade de animais ou o tempo de pastejo é insuficiente para manter a saúde da pastagem (Carvalho, 1998; Carvalho; Alvim, 2000; Souza, 2023; Souza, 2024; Malaquias *et al.*, 2024).

Esses problemas, para esses mesmos autores, resultam em danos significativos ao ecossistema local, reduzindo a qualidade e a quantidade de forragem disponível para o gado, comprometendo assim a produtividade e a sustentabilidade da atividade pecuária na região. Para resolver esses desafios, é fundamental implementar práticas de manejo adequadas que promovam um equilíbrio entre o uso da pastagem e sua capacidade de regeneração, garantindo a qualidade contínua do ambiente de pastagem e a viabilidade da pecuária.

A falta de rotação de pastagens também é um problema, levando à compactação do solo e à redução da biodiversidade. Além disso, a ausência de práticas como adubação e correção do solo, controle de plantas daninhas e manutenção de áreas de preservação permanente agrava a situação. Para reverter esse quadro, é essencial adotar práticas de manejo sustentáveis, como rotação de pastagens, controle adequado do número de animais e adubação correta do solo (Carvalho; Alvim, 2000; Souza, 2023; Malaquias *et al.*, 2024; Souza, 2024).

Em todo o mundo, a atividade pecuária pode ser responsabilizada pela origem de inúmeras áreas degradadas. No Brasil, a pecuária é baseada

praticamente na utilização de sistemas de criação extensivos, em pastagens constituídas basicamente pela monocultura de gramíneas. Estabelecidas em solos anteriormente de florestas, que foram desmatados e utilizados para agricultura, posteriormente, devido à redução de sua fertilidade, convertidos em áreas de pastejo (Souza, 2015; 2018).

A degradação das pastagens tem representado um desafio significativo para a pecuária brasileira, acarretando prejuízos econômicos, sociais e ambientais (Souza, 2015; Salomão; Barbosa; Cordeiro, 2020). Em geral, as principais causas desse fenômeno incluem a seleção inadequada de espécies ou cultivares forrageiras para as condições específicas de manejo, clima e fertilidade do solo onde serão estabelecidas; deficiências na formação inicial; falta de adubação de manutenção; e práticas inadequadas de manejo da pastagem (Vilela *et al.*, 2017).

Segundo Macedo e Araújo (2019), a degradação das pastagens é o fator mais importante, na atualidade, que compromete a sustentabilidade da produção animal, sendo um processo dinâmico de queda relativa da produtividade. Para Terra *et al.* (2019); e Goulet (2021), práticas agropecuárias intensivas têm ocasionado alterações nas características e na qualidade do solo, surgindo a necessidade de adoção de técnicas de manejo sustentáveis (Figura 1).



Figura 1. Área de pastagem degradada e recente derrubada de remanescente florestal, Guarapari, ES. Fonte: Acervo Acácio Radael, 2024.

O manejo inadequado das pastagens, como superpastejo, superlotação e a não reposição de nutrientes, causa drástica alteração nos atributos físicos do solo, prejudicando o desenvolvimento do sistema radicular das forrageiras. A compactação do solo diminui a sua porosidade, criando condições desfavoráveis à difusão de oxigênio, a drenagem da água pluvial na superfície e o desenvolvimento das plantas, pois pode ocorrer o aumento da resistência do solo ao crescimento radicular, tornando a planta mais susceptível a déficits hídricos e com limitada capacidade de absorver nutrientes em camadas subsuperficiais do solo (Ferreira; Tavares Filho; Ferreira, 2010; Bonfim-Silva *et al.*, 2013; Almeida *et al.*, 2021; Gomes *et al.*, 2024).

Outro problema no Brasil é a destinação preferencial de áreas marginais, de difícil acesso e de baixo potencial agrícola, para a formação de pastagens. A principal consequência dessa situação tem sido a alta incidência de pastagens degradadas e a estigmatização da pecuária desenvolvida a pasto como atividade improdutiva e essencialmente danosa ao meio ambiente (Dias-Filho, 2014; Souza, 2015; 2018; 2024).

Neste sentido, com uma maior consciencialização da sociedade, é fundamental o uso de práticas de manejo mais sustentáveis e que possibilitem a recuperação de áreas de pastagem degradadas por meio da adoção de tecnologias que promovam a restauração da qualidade química, física e biológica dos solos (Terra *et al.*, 2018).

Outra situação bastante comum é a substituição da vegetação nativa por espécies de gramíneas exóticas mais produtivas. Nessas circunstâncias, não têm sido realizadas adubações de reposição e correções do solo, além da negligência em relação à capacidade de suporte da vegetação. O manejo inadequado para conservação e manutenção, associado à falta de práticas conservacionistas, tem sido a principal causa da formação de numerosas áreas de pastagens degradadas (Terra *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2021; Souza, 2023; 2024).

Segundo esses mesmos autores, as principais consequências são:

- ✓ Prejuízos ambientais, manifestados pela perda de solo e matéria orgânica devido à erosão; diminuição da disponibilidade de água no solo e para

o reabastecimento dos lençóis freáticos; assoreamento de cursos d'água; e redução da biodiversidade vegetal e animal; e

✓ Prejuízos econômicos, decorrentes da redução na produção animal e do aumento dos custos de produção, levando muitas vezes os produtores à pauperização e ao abandono da atividade. As novas tecnologias para a recuperação dessas pastagens não têm sido amplamente adotadas e, quando o são, frequentemente envolvem o uso de procedimentos incorretos.

2. Estudo de caso: Zona da Mata Mineira

A Zona da Mata de Minas Gerais é caracterizada pela predominância de topografia acidentada e solos bastantes intemperizados, com elevada acidez e baixa fertilidade. Nessa região, o relevo é predominantemente forte ondulado e montanhoso, com a pecuária extensiva sobre pastagem natural ou "naturalizada" sendo a atividade predominante. A exploração intensiva dessas pastagens ao longo dos anos tem resultado na depauperação dos solos, levando à perda de capacidade produtiva e, conseqüentemente, à degradação das pastagens, que são dominadas principalmente pelo capim-gordura (*Melinis minutiflora* Pal. De Beauv.), com a presença constante de sapé (*Imperata brasiliensis* Trin.) (Carvalho; Alvim, 2000).

Esse cenário tem sido uma das principais causas do empobrecimento dos pecuaristas na região, resultando em baixos níveis de produtividade em leite e carne e contribuindo para o êxodo rural em taxas elevadas. Além dos prejuízos socioeconômicos, há também impactos ambientais significativos. Um grupo de trabalho formado por professores da Universidade Federal de Viçosa, em colaboração com os comitês das Bacias do Leste, observou que as pastagens degradadas da região foram identificadas como a principal causa da redução na vazão dos recursos hídricos, devido à diminuição da reserva dos aquíferos, cuja recarga depende da cobertura vegetal natural (Marco Júnior; Marco, 2000; Valente; Gomes; Castro, 2002; Souza, 2018).

Um estudo realizado por Chagas *et al.* (2002), tendo como área piloto escolhida para a avaliação dos níveis de degradação das pastagens, localizada entre as coordenadas 20° 39' 41" e 20° 42' 42" de Latitude Sul e 42°

49' 58" e 42° 46' 32" de Longitude Oeste, englobando parte dos municípios mineiros de Viçosa (maior área), Teixeira e São Miguel do Anta, perfazendo 3.314ha, confirmaram o estágio de degradação àquela época, que se mantém até os dias atuais.

A identificação dos níveis de degradação das pastagens foi realizada a partir da análise de imagens ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*), obtidas em 05 de abril de 2001. Optou-se pela utilização de quatro níveis de degradação (leve, moderado, forte e muito forte). As imagens foram classificadas utilizando o algoritmo classificador Mahalanobis Distance do ENVI. Após essa etapa, verificou-se o nível de exatidão ou confiança desta classificação por meio da matriz de erros (coeficiente Kappa).

A interpretação da imagem identificou 2 classes de uso da terra (Mata/Capoeira e Cafezal) e 3 níveis de degradação das pastagens naturalizadas (moderado, forte e muito forte). O resultado obtido com a utilização do estimador de acerto Kappa (matriz de erros) para a classificação realizada foi de 0,83, valor considerado excelente ($0,8 < K \leq 1$). Os resultados podem ser observados no Quadro 1.

Quadro 1. Quantificação das classes de uso e cobertura vegetal natural da área estudada

| Classes | Área (ha) | % |
|---|-----------|-------|
| Mata Primária e, ou, secundária e, ou, capoeira | 958 | 28,73 |
| Cafezal | 51 | 1,54 |
| Pastagem no nível de degradação moderado | 272 | 8,21 |
| Pastagem no nível de degradação forte | 1871 | 56,46 |
| Pastagem no nível de degradação muito forte | 168 | 5,07 |
| Total | 3.314 | 100 |

Fonte: Chagas *et al.*, 2002.

Observa-se que a maior parte das pastagens se encontrava no nível de degradação forte (56,46%). Para piorar a situação, agricultores da região têm

tentado recuperar suas pastagens de maneira equivocada, agravando ainda mais essa condição. O Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite CNPGL/EMBRAPA - Coronel Pacheco, MG, e a Universidade Federal de Viçosa têm estudado essa situação há alguns anos e proposto algumas soluções práticas de manejo e recuperação, adaptadas à região e de baixo custo para os produtores.

Este estudo de caso tem como objetivo fornecer um panorama do quadro das pastagens na Zona da Mata de Minas Gerais no início do Século XXI. Além disso, busca discutir a não adoção das diferentes técnicas de manejo e recuperação existentes e viáveis, bem como analisar o baixo nível tecnológico e econômico dos pequenos produtores da região, que é causa e consequência da pauperização, responsável pela degradação ambiental em suas propriedades. Cabe considerar, de acordo com Souza (2018), que os níveis de degradação das pastagens, em todo o Brasil, agravaram-se nos anos recentes.

2.1. Análise do Problema

Na Zona da Mata Mineira, o desmatamento da vegetação de Mata Atlântica para estabelecer cultivos agrícolas tais como café, milho e feijão foi inicialmente bem-sucedido devido aos altos teores de matéria orgânica desses solos. No entanto, ao longo do tempo, devido à declividade do terreno e ao manejo inadequado, houve esgotamento do solo devido à erosão da camada superficial e à exportação excessiva de nutrientes pelas culturas, agravada pela ausência de reposição de adubos. Dadas às baixas fertilidades e a elevada acidez originais, esse tipo de agricultura não era sustentável, resultando na perda de produtividade agrícola (Carvalho, 1998; Carvalho; Alvim, 2000).

Com o declínio das culturas agrícolas, esses solos passaram a ser usados como pastagens naturalizadas de capim-gordura (*Melinis minutiflora* Pal. De Beauv.), uma gramínea de baixa capacidade de suporte, mas que desempenha um papel importante na conservação do solo na região. No entanto, devido ao manejo inadequado e ao excesso de pastejo, resultando no consumo total das pastagens e em pisoteio excessivo, grande parte delas encontra-se degradada (Figura 2). Isso contribui para a redução da produção animal e a economia das

propriedades, levando à descapitalização dos produtores. Para contornar essa situação, os produtores têm tentado introduzir gramíneas forrageiras mais agressivas e produtivas, como as braquiárias (*Brachiaria* sp.), com algum sucesso em áreas de menor declive (Carvalho; Alvim, 2000; Costa, 2000).

No entanto, em áreas com declives mais acentuados, a recuperação tem agravado o problema devido ao uso de técnicas inadequadas para implantação das pastagens, como o uso de tratores de esteira trabalhando no sentido longitudinal do declive, o que favorece a remoção de partículas de solo pelo vento e pela chuva. Esse tipo de preparo do solo com maquinário pesado aumenta a compactação do solo, reduz a porosidade da camada arável e gera enxurradas que levam ao assoreamento dos mananciais, diminuindo a capacidade de drenagem e impedindo a recarga dos aquíferos (Costa, 2000; Carvalho; Alvim, 2000).



Figura 2. Pastagem degradada no município de Piraúba, Zona da Mata, MG.
Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2023.

De acordo com Costa (2000) e Souza (2015), muitos pecuaristas não consideram o pasto como uma cultura e adotam práticas de manejo inadequadas para sua manutenção e conservação, pois as gramíneas são consideradas mais resistentes que a maioria das plantas cultivadas. Como resultado, a degradação das pastagens se tornou uma das principais preocupações nesse segmento.

Para a sociedade, o agravamento da degradação das pastagens acarreta grandes prejuízos, especialmente devido ao seu efeito negativo sobre os recursos hídricos. A compactação dos solos pode resultar em impactos ambientais significativos, tais como: a) diminuição no número e na vazão das nascentes; b) perda de volume por sedimentação, ou seja, o assoreamento dos corpos d'água; e c) eutrofização de lagos, lagoas e represas (Carvalho; Alvim, 2000; Costa, 2000; Tundisi, 2003; Souza, 2015; 2018; 2023). Esses problemas afetam não apenas a disponibilidade de água, mas também a qualidade desse recurso vital para a sociedade.

2.2. Causas da degradação

A degradação do solo começa quando sua cobertura natural é interferida, seja removendo-a simplesmente ou substituindo-a por uma cultura mal conduzida. No primeiro caso, o solo fica exposto à erosão, sujeito aos efeitos dos agentes erosivos, cuja intensidade depende da resistência do solo à erosão. No segundo caso, a degradação pode resultar tanto da erosão quanto da deterioração de suas propriedades devido ao uso e manejo inadequados. Sem a proteção da cobertura vegetal e da estabilização proporcionada pelas raízes, o solo fica vulnerável ao impacto direto da chuva ou do vento, levando à desagregação e remoção de suas partículas. Esse efeito é ampliado pelo escoamento superficial das águas ou pela abrasão das partículas transportadas pelo vento (Embrapa, 1980; Souza, 2015; Souza, 2018; 2023; Gomes *et al.*, 2024; Souza, 2024; Malaquias *et al.*, 2024).

Assim, pode-se afirmar que os principais fatores de degradação das pastagens em topografia montanhosa estão relacionados à ocupação irregular das encostas. De acordo com Selby (1993); Guerra (2003) e Souza (2018), a combinação das características das encostas - declividade e forma - associada à geologia, à redução da cobertura vegetal ou à sua retirada, ao aumento do deflúvio superficial, à erodibilidade do solo e à ação climática, ao uso e ao manejo inadequado do solo com queimadas excessivas e superpastoreio nessas superfícies montanhosas, pode causar sérios impactos, incluindo erosão, voçorocas e movimentos de massa.

Para Nascimento Júnior *et al.* (1994), *apud* Costa (2000), qualquer critério proposto para avaliar o estágio de degradação do solo deve considerar fatores como a diminuição da produção e a mudança na composição botânica. A observação da queda na capacidade de suporte, no entanto, não tem sido suficiente para incentivar a adoção de ações de manejo de manutenção, o que posteriormente exige o uso de alternativas de recuperação ou renovação mais dispendiosas e de difícil realização do ponto de vista econômico. Quando a degradação está em estágio avançado, a estabilidade do solo é uma condição a ser avaliada por meio de indicadores, tais como: a) condutividade hidráulica saturada; b) conformação do sistema radicular; c) densidade e porosidade do solo; e d) cobertura do solo.

Segundo Pereira (2004), a intensidade do processo de degradação pode variar de acordo com diversos elementos do complexo solo/planta/animal. A Figura 3 representa, de forma simplificada, a sequência de eventos no processo de degradação de uma pastagem cultivada.



Figura 3. Representação simplificada do processo de degradação da pastagem cultivada em suas diferentes etapas no tempo. Fonte: Pereira, 2004.

Como principais fatores de degradação das pastagens citadas na literatura, além dos já mencionados, destacam-se: a) ausência de cobertura vegetal; b)

manejo inadequado do pastejo (sub ou superpastejo); c) deficiências nutricionais no solo; e d) presença de invasoras, pragas e doenças. Agravando essa situação, técnicas de manejo e recuperação incorretas, como: a) queimadas anuais; b) falta de adubação de reposição; e c) ausência de correção da acidez do solo. Contribuem também, a má organização na estrutura das pastagens, incluindo: a) divisão e localização inadequada de cercas, cochos e bebedouros; b) o tipo de forrageira e seu hábito de crescimento (aquelas com hábitos de crescimento estolonífero e rizomatoso são mais resistentes); e c) principalmente, o preparo do solo realizado no sentido da maior declividade (Moreira, 1980; Nascimento Júnior et al., 1994; Embrapa, 2001; Souza, 2015; Souza, 2018; Crespo *et al.*, 2023; Souza, 2023; Gomes *et al.*, 2024; Souza, 2024; Malaquias *et al.*, 2024).

Segundo Baruqui; Resende e Figueiredo (1985), áreas sem vegetação surgem nas pastagens e estão localizadas no topo e no terço superior das elevações, especialmente nas partes mais declivosas. A vegetação no topo permite a manutenção de um reservatório de nutrientes que contribuem para o enriquecimento do solo na encosta, através do escoamento superficial da água das chuvas. Com a remoção da vegetação, o solo do topo perde nutrientes, não conseguindo mais alimentar o solo da encosta, tornando-se ainda mais deficiente em minerais, que são geralmente acumulados na base vegetada da encosta, como ilustrado na Figura 4.

Além do problema relacionado à perda de nutrientes, áreas desprovidas de vegetação retêm pouca água em comparação com áreas vegetadas. Devido ao relevo íngreme, a baixa infiltração e percolação ocorrem, resultando em aumento do escoamento superficial ("wash") e, conseqüentemente, maior erosão. A desagregação superficial causada pelo impacto das gotas de chuva ("splash") pode levar ao selamento superficial do solo, reduzindo sua porosidade total e macroporosidade nas camadas superficiais, o que diminui sua permeabilidade e favorece a redução da taxa de infiltração de água. O solo desprotegido de vegetação fica sujeito à erosão e a variações mais abruptas de temperatura (Costa, 2000; Souza, 2015; 2018; 2023).

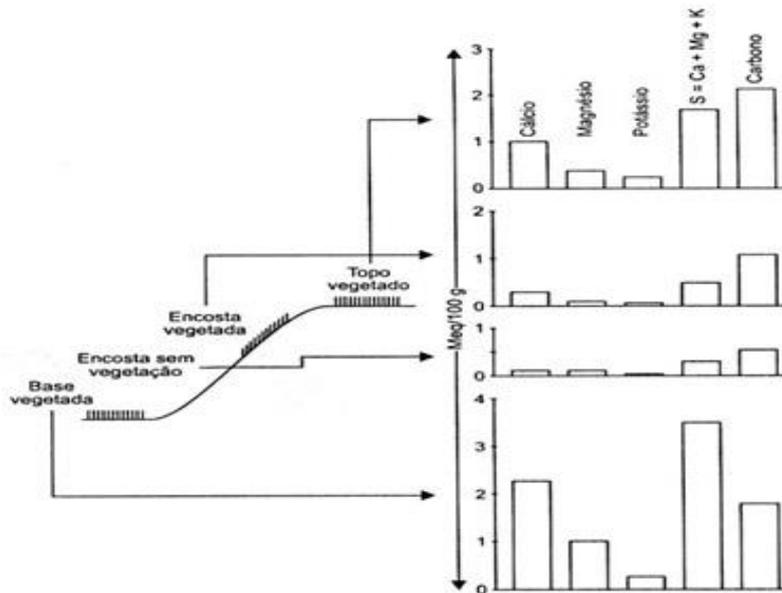


Figura 4. Teores de nutrientes do primeiro centímetro de Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (LVa), em diversas posições de uma topossequência. Fonte: Baruqi; Resende e Figueiredo, 1985.

Conforme observado por Resende (1993) e Gomes *et al.* (2024), essa condição expõe a superfície do solo às radiações solares diretas, resultando em aquecimento significativo durante o dia e resfriamento intenso durante a noite. Isso cria ciclos de umedecimento e secagem que provocam a expansão e contração do solo, levando ao seu fendilhamento e destruição dos agregados.

Para esses mesmos autores, essa flutuação extrema de temperatura torna a superfície do solo menos propícia à vida da micro e mesofauna, devido à oxidação da matéria orgânica, o que por sua vez impõe restrições à germinação das sementes das gramíneas e outras plantas desejáveis. Além disso, o desequilíbrio nas relações de temperatura e umidade entre o solo e as plantas aumenta a evaporação da água do solo, resultando no rebaixamento do lençol subterrâneo e no desaparecimento de nascentes.

2.3. Motivos da adoção incorreta ou da não adoção

O problema da degradação das pastagens é antigo e sua reversão tem sido tentada, na maior parte das vezes, empiricamente, pelos produtores brasileiros

ao longo de muito tempo. Do ponto de vista técnico, observa-se que nas áreas de topografia suave, as pastagens recuperadas geralmente apresentam boa formação. No entanto, nas áreas de maior declividade, é comum observar a presença de ravinas no sentido longitudinal do terreno, possivelmente originadas pela ação dos sulcos da grade aradora pesada, ampliados por constantes enxurradas (Figura 5).

Essa prática de recuperação é tecnicamente condenável, com consequências negativas mais perceptíveis nas áreas mais íngremes. Além disso, a maior procura por tratores de esteira para a recuperação de pastagens nessas regiões, prática realizada no sentido "morro abaixo", não se justifica economicamente, pois seu custo é mais elevado. Os produtores tentam justificar seu uso pela falta de mão de obra e pela pouca disponibilidade de equipamentos e animais para tração, dificultando a adoção de práticas e técnicas ambientalmente corretas.

Observa-se também a pressa dos produtores na realização do trabalho, visto que o tempo necessário para a conclusão pelo trator de esteira é menor. Os sistemas de plantio em faixas e covas, recomendados para regiões acidentadas, demandam mais horas trabalhadas para sua conclusão. No entanto, a grande movimentação do solo promovida pelo trator de esteira favorece o crescimento inicial da pastagem implantada (Emater, 2003).



Figura 5. Pastagem recuperada com trator de esteira no sentido "morro abaixo" e a formação de ravinas – município de São Miguel do Anta, Zona da Mata, MG. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2004.

Porém, para esse mesmo autor, essa prática não é sustentável, uma vez que a produtividade tenderá a diminuir com o tempo, devido à perda de nutrientes e matéria orgânica pela erosão. No entanto, essa era e tem sido a prática predominante, o que representa uma falsa ilusão para aqueles que a adotam. Além disso, os produtores, por precaução ou desinformação, costumam utilizar quantidades superiores às recomendadas de sementes, excesso que poderia ser substituído pelo uso de corretivos e fertilizantes.

Assim, as tecnologias existentes não têm sido adotadas ou são inadequadamente executadas, principalmente devido a (Emater, 2003; Souza, 2018): a) deficiência quantitativa e, em alguns casos, qualitativa dos técnicos de extensão rural na difusão tecnológica; b) ausência de monitoramento durante as operações de recuperação; c) falta de capacitação dos produtores, essencial para o uso sustentável das pastagens; d) falta de parcerias entre os órgãos de pesquisa e extensão; e) uso de metodologias inadequadas para divulgação de novas tecnologias; f) resistência à mudança, influenciada por fatores socioculturais; g) percepção equivocada por parte dos produtores de que é necessário alto investimento para a recuperação; e h) falta de uma política agrícola regional definida, como a ausência de crédito para a recuperação de áreas de pastagens degradadas.

3. Práticas de conservação do solo e da água

A compactação excessiva da camada superficial do solo, devido à falta de observação da capacidade de suporte das pastagens, reduz a infiltrabilidade da água no solo, aumentando o escoamento superficial e resultando em maior perda de solo por uma variedade de processos erosivos, como a erosão laminar ("wash"), ravinas ("rill") e voçorocas ("gully"). Essa ação antrópica pode desencadear processos geomorfológicos acelerados e graves, resultado do manejo inadequado sem as práticas culturais e de manejo adequadas, como a reposição de nutrientes exportados por meio de práticas de fertilização (Souza, 2015; 2018) (Figura 6).



Figura 6. Pastagem recuperada por trator de esteira no sentido "morro abaixo": formação de ravinas e acúmulo de argila e matéria orgânica na parte inferior da encosta - Ervália, Zona da Mata, MG. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2004.

Por outro lado, as técnicas de recuperação e conservação do solo, especialmente adaptadas para áreas montanhosas, não têm sido adequadamente divulgadas ou assimiladas pelos produtores. Algumas das forrageiras utilizadas não são adaptadas às condições edafoclimáticas predominantes e áreas com declive acentuado, que deveriam ser destinadas à proteção ou exploração florestal com plano de manejo sustentável, continuam sendo utilizadas como pastagens.

A capacitação dos produtores e o acompanhamento da assistência técnica são fundamentais para garantir o uso sustentável das pastagens. No entanto, essa condição não vem sendo alcançada ou promovida de forma adequada. É sabido que o manejo adequado do solo, com a utilização de práticas conservacionistas, pode retardar ou mesmo impedir processos de degradação.

Também, o uso de novas tecnologias, tal como o uso de insumos biológicos ou bioinsumos, pode contribuir consideravelmente para procedimentos de recuperação sustentáveis, oferecendo alternativas viáveis e ecologicamente corretas para restaurar a saúde do solo e a produtividade das pastagens.

O fato é que nos dias atuais são diversos os procedimentos de recuperação de pastagens. Podem variar dependendo das condições específicas do local, incluindo o tipo de solo, clima e histórico de uso da terra.

3.1. Rotação de Culturas e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)

É uma prática agrícola sustentável que combina diferentes sistemas produtivos em uma mesma área, como agricultura, pecuária e floresta (Figura 7).



Figura 7. Pastagem recuperada com o sistema ILPF – Mimoso do Sul, ES.
Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2022.

Essa integração visa melhorar a produtividade, a rentabilidade e a sustentabilidade ambiental das propriedades rurais. Envolve a rotação de culturas agrícolas com pastagens, e muitas vezes a integração de árvores na paisagem, fornecendo múltiplos benefícios, como melhorias na fertilidade do solo, controle de erosão e diversificação de renda: a agricultura fornece alimentos para o gado, o gado fornece esterco para a fertilização do solo, e a floresta pode oferecer sombra, proteção do solo, madeira e outros produtos florestais. É uma abordagem holística que visa otimizar o uso da terra e promover a conservação dos recursos naturais (Martins; Romarco; Souza, 2013; Martins; Souza, 2013; Oliveira *et al.*, 2015; Nascimento *et al.*, 2022; Souza, 2022).

3.2. Adubação e correção do solo

A aplicação adequada de fertilizantes e corretivos de solo desempenha um papel fundamental na melhoria da fertilidade e estrutura do solo, o que por sua vez promove o crescimento de vegetação mais saudável. Algumas maneiras pelas quais isso pode contribuir para a recuperação de pastagens (Vieira, 1975; Prezotti *et al.*, 2007; Alvarez; Steinbach, 2009; Campos *et al.*, 2011; Crespo; Souza; Silva, 2023):

- ✓ Fornecimento de nutrientes essenciais: os fertilizantes fornecem nutrientes como N, P, K e micronutrientes que são essenciais para o crescimento das plantas. Ao corrigir deficiências nutricionais no solo, as plantas têm acesso aos nutrientes necessários para o seu desenvolvimento saudável.

- ✓ Melhoria da estrutura do solo: corretivos como calcário podem ajudar a corrigir a acidez do solo, melhorando sua estrutura. Isso aumenta a capacidade de retenção de água e aeração do solo, o que beneficia o crescimento das plantas e facilita o acesso das raízes aos nutrientes.

- ✓ Estímulo ao crescimento radicular: a aplicação adequada de fertilizantes pode estimular o crescimento radicular das plantas, o que é fundamental para a recuperação de pastagens degradadas. Raízes saudáveis ajudam as plantas a obterem água e nutrientes do solo de forma mais eficiente.

- ✓ Aumento da produção de biomassa: com nutrientes adequados, as plantas podem produzir mais biomassa, o que contribui para a cobertura do solo, reduzindo a erosão e melhorando a qualidade do pasto.

- ✓ Manutenção do equilíbrio do ecossistema: ao promover o crescimento de vegetação mais saudável, a aplicação adequada de fertilizantes e corretivos de solo pode ajudar a restaurar o equilíbrio do ecossistema, favorecendo a biodiversidade e melhorando a qualidade do solo ao longo do tempo.

É importante ressaltar que a aplicação de fertilizantes e corretivos de solo deve ser feita de forma planejada e responsável, levando em consideração as características específicas do solo, as necessidades das plantas e os impactos ambientais. Além disso, outras práticas de manejo, como o controle de pastejo e a rotação de culturas, também são importantes para a recuperação e manutenção de pastagens saudáveis (Figura 8).



Figura 8. Correção do solo com gesso em área de café com braquiária nas entrelinhas, Serra da Canastra, MG. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2019.

3.3. Manejo integrado de pastagens

Práticas como o pastejo rotacionado (Figura 9), controle de invasoras e manutenção da cobertura vegetal são fundamentais para melhorar a produtividade e sustentabilidade das pastagens (Euclides *et al.*, 2009). O pastejo rotacionado envolve dividir a área de pastagem em várias parcelas e mover o gado de uma parcela para outra em intervalos regulares. Isso permite que as áreas descansadas se recuperem, enquanto o pastejo intenso ocorre em outras áreas. O pastejo rotacionado ajuda a evitar o superpastejo, promove o crescimento uniforme da vegetação, aumenta a eficiência no uso da forragem e melhora a saúde do solo.



Figura 9. Piquetes para pastejo rotacionado: IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba, MG. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2015.

✓ Controle de plantas invasoras: as plantas invasoras competem com as forrageiras por luz, água, nutrientes e espaço, reduzindo a produtividade das pastagens. O controle eficaz de plantas invasoras envolve a adoção de várias estratégias, como o uso de herbicidas seletivos, controle mecânico, manejo integrado de pragas e doenças, e promoção do crescimento de forragens competitivas.

✓ Manutenção da cobertura vegetal: a cobertura vegetal é essencial para proteger o solo contra a erosão, conservar a umidade, regular a temperatura do solo e promover a ciclagem de nutrientes (Figura 10).

Manter uma cobertura vegetal adequada por meio de práticas como o manejo da altura do pasto, o uso de culturas de cobertura e a preservação de áreas de vegetação nativa ajuda a melhorar a saúde do solo e a sustentabilidade das pastagens.



Figura 10. Piquete em repouso: recuperação da cobertura vegetal, IF-RIO POMBA, MG. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2015.

3.4. Revegetação com espécies nativas

Introduzir espécies nativas adaptadas à região pode ajudar na restauração da biodiversidade e na recuperação de serviços ecossistêmicos (Rodrigues *et al.*, 2009). Geralmente estão bem adaptadas às condições climáticas, de solo e de relevo da região em que ocorrem naturalmente. Ao introduzir essas espécies

em pastagens degradadas, há uma maior probabilidade de sucesso no seu estabelecimento e crescimento, o que contribui para a restauração da vegetação nativa e para a diversificação da flora local, além de proporcionar conforto térmico aos animais (Gonçalves; Oliveira; Souza, 2024) (Figura 11).

A introdução de espécies nativas aumenta a diversidade de plantas nas pastagens, criando habitats mais ricos e complexos que podem suportar uma variedade maior de organismos, incluindo insetos, aves, mamíferos e microorganismos do solo. Isso promove a recuperação da biodiversidade e fortalece os serviços ecossistêmicos, tais como polinização, controle de pragas e ciclagem de nutrientes (Costa *et al.*, 2023).

Muitas espécies nativas estão em risco devido à perda de habitat e degradação ambiental. Ao reintroduzir essas espécies em pastagens degradadas, contribuimos para a conservação da biodiversidade e para a preservação de espécies ameaçadas, ajudando a restaurar os ecossistemas locais (Costa *et al.*, 2023; Gonçalves; Oliveira; Souza, 2024).



Figura 11. Piquete sombreado com espécie nativa proporcionando conforto animal: IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba, MG. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2015.

Para esses mesmos autores, a diversidade de espécies vegetais proporcionada pela introdução de espécies nativas torna o ecossistema mais resiliente a distúrbios ambientais, como secas, inundações e mudanças climáticas. Diferentes espécies têm diferentes tolerâncias ecológicas e

estratégias de adaptação, o que ajuda a manter o funcionamento do ecossistema mesmo sob condições adversas.

Muitas espécies nativas podem fornecer forragem de alta qualidade para o gado, além de melhorar a saúde do solo e reduzir a necessidade de insumos externos. Isso pode resultar em pastagens mais produtivas e sustentáveis, beneficiando os produtores pecuários em longo prazo.

Em resumo, a introdução de espécies nativas adaptadas à região é uma estratégia fundamental na restauração de pastagens degradadas, pois promove a recuperação da biodiversidade, fortalece os serviços ecossistêmicos e melhora a resiliência do ecossistema como um todo. Essa abordagem integrada, combinada com outras práticas de manejo sustentável, pode contribuir significativamente para a revitalização de áreas degradadas e para a promoção da sustentabilidade rural.

3.5. Controle de erosão e conservação do solo

A instalação de práticas de conservação do solo, como terraceamento, plantio em nível e uso de cobertura morta, é essencial para reduzir a erosão (Figura 12) e manter a fertilidade do solo (Cogo; Reichert; Flores, 2005).



Figura 12. Área de pastagem sem práticas conservacionistas com voçoroca em estágio avançado, Alegre, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2024.

Cabem citar alguns dos benefícios das práticas de conservação do solo:

✓ **Terraceamento:** é uma prática que envolve a construção de terraços em encostas para reduzir a velocidade da água da chuva, permitindo que ela seja absorvida pelo solo de maneira mais eficiente e reduzindo o escoamento superficial. Isso ajuda a prevenir a erosão do solo e a perda de nutrientes (Figura 13).

✓ **Plantio em nível:** técnica importante para reduzir a erosão. Ao plantar em nível, a água da chuva é dispersa de maneira mais uniforme pelo terreno, reduzindo a formação de sulcos e ravinas e minimizando a perda de solo e nutrientes (Figura 13).

✓ **Uso de cobertura morta:** a cobertura morta, como palha, restos de culturas, folhas ou outros materiais orgânicos são colocados sobre a superfície do solo. Isso ajuda a proteger o solo da erosão causada pelo impacto direto das gotas de chuva, reduz a evaporação da umidade do solo, melhora a infiltração da água e fornece matéria orgânica que contribui para a fertilidade do solo (Figura 13).



Figura 13. Pastagem degradada em 2019 e recuperada em 2022: terraceamento, plantio em nível e uso de cobertura morta. Fonte: Acervo José Francisco Lopes, 2019; 2022.

Além dessas práticas, outras medidas importantes incluem a rotação de culturas, o cultivo mínimo ou direto e a adoção de sistemas agroflorestais. Todas

essas estratégias visam proteger a camada superficial do solo, promover a resistência do ecossistema do solo e garantir a sustentabilidade da agricultura em longo prazo.

É importante também considerar os aspectos econômicos, sociais e ambientais dessas práticas. Embora possam exigir investimentos iniciais, os benefícios em longo prazo, como maior produtividade, qualidade do solo e resiliência às mudanças climáticas, geralmente superam os custos. Além disso, a conservação do solo não só beneficia os agricultores individualmente, mas também contribui para a proteção dos recursos naturais e a segurança alimentar global.

3.6. Barraginhas e cochinchos

O uso de "cochinchos" e "barraginhas" na recuperação de pastagens é uma prática comum em áreas que enfrentam problemas de degradação do solo e escassez de água - são dois elementos que devem ser utilizados:

✓ **Cochinhos:** também conhecidos como "cochos de contenção de sedimentos", são estruturas físicas construídas em declives suaves para reter a água das chuvas e impedir a erosão do solo. Geralmente, são feitos de materiais como pneus usados, pedras ou madeira e são posicionados em série ao longo do terreno para formar pequenos diques (Figura 14).



Figura 14. Cochinho em nível: pastagem em procedimento de recuperação, Atílio Vivácqua, ES. Fonte: Márcio Menegucci, 2023.

Essas estruturas ajudam a reter a água das chuvas, permitindo que ela infiltre no solo em vez de escorrer superficialmente, o que reduz a erosão e promove a recarga de lençóis freáticos. Isso é especialmente importante em áreas propensas à seca ou com solos de baixa capacidade de retenção de água.

✓ Barraginhas: são pequenas barragens ou represas construídas em córregos intermitentes ou leitos de rios sazonais. Elas têm a finalidade de armazenar a água das chuvas durante os períodos chuvosos, formando pequenos reservatórios (Figura 15).



Figura 15. Barraginhas e cochinchos: pastagem em procedimento de recuperação, Atilio Vivácqua, ES. Fonte: Márcio Menegucci, 2023.

Essas estruturas ajudam a regular o fluxo de água, permitindo que ela seja disponibilizada gradualmente ao longo do tempo para a irrigação de pastagens e outras culturas durante períodos de estiagem. Além disso, a água armazenada pode ser usada para dessedentação animal e para suprir outras necessidades hídricas na propriedade rural.

A combinação do uso de cochinchos e barraginhas na recuperação de pastagens podem contribuir significativamente para a conservação do solo e da água, melhorando a resiliência dos sistemas agrícolas em face das mudanças climáticas e promovendo a sustentabilidade da atividade pecuária.

3.7. Insumos biológicos ou bioinsumos

Os insumos biológicos compreendem produtos ou processos agroindustriais derivados de várias fontes, como enzimas, extratos (de plantas ou microrganismos), microrganismos, macrorganismos (como invertebrados), metabólitos secundários e feromônios. Embora sua principal função seja o controle biológico, eles também desempenham papéis como agentes nutricionais, promotores de crescimento de plantas e mitigadores de estresses bióticos e abióticos. Além disso, são alternativas aos antibióticos na agricultura, desempenhando um papel fundamental na promoção da agricultura sustentável ao fornecer alternativas mais naturais e menos impactantes ao meio ambiente (Burak *et al.*, 2021).

Para esses mesmos autores, a recuperação de pastagens degradadas por meio de biotecnologias baseadas em insumos biológicos pode ser tanto economicamente viável quanto ecologicamente correta, ao priorizar processos microbianos e ciclagem de nutrientes. No entanto, há lacunas em relação ao uso dessas tecnologias para diferentes variedades de forragem e condições edafoclimáticas. Portanto, é essencial continuar estudando essas biotecnologias em casa de vegetação, a campo, em nível regional e sob diferentes formas de manejo (Figura 16).

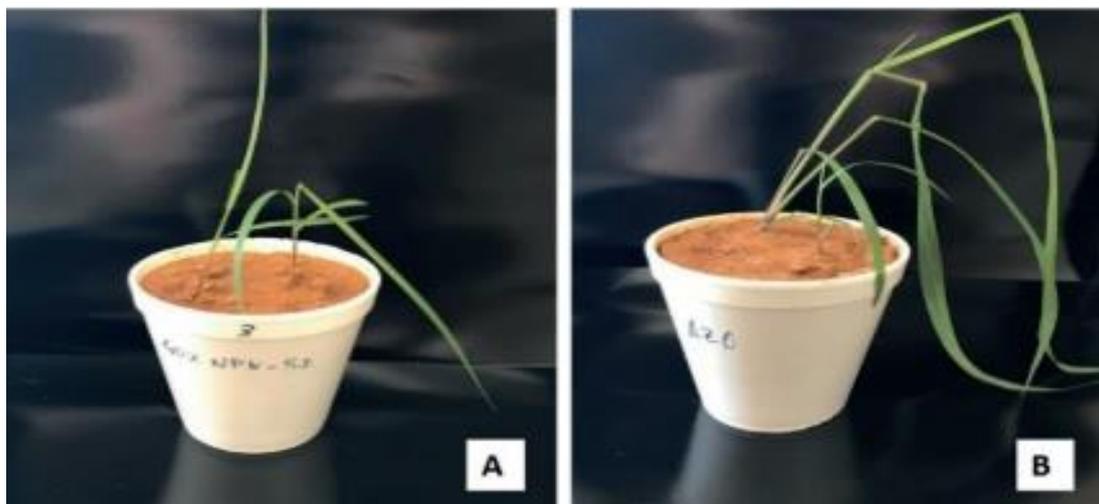


Figura 16. Unidades experimentais de *Urochloa brizantha* cv. Marandu submetido aos tratamentos sem (A) e com inoculação (B). Fonte: Burak *et al.*, 2021.

O entendimento das interações, especialmente aquelas que envolvem a microbiota do solo, e o desenvolvimento de tecnologias que maximizem seus benefícios em benefício da agricultura sustentável, representam um dos grandes desafios da pesquisa agrônômica (Andreola; Fernandes, 2007; Cargnelutti *et al.*, 2021; Porto *et al.*, 2022).

Fungos do solo, como o *Trichoderma* sp., e vários gêneros de rizobactérias (Acetobacter, Azospirillum, Azotobacter, Bacillus, Burkholderia, Klebsiella, Pseudomonas e Serratia), foram relatados como capazes de promover o crescimento das plantas, aumentar a produtividade de grãos, melhorar a emergência de sementes, a biomassa vegetal, o rendimento da colheita e a resistência às doenças (Rezende *et al.*, 2021).

De acordo com esses mesmos autores, atualmente, a diversidade de produtos conhecidos como bioinsumos é classificada em inoculantes, ativadores, biodefensivos e repositores, embora haja certa dificuldade em posicionar novos produtos dentro dessas classes.

O Programa Nacional de Bioinsumos tem como objetivo incentivar a adoção de sistemas de produção sustentáveis que garantam o uso adequado de bioinsumos e aumentem a renda dos produtores, com destaque para a expansão de tecnologias como a recuperação de pastagens degradadas, entre outras práticas sustentáveis (Brasil, 2020).

A microbiota funcionalmente ativa no solo, rizosfera, rizoplano e interior de plantas hospedeiras desempenham processos naturais amplamente reconhecidos que auxiliam no desenvolvimento das plantas, seja de forma direta ou indireta, por intermédio de efeitos biofertilizantes (fixação biológica de N, solubilização de fosfatos e K, disponibilização de S), bioestimulantes (com efeito semelhante aos reguladores de crescimento vegetal) e biocontrole (mecanismos relacionados à proteção vegetal contra microrganismos fitopatogênicos) (Burak *et al.*, 2021).

De acordo com esses mesmos autores, os insumos bioestimulantes à base de substâncias húmicas e óleo essencial de eucalipto se mostram promissores nos estágios iniciais da recuperação de pastagens, oferecendo uma redução significativa nos custos de adubação, podendo chegar a até 60%, quando

combinados com a aplicação de bioestimulantes. No entanto, é importante ressaltar que os bioinoculantes requerem um nível mínimo de qualidade do solo para que a comunidade microbiana introduzida possa atuar de maneira eficaz na recuperação de pastagens degradadas.

4. Considerações

A degradação das pastagens é um dos maiores desafios enfrentados pela pecuária em regiões de clima tropical e subtropical, resultando em enormes prejuízos econômicos e ambientais. Compreender as causas desse fenômeno é fundamental para desenvolver estratégias de recuperação da produtividade, evitando a pauperização dos produtores e reduzindo a pressão sobre o desmatamento para abrir novas áreas de pastagem. A recuperação das pastagens não apenas impulsiona a produtividade pecuária, mas também contribui para fixar as comunidades rurais, sem a necessidade de expandir as áreas de criação de gado.

Medidas como manejo adequado da água, adubação equilibrada, rotação de culturas, integração de árvores em sistemas agropecuários e a biotecnologia, podem significativamente melhorar a produtividade e sustentabilidade das pastagens. É fundamental adaptar a adoção dessas práticas às condições locais e necessidades específicas de cada sistema de produção, buscando um manejo integrado e holístico que combine diversas práticas complementares para alcançar resultados duradouros e sustentáveis.

O uso de técnicas de recuperação de pastagens é essencial para aperfeiçoar o aproveitamento da área, restaurar as propriedades do solo e viabilizar a produção de proteína animal ao aumentar a capacidade de suporte da pastagem. Além disso, a reabilitação dessas áreas ajuda a evitar novos desmatamentos, preservando a fauna e flora locais, possibilitando um aumento na produção sem a necessidade de expandir as áreas de pastagem.

Dada a importância da pecuária para a economia brasileira, é fundamental que a intensificação da produção em regime de pastagem seja orientada pelo uso eficiente dos recursos ambientais e financeiros, visando tornar essa prática cada vez mais sustentável. As técnicas apresentadas no presente trabalho são

apenas algumas das muitas abordagens que podem ser adotadas para a recuperação de pastagens. É essencial adaptar as práticas às condições locais específicas e buscar orientação técnica adequada para maximizar os resultados.

Ampliar o conhecimento sobre as técnicas disponíveis e sua aplicação em diferentes contextos pode ajudar na execução eficaz de estratégias de recuperação. Além disso, é importante envolver os produtores locais, pesquisadores e órgãos governamentais para desenvolver abordagens integradas e holísticas que abordem os diversos aspectos da degradação das pastagens. A colaboração e o compartilhamento de experiências podem contribuir significativamente para o sucesso das iniciativas de recuperação de pastagens e para a promoção da sustentabilidade na pecuária brasileira.

5. Referências

- ALMEIDA, M. de S.; CUNHA, M. B. M.; OLIVEIRA, M. S.; GOMES, K. J. S.; PAZ, J. A. A. da S.; CARNEIRO, M. V. B.; SILVESTRE, F. E. R. Soil compaction and the effects on initial corn growth. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 2, n. 19, p. 95-100, 2021.
- ALVAREZ, R.; STEINBACH, H. S. A liming requirement in Brazilian soils under no-till management. **Soil Science Society of America Journal**, v. 73, n. 5, p. 1535-1543, 2009.
- ANDREOLA, F.; FERNANDES, S. A. P. A Microbiota do solo na agricultura orgânica e no manejo das culturas. In: SILVEIRA, A. P. D. da; FREITAS, S. dos S. (Eds.). **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2007. p. 21-37.
- BARUQUI, F. M.; RESENDE, M.; FIGUEIREDO, M. S. Causas da degradação e possibilidades de recuperação das pastagens em Minas (Zona da Mata e Rio Doce). **Informe Agropecuário**, v. 11, n. 128, p. 27-37, 1985.
- BENDITO, B. C.; SOUZA, P. A. de; PEREIRA, M. A.; GONÇALVES, D. S. Diagnóstico ambiental e proposição de uso de SAF para área de pastagem degradada. **Geoambiente On-Line**, v. 29, p. 148-163, 2017.
- BONFIM-SILVA, E. M.; ANICÉSIO, E. C. A.; SILVA, T. J. A. Características morfológicas de cultivares de trigo submetidas à compactação do solo. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 559-569, 2013.
- BRASIL. **Lei nº 10.375, de 26 de maio de 2020**. Institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, ed. 100, 27/06/2020.

BURAK, D. L.; MENDONÇA, E. S.; PEÇANHA, A. L.; VALENTIM, S. B.; PRAÇA, N. M. P.; JÚNIOR, J. L. F.; THIENGO, C. C.; OLIVEIRA, D. M.; ROCHA, L. O.; OLIVARES, F. L. **Insumos biológicos na recuperação de pastagens degradadas da região sul do Estado do Espírito Santo**. Sistemas integrados de produção: pesquisa e desenvolvimento de tecnologias. 1. ed., v. 1, p. 304-326, 2021.

CAMPOS, S. A.; SOUZA, M. N.; JESUS, E. L.; OLIVEIRA, R. F. Diagnóstico sobre uso, conservação e estádios de degradação das pastagens do município de Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 46, p. 57-64, 2011.

CARGNELUTTI, D. *et al.* Soluções tecnológicas emergentes para uma agricultura sustentável: microrganismos eficientes. In: GARCÍA, L. M. H. (org.). **Agroecologia: princípios e fundamentos ecológicos aplicados na busca de uma produção sustentável**. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2021. Cap. 2. p. 31- 62. <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-991393-9-0>.

CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J. (Eds.) **Pastagens para gado de leite em regiões de influência da Mata Atlântica**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2000. 178 p.

CARVALHO, M. Recuperação de pastagens degradadas em áreas de relevo acidentado. In: **Recuperação de áreas degradadas**. Editado por Luiz Eduardo Dias, Jaime Wilson Vargas de Mello. Viçosa: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas. p. 149-161, 1998.

CHAGAS, C. S.; C. S.; OLIVEIRA, H.; NASCIMENTO, M. C.; DALLA RIVA, R. D. **Utilização de imagens de satélite na identificação de níveis de degradação em pastagens naturalizadas de capim gordura na Zona da Mata Mineira**. Trabalho realizado como parte das exigências da disciplina SOL 646 - Recuperação de Áreas Degradadas, do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 40 p.

COGO, N. P.; REICHERT, J. M.; FLORES, C. A. Conservação do solo e da água. In: **Manejo e conservação do solo e da água**. Embrapa Informação Tecnológica, p. 187-245, 2005.

COSTA, O. V. **Cobertura do solo e degradação de pastagens em área de domínio de chernossolos no sul da Bahia**. Dissertação de Mestrado. Viçosa: UFV, 2000. 133p.

COSTA, W. M. da; NASCIMENTO, E. S. F.; AMORIM, M. S. de; ROZAES, L. B.; COSTA, K. M. da; OLIVEIRA, A. de F. M.; SOUZA, M. N. A degradação dos biomas brasileiros e o papel ecológico das abelhas nativas na regeneração natural. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. VII. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. p. 35-63. ISBN: 978-65-84548-18-3. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-18-3.c1>

CRESPO, A. M.; SOUZA, M. N.; SILVA, M. A. B. da. Ciclo do carbono e sistemas agroflorestais na sustentabilidade da produção agrícola: revisão de literatura. **INCAPER EM REVISTA**, v. 13, p. 06-19, 2023. Disponível em: <https://editora.incaper.es.gov.br/incaper-em-revista>. DOI:10.54682/ier.v.13e14.p06.19.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém: Embrapa, 2014. 36 p.

EMATER-MG. **Informações coletadas na Regional da EMATER-MG de Viçosa**. 2003.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 306 p.

EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; BARCELLOS, A. O.; MACEDO, M. C. M.; VALADARES FILHO, S. C. Características de pastagens dos sistemas de produção de bovinos de corte no Brasil. In: **Anais...** 46º Congresso Brasileiro de Zootecnia. SBZ, 2009.

FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 913-932, 2010.

GOMES, J. P. A.; LAMBERT, J. C.; SOUZA, M. N.; SANTOS JÚNIOR, A. C.; MOULIN, M. M. Use and quantification of efficient microorganisms in the development and production of peppers (*Capsicum* spp.). **DELOS: DESARROLLO LOCAL SOSTENIBLE**, v. 17, p. e1389, 2024. DOI: 10.55905/rdelosv17.n54-008.

GONÇALVES, J. M.; OLIVEIRA, A. DE F. M. de; SOUZA, M. N. Sistemas agroflorestais como estratégia mitigadora: benefícios na atenuação do estresse térmico em bovinos. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em gestão ambiental**. Vol. I. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2024. p. 249-270. ISBN: 978-65-84548-22-0. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-22-0.c8>

GOULET, F. As políticas de promoção dos bioinsumos no Brasil: entre alternativas e alinhamentos. In: SABOURIN, E.; OLIVEIRA, L. M. R.; GOULET, F.; MARTINS, E. S. (Org.). **A ação pública de adaptação da agricultura à mudança climática no Nordeste semiárido brasileiro**. Rio de Janeiro: E-papers, 2021. p. 179-192.

GUERRA, A. J. T. Encostas e a questão ambiental. In: CUNHA, S. P.; GUERRA, A. J. T. (org.) **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p.191-218.

MACEDO, M. C. M.; ARAÚJO, A. R. **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília: Embrapa. 2019. p. 296-317.

MALAQUIAS, J. O. da S.; MARIANO, S. R.; GONÇALVES, J. M.; LOUBACK, G. C.; MENDONÇA, R. L. de P. D.; OLIVEIRA, S. R. dos S. M. de; EGIDIO, L. S.; VIEIRA, R. C.; CRESPO, A. M.; SOUZA, M. N. Degradação ambiental pelo fator antrópico e formas de mitigação: uma breve análise da agropecuária e seus impactos no meio ambiente. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em gestão ambiental**. Vol. I. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2024. p. 34-66. ISBN: 978-65-84548-22-0. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-22-0.c1>

MARCO JÚNIOR, P.; MARCO, T. S. **O meio ambiente**. Brasília/Viçosa: ABEAS/UFV, 2000. 43 p. (Curso de Especialização por Tutoria a Distância).

MARTINS, M. C.; ROMARCO, M. L.; SOUZA, M. N. Uma análise da implantação da integração lavoura pecuária floresta (ILPF) na microrregião de Viçosa, Minas Gerais. **Boletim de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Extensão Rural da UFV**, v. 4, p. 154-163, 2013.

MARTINS, M. C.; SOUZA, M. N. Uma análise das variáveis do desenvolvimento rural sustentável no uso da Integração Lavoura Pecuária e Floresta (ILPF) em municípios da Zona da Mata de Minas Gerais. Multifuncionalidades sustentáveis no campo: **Agricultura, pecuária e florestas**, v. 5, p. 10-15, 2013. Disponível em: <http://www.simbras-as.com.br>.

MOREIRA, O. C. O. **Campo de demonstração como método de difusão de práticas renovadas para formação e recuperação de pastagens no Estado de Goiás**. Viçosa: UFV, 1980. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) – Universidade federal de Viçosa, 1980. 87 p.

NASCIMENTO, M. R. *et al.* Adaptability and stability of black and purple bean genotypes. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 52, n. 6, p. 1-9, 2022.

NASCIMENTO, P. de O.; SOUZA, M. N. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e a recuperação de pastagens degradadas. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 152-171. 2022. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7.c5>

OLIVEIRA, P. T. S.; JANTALIA, C. P.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R. Mitigation of methane emissions in the tropics: from soil drainage to organic matter management in Brazilian pastures. In: **Livestock production and climate change**, p. 139-164, 2015.

PEREIRA, J. C. As pastagens no contexto dos sistemas de produção de bovinos. In: ZAMBOLIM, L; SILVA, A. A.; AGNES, E. L. (Eds.) **Manejo integrado: integração agricultura-pecuária**. Viçosa: UFV/DFP/DFT, 2004. p. 287-330.

PORTO, E. M. V.; TEIXEIRA, F. A.; FRIES, D. D.; JARDIM, R. R.; AMARO, H. T. R.; FILHO, J. R. dos S.; JESUS, F. M. de; SILVA, H. S.; VIEIRA, T. M. Microrganismos promotores de crescimento de plantas como mitigadores do

estresse hídrico em pastagens: uma revisão narrativa. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 11, n. 11, p. 33448-34029, 2022.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo - 5 aproximação**. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO. 2007. 305p.

RESENDE, M. **Pedologia**. Viçosa, UFV. 1993. 100 p.

REZENDE, C. C.; SILVA, M. A.; FRASCA, L. L. M.; FARIA, D. R.; FILIPPI, M. C. C.; LANNA, A. C.; NASCENTE, A. S. Microrganismos multifuncionais: utilização na agricultura. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, e50810212725, 2021.

RODRIGUES, R. R.; LIMA, R. A. F.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1242-1251, 2009.

SALOMÃO, P. E. A.; BARBOSA, L. C.; CORDEIRO, I. J. M. Recuperação de áreas degradadas por pastagem: uma breve revisão. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 9, n. 2, p. 1-16, 2020.

SELBY, M. J. **Hillslope Materials and Processes**. Oxford University Press, Oxford, Inglaterra, 2.ed., 1993. 451p.

SILVA, M. O.; SANTOS, M. P.; SOUSA, A. C. P.; SILVA, R. L. V.; MOURA, I. A. A.; SILVA, R.S; COSTA, K.D.S. Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 6853-6875, 2021.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em gestão ambiental**. Vol. I. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2024. 325 p. ISBN: 978-65-84548-22-0. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-22-0>.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. VII. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 336 p. ISBN: 978-65-84548-18-3. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-18-3>.

SOUZA, M. N. **Degradação antrópica e procedimentos de recuperação ambiental**. Balti, Moldova, Europe: Novas Edições Acadêmicas, 2018. 376 p.

SOUZA, M. N. **Mudanças no uso do solo e da água e a gestão dos recursos naturais**. Frankfurt, Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015. 376 p.

TERRA, A. B. C.; FLORENTINO, L. A.; REZENDE, A. V. de; SILVA, N. C. D. de. Leguminosas forrageiras na recuperação de pastagens no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, [S. L.], v. 42, n. 2, p. 305-313, 2019.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, 2.ed., 2003. 248 p.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A.; CASTRO, P. S. **Melhoramento do regime e aumento de produção de água através da adequação do uso da terra em numa pequena bacia hidrográfica degradada.** 2002. 28 p. (Relatório do convênio SAAE/UFV/SIF).

VIEIRA, L. S. **Manual da Ciência do Solo.** São Paulo: ed. Agron. Ceres Ltda. 1975. 464 p.

VILELA, W. T. C.; MINIGHIN, D. C.; GONÇALVES, L. C.; VILLANOVA, D. F. Q.; MAURICIO, R. M.; PEREIRA, R. V. G. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão. PUBVET: Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 11, n. 10, p. 1036-1045, 2017.