

ORGANIZADOR: Maurício Novaes Souza

Tópicos em recuperação de Áreas Degradadas

Volume VIII



ORGANIZADOR:
Maurício Novaes Souza

Tópicos em recuperação de

Áreas Degradadas

Volume VIII

Canoas
2024



ESTUDOS DE CASO:

Métodos agroecológicos: abordagens, técnicas e práticas conservacionistas de conservação de água e solo

Agricultura regenerativa: abordagens, técnicas e práticas conservacionistas de água e solo no Sítio Jaqueira Agroecologia

Bioteχνologias e procedimentos alternativos na recuperação de pastagens

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

Processos de degradação ambiental, demanda por madeira e manejo em florestas plantadas

A importância do componente arbóreo nos sistemas agroflorestais

Sistemas silvipastoris: conforto térmico de bovinos leiteiros e recuperação de pastagens degradadas

Viabilidade econômica da produção agroecológica integrada e sustentável na região do Caparaó Capixaba: programa REFLORESTAR

Hortas urbanas: desafios e potencialidades para o desenvolvimento sustentável de Cachoeiro de Itapemirim - ES

Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs): nutrição, sustentabilidade, agroecologia e recuperação de áreas degradadas

Tópicos em recuperação de áreas degradadas Volume VIII

© 2024 Mérida Publishers

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

Organizador

Maurício Novaes Souza

Revisão ortográfica

Maurício Novaes Souza

Adaptação da capa e desenho gráfico

Luis Miguel Guzmán

Fotos da capa e contracapa

Maurício Novaes Souza

Gabriela Alves de Novaes



Canoas - RS - Brasil

contact@meridapublishers.com

www.meridapublishers.com

Todos os direitos autorais pertencem a Mérida Publishers. A reprodução total ou parcial dos trabalhos publicados, é permitida desde que sejam atribuídos créditos aos autores.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

T674 Tópicos em recuperação de áreas degradadas [livro eletrônico] :
volume VIII / Organizador Maurício Novaes Souza. – Canoas, RS:
Mérida Publishers, 2024.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-84548-25-1

1. Meio ambiente – Preservação. 2. Áreas degradadas – Impactos
ambientais. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Souza, Maurício
Novaes.

CDD 577

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Dedicatória

A turma de mestrado do I semestre de 2024 do Programa de Pós-graduação em Agroecologia (PPGA) do Ifes campus de Alegre, cuja rica diversidade de experiência e juventude enriquece a dinâmica do grupo, é similar à inesquecível turma da UNAC do ano anterior.

As visitas técnicas ao Sítio Jaqueira Agroecologia, propriedade do meu experiente amigo Newton Campos, e à Comunidade Feliz Lembrança, que tem como presidente da Associação meu jovem amigo Fabim, trouxeram uma profunda reflexão. A interação entre experiência sólida e juventude vibrante espelha o ideário da agroecologia: de forma ampla, reflete o modelo de agricultura regenerativa proposta e observado nessas duas oportunidades.

A jornada para o sucesso é repleta de desafios, e a capacidade de nunca desistir é fundamental. Fé, perseverança e motivação são essenciais para avançar, mesmo diante de adversidades, tão recorrentes no meio rural. Lembrar-se das motivações e acreditar na possibilidade de moldar nosso futuro impulsiona nossos sonhos: fez, faz e sempre fará parte da minha história, bem como de todos que entraram e querem entrar no mundo da agroecologia.

Dedicar o Livro de RAD Vol. VIII à turma do PPGA/2024, associando-a a turma da UNAC, e aos meus amigos Newton e Fabim, reconhece a relevância das questões abordadas e demonstra meu apreço pelo comprometimento, dedicação e maturidade dos alunos experientes, assim como o respeito pela juventude emergente.

Esta dedicatória adiciona um elemento pessoal e profundo à obra, representando minha sincera gratidão pela inspiração e motivação proporcionadas pela turma durante a criação deste meu primeiro semestre mais produtivo de toda a minha carreira: terceiro livro neste ano de 2024.

Gratidão!

Professor Maurício Novaes.

Prefácio

Minhas reflexões sobre o impacto humano no meio ambiente e a degradação socioambiental têm sido o cerne das séries de livros "Tópicos em Recuperação de Áreas Degradadas" e "Tópicos em Gestão Ambiental" que venho desenvolvendo com os alunos das disciplinas do Programa de Pós-graduação em Agroecologia (PPGA) e dos cursos de Biologia e Tecnologia em Cafeicultura do Ifes campus de Alegre. Esta série está intrinsecamente ligada às preocupações que me motivaram durante minha dissertação de mestrado no Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa (2002-2004).

Entender por que a humanidade continua a causar uma degradação socioambiental tão significativa, apesar do conhecimento existente, é um verdadeiro desafio. Inúmeros fatores estão em desafio, incluindo uma percepção fragmentada da realidade, interesses econômicos, falta de conscientização e políticas inadequadas. A questão da injustiça social também é central, pois está entrelaçada com inúmeros problemas ambientais.

Minha busca por compreender como nossa espécie evoluiu de um impacto insignificante no planeta para se tornar uma influência dominante é uma tentativa de abordar uma questão fundamental para a compreensão da trajetória humana e a busca de soluções para desafios contemporâneos.

Recentemente foi comemorado o 52º "Dia Mundial do Meio Ambiente", criado pela Assembleia Geral das Nações Unidas na resolução (XXVII) de 15 de dezembro de 1972, em alusão à Conferência de Estocolmo, na Suécia, cujo tema central foi o Ambiente Humano. Talvez tenhamos o que comemorar; afinal, é meio século de muito engajamento, campanhas, iniciativas, lutas, eventos e atividades que buscam conscientizar a humanidade para a preservação e conservação de nosso Planeta: nossos cursos do Ifes campus de Alegre trabalham com esse direcionamento.

De fato, houve avanços importantes. Conferências, tratados e acordos em diferentes temas e áreas referentes ao Meio Ambiente foram ratificados por centenas de países. Principalmente nos dias atuais, temos consciência de que submeter a natureza ao consumo excessivo e ao controle da tecnologia

indefinidamente, sem ativar a ameaça de grave descontrole da biosfera, é ilusório e um caminho em direção à degradação ambiental. Afinal, há limites para o crescimento!

Contudo, ainda temos muito que nos preocupar! As mudanças necessárias em nossa relação com a natureza são lentas e marcadas por retrocessos. Mudar padrões de consumo, modelos de desenvolvimento globais e abordagens acadêmicas em consonância com a complexidade sistêmica planetária é uma tarefa que se agiganta com as novas tecnologias!

O desastre ambiental ocorrido no Rio Grande do Sul se destaca como um exemplo alarmante das consequências das práticas humanas insustentáveis e da fragilidade de nossos ecossistemas frente às atividades econômicas. Esse tipo de evento reforça a urgência de adotar políticas e práticas que protejam o meio ambiente e promova a sustentabilidade, temas que são fundamentais na série de livros "Tópicos em Recuperação de Áreas Degradadas".

Por tais questões, continuo a me aprofundar nesses temas, prosseguindo minhas pesquisas. O oitavo volume dessa série visa abordar questões que são realmente relevantes e contribuem para uma discussão mais ampla sobre sustentabilidade, responsabilidade ambiental e justiça social.

No âmbito do Mestrado em Agroecologia, é essencial continuar explorando esses tópicos, compartilhando conhecimento e promovendo conscientização. Isso é fundamental para encontrar caminhos mais sustentáveis e equitativos para o futuro. Busco análises precisas que capturem a complexidade dos desafios relacionados à degradação ambiental e ao esgotamento dos recursos naturais.

Como agravante, o crescimento populacional sem precedentes, principalmente nas áreas urbanas, e os modelos de desenvolvimento baseado em consumo, agropecuária intensiva e urbanização industrial têm sobrecarregado os ecossistemas e ultrapassado os "limites do crescimento". A poluição, o esgotamento de recursos e a perda de resistência e resiliência dos ecossistemas são consequências claras desse padrão de desenvolvimento.

Dos nove Pontos de Não Retorno ou inflexão negativa que podem desencadear catástrofes ambientais irreversíveis na Terra, estamos próximos de

atingir seis. De acordo com Alan Duarte, embora as contradições e o anacronismo de uma ONU presa à realidade geopolítica do pós-Segunda Guerra Mundial sejam evidentes, ela é o caminho para uma urgente governança internacional capaz de dirigir a humanidade para os desafios transfronteiriços contemporâneos: atender aos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, diminuir desigualdades sociais, alimentar 10 bilhões de pessoas em 2050, frear mudanças climáticas e combater o negacionismo e movimentos de antecendência.

De fato, embora a "Revolução Industrial" e a "Revolução Verde" tenham trazido benefícios significativos, não se podem ignorar os desafios ambientais substanciais que elas também geraram, incluindo a degradação de inúmeras áreas. É decisivo reconhecer que as externalidades negativas dessas revoluções têm repercussões de longo prazo no meio ambiente.

Alan Duarte comenta em seu artigo que é fundamental que a ênfase no racionalismo mecanicista e reducionista, marcada pela revolução copernicana entre os séculos XVII e XVIII, e que considera a Terra um planeta comum como todos os outros do universo, seja suplantada definitivamente por uma ciência que reconheça a Terra como um oásis da vida. Que o cientificismo cartesiano e a vaidade intelectual não impeçam os cientistas de reconhecer que as confluências espetaculares das inúmeras propriedades físicas, químicas e biológicas forjaram um planeta raro, com uma biosfera pulsante cuja vida em plenitude venceu todas as improbabilidades estatísticas.

Devemos admitir que nossa arrogância antropocêntrica e materialista, que nos conduziu ao renascimento, iluminismo, revolução científica, industrial e tecnológica moderna, objetifica nosso planeta e considera nossa existência um evento trivial. Que seja superada por uma nova ciência capaz de abraçar o biocentrismo, nos reconectando com a natureza e construindo valores éticos, morais e espirituais compatíveis com a finitude temporal e espacial de nosso planeta.

A implementação de mecanismos de retroalimentação compensatória, como os procedimentos de recuperação de áreas degradadas (RAD), desempenha um papel fundamental na restauração do equilíbrio em agroecossistemas. Essa abordagem busca mitigar os impactos e restabelecer

um novo equilíbrio que leve em consideração a capacidade de regeneração dos ecossistemas.

Conscientização, práticas sustentáveis, modelos de desenvolvimento equilibrados e medidas de recuperação são etapas fundamentais para enfrentar esses desafios e garantir a conservação do meio ambiente para as gerações futuras. A interdisciplinaridade e a colaboração entre diversas áreas do conhecimento também são essenciais para encontrar soluções eficazes.

Enfim, como filosofou Marcelo Gleiser, para que a centralidade da vida prospere, é imperioso novos paradigmas científicos que situem a humanidade e a nossa existência na vastidão épica da história cósmica.

Perto da aposentadoria, é inspirador ver que os alunos do Mestrado e da Pós-graduação do PPGA estão comprometidos com essas questões, contribuindo para discussões e ações relacionadas à recuperação de áreas degradadas e ao desenvolvimento de modelos de produção agropecuárias mais sustentáveis e menos agressivos.

Com questionamentos semelhantes que enriqueceram minha reflexão e proporcionaram esclarecimentos, as autoras Silvia Harumi Toyoshima e Elaine Aparecida Fernandes lançaram o livro "Desigualdade, Pobreza e Meio ambiente", apresentando uma narrativa abrangente e uma discussão que visa aprofundar a reflexão sobre o complexo tema da pobreza, desigualdade e meio ambiente, explorando suas dimensões teóricas, históricas e as recomendações de políticas públicas necessárias para erradicar a pobreza e diminuir as disparidades sociais em escala global.

A seguir, apresento a resenha incidental deste livro, por mim adaptada, elaborada por Regiane Carla Bolzan Carvalho: realizou-a durante a disciplina de Agroecologia que lecionei no Mestrado em Agroecologia do PPGA do Ifes, localizado no Ifes campus de Alegre, nesse primeiro semestre de 2024.

Título do livro: Desigualdade, Pobreza e Meio ambiente.

Referência da obra:

TOYOSHIMA, Silvia Harumi; FERNANDES, Elaine Aparecida. **Desigualdade, Pobreza e Meio Ambiente**. Viçosa: UFV, 2012. 183 p.

Silvia Harumi Toyoshima: bacharela (1979) e mestre (1986) em Ciências Econômicas pela Universidade de São Paulo (USP), doutora (1997) em Teoria Econômica pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e pós-doutora (2006) pela University of Illinois at Urbana-Champaign, é Professora Associada do Departamento de Economia da Universidade Federal de Viçosa.

Elaine Aparecida Fernandes: bacharela (2001) em economia, mestre (2003) e doutora (2006) em economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa, é Professora Adjunta do Departamento de Economia dessa mesma Instituição.

Tese central do livro: visa aprofundar a reflexão sobre o complexo tema da pobreza, desigualdade e meio ambiente, explorando suas dimensões teóricas, históricas e as recomendações de políticas públicas necessárias para erradicar a pobreza e diminuir as disparidades sociais em escala global.

Questionamentos do livro: este livro se compõe de cinco ensaios redigidos a partir de diversas perspectivas do conhecimento, visa contribuir para o debate em torno da construção de uma sociedade voltada para o bem-estar da maioria de seus membros. Por meio desses ensaios, pretende-se destacar a necessidade premente de instituições sólidas como pré-requisito para o sucesso de qualquer projeto de desenvolvimento. Isso implica, primordialmente, o fortalecimento de um Estado ético e democrático. Ressalta-se que todas as decisões acerca do tipo de desenvolvimento desejado devem ser fruto de um esforço coletivo e inclusivo de toda a sociedade.

O que o livro trata: uma reflexão sobre o desenvolvimento atual da sociedade requer a consideração de suas diversas dimensões - econômica, social, ambiental, política e institucional. Isso demanda o engajamento de profissionais de diferentes áreas do conhecimento, onde o desafio do desenvolvimento envolve reconciliar a busca pelo bem-estar da maioria da população global, que muitas vezes implica em um determinado padrão de consumo, com a preservação de um meio ambiente saudável e sustentável. É essencial combater a pobreza; porém, surge a questão de como fazê-lo sem agravar os impactos ambientais, considerando que a saúde do meio ambiente é fundamental para garantir o bem-estar humano. Uma distribuição mais equitativa da renda pode representar um caminho menos prejudicial ao meio ambiente, mas enfrenta desafios políticos e a necessidade de repensar a viabilidade do sistema capitalista em um contexto de crescimento reduzido.

O Livro:

A inspiração para o tema deste livro “Desigualdade, pobreza e meio ambiente” surgiu a partir do Programa Cátedras para o Desenvolvimento, do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), que propõe uma reflexão sobre o desenvolvimento, utilizando como referência pensadores fundamentais da sociedade brasileira.

O primeiro capítulo, “Pobreza, desigualdade e crescimento” descreve uma análise do comportamento de variáveis econômicas desde o pós-Segunda Guerra Mundial até os dias atuais, explorando diferentes abordagens teóricas, incluindo a keynesiana, neoclássica e schumpeteriana. Foram examinados dois períodos distintos, considerando mudanças nos paradigmas produtivos, tecnológicos, no papel do Estado e no nível de abertura econômica, entre outras alterações relevantes.

Além disso, foi realizada uma discussão sobre a inter-relação econômica entre pobreza, desigualdade e crescimento, utilizando como referência a teoria da Comissão Econômica para a América Latina (Cepal). Adicionalmente, foram adotados os conceitos de desigualdade e pobreza de Amartya Sen. Com base nessas dimensões, foi realizada uma avaliação da validade e do alcance das políticas atuais, com foco particular nas implementadas pelo governo brasileiro, visando a erradicação da pobreza e a redução da desigualdade entre a população.

A euforia predominou entre os economistas do pós-guerra até meados dos anos da década de 1970, à medida que o mundo testemunhava uma tendência positiva na redução das desigualdades econômicas e sociais entre os países, acompanhada pela diminuição da pobreza. Esse período, comumente referido como o “período de ouro do capitalismo”, abrange os “30 anos gloriosos” após a Segunda Guerra Mundial, caracterizado por taxas de crescimento impressionantes em uma série de indicadores econômicos. As economias globais experimentaram um notável ressurgimento, exibindo as mais altas taxas de crescimento do PIB, do PIB *per capita*, do comércio internacional e da produtividade, entre outros indicadores.

A reconstrução de economias devastadas pela guerra, juntamente com o surgimento de novas potências capitalistas, como o Japão, e o rápido avanço tecnológico dos países em desenvolvimento, como Brasil e México, criaram a impressão de que o mundo estava caminhando rumo a uma maior igualdade socioeconômica.

A partir dos anos da década de 1980, ocorreu uma revolução profunda nas estruturas tecnológicas, produtivas e organizacionais nas economias líderes do mundo, trazendo consigo impactos significativos no mercado de trabalho. Inicialmente, houve um período de estabilidade, com altos níveis de emprego e condições favoráveis para os trabalhadores em termos de distribuição de renda e relações industriais.

No entanto, essa situação logo se transformou, e os trabalhadores começaram a enfrentar novamente desemprego e insegurança, remanescentes da primeira metade do século XX. Apesar da geração de empregos nos setores de liderança, o desemprego maciço causado pelas novas tecnologias não foi compensado, como evidenciado por estudos como o de Patel e Soete (1987), que analisou a indústria manufatureira inglesa nos anos da década de 1980.

Além disso, uma característica proeminente do novo paradigma tecnológico é a automação do processo produtivo, tanto na indústria quanto nos setores de serviços, particularmente no setor bancário e comercial.

A introdução de computadores e *softwares* capazes de controlar e integrar cada vez mais o processo produtivo tem resultado na redução da necessidade de mão de obra, gerando considerável instabilidade e incerteza em relação ao futuro do emprego, às relações trabalhistas e à distribuição de renda entre os membros da sociedade, com consequências diretas sobre a pobreza.

Após 1973, o desemprego começou a aumentar e manteve-se em níveis elevados na maioria dos países desenvolvidos durante os anos das décadas de 1980 e 1990, sem sinais de diminuição até o ano 2000. Foi somente nos anos da década de 2000 que se observou uma queda no desemprego, destacada pelo ano de 2008. A partir desse ano; contudo, esse problema voltou a se acirrar em razão da crise, permanecendo até novembro de 2010.

A desigualdade pode manifestar-se em diversas dimensões, como renda, educação, saúde e direitos políticos. No entanto, a medida mais comumente utilizada para avaliar a desigualdade é a disparidade na distribuição de renda, conforme avaliação comparativa da pobreza, desigualdade e crescimento no período pós-Segunda Guerra Mundial.

O segundo capítulo, “Educação como mecanismo de distribuição de renda”, analisa a relação entre educação e desigualdade de renda. Destaca a importância do nível educacional da população e sua distribuição para mitigar a concentração de renda em um país. Observa-se que os resultados obtidos nessa área ainda são limitados em relação às possibilidades existentes.

As famílias de baixa renda frequentemente têm acesso limitado à educação, o que dificulta o acesso a empregos bem remunerados, perpetuando assim um ciclo de desvantagem. Aumentar a quantidade de anos de estudo e melhorar a distribuição da educação poderiam gerar mudanças estruturais significativas, contribuindo para interromper o círculo vicioso da pobreza.

É explorada a teoria do capital humano, que postula a educação como um investimento estratégico. Esta abordagem busca compreender os determinantes que moldam as escolhas individuais em relação à obtenção de educação, além de analisar a interligação entre o nível educacional alcançado e tanto a eficiência produtiva no ambiente de trabalho quanto os ganhos financeiros.

Adicionalmente, são discutidas críticas pertinentes à concepção da educação como um simples investimento econômico, questionando-se os pressupostos subjacentes à teoria do capital humano e suas implicações sociopolíticas.

No capítulo terceiro, “considerações sobre o estudo de políticas públicas e do desenvolvimento político”, as autoras começam direcionando para a definição do desenvolvimento político. Destacam sua essencialidade, significância e características específicas, fundamentando-se nas ideias de Samuel Huntington, onde o progresso político se viabiliza pela presença de instituições políticas eficazes, que promovem os interesses públicos. Reflete em características como organização, eficácia e estabilidade burocrática, além da presença de partidos políticos organizados, participação popular nos assuntos públicos, controle civil das forças militares, intervenção governamental na economia, habilidade na gestão de sucessões e resolução de conflitos políticos. O desenvolvimento

econômico, por sua vez, não está diretamente correlacionado ao estabelecimento de instituições políticas sólidas e eficientes. Em outras palavras, o progresso econômico não é a causa do aprimoramento político; ao contrário, pode acelerar a mobilização social e gerar instabilidade no sistema político. Transformações sociais e econômicas, como urbanização, educação, industrialização e expansão dos meios de comunicação, aumentam a conscientização política, multiplicam as demandas sociais e políticas, e promovem maior mobilização da população.

O quarto capítulo, “A relação entre economia e meio ambiente: uma discussão do termo sustentabilidade”, inicialmente, a sustentabilidade estava ligada apenas a questões relacionadas ao meio ambiente. Contudo, hoje em dia, ela abrange aspectos econômicos, sociais, culturais, institucionais, políticos e éticos. Em 1987, a Comissão de *Brundtland* apresentou a definição mais reconhecida de sustentabilidade, que visava qualificar o desenvolvimento e garantir a continuidade da prosperidade experimentada no século XX.

No entanto, essa definição resultou em múltiplas interpretações, usos e adaptações do conceito. Consequentemente, as discussões sobre sustentabilidade saíram do âmbito acadêmico e se tornaram difundidas por intermédio da mídia televisiva, entre as pessoas comuns e até mesmo nas redes sociais. Nesse cenário, Leff, em 1995, já criticava a utilização excessiva do termo sustentabilidade, argumentando que isso poderia levar à sua banalização, distorção e perda de significado.

Dada a significância do conceito de sustentabilidade, especialmente em sua relação com o crescimento econômico e as diversas interpretações associadas a ele, o objetivo deste capítulo é realizar uma retrospectiva histórica sobre sua origem e as tentativas de implementação do desenvolvimento sustentável. Buscando resumir e debater algumas perspectivas concorrentes sobre o desenvolvimento sustentável, com foco na Economia Ambiental (que se baseia na ideia de utilidade) e na Economia Ecológica (que se baseia no conceito de transumo).

Por fim, são realizadas algumas ponderações sobre as implicações e propostas de políticas públicas destinadas ao meio ambiente. Dentro dessas políticas, as autoras ressaltam a importância da educação ambiental, argumentando que preparar os cidadãos desde a infância para cuidar do ambiente em que vivem é essencial para evitar danos futuros.

O quinto capítulo, “Direito, pobreza e meio ambiente”, a missão enfrentada pelos especialistas em direito não é simples, pois envolve a modificação profunda e gradual de conceitos sedimentados ao longo dos séculos. No entanto, essa mudança de paradigma na ciência jurídica permitirá uma reavaliação do direito, não mais como um mero regulador dos eventos sociais passados, mas como um precursor e participante ativo em projetos políticos de médio e longo prazo.

Inspirado pela experiência de nações desenvolvidas e pelos resultados de estudos socioeconômicos, o direito deve buscar conceber e implementar estruturas jurídicas inovadoras. Esse processo requer a consideração de todos os interesses envolvidos, visando alcançar objetivos políticos específicos. É

essencial estabelecer uma conexão entre os elementos sociais, econômicos e legais para facilitar a implementação de uma nova era de conservação e sustentabilidade.

Conclusão:

Enfim, o livro conclui que enfrentar os desafios da desigualdade, pobreza e degradação ambiental requer uma abordagem integrada e interdisciplinar. É essencial promover políticas públicas eficazes, educação ambiental e uma reavaliação do papel do direito na sustentabilidade. A implementação de práticas sustentáveis e a promoção de uma distribuição equitativa de recursos são fundamentais para garantir um futuro justo e sustentável para todos.

O fato é que ao analisar a obra "Desigualdade, Pobreza e Meio Ambiente", apesar dos 12 anos de sua publicação, aborda questões fundamentais e contemporâneas, ressaltando a complexidade e os desafios do mundo atual. Relaciona-se efetivamente com nossos livros "Tópicos em Recuperação de Áreas Degradadas", que visam explorar e fornecer soluções práticas e teóricas para problemas socioambientais. Assim como em minhas análises diárias, a obra destaca a importância de repensar o modelo de desenvolvimento vigente e seus impactos negativos no meio ambiente, propondo alternativas mais sustentáveis.

Constantemente venho analisando criticamente o atual modelo de desenvolvimento, enfatizando a necessidade urgente de mudanças. A exploração desenfreada de recursos e a industrialização acelerada têm levado à degradação ambiental e ao aumento das desigualdades sociais. Livros como este fornecem uma base sólida para entender esses problemas e buscar soluções viáveis.

Um tema recorrente na série "Tópicos em Recuperação de Áreas Degradadas" é a ênfase na Agroecologia e nas práticas de conservação. A Agroecologia não apenas promove uma produção agrícola mais sustentável, mas também aborda questões sociais, garantindo que as práticas agrícolas beneficiem as comunidades locais. A conservação dos recursos naturais é vital para a sustentabilidade em longo prazo, e este volume oferece estratégias concretas para fomentar e executar essas práticas.

Em nossos livros, a interdisciplinaridade é essencial para enfrentar os desafios socioambientais. O controle biológico de pragas, por exemplo, é uma

alternativa sustentável ao uso intensivo de pesticidas químicos, demonstrando como a integração de diferentes disciplinas pode levar a soluções inovadoras. O uso de tecnologias avançadas para avaliar impactos ambientais e monitorar ecossistemas, bem como pesquisas com Sistemas Agroflorestais (SAFs), é outro aspecto fundamental abordado.

Nossos livros também discutem a importância das políticas públicas e as diretrizes da Agenda 2030 da ONU para o desenvolvimento sustentável. As metas e propostas dessa agenda fornecem um quadro para ações globais e locais, promovendo a sustentabilidade em todas as suas dimensões - econômica, social e ambiental.

A série "Tópicos em Recuperação de Áreas Degradadas" demonstra um compromisso contínuo com a construção de um futuro mais equilibrado e responsável. Este oitavo volume, em particular, reflete o entusiasmo e a dedicação em colaborar com colegas, alunos e orientados na promoção da sustentabilidade socioambiental.

A busca por parcerias com colegas de trabalho, estudantes da Graduação e do PPGA é fundamental para abordar questões complexas. A colaboração permite o compartilhamento de conhecimento, ideias e experiências, criando um ambiente propício para a inovação e a busca de soluções sustentáveis.

A presente obra enfatiza a importância da conscientização e da educação para alcançar a sustentabilidade. A formação de cidadãos conscientes e informados é essencial para evitar danos futuros ao meio ambiente e para promover práticas sustentáveis.

A mensagem final da obra é clara: a mudança é possível, mas requer esforços colaborativos e decisões embasadas em conhecimento e visão de futuro. A paixão por esta causa e o desejo de inspirar outros a se envolverem e trabalharem em prol da sustentabilidade são elementos motivadores desta série de livros.

O compromisso com a pesquisa interdisciplinar, a prática da Agroecologia e a promoção da sustentabilidade socioambiental são pilares fundamentais desta série. A obra "Tópicos em Recuperação de Áreas Degradadas Volume VIII" não apenas fornece uma análise crítica e detalhada dos problemas atuais,

mas também oferece caminhos para um futuro mais sustentável e equilibrado. Por meio da educação, da conscientização e da ação coletiva, é possível alcançar a sustentabilidade socioambiental desejada. Mudanças de atitude são capazes de fazer a diferença e contribuir significativamente para um planeta mais saudável e justo para as gerações futuras.

Na EPÍGRAFE, compartilho o poema “Leveza” da aluna de Mestrado do PPGA Julia Falqueto Ambrosim, demonstrando uma das demandas fundamentais aqui levantadas: o reprocessamento da humanidade. De acordo com a poetisa, este é um poema pessoal no qual, por meio de metáforas, ela observa a natureza e como esta se mantém, percebendo uma resiliência elevada que passou a guiar sua própria vida.

Em minha análise, no contexto ambiental, o poema "Leveza" ressoa profundamente com as temáticas abordadas na série de livros "Tópicos em Recuperação de Áreas Degradadas" e, em particular, com a resenha do livro "Desigualdade, Pobreza e Meio Ambiente". As metáforas e imagens presentes no poema dialogam com os conceitos de transformação, resiliência e sustentabilidade explorada nas obras.

O poema compara o sentimento de leveza a uma semente alada dispersada pelo vento, que eventualmente cairá ao chão e germinará, dando origem a novas folhas, flores e frutos. Esta metáfora espelha a noção de transformação e resiliência ambiental e social discutida no livro. Assim como a semente que se transforma e dá frutos, as iniciativas de recuperação de áreas degradadas visam regenerar e revitalizar o meio ambiente, promovendo sustentabilidade e crescimento.

A ideia de que cada folha caída e cada fruto dado têm significados específicos e não são desperdiçados, reflete a esperança e a perseverança necessárias para enfrentar desafios socioambientais. No contexto do livro, isso se traduz na importância de cada esforço e ação para a recuperação ambiental e na luta contra a desigualdade e a pobreza. Cada pequena vitória, cada política pública eficaz, e cada prática sustentável implementada representam passos significativos em direção a um futuro mais justo e equilibrado.

A fotossíntese como fonte de energia vital no poema simboliza a interdependência dos sistemas naturais e humanos. No livro, esta interdependência é destacada na análise das relações entre economia, meio ambiente e sociedade. Assim como a fotossíntese é essencial para a vida das plantas, práticas sustentáveis e políticas eficazes são essenciais para o bem-estar social e ambiental.

A referência às transformações que ocorrem a cada estação no poema espelha a necessidade de adaptação e mudança contínua, um tema recorrente no livro. A adaptação às novas tecnologias, às mudanças nas políticas públicas e às exigências de um desenvolvimento sustentável requer uma abordagem dinâmica e flexível, tal como as mudanças sazonais no ciclo de vida das plantas.

O poema "Leveza" não apenas complementa as discussões teóricas e práticas presentes na série de livros, mas também oferece uma reflexão poética sobre o processo de mudança e crescimento. Ele inspira uma visão otimista e proativa, incentivando leitores e participantes do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia (PPGA) a se envolverem ativamente na transformação socioambiental.

Assim como a semente alada precisa do vento para ser dispersa e encontrar um lugar para germinar, o sucesso das iniciativas de recuperação de áreas degradadas depende da colaboração e do compromisso coletivo. O compartilhamento de conhecimento, experiências e esforços entre colegas de trabalho, alunos e orientados é fundamental para promover mudanças significativas.

A mensagem de que cada flor aberta e cada fruto dado são presentes necessários destaca a importância da educação e da conscientização. Preparar cidadãos conscientes e informados desde a infância, como enfatizado no livro, é essencial para evitar danos futuros ao meio ambiente e promover práticas sustentáveis.

Integrar a reflexão poética do poema "Leveza" com as análises críticas e práticas da série "Tópicos em Recuperação de Áreas Degradadas" oferece uma visão holística e inspiradora dos desafios e oportunidades que enfrentamos. A resiliência, a adaptação e a transformação contínua são fundamentais para

alcançar a sustentabilidade socioambiental. Por intermédio da colaboração, educação e ações embasadas em conhecimento, podemos cultivar um futuro mais equilibrado e responsável, onde cada esforço e cada transformação contribuem para um planeta mais saudável e justo para todos.

Professor Maurício Novaes Souza

Guarapari, junho de 2024.

EPÍGRAFE

Leveza

Hoje me sinto leve
Não como uma pluma
Mas como uma semente alada
Que pelo vento é dispersa
Voando livre e não sem rumo

Sei que em qualquer lugar
E a qualquer momento
Cairei ao chão, mas germinarei!
E assim darei novas folhas
Minhas flores e frutos

Serei da fotossíntese o produto
A energia vital
Virá da minha respiração
E a cada estação
Sofrerei, mas passarei por transformações

Cada folha caída
Tem significado
Cada flor aberta
É necessária
E a cada fruto dado
Será um presente
E não um amor desperdiçado

Julia Falqueto Ambrosim.

Apresentação

A produção de livros, cadernos de aulas e apostilas é essencial para compartilhar conhecimento, inspirar estudantes e promover a colaboração entre colegas em busca de objetivos acadêmicos e de pesquisa. É extremamente gratificante saber que os volumes dedicados aos "Tópicos de Recuperação de Áreas Degradadas" foram bem recebidos e atenderam às expectativas. Essas publicações não apenas aumentaram a visibilidade das pesquisas conduzidas nas disciplinas, mas também contribuíram para o aprimoramento do programa de Pós-graduação em Agroecologia (PPGA) do Ifes campus de Alegre, alinhando-se com as exigências dos órgãos de fomento e financiamento de pesquisas.

Além disso, estar envolvido na elaboração de livros das séries "Tópicos em Cafeicultura" e "Tópicos em Gestão Ambiental", bem como colaborador na organização da série "Tópicos em Agroecologia", que tem como coordenador meu amigo Professor Otacílio Passos, juntamente com outros projetos, permite uma constante evolução e atualização, levando em consideração as mudanças no campo e as necessidades contemporâneas. A integração desses esforços com projetos de Recuperação de Áreas Degradadas é um passo essencial em direção a uma abordagem mais completa e sustentável.

A colaboração com acadêmicos, alunos e orientados desempenha um papel fundamental no sucesso desses empreendimentos. Essa sinergia cria um ambiente de aprendizado e inovação, e a parceria em projetos de publicação é uma excelente maneira de incentivar a participação ativa e a contribuição de todos os envolvidos.

Essas publicações atuais e futuras, assim como os projetos associados, têm como objetivo principal contribuir para uma melhor compreensão e abordagem da recuperação de áreas degradadas. Tais esforços são essenciais para aumentar a conscientização e promover ações em prol da sustentabilidade ambiental.

O texto do **Volume I** foi composto por três (3) capítulos, abordando os seguintes temas:

- ✓ **Recuperação de áreas degradadas: conceitos e procedimentos;**
- ✓ **Aquicultura: Impactos ambientais negativos e a mitigação com práticas agroecológicas;**
- ✓ **Cafeicultura: Recuperação de áreas degradadas e uso de práticas agroecológicas no manejo do café em região de montanhas.**

Disponível em:

<https://www.meridapublishers.com/topicos-em-recuperacao-de-areas-degradadas/>

O **Volume II** manteve o mesmo propósito do Volume I, que consistia em reunir informações essenciais para o desenvolvimento de conceitos de planejamento relacionados à "Recuperação de Áreas Degradadas" (RAD) e à condução das atividades produtivas de maneira sustentável, por meio da aplicação de práticas agroecológicas de conservação.

A continuação da abordagem adotada no primeiro volume se mostrou coerente e de grande valor, proporcionando uma continuidade no entendimento dos princípios e práticas necessárias para lidar com a degradação ambiental e promover a recuperação de áreas que foram perturbadas.

O segundo volume é composto por dez (10) capítulos que abordam os seguintes temas:

- ✓ **Estudos de Impactos Ambientais e seu Relatório - EIA/RIMA;**
- ✓ **Metodologias para a identificação e avaliação de efeitos e impactos ambientais;**
- ✓ **Práticas de conservação de solo e água com ênfase nas “barraginhas”;**
- ✓ **Microrganismos simbiotes e a fixação biológica de nitrogênio;**

- ✓ **Uso de macroinvertebrados bentônicos como indicador de qualidade ambiental;**
- ✓ **Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD;**
- ✓ **Reuso da água na agricultura irrigada: efluentes da piscicultura e fertirrigação;**
- ✓ **Desigualdade social: agroecologia, “Agenda 2030” e sustentabilidade.**

Disponível em:

<https://www.meridapublishers.com/rad2-esp/>

O **Volume III** manteve o mesmo propósito dos Volumes I e II: enfatizar o planejamento sustentável e a adoção de práticas agroecológicas conservacionistas, uma ênfase decisiva nos dias de hoje, à luz dos desafios ambientais que se enfrentam. A promoção da recuperação de áreas degradadas e a implementação de práticas que respeitam o equilíbrio dos ecossistemas representam passos significativos em direção à preservação da biodiversidade e à mitigação dos impactos ambientais.

A integração de conceitos de planejamento e sustentabilidade, juntamente com a aplicação de práticas agroecológicas, representa uma abordagem holística que pode gerar resultados positivos em longo prazo, beneficiando tanto a produção agropecuária quanto a saúde dos ecossistemas. Essa abordagem continuou a fornecer uma base sólida para todos aqueles que buscam promover a recuperação de áreas degradadas e a adoção de práticas mais sustentáveis em suas atividades agropecuárias e de planejamento ambiental. A proposta persiste em reunir informações essenciais para contribuir com um futuro mais sustentável.

O terceiro volume é composto por dez (10) capítulos que abordam os seguintes temas:

- ✓ **Avaliação de impactos ambientais: definições, glossário e conceitos;**

- ✓ **Avaliação de impactos ambientais: histórico e procedimentos;**
- ✓ **Conservação e recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APP);**
- ✓ **Recuperação de áreas degradadas da cafeicultura sob manejo de sistema agroflorestal;**
- ✓ **Fungos micorrízicos arbusculares (FMA): alternativa agroecológica para recuperação biológica dos solos degradados;**
- ✓ **A relevância da matéria orgânica para a manutenção da qualidade solo;**
- ✓ **Impactos ambientais sobre a biodiversidade do solo decorrentes do uso do fogo: agroecologia e técnicas de produção sustentáveis;**
- ✓ **Uso da adubação verde na recuperação de solos degradados por mineração;**
- ✓ **Sistemas Agroflorestais em Áreas de Preservação Permanente;**
- ✓ **A agrofloresta como forma de recuperação e educação ambiental no município de Castelo, Espírito Santo.**

Disponível em:

<https://www.meridapublishers.com/rad3/>

O **Volume IV** segue a mesma finalidade dos volumes anteriores, concentrando informações essenciais para o desenvolvimento de conceitos relacionados à "Recuperação de Áreas Degradadas" (RAD) e à condução sustentável das atividades produtivas por meio da adoção de práticas agroecológicas de conservação. Isso reflete um compromisso constante com a promoção de abordagens responsáveis em relação ao meio ambiente e à agricultura.

A busca por coerência ao longo dos volumes demonstra um esforço contínuo para estabelecer uma base sólida de conhecimento e orientação, o que é altamente benéfico para aqueles envolvidos na área de recuperação de áreas degradadas e na busca por práticas agrícolas mais sustentáveis. A abordagem

integrada que une o planejamento com as práticas agroecológicas é fundamental para alcançar resultados positivos em longo prazo, assegurando não apenas a produtividade, mas também a saúde dos ecossistemas e a preservação da biodiversidade.

Foi composto por dez (10) capítulos que exploram os seguintes tópicos:

- ✓ **Ação da poluição nos sistemas ambientais;**
- ✓ **A trajetória da educação ambiental no Brasil e a reciclagem no município de Alegre – ES;**
- ✓ **Agroecologia como meio para a sustentabilidade da agricultura familiar;**
- ✓ **Fatores bióticos na recuperação de áreas degradadas: ação da flora e da fauna;**
- ✓ **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e a recuperação de pastagens degradadas;**
- ✓ **Sistemas agroflorestais e consórcios na cultura do café;**
- ✓ **Hortas urbanas agroecológicas;**
- ✓ **Recursos genéticos do feijão (*Phaseolus* spp.);**
- ✓ **Desenvolvimento de mudas de couve da Geórgia (*Brassica oleracea* var. *Acephala*) sob diferentes concentrações de biofertilizante;**
- ✓ **Plantas alimentícias não convencionais: sustentabilidade e diversidade no sistema de produção de base agroecológica.**

Disponível em:

<https://www.meridapublishers.com/rad4/>

O **Volume V** se empenhou em destacar a extrema relevância de dar ênfase à restauração de áreas degradadas, uma preocupação que absolutamente não pode ser subestimada. Em um cenário atual marcado por desafios ambientais cada vez mais intrincados, a busca por soluções sustentáveis é uma necessidade premente.

O esforço conjunto de toda a equipe tem o potencial de causar um impacto genuíno nesse campo, contribuindo para uma transformação nas práticas de agricultura e planejamento, direcionando-as para uma abordagem mais consciente e responsável em relação ao meio ambiente. Isso, por sua vez, contribuirá para um futuro mais promissor, no qual a harmonia entre as atividades humanas e a natureza possa ser alcançada de maneira efetiva.

Foi composto por dez (10) capítulos, abordando os seguintes temas:

- ✓ **A evolução dos movimentos ambientais e o surgimento da AIA;**
- ✓ **Ações de proteção do solo: mitigação de impactos ambientais no meio rural;**
- ✓ **Agroecologia aplicada aos procedimentos de recuperação de áreas degradadas;**
- ✓ **Compostagem como prática interdisciplinar da Educação Ambiental e Agroecologia;**
- ✓ **Abordagens conservacionistas para prevenção e recuperação da degradação do solo e da água por erosão hídrica;**
- ✓ **Controle biológico na soja no sul do Maranhão;**
- ✓ **Resíduos agrícolas da pecuária leiteira;**
- ✓ **Métodos agroecológicos alternativos para o controle de formigas cortadeiras;**
- ✓ **Levantamento e planejamento conservacionista de pequena propriedade rural no município de Caiana, MG, Brasil;**
- ✓ **Degradação de pastagens: estudo de caso dos procedimentos de recuperação no Município de Atílio Vivácqua, ES.**

Disponível em:

<https://www.meridapublishers.com/rad5/>

O **Volume VI** concentrou-se firmemente em ressaltar a extrema

importância de priorizar a restauração de áreas degradadas, uma questão que não pode, de forma alguma, ser subestimada. Em um contexto atual caracterizado por desafios ambientais cada vez mais complexos, a busca por soluções sustentáveis é imperativa.

O esforço conjunto de toda a equipe possui o potencial de gerar um impacto autêntico nesse domínio, contribuindo para a transformação das práticas de agricultura e planejamento, direcionando-as para uma abordagem mais consciente e responsável em relação ao meio ambiente. Isso, por sua vez, irá contribuir para um futuro mais promissor, onde a harmonia entre as atividades humanas e a natureza possa ser alcançada de maneira eficaz.

Foi composto por dez (10) capítulos, abordando os seguintes temas:

- ✓ **A dispersão natural de sementes com enfoque em síndromes zoocóricas;**
- ✓ **Revegetação, matéria orgânica e a sustentabilidade nos procedimentos de recuperação de solos degradados;**
- ✓ **Estratégias de recuperação de áreas degradadas;**
- ✓ **Identificação e caracterização dos riscos à degradação ambiental de microbacias hidrográficas em assentamentos de reforma agrária por meio de técnicas de geoprocessamento e da análise espacial multicritério: uma proposta;**
- ✓ **Viabilidade técnica da utilização de resíduo do beneficiamento de granito na indústria e na agricultura;**
- ✓ **Potencial de óleos essenciais de espécies nativas no controle de *Fusarium verticillioides* em sementes de milho;**
- ✓ **Produção de mudas do café sob diferentes teores de composto orgânico;**
- ✓ **Levantamento socioeconômico e experiências agroecológicas das mulheres ribeirinhas nos quintais da Ilha Saracá, Limoeiro do Ajuru, estado do Pará;**
- ✓ **Abordagem gerencial para o desenvolvimento da agricultura familiar com base no sistema de produção agroecológica;**

- ✓ **Extensão rural - acesso à informação e ao livre mercado.**

Disponível em:

<https://www.meridapublishers.com/rad6/>

O **Volume VII** enfatizou de maneira clara a fundamental importância de priorizar a restauração de áreas degradadas, uma questão que não pode ser ignorada. No contexto atual, onde os desafios ambientais são cada vez mais complexos, a busca por soluções sustentáveis é essencial.

O esforço conjunto de toda a equipe tem o potencial de causar um impacto significativo nesse campo, ajudando a transformar práticas agrícolas e de planejamento em uma direção mais consciente e responsável em relação ao meio ambiente. Isso, por sua vez, contribuirá para um futuro mais promissor, onde a harmonia entre as atividades humanas e a natureza possa ser efetivamente alcançada.

Foi composto por dez (10) capítulos, abordando os seguintes temas:

- ✓ **A degradação dos biomas brasileiros e o papel ecológico das abelhas nativas na regeneração natural**
- ✓ **Utilização de plantas de crescimento espontâneo e alimentícias não convencionais como estratégia de atração à fauna de abelhas em cultivos de café**
- ✓ **Externalidades e impactos ambientais negativos: fator antrópico, capital natural e práticas agroecológicas mitigadoras**
- ✓ **Meliponicultura, educação ambiental e recuperação de áreas degradadas: sustentabilidade no município de Muniz Freire, ES**
- ✓ **Produção de madeira, sequestro de carbono, SAFs e fomento florestal**
- ✓ **Importância das unidades de conservação como prática de preservação e educação ambiental no ensino escolar**
- ✓ **Desafios agroecológicos da produção sucroalcooleira pós-Revolução Verde**

- ✓ **Cultivo de batata-doce irrigada com águas residuárias tratada em pequenas propriedades rurais no semiárido**
- ✓ **Agricultura 4.0: Agroecologia 5.0?**
- ✓ **Pluriatividade no novo rural brasileiro e o papel da agroecologia.**

Disponível em:

<https://www.meridapublishers.com/rad7/>

O presente **Volume VIII** é composto também por dez (10) capítulos:

O **Capítulo I, “Métodos agroecológicos: abordagens, técnicas e práticas conservacionistas de conservação de água e solo”**, discute como nos últimos anos, a conversão de matas nativas em áreas agrícolas e pastagens, sem os devidos cuidados de conservação do solo, têm levado a uma grave degradação ambiental nas propriedades rurais. Isso se manifesta pela compactação do solo, diminuição da fertilidade e redução da capacidade de infiltração da água. Para mitigar esses problemas, é essencial adotar práticas conservacionistas eficazes, como a construção de barragens e estruturas de manejo de água, além de técnicas de manejo do solo. Essas práticas agroecológicas ajudam a reduzir a degradação das pastagens, evitar a perda de nutrientes e recuperar recursos hídricos locais. Este artigo destaca a eficácia dessas práticas conservacionistas e a urgência de sua implementação. Integrar essas práticas com sistemas agroflorestais e outras abordagens de diversificação das atividades rurais agrega valor econômico e social às comunidades locais. Uma abordagem holística e baseada na agroecologia não só combate a degradação ambiental, mas também promove sistemas agropecuários mais resilientes e sustentáveis em longo prazo.

O **Capítulo II, “Agricultura regenerativa: abordagens, técnicas e práticas conservacionistas de água e solo no Sítio Jaqueira Agroecologia”**, aponta que a conversão de matas nativas em áreas agropecuárias tem desencadeado processos alarmantes de degradação ambiental, resultando na perda de biodiversidade, fertilidade do solo e capacidade de retenção de água. Para enfrentar esses desafios, é fundamental adotar métodos agroecológicos que integram princípios da ecologia com práticas agropecuárias sustentáveis. Práticas como a diversificação e rotação de culturas, adição de matéria orgânica por meio de adubação verde, plantio direto e técnicas de conservação do solo são essenciais para mitigar a degradação ambiental e melhorar a qualidade do solo e dos recursos hídricos. A construção de estruturas como barraginhas e

cochos, combinada com práticas de manejo do solo, tem mostrado resultados promissores na preservação da disponibilidade hídrica e na recuperação dos recursos naturais. A integração dessas práticas com sistemas agroflorestais e a diversificação das atividades rurais não só beneficia o meio ambiente, mas também agrega valor econômico e social às comunidades locais. Uma abordagem holística baseada na agroecologia e na agricultura regenerativa, como a implementada no Sítio Jaqueira Agroecologia em Alegre, ES, é essencial para promover sistemas agropecuários mais resilientes e sustentáveis em longo prazo.

O **Capítulo III, “Biotecnologias e procedimentos alternativos na recuperação de pastagens”**, demonstra que a degradação do solo nas pastagens brasileiras afeta metade das áreas de pastagem, gerando prejuízos econômicos, sociais e ambientais para a pecuária. A recuperação dessas áreas é crucial para uma agropecuária sustentável, oferecendo benefícios como preservação dos biomas, aumento da produtividade animal, redução da erosão e sequestro de carbono. Técnicas como uso de insumos biológicos (enzimas, microrganismos, biofertilizantes e extratos de plantas), microrganismos multifuncionais e substâncias húmicas complementam a adubação tradicional, promovendo o controle biológico e a resistência a estresses. Essas práticas agroecológicas são essenciais para fortalecer a resiliência dos sistemas agropecuários e apoiar a agricultura familiar.

O **Capítulo IV, “Degradação nas pastagens da Zona da Mata Mineira: uso de biotecnologias e práticas conservacionistas nos procedimentos de recuperação”** mostra que O manejo inadequado de pastagens pode levar à diminuição do estoque de carbono no solo e à formação de extensas áreas degradadas. Superlotação e superpastejo resultam na compactação do solo, prejudicando o crescimento saudável das plantas. Práticas inadequadas de recuperação podem agravar esses problemas. No entanto, existem técnicas conservacionistas e biotecnológicas promissoras para recuperar pastagens degradadas. A compreensão das interações entre microrganismos e plantas forrageiras é crucial para desenvolver estratégias eficazes. Investigações adicionais nesse campo podem melhorar a sustentabilidade ambiental e a produtividade das pastagens a longo prazo.

O **Capítulo V, “Processos de degradação ambiental, demanda por madeira e manejo em florestas plantadas”**, discute que o aumento da exploração de florestas nativas, mudanças de uso do solo para agricultura intensiva e manejo inadequado das pastagens contribuem significativamente para a degradação do solo e expansão das áreas improdutivas no Brasil. Em resposta, as florestas plantadas desempenham um papel crucial na recuperação de áreas degradadas, fornecendo matérias-primas e promovendo a conservação ambiental. No entanto, esses agroecossistemas enfrentam desafios como

erosão, perda de biodiversidade e problemas fitossanitários. O manejo sustentável é essencial, incluindo diversificação de espécies, práticas silviculturais responsáveis e controle de pragas. Adotar abordagens integradas, como sistemas agroflorestais e integração lavoura-pecuária-floresta, que promovem a ciclagem de nutrientes, garante a qualidade e produtividade desses ecossistemas para o futuro.

O **Capítulo VI, “A importância do componente arbóreo nos sistemas agroflorestais”** discute que os Sistemas Agroflorestais (SAFs) são sistemas que combinam práticas agrícolas e florestais dentro da mesma área, integrando árvores, culturas agrícolas e, frequentemente, criação de animais. Esse arranjo promove uma interação sinérgica entre os componentes, com o componente arbóreo sendo fundamental. Ele não apenas aumenta a biodiversidade, mas também protege o solo contra a erosão, conserva a água e contribui para mitigar as mudanças climáticas através do sequestro de carbono. No entanto, a expansão dos SAFs enfrenta vários desafios significativos. Estes incluem a falta de acompanhamento técnico contínuo, gestão financeira adequada, educação dos agricultores, adesão a associações e a influência de agroindústrias. Para superar esses obstáculos, requer políticas públicas que incentivem a adoção de SAFs, programas de capacitação técnica e financeira para os agricultores, e o fortalecimento de redes de apoio e cooperativas que apoiem a implementação e a viabilidade econômica desses sistemas integrados.

O **Capítulo VII, “Sistemas silvipastoris: conforto térmico de bovinos leiteiros e recuperação de pastagens degradadas”** comenta que produção de leite é fundamental para o agronegócio brasileiro, proporcionando emprego e renda. No entanto, a maioria dos sistemas de produção utiliza pastagens de gramíneas monocultivadas, que sofrem com a redução de produtividade em condições de calor intenso e alta radiação solar, resultando em áreas degradadas e ameaçando a sustentabilidade da pecuária. O bem-estar animal (BEA) é crucial para melhorar a produção e a qualidade do leite, além da saúde do rebanho. Técnicas e instalações adequadas que promovem o BEA são essenciais para alcançar melhores resultados na pecuária. Nesse contexto, os sistemas silvipastoris (SSP), que integram árvores, pastagens e animais, emergem como uma solução sustentável. Este artigo enfatiza os benefícios dos sistemas silvipastoris para o conforto dos bovinos leiteiros e a recuperação de áreas degradadas, sublinhando a importância do sombreamento natural para a sustentabilidade e eficiência da pecuária.

O **Capítulo VIII, “Viabilidade econômica da produção agroecológica integrada e sustentável na região do Caparaó Capixaba: programa REFLORESTAR”** mostra que O estudo propõe uma pesquisa qualitativa baseada na análise da Assistência Técnica no programa REFLORESTAR, focado na transição de sistemas de produção convencionais para sistemas agroflorestais (SAFs). Utilizando o método de estudo de caso, o trabalho examina experiências de extensão rural em curso desde 2010 nos municípios de Alegre (ES) e Castelo (ES), coordenados pelo Escritório de Alegre (ES). A pesquisa apresentará os resultados da modelagem econômica e financeira dos

SAFs na região do Caparaó Capixaba, buscando demonstrar sua viabilidade comparativa em relação ao reflorestamento com espécies exóticas como eucalipto, cultivo tradicional de café e pastagens para gado de corte ou leite. O estudo visa confirmar uma vantagem econômica dos SAFs, dados os indicativos anteriores de uma taxa interna de retorno média entre 10% a 12%.

O **Capítulo IX, “Hortas urbanas: desafios e potencialidades para o desenvolvimento sustentável de Cachoeiro de Itapemirim – ES”** discorre sobre a agricultura urbana em Cachoeiro de Itapemirim que surge como uma solução integral para enfrentar os desafios da rápida urbanização, promovendo práticas sustentáveis e melhorando a qualidade de vida urbana. Estas hortas não só garantem segurança alimentar ao fornecer alimentos frescos diretamente às comunidades, reduzindo a dependência de longas cadeias de suprimento, mas também mitigam a degradação ambiental ao promover biodiversidade e gestão sustentável dos recursos naturais. Além de serem espaços de convivência comunitária, onde moradores compartilham conhecimentos e fortalecem laços sociais, as hortas urbanas em Cachoeiro de Itapemirim demonstram como o uso eficiente de recursos locais, como terrenos ociosos e resíduos orgânicos, pode beneficiar significativamente o ambiente urbano. Essas práticas também promovem economia solidária e empreendedorismo local, oferecendo oportunidades de emprego, reduzindo custos com alimentação e contribuindo para a recuperação de áreas degradadas.

O **Capítulo X, “Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs): nutrição, sustentabilidade, agroecologia e recuperação de áreas degradadas”**, mostra As Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) representam uma vasta diversidade de espécies com alto potencial nutricional, frequentemente negligenciadas na alimentação diária. O interesse crescente por uma alimentação mais natural tem impulsionado o redescobrimto e o cultivo sustentável das PANCs. A disseminação e uso das PANCs podem desempenhar um papel fundamental na educação ambiental ao valorizar a biodiversidade e incentivar práticas alimentares mais saudáveis e sustentáveis. Além disso, a integração das PANCs na agroecologia, hortas urbanas e agricultura familiar pode gerar benefícios econômicos significativos, fortalecendo a segurança alimentar local e contribuindo para a recuperação de áreas degradadas.

Disponível em:

<https://www.meridapublishers.com/rad8/>

Nas Considerações Finais, destaca-se a necessidade urgente de transformar as novas ideias e conceitos discutidos neste trabalho em ações concretas. O modelo atual de produção agropecuária e urbano-industrial tem

sido criticado pela sua contínua insustentabilidade ao longo do tempo. Diante desse cenário, propõe-se firmemente a adoção do modelo de produção agroecológico como uma alternativa viável e sustentável.

Após a análise dos capítulos anteriores, espera-se que algumas questões críticas sobre os modelos de produção vigentes sejam esclarecidas. Além disso, antecipa-se que os leitores contribuam com comentários e reflexões que não só apoiem a aplicação dos resultados apresentados neste estudo, mas também inspirem futuras investigações e práticas.

Este trabalho incentiva à ação direta e à busca por modelos de produção mais ecologicamente conscientes e sustentáveis. A mudança no paradigma de produção é vista como essencial para enfrentar os desafios ambientais e sociais globais discutidos anteriormente. O modelo agroecológico é identificado como uma resposta promissora e eficaz para alcançar um desenvolvimento mais sustentável, promovendo a resiliência dos ecossistemas, a segurança alimentar e a equidade social.

Portanto, o objetivo deste estudo não se limita a provocar reflexões teóricas, mas sim a inspirar ações práticas e mudanças tangíveis em direção a um futuro onde a agricultura e os sistemas alimentares sejam regenerativos e sustentáveis.

Professor Maurício Novaes Souza

Guarapari, junho de 2024.

Autores

Adriana Rezende Bighi

Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo *campus* de Alegre. Caixa Postal 16. CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: professorabighi@gmail.com

Alessandra Cunha Lopes

Professora do Instituto Federal do Espírito Santo Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000. Alegre - ES. E-mail: alessandra.lopes@ifes.edu.br

Aline Marchiori Crespo

Extensionista da INCAPER Cachoeiro do Itapemirim e Mestra pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Ifes *campus* de Alegre, Caixa Postal 47. CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: alinemcrespo@gmail.com

Ana Paula Candido Gabriel Berilli

Professora do Instituto Federal do Espírito Santo e do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre - ES. E-mail: ana.berilli@ifes.edu.br

Camila Dutra Pimenta

Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo *campus* de Alegre. Caixa Postal 16. CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: camiladutrapimenta@gmail.com

Camille Rezende Sartorio

Graduanda em Enfermagem na Universidade do Espírito Santo (UFES) *campus* Vitória. E-mail: camillerezendesartorio@gmail.com.

Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira

Professor do Instituto Federal do Espírito Santo e do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre - ES. E-mail: carlos.oliveira@ifes.edu.br

Clarissa Alves de Novaes

Mestre em Economia Doméstica pela UFV e Professora do Instituto Federal Sudeste de Minas *campus* Muriaé. Av. Cel. Monteiro de Castro, 550 - Barra, Muriaé, MG, 36.884-036. E-mail: clarissa.novaes@ifsudestemg.edu.br

Edmilson Leal Domingos

Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo *campus* de Alegre. Caixa Postal 16. CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: edleal.contador@gmail.com

Gabriela Alves de Novaes

Administradora de empresas pela UFV e Especialista em Gestão Estratégica de Pessoas pela Universidade Federal de São João del-Rei. Avenida Bias Fortes, 1122, Centro, Belo Horizonte - MG. CEP: 30.170-014. E-mail: gabianovaes@yahoo.com.br

Geisa Corrêa Louback

Mestre em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre, ES. E-mail: geisa.louback1980@gmail.com

Gilmara da Silva Rangel

Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo *campus* de Alegre. Caixa Postal 16. CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: rangel.gilmara@gmail.com

Graciandre Pereira Pinto

Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo *campus* de Alegre. Caixa Postal 16. CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: graciandrepp@gmail.com

Guilherme Andrião Trugilho

Mestre em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Ifes - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: guilhermeat.bio@gmail.com.

Igor Borges Peron

Mestre em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: igor.borgesperon@gmail.com.

Isabella da Costa Teixeira

Mestre em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre, ES. E-mail: isabellacteixeiraa@gmail.com

Jacyelli Sgranci Angelos

Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Espírito Santo- Departamento de Jerônimo Monteiro CEP: 29.550.000, Jerônimo Monteiro , ES. E-mail: jacysgranci@gmail.com

João Sávio Monção Figueiredo

Mestre em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo *campus* de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre, ES. E-mail: moncaofigueiredo@gmail.com

Julia Falqueto Ambrosim

Licenciada e Bacharelada em Ciências Biológicas e Mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Ifes - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: juliafalqambro@gmail.com

Larissa Viana Bruneli

Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo *campus* de Alegre. Caixa Postal 16. CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: larissa_bruneli@hotmail.com

Loruama Geovanna Guedes Vardiero

Mestre em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo *campus* de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: loruamaggvardiero@gmail.com.

Luana Soares Egidio

Mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo *campus* de Alegre e Secretária de Meio Ambiente de Divino de São Lourenço, ES. Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre, ES. Rua Emeliana Emery, Centro- nº 128. Guaçuí - ES. CEP: 29560-000. E-mail: luanaegidio81@gmail.com

Márcio Menegussi Menon

Secretário Municipal de Meio Ambiente de Atílio Vivácqua, ES. Técnico em Agropecuária pelo Ifes do *campus* de Alegre. Secretaria de Meio Ambiente de Atílio Vivácqua, ES. E-mail: marcio-menon@bol.com.br

Maria Eduarda Marques da Conceição

Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, da Universidade Federal do Espírito Santo campus de Alegre. CEP: 29.520-000, Alegre, ES. E-mail: mariamarques.bio@gmail.com

Marjorie Mezabarba Gonçalves

Mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal do Espírito Santo Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: marjorie.mezabarba@gmail.com

Marlon Alves Peçanha da Silva

Mestrando em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: marlononi@hotmail.com

Mateus Zava Zucolotto

Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, da Universidade Federal do Espírito Santo campus de Alegre. CEP: 29.500-000. Alto universitário, SN. Guararema, Alegre, ES. E-mail: mzucolotto96@gmail.com

Maurício Novaes Souza

Professor do Instituto Federal do Espírito Santo e do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do *campus* de Alegre - Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000. Alegre, ES. E-mail: mauricios.novaes@ifes.edu.br

Monique Moreira Moulin

Professora do Instituto Federal do Espírito Santo e do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Campus de Alegre. Caixa Postal 47. CEP: 29.500-000. Alegre, ES. E-mail: mmmoulin@ifes.edu.br

Natália Cassa

Mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre, ES. E-mail: tbrmoreira@hotmail.com

Newton Barboza Campos

Técnico em Agropecuária e Proprietário do Sítio Jaqueira Agroecologia. Alegre, ES. E-mail: Sitiojaqueira1@hotmail.com

Otacílio José Passos Rangel

Professor do Instituto Federal do Espírito Santo e do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do *campus* de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre - ES. E-mail: otaciliorangel@gmail.com

Priscila de Oliveira Nascimento

Mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre, ES. E-mail: prinascim@gmail.com

Regiane Carla Bolzan Carvalho

Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo *campus* de Alegre. Caixa Postal 16. CEP: 29.520-000, Alegre, ES. E-mail: regianecbc@gmail.com

Roberta Cunha Vieira

Mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo *campus* de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre, ES. E-mail: robertasantesso@gmail.com

Rodrigo Dal-Sasso Lourenço

Doutor em Engenharia Agrícola pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa - UFV. CEP 36570900 Viçosa, MG. E-mail: rodrigo.lourenco@ufv.br

Rodrigo Leonardo de Paula Dias Mendonça

Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo *campus* de Alegre. Caixa Postal 16. CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: rodrigoleodias@hotmail.com

Sandra Regina dos Santos Moreira de Oliveira

Mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Ifes - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre, ES. E-mail: sandra.eafa@gmail.com

Silvia Aline Bérghamo Xavier

Mestranda e Pós-graduada em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: silviaaline.xavier@gmail.com

Thaís de Souza Pastor

Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo campus de Alegre. Caixa Postal 16. CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: thaispastor1994@gmail.com

Wallas de Souza Costa

Graduando em Licenciatura em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500- 000, Alegre, ES. E-mail: wzbioc@gmail.com

Willian Moreira da Costa

Mestrando e Pós-graduado em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: willianbiologo@hotmail.com

Índice

CAPÍTULO 1..... 42

Métodos agroecológicos: abordagens, técnicas e práticas conservacionistas de conservação de água e solo

Marlon Alves Peçanha da Silva, Natália Cassa, Luana Soares Egídio, Marjorie Mezabarba Gonçalves, Márcio Menegussi Menon, Edmilson Leal Domingos, Loruama Geovanna Guedes Vardiero, Maurício Novaes Souza

CAPÍTULO 2..... 68

Agricultura regenerativa: abordagens, técnicas e práticas conservacionistas de água e solo no Sítio Jaqueira Agroecologia

Maurício Novaes Souza, Edmilson Leal Domingos, Natália Cassa, Luana Soares Egídio, Márcio Menegussi Menon, Newton Barboza Campos, Roberta Cunha Vieira, Adriana Rezende Bigli, Graciandre Pereira Pinto, Regiane Carla Bolzan Carvalho, Willian Moreira da Costa

CAPÍTULO 3..... 98

Bioteχνologias e procedimentos alternativos na recuperação de pastagens

Priscilla de Oliveira Nascimento, Otacílio José Passos Rangel, Maurício Novaes Souza, Thaís de Souza Pastor, Gilmara da Silva Rangel, Aline Marchiori Crespo, Geisa Corrêa Louback, Larissa Viana Bruneli, Monique Moreira Moulin

CAPÍTULO 4..... 128

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 Bérçamo Xavier, Clarissa Alves de Novaes, Sandra Regina dos Santos Moreira de Oliveira, Alessandra Cunha Lopes

CAPÍTULO 5..... 161

Processos de degradação ambiental, demanda por madeira e manejo em florestas plantadas

Maurício Novaes Souza, Jacyelli Sgranci Angelos, Maria Eduarda Marques da Conceição, Mateus Zava Zucolotto, Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira, Rodrigo Dal-Sasso Lourenço

CAPÍTULO 6..... 191

A importância do componente arbóreo nos sistemas agroflorestais

Adriana Rezende Bigli, Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira, Camille Rezende Sartorio, Isabella da Costa Teixeira, Maurício Novaes Souza

CAPÍTULO 7..... 217

Sistemas silvipastoris: conforto térmico de bovinos leiteiros e recuperação de pastagens degradadas

Isabella da Costa Teixeira, Wallas de Souza Costa, Adriana Rezende Bigli, Maurício Novaes Souza

CAPÍTULO 8..... 233

Viabilidade econômica da produção agroecológica integrada e sustentável na região do Caparaó Capixaba: programa REFLORESTAR

Rodrigo Leonardo de Paula Dias Mendonça, Camila Dutra Pimenta, João Sávio Monção Figueiredo, Guilherme Andrião Trugilho, Igor Borges Peron, Gabriela Alves de Novaes, Roberta Cunha Vieira, Maurício Novaes Souza

CAPÍTULO 9..... 268

Hortas urbanas: desafios e potencialidades para o desenvolvimento sustentável de Cachoeiro de Itapemirim - ES

Adriana Rezende Bigli, Regiane Carla Bolzan Carvalho, Camille Rezende Sartorio, Maurício Novaes Souza

CAPÍTULO 10	288

Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs): nutrição, sustentabilidade, agroecologia e recuperação de áreas degradadas

Regiane Carla Bolzan Carvalho, Adriana Rezende Bighi, Ana Paula Candido Gabriel Berilli, Maurício Novaes Souza

CONSIDERAÇÕES FINAIS	310

CAPÍTULO 1

Métodos agroecológicos: abordagens, técnicas e práticas conservacionistas de conservação de água e solo

Marlon Alves Peçanha da Silva, Natália Cassa, Luana Soares Egídio, Marjorie Mezabarba Gonçalves, Márcio Menegussi Menon, Edmilson Leal Domingos, Loruama Geovanna Guedes Vardiero, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-25-1.c1>

Resumo

Nos últimos anos, tem sido evidente o aumento da conversão de matas nativas em áreas destinadas a lavouras e pastagens, muitas vezes sem a adoção dos cuidados necessários para a conservação do solo. Esse cenário tem desencadeado uma preocupante degradação ambiental nas propriedades rurais, resultando especialmente na compactação do solo, na redução da fertilidade e na diminuição da capacidade de infiltração da água. Para enfrentar esses desafios, é fundamental adotar práticas conservacionistas que demonstrem resultados expressivos na mitigação da degradação ambiental, com foco na preservação da disponibilidade hídrica. Uma abordagem eficaz tem sido a construção de barragens e outras estruturas de manejo de água, juntamente com técnicas de manejo do solo. Esses métodos agroecológicos não apenas contribuem para a redução das áreas de pastagens degradadas, mas também ajudam a evitar a perda de nutrientes do solo e promovem a recuperação dos recursos hídricos locais. Este artigo busca não só destacar a eficácia dessas práticas conservacionistas, mas também ressaltar a urgência da sua execução. É fundamental considerar a integração dessas práticas com sistemas agroflorestais e outras abordagens que visam a diversificação das atividades rurais, agregando valor econômico e social às comunidades locais. Ao adotar uma abordagem holística e baseada na agroecologia, pode-se não apenas combater a degradação ambiental, mas também promover sistemas agropecuários mais resilientes e sustentáveis em longo prazo.

Palavras-chave: Recuperação de ambientes degradados. Práticas conservacionistas. Manejo do solo.

1. Introdução

A degradação ambiental, predominantemente causada pelas atividades humanas, tem sido amplamente observada na agricultura e pecuária. Os principais fatores impactantes incluem a exploração ilegal de madeira, a mudança do uso do solo devido à expansão de grandes monocultivos e o aumento das emissões de gases do efeito estufa. Além disso, tais atividades também resultam em poluição do solo e da água, contribuindo para externalidades negativas, com impactos significativos na biodiversidade, qualidade do solo e sustentabilidade dos ecossistemas globais (Ferreira; Venticinque; Almeida, 2005; Arraes; Mariano; Simonassi, 2012; Costa; Venzke, 2017; Souza, 2015; 2018; 2021; 2022; 2023; 2024).

Diante deste desafio, a agroecologia emerge como uma abordagem inovadora e sustentável para a recuperação de áreas degradadas, integrando práticas agrícolas harmoniosas com os princípios ecológicos. Gliessman *et al.* (2021) afirmam que a agroecologia é uma resposta fundamental para reverter a degradação ambiental e promover a biodiversidade.

Para a reversão desta degradação, é necessária uma transição agroecológica, saindo dos modelos convencionais para sistemas de produção mais sustentáveis, com uma maior pegada ambiental. Nesse contexto, Gliessman (2002; 2015), Macrae (1990) e Hill (1985; 1995) estabelecem compreensões sobre os processos de transição agroecológica.

Gliessman (2002) delineou um modelo de transição em cinco níveis para incorporar práticas agroecológicas na agricultura:

- ✓ Nível 1: propõe-se a redução do uso de agroquímicos, visando minimizar impactos negativos e otimizar as técnicas existentes para maior eficiência;
- ✓ Nível 2, sugere-se a substituição de agroquímicos por insumos orgânicos, melhorando a qualidade dos recursos naturais e evitando problemas de contaminação;
- ✓ Nível 3: envolve o redesenho dos agroecossistemas com base em novas relações ecológicas, demandando a contribuição de instituições governamentais e assessoria técnica para promover a sustentabilidade, envolvendo a cooperação de fazendas próximas;

✓ Nível 4: propõe-se restabelecer uma conexão direta entre produtores e consumidores, fomentando uma cultura de sustentabilidade que fortaleça os laços e promova o desenvolvimento territorial. Isso inclui a valorização de alimentos locais, feiras agroecológicas e a disseminação de práticas sustentáveis na comunidade;

✓ Nível 5: destaca-se a necessidade de mudanças gerais, com a conscientização de práticas sustentáveis por todos os envolvidos no sistema agroalimentar, com ênfase especial na conversão do consumidor. Essa abordagem em cinco fases visa promover uma transição abrangente em direção à agricultura sustentável, integrando efetivamente práticas agroecológicas em todos os aspectos do sistema agroalimentar (Figura 1).

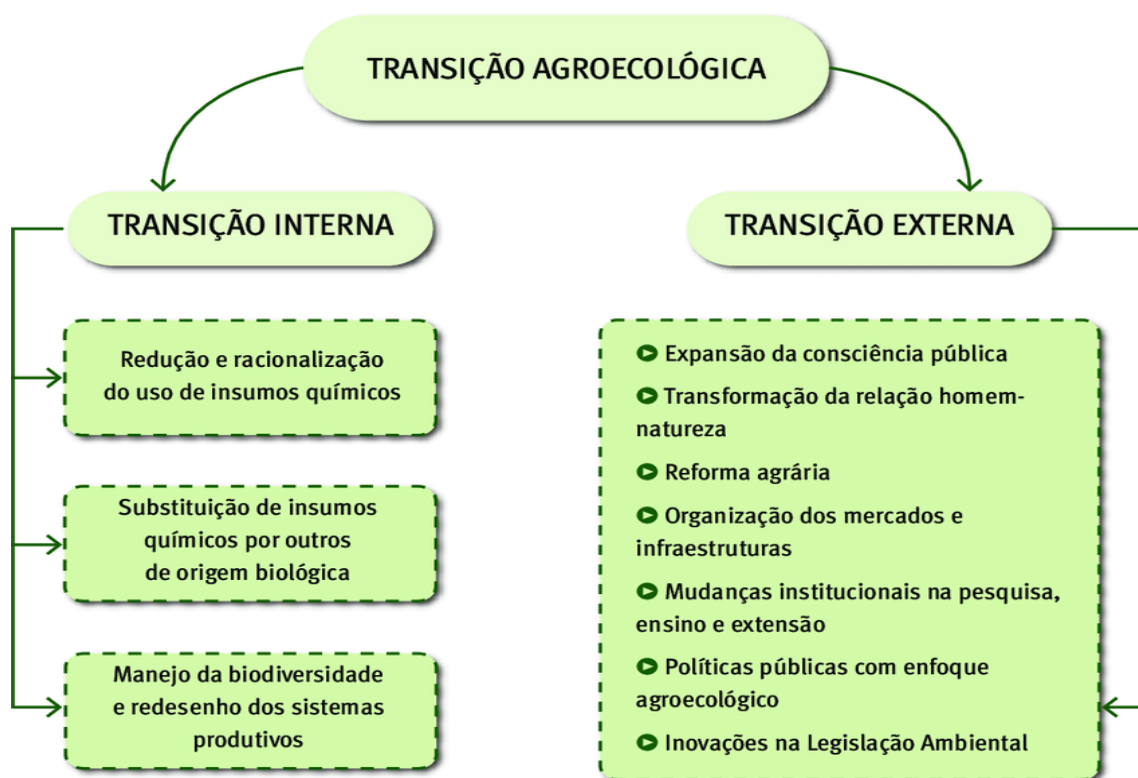


Figura 1. Etapas da transição agroecológica. Fonte: Gliessman, 2000.

A restauração de áreas degradadas apresenta desafios que vão além do aspecto ecológico, envolvendo também questões socioeconômicas. Nesse contexto, a agroecologia surge como uma oportunidade singular para integrar práticas agrícolas sustentáveis com o fortalecimento dos meios de subsistência locais e a promoção da equidade social. Essa abordagem ressalta a importância

da agroecologia como uma ferramenta abrangente de transformação (Guzmán, 2013; Gliessman, 2015; Titonell, 2019).

De acordo com Souza (2024), o emprego de métodos agroecológicos emerge como uma alternativa viável para alcançar tais metas. Cabe considerar que “métodos agroecológicos” são abordagens e técnicas utilizadas na agropecuária que buscam integrar os princípios da ecologia com práticas agropecuárias sustentáveis. Esses métodos têm como objetivo principal promover a produção de alimentos de forma harmoniosa com o meio ambiente, minimizando impactos negativos sobre os ecossistemas, preservando a biodiversidade e promovendo a saúde do solo e dos recursos naturais.

Algumas características dos métodos agroecológicos incluem (Guzmán, 2013; Gliessman, 2015; Titonell, 2019; Souza, 2021; 2022; 2023; 2024):

- ✓ Diversificação de culturas: em vez de monoculturas extensivas, os sistemas agroecológicos promovem a diversificação de cultivos, o que ajuda a aumentar a biodiversidade, a reduzir a incidência de pragas e doenças e a melhorar a resiliência do sistema agrícola;
- ✓ Uso de práticas de manejo do solo: métodos como a rotação de culturas, a adição de matéria orgânica, o uso de cobertura morta e a aplicação de técnicas de conservação do solo são fundamentais para melhorar a fertilidade do solo, a retenção de água e a redução da erosão;
- ✓ Integração de árvores e cultivos: sistemas agroflorestais (SAFs) combinam árvores, arbustos e culturas agrícolas em um mesmo sistema, promovendo a sinergia entre os componentes e oferecendo múltiplos benefícios, como a produção de alimentos, a conservação do solo, a regulação do clima e a diversificação da renda;
- ✓ Conservação da água e manejo sustentável dos recursos hídricos: estratégias como a construção de barragens, sistemas de captação de água da chuva, irrigação eficiente e o manejo de bacias hidrográficas são adotadas para preservar a disponibilidade hídrica e minimizar o impacto da agricultura sobre os recursos hídricos;
- ✓ Redução do uso de insumos externos: Os métodos agroecológicos priorizam o uso de insumos locais e orgânicos, reduzindo a dependência de

agrotóxicos, fertilizantes químicos e outras substâncias nocivas ao meio ambiente e à saúde humana.

No geral, os métodos agroecológicos visam promover sistemas agropecuários mais sustentáveis, resilientes e socialmente justos, levando em consideração os princípios da agroecologia, que incluem a participação ativa das comunidades locais, a valorização do conhecimento tradicional e o respeito aos processos ecológicos naturais.

O propósito deste capítulo é investigar de forma abrangente a aplicação de três métodos agroecológicos na restauração de ambientes degradados. Ao analisar os fundamentos teóricos, os princípios essenciais e os estudos de caso representativos, almejam-se obter uma compreensão mais profunda de como essa abordagem pode desempenhar um papel fundamental na restauração ecológica e na construção de sistemas agropecuários mais sustentáveis e resilientes.

2. Métodos agroecológicos na recuperação de áreas degradadas

Os métodos e práticas agroecológicos desempenham um papel de extrema importância na recuperação de áreas degradadas, oferecendo uma abordagem holística e sustentável para restaurar a resistência e resiliência dos ecossistemas. Podem-se citar algumas maneiras pelas quais essas práticas são importantes (Gliessman, 2015; Titonell, 2019; Gliessman *et al.*, 2021; Souza, 2021; 2022; 2023; 2024):

- ✓ Restauração do solo: as práticas agroecológicas priorizam técnicas que promovem a saúde do solo, como rotação de culturas, cultivo intercalar e adubação orgânica. Isso ajuda a restaurar a estrutura do solo, aumentar sua fertilidade e reter a umidade, tornando-o mais resiliente a processos erosivos;

- ✓ Conservação da biodiversidade: ao contrário dos métodos convencionais que muitas vezes dependem de monoculturas e agrotóxicos, as práticas agroecológicas favorecem a diversidade de culturas e a preservação da biodiversidade local. Isso não só promove a saúde dos ecossistemas, mas também ajuda a proteger espécies nativas e a garantir a polinização adequada das plantas;

✓ Redução do uso de insumos químicos: as práticas agroecológicas minimizam o uso de insumos químicos sintéticos, como fertilizantes e pesticidas, que podem ser prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana. Em vez disso, enfatizam o uso de métodos naturais de controle de pragas e doenças, como a introdução de plantas repelentes e o manejo integrado de pragas;

✓ Recuperação da hidrologia: muitas práticas agroecológicas, como a agrofloresta e a construção de barragens de retenção de água, ajudam a restaurar os ciclos hidrológicos naturais, aumentando a infiltração da água no solo, reduzindo a erosão e contribuindo para a recarga de aquíferos e mananciais;

✓ Resiliência às mudanças climáticas: as práticas agroecológicas promovem sistemas agrícolas mais resilientes às mudanças climáticas, ao diversificar as culturas, melhorar a adaptação ao clima local e aumentar a capacidade de sequestro de carbono no solo;

✓ Inclusão social e econômica: ao envolver comunidades locais e agricultores familiares em práticas agroecológicas, esses sistemas contribuem para a inclusão social e econômica, fortalecendo as economias locais, preservando saberes tradicionais e promovendo a autonomia dos agricultores.

Ou seja, as práticas agroecológicas são essenciais para a recuperação de áreas degradadas, fornecendo uma abordagem sustentável que visa restaurar a saúde dos ecossistemas, promover a biodiversidade e garantir a segurança alimentar em longo prazo. No presente capítulo, serão apresentadas três dessas práticas agroecológicas.

2.1. Barraginhas e cochinchos com o plantio de culturas

No município de Atílio Vivácqua, localizado no sul do Estado do Espírito Santo, a construção de barraginhas e cochinchos tem sido uma estratégia em desenvolvimento. Esta prática, coordenada pela Secretaria de Meio Ambiente em parceria com o Governo do Estado, não implica custos para os agricultores e visa aumentar a disponibilidade de recursos hídricos na região, bem como mitigar os efeitos da erosão e da escassez de água nas propriedades rurais, decorrentes da degradação ambiental causada pelas atividades agropecuárias.

Importante ressaltar que, conforme estabelecido pelo Decreto nº. 677/2015, regulamentando a lei municipal nº 1.122/2015, a movimentação de solo durante a construção das barraginhas e cochinchos está isenta de licenciamento ambiental. Em caso de excesso de solo gerado, este é reaproveitado na própria propriedade do agricultor (Machado *et al.*, 2022).

Com o objetivo de melhorar as condições de vida dos agricultores locais, tem sido planejado e executado o consórcio dessas técnicas com cultivos de café, banana, milho e até mesmo seringueira. Até o momento, observa-se um potencial significativo para aproveitar a água acumulada nos barramentos e infiltrada no solo, tornando o sistema sustentável e promovendo o crescimento da agricultura familiar.

As culturas mencionadas podem ser plantadas entre as linhas de cochinchos e ao redor e abaixo das barraginhas, aproveitando toda a água da chuva captada por essas estruturas, que é infiltrada no solo e disponibilizada para as plantas (Figura 2).

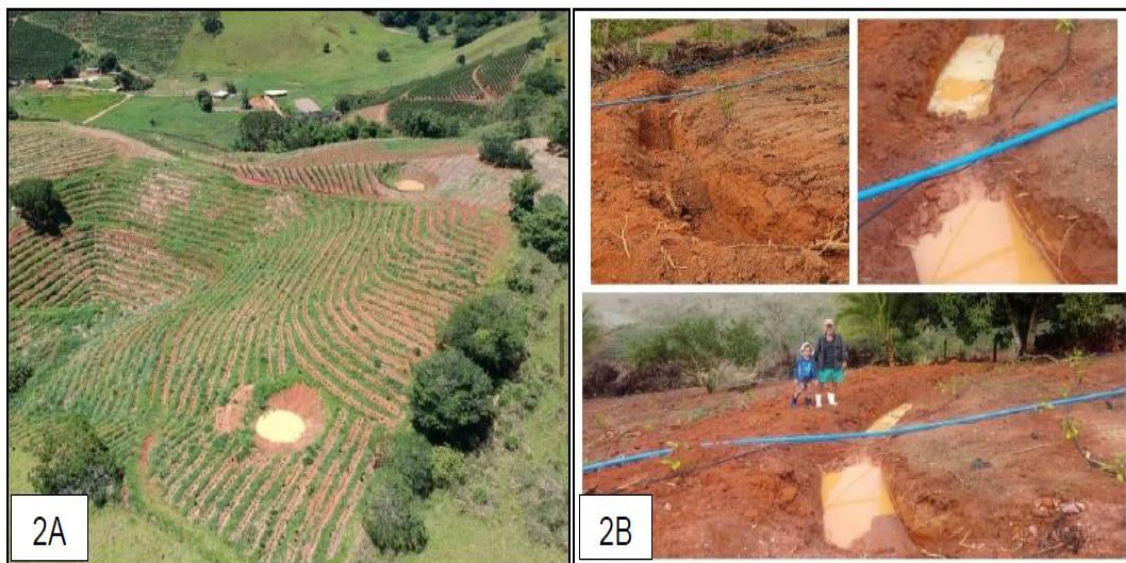


Figura 2. Consórcio de cochinchos e barraginhas com a plantação de café. Fonte: 2A. Marcio Menegussi Menon, 2021. Fonte 2B: Machado *et al.*, 2022.

Os resultados do consórcio entre as técnicas de cochinchos, barraginhas e as culturas de café, banana, milho e seringueira têm demonstrado uma série de impactos positivos e externalidades favoráveis. A combinação dessas práticas

tem facilitado a utilização mais eficiente dos recursos disponíveis, tais como nutrientes e água.

Além disso, as barraginhas e cochinchos desempenham um papel fundamental na conservação do solo, contribuindo significativamente para a redução da erosão e do escoamento superficial: isso se traduz em melhorias na estrutura do solo, aumento da sua capacidade de retenção de água e redução da perda de nutrientes.

Outro aspecto positivo é a melhoria da qualidade física, química e biológica do solo. Os cochinchos, em particular, contribuem para aumentar a umidade do solo devido à sua capacidade de retenção de água, o que por sua vez promove uma melhor estrutura do solo. Além disso, a presença de uma diversidade de plantas no consórcio contribui para o aumento da biodiversidade e para a criação de um ambiente mais equilibrado.

Na Figura 3, é possível observar como o solo apresenta uma textura adequada, com uma boa agregação que favorece o desenvolvimento das plantas. É importante ressaltar que o acúmulo de água nos cochinchos e barraginhas pode servir como um agente lubrificante em solos compactados, auxiliando no desenvolvimento das raízes das culturas.



Figura 3. Consórcio de cochinchos com a plantação de milho. Fonte: Márcio Menegussi Menon, 2021.

A presença das barraginhas também vem tendo um impacto positivo na biodiversidade local, criando habitats propícios para atrair a fauna local favorecendo a diversificação de espécies. Isso pode contribuir para o equilíbrio

ecológico da área e fornecer serviços ecossistêmicos adicionais. As barraginhas também podem ajudar no controle da erosão do solo, retendo sedimentos e reduzindo o carreamento de nutrientes para os corpos d'água. Isso contribui para a melhoria da qualidade da água e a manutenção da saúde dos ecossistemas aquáticos (Figura 4).



Figura 4. Consórcio de cochinhos com o cultivo de seringueira e barraginha com café e banana. Fonte: Márcio Menegussi Menon, 2021.

Outro resultado qualitativo importante foi a resistência e a resiliência do sistema agropecuário. O consórcio destas geotécnicas com cultivares vem demonstrando ser adaptável a condições climáticas variáveis, como períodos de seca ou chuvas intensas, permitindo uma melhor manutenção da produção agrícola (Figura 5).

No geral, os resultados indicam que o consórcio de "cochinhos" com culturas é uma estratégia promissora para a agricultura sustentável. Ele oferece uma série de vantagens, incluindo maior produtividade, qualidade dos produtos, redução do uso de insumos químicos, melhoria das qualidades do solo e promoção da biodiversidade.

Outro resultado qualitativo importante foi a resistência e a resiliência do sistema agrícola. O consórcio destas geotécnicas com cultivares vem demonstrando ser adaptável a condições climáticas variáveis, como períodos de seca ou chuvas intensas, permitindo uma melhor manutenção da produção agrícola.

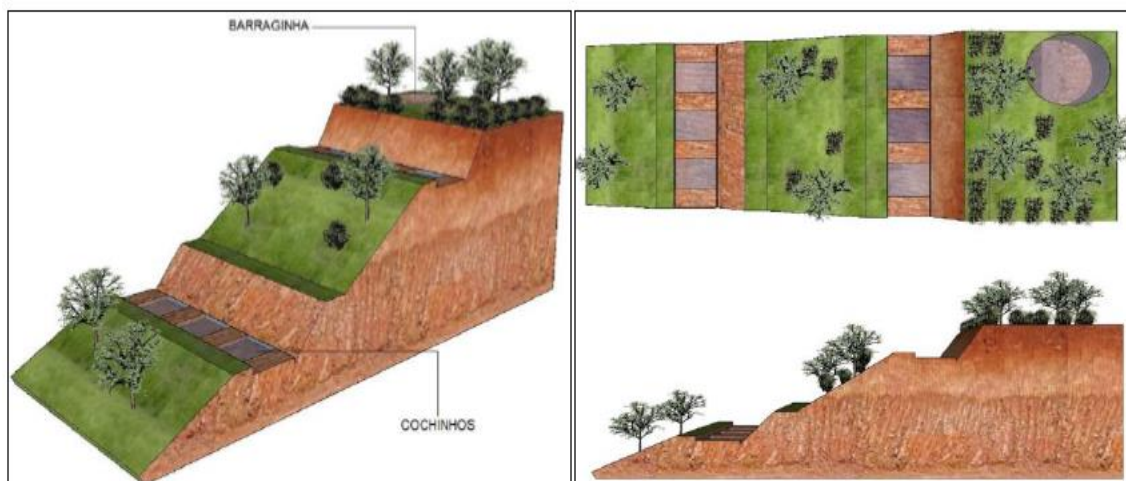


Figura 5. Croqui do consórcio barraginhas/cochinchos. Fonte: Machado *et al.*, 2022.

No geral, os resultados indicam que o consórcio de "cochinchos" com culturas é uma estratégia promissora para a agricultura sustentável. Ele oferece uma série de vantagens, incluindo maior produtividade, qualidade dos produtos, redução do uso de insumos químicos, melhoria das qualidades do solo e promoção da biodiversidade.

2.2. Sistema Agroflorestal

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) representam uma abordagem holística no manejo sustentável da terra, envolvendo a interação cultivada entre árvores, arbustos, cultivos agrícolas, pastagens e, ou, animais.

Esses sistemas, categorizados de acordo com a natureza e o arranjo de seus componentes, compreendem três principais categorias: os silviagrícolas, caracterizados pelo cultivo de árvores e, ou, arbustos junto com culturas agrícolas; os silvipastoris, que combinam o cultivo de árvores e, ou, arbustos com pastagens e/ou animais; e os agrossilvipastoris, nos quais árvores e, ou, arbustos são cultivados em conjunto com culturas agrícolas, pastagens e, ou, animais. Esse arranjo busca não apenas aperfeiçoar o uso eficiente da terra, mas também fomentar a ciclagem de nutrientes, promovendo práticas agrícolas sustentáveis e multifuncionais (Ribaski; Montoya Vilcahuaman; Rodigheri, 2001; Silva *et al.*, 2022; Crespo; Souza; Silva, 2023; Gonçalves; Oliveira; Souza, 2024).

O manejo agroflorestal desempenha um papel fundamental ao acelerar o processo regenerativo, permitindo que elementos animais e vegetais recolonizem o ambiente e contribuam para a restauração ecológica. Isso assegura que o ecossistema seja capaz de produzir alimentos e outros recursos de forma sustentável (Figura 6).



Figura 6. Área degradada recuperada após implantação de SAF. Fonte: AgroSintropia, 2019.

A efetividade na execução de um SAF está intrinsecamente ligada à consideração minuciosa das características específicas da área em questão, abordando demandas sociais e ambientais para não apenas tornar a propriedade lucrativa, mas também restaurá-la em relação ao seu estado de degradação. O sucesso desse processo reside na integração equilibrada de práticas sustentáveis que atendam tanto às necessidades da comunidade quanto do ambiente (Lima Lôbo *et al.*, 2021).

Os SAFs representam alternativas promissoras para recuperar as funções ambientais e aumentar a biodiversidade (Silveira, 2003), além de gerar produtividade agrícola, florestal e pecuária (Franco *et al.*, 2002). O manejo agroflorestal tem como função acelerar o processo regenerativo, permitindo que organismos animais e vegetais ocupem o ambiente e contribuam para a

restauração ecológica, enquanto o ecossistema continua a produzir alimentos e outros recursos (Amador, 2003).

Portanto, a eficácia na execução de um SAF depende da adaptação às características da área e dos indicadores que visam alcançar os objetivos sociais e ambientais, com o propósito de tornar a propriedade rural rentável, produtiva e restaurada em relação ao seu estado inicial de degradação (Crespo; Souza; Silva, 2023; Gonçalves; Oliveira; Souza, 2024).

Dessa forma, os SAFs emergem como uma alternativa viável para recuperar áreas degradadas, pois levam em consideração não apenas o solo ou a terra, mas também a água, o ar e os organismos vivos presentes. Na Figura 7, é possível observar o conforto térmico proporcionado pelo componente arbóreo aos animais, o que resulta na redução do nível de estresse.



Figura 7. Embrapa Agrossilvipastoril: unidade descentralizada da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Fonte: Revista Rural, 2019.

De acordo com Parrotta (1992) e Souza (2018), áreas degradadas são caracterizadas por solos empobrecidos em nutrientes e erodidos, instabilidade hidrológica, produtividade primária reduzida e diminuição da diversidade biológica. Para a recuperação dessas áreas, é essencial realizar intervenções

planejadas para estabelecer um ambiente propício à restauração dos processos naturais do ecossistema.

Os SAFs surgem como uma opção viável para a recuperação de áreas degradadas, contribuindo para o desenvolvimento sustentável ao desempenhar papéis ambientais e socioeconômicos significativos, como a geração de renda e a melhoria da qualidade de vida dos produtores.

Dentre os SAFs que podem ser utilizados para a recuperação de áreas degradadas, destacam-se os sistemas Silvipastoris, Agrossilvipastoris, ILPF (Integração Lavoura Pecuária e Floresta), Quintais Agroflorestais, Sistemas Agrossilviculturais e Agroflorestas Biodiversas Sucessionais ou Regenerativas. Essas abordagens oferecem diferentes formas de integração entre culturas agrícolas, pecuária e elementos florestais, contribuindo para a restauração ecológica e a recuperação da biodiversidade (Figura 8).



Figura 8. Horta consorciada com banana. Fonte: AgroSintropia, 2022.

O processo de elaboração de projetos de recuperação de áreas degradadas começa com um diagnóstico abrangente da área, que envolve a investigação detalhada dos elementos constituintes do espaço, suas características, aspectos culturais, históricos e intervenções passadas. Essa etapa permite recomendar alternativas mais adequadas para a recuperação da área em estudo (Souza, 2028).

Em seguida, ocorre a tomada de decisão, na qual, caso se identifique que os SAFs possam contribuir para resolver os problemas da área em questão, são escolhidos os modelos ou práticas mais apropriados e compatíveis com as características ecológicas, econômicas e sociais da região. Isso envolve listar opções, analisá-las e selecionar as mais adequadas para a situação específica (Lima Lôbo *et al.*, 2021; Crespo; Souza; Silva, 2023; Gonçalves; Oliveira; Souza, 2024).

Por fim, de acordo com esses mesmos autores, ocorrem a elaboração do arranjo ou desenho do SAF, que consiste na distribuição dos componentes propostos no tempo e no espaço, incluindo o número e os tipos de plantas e animais, especificações de plantio, dimensões de aplicação e manejo.

Dessa forma, compreende-se que os SAFs são uma ferramenta valiosa para a recuperação de áreas degradadas, pois combinam a restauração do ecossistema com a produção agropecuária sustentável, promovendo a segurança alimentar dos agricultores, pecuaristas e da sociedade como um todo. Os processos de recuperação devem ser compatíveis com os recursos disponíveis, o conhecimento local e as habilidades dos envolvidos. O tipo de técnica utilizada varia de acordo com o contexto da propriedade, visando alcançar o melhor resultado na recuperação do ambiente degradado (Gomes *et al.*, 2018; Silva, 2020).

2.3. Agropecuária regenerativa

Por mais de três décadas, a agropecuária regenerativa tem oferecido uma abordagem inovadora, permitindo que as atividades agrícolas e pecuárias não apenas sejam sustentáveis, mas também promovam a recuperação de áreas degradadas (Toensmeier, 2016). Isso resulta na melhoria dos ambientes produtivos, com foco na regeneração e manutenção de todo o sistema de produção alimentar (Montgomery, 2017). Além disso, essa abordagem engloba as comunidades rurais e os consumidores, visando aumentar sua resiliência diante dos desafios contemporâneos (Altieri; Nicholls, 2020).

Recentemente, com a intensificação dos efeitos das alterações climáticas e a pandemia de COVID-19, o interesse público e científico pela agropecuária

regenerativa tem crescido significativamente (Johnson *et al.*, 2021). Esse aumento no interesse reflete a necessidade urgente de abordagens sustentáveis e resilientes na produção de alimentos, bem como o reconhecimento do papel fundamental que a regeneração ambiental desempenha na mitigação dos impactos negativos das mudanças climáticas e na promoção da segurança alimentar global (Gliessman, 2015) (Figura 9).

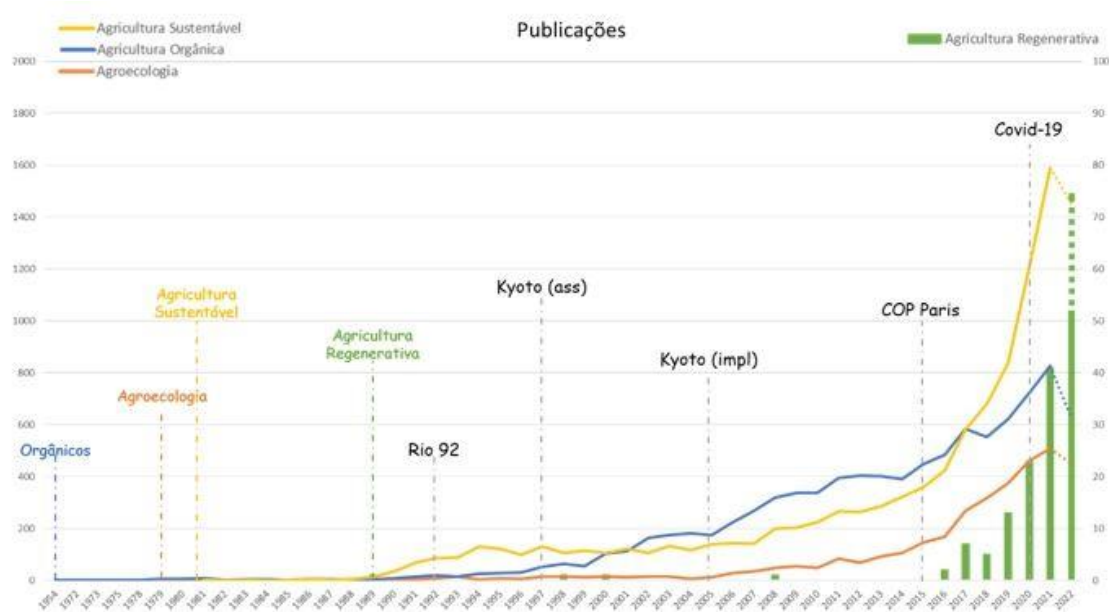


Figura 9. Evolução da ocorrência dos termos agricultura sustentável, agricultura orgânica, agroecologia e agricultura regenerativa. **Fonte:** <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/agricultura-regenerativa-desafios-e-perspectivas-futuras-231734/#>.

A agropecuária regenerativa é uma abordagem que visa não apenas produzir alimentos, mas também regenerar ecossistemas e melhorar a qualidade do solo. Quando aplicada à recuperação de áreas degradadas, essa abordagem oferece uma série de benefícios significativos (Gliessman, 2015; Altieri; Nicholls, 2020; Johnson *et al.*, 2021; Souza, 2021; 2023):

✓ **Restauração do solo:** a agropecuária regenerativa prioriza práticas que promovem a saúde do solo, como rotação de culturas, cultivo mínimo, compostagem e uso de cobertura vegetal. Essas práticas ajudam a reconstruir a

estrutura do solo, aumentar sua fertilidade e reter a umidade, contribuindo para a recuperação de áreas degradadas.

✓ Aumento da biodiversidade: ao contrário dos sistemas agrícolas convencionais, que muitas vezes dependem de monoculturas, a agropecuária regenerativa promove a diversidade de culturas e a integração de árvores e pastagens. Isso cria habitats mais variados para a vida selvagem, favorecendo a recuperação da biodiversidade em áreas degradadas.

✓ Ciclagem de nutrientes: as práticas regenerativas, como a compostagem e a integração de culturas, promovem a ciclagem eficiente de nutrientes no sistema agrícola. Isso reduz a dependência de fertilizantes sintéticos e ajuda a restaurar os níveis de nutrientes em solos degradados.

✓ Captura de carbono: a agropecuária regenerativa tem o potencial de sequestrar carbono atmosférico no solo, ajudando a mitigar as mudanças climáticas. Aumentar a matéria orgânica no solo por meio de práticas como a cobertura vegetal e o manejo holístico do pastoreio pode aumentar a capacidade do solo de armazenar carbono.

✓ Gestão da água: as práticas regenerativas também visam melhorar a gestão da água no sistema agrícola, reduzindo a erosão, aumentando a infiltração da água no solo e promovendo a retenção de água. Isso é especialmente importante para a recuperação de áreas degradadas que sofrem com a escassez hídrica e a desertificação.

✓ Resiliência aos impactos climáticos: ao promover a diversidade de culturas e a saúde do solo, a agropecuária regenerativa torna os sistemas agrícolas mais resilientes aos impactos das mudanças climáticas, como secas e inundações. Isso ajuda a garantir a produção sustentável de alimentos em longo prazo, mesmo em condições climáticas adversas.

Ou seja, a agropecuária regenerativa oferece uma abordagem holística e sustentável para a recuperação de áreas degradadas, promovendo a restauração dos ecossistemas, a biodiversidade e a resiliência dos sistemas agropecuários frente aos desafios ambientais e climáticos.

Conforme o Instituto de Agricultura Regenerativa (<https://br.regenerativeagricultureinstitute.org/>, 2022), o termo agricultura regenerativa representa um novo paradigma. A produção de alimentos de qualidade e a melhoria do meio

ambiente não são antagônicas; ao contrário, a produção de alimentos saudáveis, ricos em nutrientes e sem resíduos de substâncias tóxicas, pode permitir a restauração de processos e relações naturais, gerando benefícios socioeconômicos e ambientais.

Sua adoção teve origem nos problemas gerados pelo declínio do desempenho do solo, principalmente devido ao seu revolvimento excessivo e ao uso inadequado de agroquímicos. Embora o preparo mínimo do solo e o uso de culturas de cobertura em substituição aos agrotóxicos tenham sido contribuições efetivas da agricultura orgânica, esta não incorporou uma abordagem holística da produção agrícola.

A agricultura regenerativa representa um passo à frente. Com base em teorias de hierarquia ecológica e práticas conservacionistas, visa à regeneração e manutenção de todo o sistema de produção alimentar, incluindo as comunidades rurais e consumidores, de forma a aumentar sua resiliência. Essa abordagem busca não apenas evitar danos ambientais, mas também restaurar ecossistemas e promover a qualidade do solo, das plantas, dos animais e das pessoas envolvidas no processo de produção e consumo de alimentos (Figura 10). Ao adotar princípios regenerativos, a agricultura pode se tornar uma força positiva na construção de sistemas alimentares mais sustentáveis e resilientes para o futuro (Gliessman, 2015; Altieri; Nicholls, 2020; Johnson *et al.*, 2021; Souza, 2021; 2023).

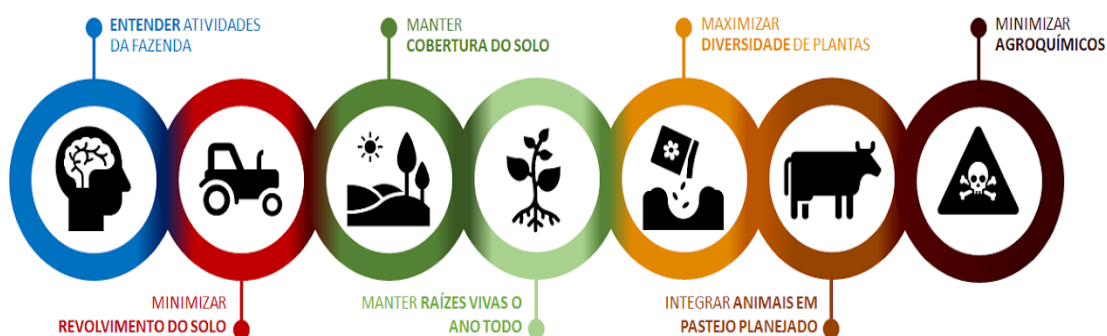


Figura 10. Princípios da agropecuária regenerativa. Fonte: Instituto de Agricultura Regenerativa, 2022.

A agricultura regenerativa é vista por especialistas como uma abordagem que pode reduzir significativamente as emissões de carbono geradas pela agricultura. Ao manter uma raiz viva no solo durante todo o tempo, por intermédio de práticas como cultivo de cobertura e pastagem de gado, a agricultura regenerativa promove o ciclo de nutrientes sem perturbar agressivamente o solo, mantendo assim o carbono armazenado no subsolo. Isso contrasta com as práticas agrícolas industriais, que frequentemente perturbam o solo e liberam carbono na atmosfera, contribuindo para o aquecimento global (Johnson *et al.*, 2021).

Além de reduzir as emissões de carbono, a agricultura regenerativa também promove a qualidade do solo, aumentando sua capacidade de retenção de água e nutrientes. Isso resulta em rendimentos agrícolas similares ou até mesmo superiores aos da agricultura convencional, especialmente em condições climáticas extremas. Além disso, a redução do uso de agroquímicos pode resultar em economias em longo prazo para os agricultores (Gliessman, 2015; Altieri; Nicholls, 2020; Johnson *et al.*, 2021).

Embora ainda haja necessidade de mais pesquisa sobre o impacto final da agricultura regenerativa no meio ambiente, dados preliminares sugerem que ela pode ter benefícios significativos em termos de redução de emissões de carbono e melhoria da qualidade do solo (Figura 11). Exemplos como a agricultura orgânica, que já demonstrou emitir cerca de 40% menos carbono do que as práticas convencionais, mostra o potencial promissor da agricultura regenerativa (Petersen *et al.*, 2019).

O fato é que os agricultores estão cada vez mais adotando práticas agropecuárias regenerativas, como rotação de culturas, cultivo de cobertura e plantio direto (Figura 12). Muitos agricultores tradicionais começaram a estabelecer essas práticas anos atrás, especialmente quando perceberam uma queda na produtividade devido à degradação do solo. Apesar dos desafios iniciais, eles continuaram a usar essas práticas devido aos benefícios observados, como redução da dependência de insumos químicos e aumento do teor de carbono no solo (Altieri, 1995; LaCanne; Lundgren, 2018; Chappell *et al.*, 2019; Souza, 2023).



Figura 11. O solo, seus processos e relação com a produção de alimentos.

Fonte: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/agricultura-regenerativa-de-safios-e-perspectivas-futuras-231734/#>, 2020.



Figura 12. Benefícios do Plantio Direto. Fonte: Conservation Technology Information Center. Purdue University, 2017.

Esses agricultores encontraram apoio em diversas fontes, incluindo grandes universidades, agências federais e organizações sem fins lucrativos. O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) oferece apoio por meio de iniciativas como a Concessão de Inovação em Conservação (CIG), que incentiva práticas agrícolas sustentáveis. Além disso, o Instituto Rodale

introduziu a Certificação Orgânica Regenerativa (ROC), que vai além do rótulo orgânico tradicional, incluindo requisitos adicionais para a qualidade do solo, saúde animal e justiça dos trabalhadores agropecuários (Rodale Institute, 2014; LaCanne; Lundgren, 2018; FAO, 2018; Chappell *et al.*, 2019).

Outras organizações, como a Carbon Underground, desenvolveram seus próprios padrões de agricultura regenerativa, como a Iniciativa de Carbono do Solo (SCI), que envolve testes para medir a biomassa microbiana, a capacidade de retenção de carbono e a saúde do solo. Grandes empresas, incluindo Danone, Ben & Jerry's e General Mills, também estão se comprometendo com práticas agrícolas regenerativas em suas cadeias de suprimentos (Rodale Institute, 2014; LaCanne; Lundgren, 2018; FAO, 2018).

No espaço do consumidor, tanto criadores de gado quanto vegetarianos, como a Local Roots, e empresas de alimentos, como Tender Greens e Ocean Spray, estão adotando princípios da agricultura regenerativa. Essa tendência indica uma mudança significativa em direção às práticas agropecuárias mais sustentáveis e regenerativas em todo o setor alimentício (Rodale Institute, 2014; FAO, 2018).

Diferenças entre agroecologia e agricultura regenerativa

A agroecologia e a agricultura regenerativa são duas abordagens que compartilham muitos princípios e objetivos semelhantes, mas também têm algumas diferenças distintas. Serão citados como esses dois conceitos se relacionam (Altieri, 1995; Gliessman, 2007; Wezel *et al.*, 2009; Rodale Institute, 2014; Shepard, 2015; FAO, 2018; LaCanne; Lundgren, 2018; Chappell *et al.*, 2019; Souza, 2024):

➤ **Princípios fundamentais compartilhados:**

- ✓ **Sustentabilidade Ambiental:** ambas as abordagens têm como objetivo principal a sustentabilidade ambiental, buscando práticas agropecuárias que não prejudiquem os recursos naturais, como solo, água e biodiversidade.

✓ Resiliência: tanto a agroecologia quanto a agricultura regenerativa buscam sistemas agrícolas resilientes, capazes de se adaptar às mudanças climáticas e outros desafios ambientais.

✓ Foco no Solo: ambas reconhecem a importância fundamental do solo para a vigor das plantas, dos animais e do ecossistema como um todo, e buscam práticas que promovam a qualidade do solo.

➤ **Diferenças de Abordagem:**

✓ Origens e História: a agroecologia tem raízes mais profundas na ciência e na academia, enquanto a agricultura regenerativa muitas vezes é vista como uma abordagem mais prática e baseada na experiência.

✓ Escopo de Aplicação: a agroecologia é frequentemente associada a uma abordagem mais ampla que abrange questões sociais, econômicas e políticas, além das ambientais. A agricultura regenerativa tende a se concentrar principalmente nas práticas agrícolas em si, embora também reconheça a importância de questões mais amplas.

✓ Ênfase na Regeneração: enquanto a agroecologia muitas vezes se concentra em práticas agropecuárias que são sustentáveis em longo prazo, a agricultura regenerativa coloca uma ênfase ainda maior na regeneração dos ecossistemas e na reversão dos danos causados pela agropecuária convencional.

Complementaridade:

Apesar das diferenças, a agroecologia e a agricultura regenerativa podem ser vistas como complementares. Juntas, elas podem oferecer uma abordagem abrangente para a transformação dos sistemas agropecuários, combinando a base científica e teórica da agroecologia com a ênfase prática e focada na regeneração da agricultura regenerativa.

No geral, ambas as abordagens compartilham o objetivo comum de promover sistemas agropecuários mais sustentáveis, resilientes e regenerativos, cada uma contribuindo com sua própria perspectiva e conjunto de práticas para alcançar esse objetivo.

3. Considerações

O atual modelo do sistema agroalimentar global tem causado impactos negativos significativos em escala mundial, resultando em degradação ambiental, contaminação de recursos hídricos, atmosfera e solo, além da exaustão de recursos naturais e contribuição para as mudanças climáticas recentes. Além disso, esse sistema, por sua própria natureza excludente, marginalizou pequenos agricultores, perpetuando desigualdades e mazelas sociais tanto nas áreas rurais quanto urbanas, devido ao êxodo rural.

Os prejuízos desse sistema não se limitam apenas ao meio ambiente - afetam de maneira expressiva a saúde humana. O consumo crescente de alimentos baratos, ricos em calorias e pobres em nutrientes, combinado com perdas massivas durante a distribuição para longas distâncias, resultou em problemas sociais, destacando-se a fome e subnutrição em periferias metropolitanas e regiões rurais desfavorecidas.

Diante desses desafios, a transição agroecológica emerge como uma alternativa essencial. A busca por sistemas agroalimentares mais sustentáveis visa garantir segurança alimentar e nutricional, reduzir impactos ambientais negativos e melhorar as condições de vida tanto para agricultores quanto consumidores, promovendo geração de renda e trabalho.

A reorganização de um novo modelo de sistema agroalimentar não só tem implicações diretas no ordenamento ambiental, social e econômico de áreas rurais, mas também oferece oportunidades para o desenvolvimento de uma nova ruralidade não subordinada ao urbano, capaz de atender suas peculiaridades.

O fortalecimento da agricultura familiar, guiada por princípios agroecológicos e sistemas agroalimentares sustentáveis, emerge como uma via para enfrentar parcialmente a crise sistêmica decorrente da agricultura industrializada, juntamente com outros fatores, que sinergicamente contribuíram para a crise civilizatória, gerando vulnerabilidades sociais e ambientais.

Os modelos agroecológicos de produção, por intermédio do uso de práticas conservacionistas de solo, como as barraginhas e cochinchos com o plantio de culturas, os Sistemas Agroflorestais (SAFs) e a agricultura regenerativa, são

alternativas que atendem aos princípios de sustentabilidade, promovendo uma relação mais harmoniosa entre o homem e a natureza.

Essas práticas buscam restaurar a qualidade dos ecossistemas, promovendo a biodiversidade, conservando o solo e a água, e contribuindo para a resiliência das comunidades rurais frente às mudanças climáticas e às pressões socioeconômicas.

4. Referências

ALTIERI, M. A. Agroecology: a science of sustainable agriculture. **Agronomy Journal**, v. 88, n. 5, p. 829-831, 1995.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. **Agroecologia**: fundamentos científicos para uma agricultura sustentável. Editora da Unesp. 2020.

AMADOR, D. B. **Restauração de ecossistemas com sistemas agroflorestais**. Restauração de ecossistemas naturais. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais–FEPAF. São Paulo. Botucatu, 2003.

ARAES, R. de A.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 1, p. 119-140, 2012.

CHAPPELL, M. J. *et al.* Food sovereignty: an alternative paradigm for poverty reduction and biodiversity conservation in Latin America. **F1000 Research**, n. 8, p. 4, 2019.

COSTA, T. V. da; VENZKE, T. S. L. Regeneração natural em Mata de Restinga em área de pecuária extensiva no Município de Pelotas, extremo Sul do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 88, p. 339-347, 2017.

CRESPO, A. M.; SOUZA, M. N.; Silva, M. A. B. da. Ciclo do carbono e sistemas agroflorestais na sustentabilidade da produção agrícolas: 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.p0 6.19.

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **Práticas agrícolas sustentáveis**. Agroecology for Food Security and Nutrition - FAO, 2018.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Representante da FAO Brasil apresenta cenário da demanda por alimentos**, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/901168/>. Acesso em: 25 jun. 2023.

FERREIRA, L. V.; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos Avançados**, v. 19, n.53, p. 157-166, 2005.

FRANCO, F. S. *et al.* Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 751-760, 2002.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agriculturas sustentáveis. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2000. (Estudos rurais).

GLIESSMAN, S. R. **Agroecology**: The Ecology of Sustainable Food Systems. Boca Raton: CRC Press. 2015.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecology**: the ecology of sustainable food systems." CRC press. 2007.

GLIESSMAN, S. R. Alcanzando la Sostenibilidad. In: GLIESSMAN, S.R. **Agroecología**: procesos ecológicos en agricultura sostenible. TURRIALBA, C. R.: CATIE, 2002, p. 303-318.

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>

GUZMÁN, G. I. **Transición agroecológica**: donde confluyen la investigación y la acción. Laboratorio de Historia de los Agroecosistemas, p. 1-12, 2013.

HILL, S. B. Redesigning the food system for sustainability. **Alternatives**, v. 12, p. 32-36, 1985.

HILL, S. B.; MACRAE, R. J. Conceptual framework for the transition from conventional. **Sustain Agric**, v. 7, n. 1, p. 81-87, 1995.

INCAPER. **Programa de assistência técnica e extensão rural 2020-2023**. Atílio Vivácqua, ES. 2020.

JOHNSON, M. F. *et al.* Regenerative agriculture: principles, practices, and implications. **Sustainability**, v. 13, n. 9, p. 4927, 2021.

LACANNE, C. E.; LUNDGREN, J. G. Regenerative agriculture: merging farming and natural resource conservation profitably. **Peer J.**, n. 6, p. e4428, 2018.

LACANNE, C. E.; LUNDGREN, J. G. Regenerative Agriculture: merging farming and natural resource conservation profitably. **Peer J.**, n. 6, p. e4428, 2018.

LIMA LÔBO, R. L. de *et al.* Sistemas agroflorestais na recuperação de áreas degradadas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 38127-38142, 2021.

MACHADO, P. P.; CONTARINI, L. da C.; ROCHA, L. S.; FERREIRA JUNIOR, J. L. L.; MILANEZE, L. A.; SILVA, M. A. P. da; MARTINS, L. D. Métodos teórico-prático de conservação de solo e regulação do escoamento superficial em regiões de transição de altitude/Theoretic-practical methods of soil conservation and the regulation of superficial runoff in regions of altitudinal transition. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, p. 21712-21730, 2022.

MACRAE, R. J.; HILL, S. B.; MEHUYS G. R.; HENNING, J. Farm-scale agronomic and economic conversion from conventional to sustainable agriculture. **Advances in agronomy**, v. 41, p. 155-198, 1990.

MONTGOMERY, D. R. **Growing a revolution: bringing our soil back to life**. WW Norton & Company. 2017.

PARROTTA, J. A. The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 41, n. 2, p. 115-133, 1992.

PETERSEN, R. G. *et al.* Regenerative agriculture and carbon sequestration. In: **Soil Carbon Management: Economic, Environmental and Societal Benefits** (p. 285-299). Springer, Cham. 2019.

RIBASKI, J.; MONTOYA VILCAHUAMAN, L. J.; RODIGHIERI, H. R. **Sistemas agroflorestais: aspectos ambientais e sócio-econômicos**. 2001.

RODALE INSTITUTE. **Regenerative Organic Agriculture and Climate Change: A Down-to-Earth Solution to Global Warming**. Rodale Institute, 2014.

SHEPARD, M. Regenerative agriculture: merging farming and natural resource conservation profitably. **Small Farm Today**, v. 27, n. 4, p. 20-23, 2015.

SILVA, J. M. V. de O. da; SOUZA, M. N.; RANGEL, O. J. P.; FORNAZIER, M. L.; LOUBACK, G. R.; PIROVANI, G.; CAON, B. L.; MOREIRA, M. F.; SIQUEIRA, C. B.; TRUGILHO, G. A.; KAULZ, M.; CRESPO, A. M.; GOMES, A. L. C.; GALL, M. V. C.; PINHEIRO, A. C. M.; GUERRA, A. C. M.; PERON, I. B. Sistemas agroflorestais e consórcios na cultura do café. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 172-201. 2022. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7.c6>

SILVEIRA, N. D. Indicadores de sustentabilidade ambiental em sistemas agroflorestais na Mata Atlântica. 2003.

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. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1>.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2022. 304 p. ISBN: 978-65-84548-10-7. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7>.

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.

SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. I. CANOAS: Mérida Publishers, 2021. 133 p.

TITONELL, P. Las transiciones agroecológicas: múltiples escalas, niveles y desafíos. **Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo**, v. 51, n. 1, p. 231-246, 2019.

TOENSMEIER, E. **The carbon farming solution**: a global toolkit of perennial crops and regenerative agriculture practices for climate change mitigation and food security. Chelsea Green Publishing. 2016.

WEZEL, A.; BELLON, S.; DORÉ, T.; FRANCIS, C.; VALLOD, D.; DAVID, C. Agroecology as a science, a movement, and a practice. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 29, n. 4, p. 503-515, 2009.

CAPÍTULO 2

Agricultura regenerativa: abordagens, técnicas e práticas conservacionistas de água e solo no Sítio Jaqueira Agroecologia

Maurício Novaes Souza, Edmilson Leal Domingos, Natália Cassa, Luana Soares Egídio, Márcio Menegussi Menon, Newton Barboza Campos, Roberta Cunha Vieira, Adriana Rezende Bighi, Graciandre Pereira Pinto, Regiane Carla Bolzan Carvalho, Willian Moreira da Costa

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-25-1.c2>

Resumo

A conversão de matas nativas em áreas agropecuárias tem desencadeado processos alarmantes de degradação ambiental. Isso resulta na perda de biodiversidade, fertilidade do solo e capacidade de retenção de água. Para enfrentar esses desafios é fundamental adotar métodos agroecológicos que unem princípios da ecologia com práticas agropecuárias sustentáveis. A diversificação e rotação de culturas, adição de matéria orgânica por intermédio de adubação verde, plantio direto e técnicas de conservação do solo são fundamentais para mitigar a degradação ambiental e melhorar a qualidade do solo e dos recursos hídricos. A construção de estruturas como barraginhas e cochinchos, combinada com práticas de manejo do solo, tem mostrado resultados promissores na preservação da disponibilidade hídrica e na recuperação dos recursos naturais. A integração dessas práticas com sistemas agroflorestais e diversificação das atividades rurais pode não apenas beneficiar o meio ambiente, mas também agregar valor econômico e social às comunidades locais. Uma abordagem holística baseada na agroecologia e na agricultura regenerativa, presentes no Sítio Jaqueira Agroecologia em Alegre, ES, é essencial para promover sistemas agropecuários mais resilientes e sustentáveis em longo prazo.

Palavras-chave: Recuperação de ambientes degradados. Práticas conservacionistas. Manejo do solo. Barraginhas e cochinchos. SAFs. Educação ambiental.

1. Introdução

Os efeitos ambientais da Revolução Verde ainda são observáveis nos dias atuais, evidenciando o papel do ser humano como agente de mudanças nos ecossistemas. Essa modernização na agricultura impulsionou a produção agropecuária, porém também gerou uma série de impactos adversos tanto ambientais quanto sociais.

A exploração ilegal de madeira, a conversão de terras para grandes monocultivos e o aumento das emissões de gases do efeito estufa, estão entre os principais fatores de impacto. Essas práticas não apenas causam danos diretos aos ecossistemas, mas também resultam em poluição do solo e da água, gerando consequências adversas que afetam a biodiversidade, a qualidade do solo e a sustentabilidade dos ecossistemas em escala global (Ferreira; Venticinque; Almeida, 2005; Arraes; Mariano; Simonassi, 2012; Costa; Venzke, 2017; Souza, 2015; 2018; 2021; 2022; 2023; 2024).

Diante deste desafio, a agroecologia emerge como uma abordagem inovadora e sustentável para a recuperação de áreas degradadas, integrando práticas agrícolas harmoniosas com os princípios ecológicos. Gliessman *et al.* (2021) afirmam que a agroecologia é uma resposta fundamental para reverter a degradação ambiental e promover a biodiversidade.

Para esses mesmos autores e Souza (2024), os modelos de produção agroecológica podem ser caracterizados como integrais, endógenos e sustentáveis, pois incorporam o ser humano como parte integrante do sistema rural, sem fragmentar os ecossistemas. Em essência, a Agroecologia busca orientar estratégias para o desenvolvimento rural sustentável e facilitar a transição para práticas agrícolas mais sustentáveis. Isso representa uma contribuição significativa para a qualidade de vida das atuais e futuras gerações em um planeta com recursos finitos.

Portanto, para a reversão desta degradação persistente nos dias atuais, é necessária uma transição agroecológica, saindo dos modelos convencionais para sistemas de produção mais sustentáveis, com uma maior pegada ambiental. Nesse contexto, Gliessman (2002; 2015), Macrae (1990) e Hill (1985; 1995) estabelecem compreensões sobre os processos de transição agroecológica.

A recuperação de áreas degradadas apresenta desafios que vão além do aspecto ecológico, envolvendo também questões socioeconômicas. Nesse contexto, a agroecologia e a agricultura regenerativa surgem como uma oportunidade singular para integrar práticas agrícolas sustentáveis com o fortalecimento dos meios de subsistência locais e a promoção da equidade social. Essa abordagem ressalta a importância da agroecologia como uma ferramenta abrangente de transformação (Guzmán, 2013; Gliessman, 2015; Titonell, 2019).

De acordo com Souza (2024), o emprego de métodos agroecológicos emerge como uma alternativa viável para alcançar tais metas. Cabe considerar que “métodos agroecológicos” são abordagens e técnicas utilizadas na agropecuária que buscam integrar os princípios da ecologia com práticas agropecuárias sustentáveis. Esses métodos têm como objetivo principal promover a produção de alimentos de forma harmoniosa com o meio ambiente, minimizando impactos negativos sobre os ecossistemas, preservando a biodiversidade e promovendo a saúde do solo e dos recursos naturais.

Algumas características dos métodos agroecológicos incluem (Guzmán, 2013; Gliessman, 2015; Titonell, 2019; Souza, 2021; 2022; 2023; 2024):

- ✓ Diversificação de culturas: em vez de monoculturas extensivas, os sistemas agroecológicos promovem a diversificação de cultivos, o que ajuda a aumentar a biodiversidade, a reduzir a incidência de pragas e doenças e a melhorar a resiliência do sistema agrícola;
- ✓ Uso de práticas de manejo do solo: métodos como a rotação de culturas, a adição de matéria orgânica, o uso de cobertura morta e a aplicação de técnicas de conservação do solo são fundamentais para melhorar a fertilidade do solo, a retenção de água e a redução da erosão;
- ✓ Integração de árvores e cultivos: sistemas agroflorestais (SAFs) combinam árvores, arbustos e culturas agrícolas em um mesmo sistema, promovendo a sinergia entre os componentes e oferecendo múltiplos benefícios, como a produção de alimentos, a conservação do solo, a regulação do clima e a diversificação da renda;
- ✓ Conservação da água e manejo sustentável dos recursos hídricos: estratégias como a construção de barragens, sistemas de captação de água da

chuva, irrigação eficiente e o manejo de bacias hidrográficas são adotadas para preservar a disponibilidade hídrica e minimizar o impacto da agricultura sobre os recursos hídricos (Figura 1); e

✓ Redução do uso de insumos externos: os métodos agroecológicos priorizam o uso de insumos locais e orgânicos, reduzindo a dependência de agrotóxicos, fertilizantes químicos e outras substâncias nocivas ao meio ambiente e à saúde humana.



Figura 1. Barraginha/Caixas secas no Sítio Jaqueira Agroecologia, Alegre, ES.

Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2024.

No geral, os métodos agroecológicos visam promover sistemas agropecuários mais sustentáveis, resilientes e socialmente justos, levando em consideração os princípios da agroecologia, que incluem a participação ativa das comunidades locais, a valorização do conhecimento tradicional e o respeito aos processos ecológicos naturais.

O propósito deste capítulo é investigar a aplicação de três métodos agroecológicos na recuperação de ambientes degradados utilizados no Sítio Jaqueira Agroecologia, Alegre, ES: uma Unidade Participativa e Experimental em Plantio de Água (UPEPA) (Meira *et al.*, 2015), localizado no perímetro urbano do município de Alegre, Sul do Estado do Espírito Santo território do Caparaó Capixaba, sob as coordenadas geográficas Latitude de 20° 45' 31"S e Longitude 41° 31' 32" W.

Ao analisar os fundamentos teóricos, os princípios essenciais e os estudos de caso representativos, almejam-se obter uma compreensão de como essa abordagem pode desempenhar um papel fundamental na recuperação dos serviços ecossistêmicos e na construção de sistemas agropecuários mais sustentáveis e resilientes.

2. Métodos agroecológicos na recuperação de áreas degradadas

Os métodos e práticas agroecológicos desempenham um papel de extrema importância na recuperação de ambientes degradados, oferecendo uma abordagem holística e sustentável para restaurar a resistência e resiliência dos ecossistemas. Podem-se citar algumas maneiras pelas quais essas práticas são importantes (Gliessman, 2015; Titonell, 2019; Gliessman *et al.*, 2021; Souza, 2021; 2022; 2023; 2024):

- ✓ Recuperação do solo: as práticas agroecológicas priorizam técnicas que promovem a saúde do solo, como rotação de culturas, cultivo intercalar e adubação orgânica. Isso ajuda a restaurar a estrutura do solo, aumentar sua fertilidade e reter a umidade, tornando-o mais resiliente a processos erosivos;
- ✓ Conservação da biodiversidade: ao contrário dos métodos convencionais que muitas vezes dependem de monoculturas e agrotóxicos, as práticas agroecológicas favorecem a diversidade de culturas e a preservação da biodiversidade local. Isso não só promove a saúde dos ecossistemas, mas também ajuda a proteger espécies nativas e a garantir a polinização adequada das plantas;
- ✓ Redução do uso de insumos químicos: as práticas agroecológicas minimizam o uso de insumos químicos sintéticos, como fertilizantes e pesticidas, que podem ser prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana. Em vez disso, enfatizam o uso de métodos naturais de controle de pragas e doenças, como a introdução de plantas repelentes e o manejo integrado de pragas;
- ✓ Recuperação da hidrologia: muitas práticas agroecológicas, como a agrofloresta e a construção de barragens de retenção de água, ajudam a restaurar os ciclos hidrológicos naturais, aumentando a infiltração da água no solo, reduzindo a erosão e contribuindo para a recarga de aquíferos e mananciais;

- ✓ Resiliência às mudanças climáticas: as práticas agroecológicas promovem sistemas agrícolas mais resilientes às mudanças climáticas, ao diversificar as culturas, melhorar a adaptação ao clima local e aumentar a capacidade de sequestro de carbono no solo;

- ✓ Inclusão socioeconômica: ao envolver comunidades locais e agricultores familiares em práticas agroecológicas, esses sistemas contribuem para a inclusão social e econômica, fortalecendo as economias locais, preservando saberes tradicionais e promovendo a autonomia dos agricultores.

Ou seja, as práticas agroecológicas são essenciais para a recuperação de áreas degradadas, fornecendo uma abordagem sustentável que visa restaurar a qualidade dos ecossistemas, promover a biodiversidade e garantir a segurança alimentar em longo prazo.

2.1. Agropecuária regenerativa

Por mais de três décadas, a agropecuária regenerativa tem oferecido uma abordagem inovadora, permitindo que as atividades agropecuárias não apenas sejam sustentáveis, mas também promovam a recuperação de áreas degradadas (Toensmeier, 2016). Isso resulta na melhoria dos ambientes produtivos, com foco na regeneração e manutenção de todo o sistema de produção alimentar (Montgomery, 2017). Além disso, essa abordagem engloba as comunidades rurais e os consumidores, visando aumentar sua resiliência diante dos desafios contemporâneos (Altieri; Nicholls, 2020).

Recentemente, com a intensificação dos efeitos das alterações climáticas e a pandemia de COVID-19, o interesse público e científico pela agropecuária regenerativa tem crescido significativamente (Johnson *et al.*, 2021). Esse aumento no interesse reflete a necessidade urgente de abordagens sustentáveis e resilientes na produção de alimentos, bem como o reconhecimento do papel fundamental que a regeneração ambiental desempenha na mitigação dos impactos negativos das mudanças climáticas e na promoção da segurança alimentar global (Gliessman, 2015) (Figura 2).

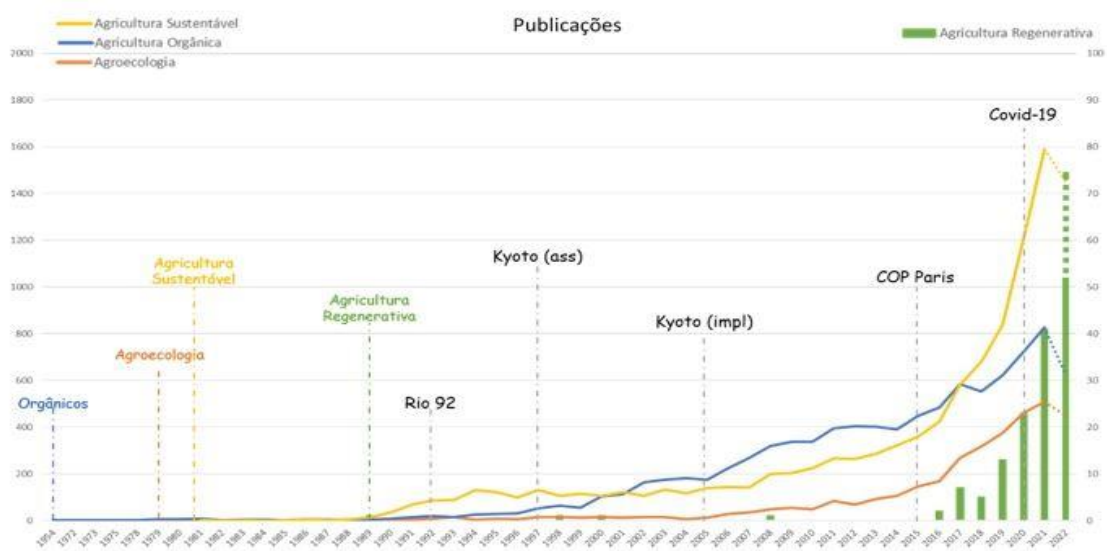


Figura 2. Evolução da ocorrência dos termos agricultura sustentável, agricultura orgânica, agroecologia e agricultura regenerativa. Fonte: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/agricultura-regenerativa-desafios-e-perspectivas-futuras-231734/#>.

A agropecuária regenerativa é uma abordagem que visa não apenas produzir alimentos, mas também regenerar ecossistemas e melhorar a qualidade do solo. Quando aplicada à recuperação de áreas degradadas, essa abordagem oferece uma série de benefícios significativos (Gliessman, 2015; Altieri; Nicholls, 2020; Johnson *et al.*, 2021; Souza, 2021; 2023):

- ✓ Restauração do solo: a agropecuária regenerativa prioriza práticas que promovem a saúde do solo, como rotação de culturas, cultivo mínimo, compostagem e uso de cobertura vegetal. Essas práticas ajudam a reconstruir a estrutura do solo, aumentar sua fertilidade e reter a umidade, contribuindo para a recuperação de áreas degradadas.

- ✓ Aumento da biodiversidade: ao contrário dos sistemas agrícolas convencionais, que muitas vezes dependem de monoculturas, a agropecuária regenerativa promove a diversidade de culturas e a integração de árvores e pastagens. Isso cria habitats mais variados para a vida selvagem, favorecendo a recuperação da biodiversidade em áreas degradadas.

- ✓ Ciclagem de nutrientes: as práticas regenerativas, como a compostagem e a integração de culturas, promovem a ciclagem eficiente de nutrientes no

sistema agrícola. Isso reduz a dependência de fertilizantes sintéticos e ajuda a restaurar os níveis de nutrientes em solos degradados.

✓ Captura de carbono: a agropecuária regenerativa tem o potencial de sequestrar carbono atmosférico no solo, ajudando a mitigar as mudanças climáticas. Aumentar a matéria orgânica no solo por meio de práticas como a cobertura vegetal e o manejo holístico do pastoreio pode aumentar a capacidade do solo de armazenar carbono.

✓ Gestão da água: as práticas regenerativas também visam melhorar a gestão da água no sistema agrícola, reduzindo a erosão, aumentando a infiltração da água no solo e promovendo a retenção de água. Isso é especialmente importante para a recuperação de áreas degradadas que sofrem com a escassez hídrica e a desertificação.

✓ Resiliência aos impactos climáticos: ao promover a diversidade de culturas e a saúde do solo, a agropecuária regenerativa torna os sistemas agrícolas mais resilientes aos impactos das mudanças climáticas, como secas e inundações. Isso ajuda a garantir a produção sustentável de alimentos em longo prazo, mesmo em condições climáticas adversas.

Ou seja, a agropecuária regenerativa oferece uma abordagem holística e sustentável para a recuperação de áreas degradadas, promovendo a restauração dos ecossistemas, a biodiversidade e a resiliência dos sistemas agropecuários frente aos desafios ambientais e climáticos.

Conforme o Instituto de Agricultura Regenerativa (<https://br.regenerativeagricultureinstitute.org/>, 2022), o termo agricultura regenerativa representa um novo paradigma. A produção de alimentos de qualidade e a melhoria do meio ambiente não são antagônicas; ao contrário, a produção de alimentos saudáveis, ricos em nutrientes e sem resíduos de substâncias tóxicas, pode permitir a restauração de processos e relações naturais, gerando benefícios socioeconômicos e ambientais.

Sua adoção teve origem nos problemas gerados pelo declínio do desempenho do solo, principalmente devido ao seu revolvimento excessivo e ao uso inadequado de agroquímicos. Embora o preparo mínimo do solo e o uso de culturas de cobertura em substituição aos agrotóxicos tenham sido contribuições

efetivas da agricultura orgânica, esta não incorporou uma abordagem holística da produção agrícola.

A agricultura regenerativa representa um passo à frente. Com base em teorias de hierarquia ecológica e práticas conservacionistas, visa à regeneração e manutenção de todo o sistema de produção alimentar, incluindo as comunidades rurais e consumidores, de forma a aumentar sua resiliência. Essa abordagem busca não apenas evitar danos ambientais, mas também restaurar ecossistemas e promover a qualidade do solo, das plantas, dos animais e das pessoas envolvidas no processo de produção e consumo de alimentos (Figura 3). Ao adotar princípios regenerativos, a agricultura pode se tornar uma força positiva na construção de sistemas alimentares mais sustentáveis e resilientes para o futuro (Gliessman, 2015; Altieri; Nicholls, 2020; Johnson *et al.*, 2021; Souza, 2021; 2023).



Figura 3. Princípios da agropecuária regenerativa. Fonte: <https://eos.com/pt/blog/agricultura-regenerativa/>, 2022.

A agricultura regenerativa é vista por especialistas como uma abordagem que pode reduzir significativamente as emissões de carbono geradas pela agricultura. Ao manter uma raiz viva no solo durante todo o tempo, por intermédio de práticas como cultivo de cobertura e pastagem de gado, a agricultura regenerativa promove o ciclo de nutrientes sem perturbar agressivamente o solo, mantendo assim o carbono armazenado no subsolo. Isso contrasta com as práticas agrícolas industriais, que frequentemente perturbam o solo e liberam

carbono na atmosfera, contribuindo para o aquecimento global (Johnson *et al.*, 2021).

Além de reduzir as emissões de carbono, a agricultura regenerativa também promove a qualidade do solo, aumentando sua capacidade de retenção de água e nutrientes. Isso resulta em rendimentos agrícolas similares ou até mesmo superiores aos da agricultura convencional, especialmente em condições climáticas extremas. Além disso, a redução do uso de agroquímicos pode resultar em economias em longo prazo para os agricultores (Gliessman, 2015; Altieri; Nicholls, 2020; Johnson *et al.*, 2021).

Embora ainda haja necessidade de mais pesquisa sobre o impacto final da agricultura regenerativa no meio ambiente, dados preliminares sugerem que ela pode ter benefícios significativos em termos de redução de emissões de carbono e melhoria da qualidade do solo (Figura 4). Exemplos como a agricultura orgânica, que já demonstrou emitir cerca de 40% menos carbono do que as práticas convencionais, mostra o potencial promissor da agricultura regenerativa (Petersen *et al.*, 2019).



Figura 4. Galinheiro trator: o solo, seus processos e as inter-relações entre manejo e a produção de alimentos, Sítio Jaqueira Agroecologia, Alegre, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2024.

O fato é que os agricultores estão cada vez mais adotando práticas agropecuárias regenerativas, como rotação de culturas, cultivo de cobertura e plantio direto (Figura 5). Muitos agricultores tradicionais começaram a estabelecer essas práticas anos atrás, especialmente quando perceberam uma queda na produtividade devido à degradação do solo. Apesar dos desafios iniciais, eles continuaram a usar essas práticas devido aos benefícios observados, como redução da dependência de insumos químicos e aumento do teor de carbono no solo (Altieri, 1995; LaCanne; Lundgren, 2018; Chappell *et al.*, 2019; Souza, 2023).



Figura 5. Caixas cheias - práticas mecânicas e biológicas de conservação do solo no Sítio Jaqueira Agroecologia, Alegre, ES. Fonte: Acervo Sítio Jaqueira Agroecologia, 2003.

Esses agricultores encontraram apoio em diversas fontes, incluindo grandes universidades, agências federais e organizações sem fins lucrativos. O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) oferece apoio por meio de iniciativas como a Concessão de Inovação em Conservação (CIG), que incentiva práticas agrícolas sustentáveis (Figura 6). Além disso, o Instituto Rodale introduziu a Certificação Orgânica Regenerativa (ROC), que vai além do rótulo orgânico tradicional, incluindo requisitos adicionais para a qualidade do solo, saúde animal e justiça dos trabalhadores agropecuários (Rodale Institute, 2014; LaCanne; Lundgren, 2018; FAO, 2018; Chappell *et al.*, 2019).

Outras organizações, como a “Carbon Underground”, desenvolveram seus próprios padrões de agricultura regenerativa, como a Iniciativa de Carbono do Solo (SCI), que envolve testes para medir a biomassa microbiana, a capacidade de retenção de carbono e a saúde do solo. Grandes empresas, incluindo Danone, Ben & Jerry's e General Mills, também estão se comprometendo com práticas agrícolas regenerativas em suas cadeias de suprimentos (Rodale Institute, 2014; LaCanne; Lundgren, 2018; FAO, 2018).



Figura 6. Benefícios da cobertura vegetal: retenção das águas no Sítio Jaqueira Agroecologia, Alegre, ES. Fonte: Acervo Sítio Jaqueira Agroecologia, 2004.

No espaço do consumidor, tanto criadores de gado quanto vegetarianos, como a Local Roots, e empresas de alimentos, como Tender Greens e Ocean Spray, estão adotando princípios da agricultura regenerativa. Essa tendência indica uma mudança significativa em direção às práticas agropecuárias mais sustentáveis e regenerativas em todo o setor alimentício (Rodale Institute, 2014; FAO, 2018).

Diferenças entre agroecologia e agricultura regenerativa

A agroecologia e a agricultura regenerativa são duas abordagens que compartilham muitos princípios e objetivos semelhantes, mas também têm algumas diferenças distintas. Serão citados como esses dois conceitos se relacionam (Altieri, 1995; Gliessman, 2007; Wezel et al., 2009; Rodale Institute, 2014; Shepard, 2015; FAO, 2018; LaCanne; Lundgren, 2018; Chappell *et al.*, 2019; Souza, 2024):

➤ **Princípios fundamentais compartilhados:**

✓ **Sustentabilidade Ambiental:** ambas as abordagens têm como objetivo principal a sustentabilidade ambiental, buscando práticas agropecuárias que não prejudiquem os recursos naturais, como solo, água e biodiversidade.

✓ **Resiliência:** tanto a agroecologia quanto a agricultura regenerativa buscam sistemas agrícolas resilientes, capazes de se adaptar às mudanças climáticas e outros desafios ambientais.

✓ **Foco no Solo:** ambas reconhecem a importância fundamental do solo para a vigor das plantas, dos animais e do ecossistema como um todo, e buscam práticas que promovam a qualidade do solo.

➤ **Diferenças de Abordagem:**

✓ **Origens e História:** a agroecologia tem raízes mais profundas na ciência e na academia, enquanto a agricultura regenerativa muitas vezes é vista como uma abordagem mais prática e baseada na experiência.

✓ **Escopo de Aplicação:** a agroecologia é frequentemente associada a uma abordagem mais ampla que abrange questões sociais, econômicas e políticas, além das ambientais. A agricultura regenerativa tende a se concentrar principalmente nas práticas agrícolas em si, embora também reconheça a importância de questões mais amplas.

✓ **Ênfase na Regeneração:** enquanto a agroecologia muitas vezes se concentra em práticas agropecuárias que são sustentáveis em longo prazo, a agricultura regenerativa coloca uma ênfase ainda maior na regeneração dos ecossistemas e na reversão dos danos causados pela agropecuária convencional.

 Complementaridade:

Apesar das diferenças, a agroecologia e a agricultura regenerativa podem ser vistas como complementares. Juntas, elas podem oferecer uma abordagem abrangente para a transformação dos sistemas agropecuários, combinando a base científica e teórica da agroecologia com a ênfase prática e focada na regeneração da agricultura regenerativa.

No geral, ambas as abordagens compartilham o objetivo comum de promover sistemas agropecuários mais sustentáveis, resilientes e regenerativos, cada uma contribuindo com sua própria perspectiva e conjunto de práticas para alcançar esse objetivo.

2.2. Barraginhas e cochinchos com o plantio de culturas

No município de Alegre, localizado no sul do Estado do Espírito Santo, a construção de barraginhas e cochinchos tem sido uma estratégia em desenvolvimento. Esta prática, coordenada pela Secretaria de Meio Ambiente em parceria com o Governo do Estado, não implica custos para os agricultores e visa aumentar a disponibilidade de recursos hídricos na região, bem como mitigar os efeitos da erosão e da escassez de água nas propriedades rurais, decorrentes da degradação ambiental causada pelas atividades agropecuárias.

Importante ressaltar que, conforme estabelecido pelo Decreto nº. 677/2015, regulamentando a lei municipal nº 1.122/2015, a movimentação de solo durante a construção das barraginhas e cochinchos está isenta de licenciamento ambiental. Em caso de excesso de solo gerado, este é reaproveitado na própria propriedade do agricultor (Machado *et al.*, 2022).

Uma das propriedades contempladas por programas de pagamento por serviços socioambientais em Alegre, ES, com o objetivo de melhorar as condições de vida dos agricultores locais, o sítio Jaqueira Agroecologia planeja e executa consórcio de técnicas de conservação com cultivos de açaí, palmito juçara, banana, olerícolas, entre outros. Até o momento, observa-se um potencial significativo para aproveitar a água acumulada nos barramentos e infiltrada no solo, tornando o sistema sustentável e promovendo o crescimento da agricultura familiar.

As culturas mencionadas podem ser plantadas entre as linhas de cochinchos e ao redor e abaixo das barragens e barraginhas, aproveitando toda a água da chuva captada por essas estruturas, que é infiltrada no solo e disponibilizada para as plantas (Figura 7). Os resultados do consórcio entre as técnicas de cochinchos, barraginhas e as culturas de açaí, palmito juçara, banana e olerícolas têm demonstrado uma série de impactos e externalidades positivos. A

combinação dessas práticas tem facilitado a utilização mais eficiente dos recursos disponíveis, tais como nutrientes e água.



Figura 7. Represa com Sistema Agroflorestal (SAF) no Sítio Jaqueira Agroecologia, Alegre, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2024.

Além disso, as barraginhas e cochinchos desempenham um papel fundamental na conservação do solo, contribuindo significativamente para a redução da erosão e do escoamento superficial: isso se traduz em melhorias na estrutura do solo, aumento da sua capacidade de retenção de água e redução da perda de nutrientes.

Outro aspecto positivo é a melhoria da qualidade física, química e biológica do solo. Os cochinchos, em particular, contribuem para aumentar a umidade do solo devido à sua capacidade de retenção de água, o que por sua vez promove uma melhor estrutura do solo. Além disso, a presença de uma diversidade de plantas no consórcio contribui para o aumento da biodiversidade e para a criação de um ambiente mais equilibrado.

Na Figura 8, é possível observar como o solo apresenta uma textura adequada, com uma boa agregação que favorece o desenvolvimento das plantas. É importante ressaltar que o acúmulo de água nos cochinchos e barraginhas podem servir como um agente lubrificante em solos compactados, auxiliando no desenvolvimento das raízes das culturas.



Figura 8. Consórcio de cochinhos com “travesseiros” e plantação de banana, Sítio Jaqueira Agroecologia, Alegre, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2024.

As barraginhas também podem ajudar no controle da erosão do solo, retendo sedimentos e reduzindo o carreamento de nutrientes para os corpos d'água. Isso contribui para a melhoria da qualidade da água e a manutenção da saúde dos ecossistemas aquáticos.

Outro resultado qualitativo importante foi a resistência e a resiliência do sistema agropecuário. As atividades humanas no Sítio Jaqueira Agroecologia ao longo do tempo resultaram em intervenções que fragilizaram os recursos naturais, levando a um processo de degradação ambiental, especialmente afetando o solo e os recursos hídricos.

A presença das barraginhas também vem tendo impactos positivos na biodiversidade local, criando habitats propícios para atrair a fauna local favorecendo a diversificação de espécies. Isso pode contribuir para o equilíbrio ecológico da área e fornecer serviços ecossistêmicos adicionais (Figura 9).



Figura 9. Consórcio de cochinhos e barraginha de SAFs com açaí e banana, Sítio Jaqueira Agroecologia, Alegre, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2024.

O consórcio destas geotécnicas com cultivares vem demonstrando ser adaptável a condições climáticas variáveis, como períodos de seca ou chuvas intensas, permitindo a recuperação de ambientes degradados, como essa área de pastagem com voçoroca em estágio avançado de recuperação (Figura 10).



Figura 10. Voçoroca em processo de recuperação com a intervenção de cochinhos na parte superior e revegetação dos taludes, Sítio Jaqueira Agroecologia, Alegre, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2024.

No geral, os resultados indicam que o consórcio de "cochinchos" com culturas é uma estratégia promissora para a agricultura sustentável. Ele oferece uma série de vantagens, incluindo maior produtividade, qualidade dos produtos, redução do uso de insumos químicos, melhoria das qualidades do solo e promoção da biodiversidade.

Outro resultado qualitativo importante foi a resistência e a resiliência do sistema agrícola. O consórcio destas geotécnicas com cultivares vem demonstrando ser adaptável a condições climáticas variáveis, como períodos de seca ou chuvas intensas, permitindo uma melhor manutenção da produção agrícola.

No geral, os resultados indicam que o consórcio de "cochinchos" com culturas é uma estratégia promissora para a agricultura sustentável. Ele oferece uma série de vantagens, incluindo maior produtividade, qualidade dos produtos, redução do uso de insumos químicos, melhoria das qualidades do solo e promoção da biodiversidade.

2.3. Sistema Agroflorestal

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) representam uma abordagem holística no manejo sustentável da terra, envolvendo a interação cultivada entre árvores, arbustos, cultivos agrícolas, pastagens e, ou, animais.

Esses sistemas, categorizados de acordo com a natureza e o arranjo de seus componentes, compreendem três principais categorias: os silviagrícolas, caracterizados pelo cultivo de árvores e, ou, arbustos junto com culturas agrícolas; os silvipastoris, que combinam o cultivo de árvores e, ou, arbustos com pastagens e, ou, animais; e os agrossilvipastoris, nos quais árvores e, ou, arbustos são cultivados em conjunto com culturas agrícolas, pastagens e, ou, animais. Esse arranjo busca não apenas aperfeiçoar o uso eficiente da terra, mas também fomentar a ciclagem de nutrientes, promovendo práticas agrícolas sustentáveis e multifuncionais (Ribaski; Montoya Vilcahuaman; Rodigheri, 2001; Silva et al., 2022; Crespo; Souza; Silva, 2023; Gonçalves; Oliveira; Souza, 2024).

O manejo agroflorestal desempenha um papel fundamental ao acelerar o processo regenerativo, permitindo que elementos animais e vegetais

recolonizem o ambiente e contribuam para a restauração ecológica, além do restabelecimento de inúmeros serviços ecossistêmicos. Isso assegura que o ambiente seja capaz de produzir alimentos e outros recursos de forma sustentável (Figura 11).



Figura 11. SAF estabelecido em área degradada, Sítio Jaqueira Agroecologia, Alegre, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2024.

A efetividade na execução de um SAF está intrinsecamente ligada à consideração minuciosa das características específicas da área em questão, abordando demandas sociais e ambientais para não apenas tornar a propriedade lucrativa, mas também restaurá-la em relação ao seu estado de degradação. O sucesso desse processo reside na integração equilibrada de práticas sustentáveis que atendam tanto às necessidades da comunidade quanto do ambiente (Lima Lôbo *et al.*, 2021).

Os SAFs representam alternativas promissoras para recuperar as funções ambientais e aumentar a biodiversidade (Silveira, 2003), além de gerar produtividade agrícola, florestal e pecuária (Franco *et al.*, 2002). O manejo agroflorestal tem como função acelerar o processo regenerativo, permitindo que organismos animais e vegetais ocupem o ambiente e contribuam para a restauração ecológica, enquanto o ecossistema continua a produzir alimentos e outros recursos (Amador, 2003).

Portanto, a eficácia na execução de um SAF depende da adaptação às características da área e dos indicadores que visam alcançar os objetivos sociais e ambientais, com o propósito de tornar a propriedade rural rentável, produtiva e restaurada em relação ao seu estado inicial de degradação (Crespo; Souza; Silva, 2023; Gonçalves; Oliveira; Souza, 2024).

Dessa forma, os SAFs emergem como uma alternativa viável para recuperar áreas degradadas, pois levam em consideração não apenas o solo ou a terra, mas também a água, o ar e os organismos vivos presentes. Na Figura 12, é possível observar uma nascente anteriormente seca que voltou a verter água quando protegida por bananas, capim e espécies arbóreas que tiveram desenvolvimento em condições espontâneas, o que resulta na redução da temperatura do solo e no aumento da retenção de umidade (Figura 13).



Figura 12. Nascente que voltou a verter água sobre a influência de SAF no Sítio Jaqueira Agroecologia, Alegre, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2024.

De acordo com Parrotta (1992) e Souza (2018), áreas degradadas são caracterizadas por solos empobrecidos em nutrientes e erodidos, instabilidade hidrológica, produtividade primária reduzida e diminuição da diversidade biológica. Para a recuperação dessas áreas, é essencial realizar intervenções planejadas para estabelecer um ambiente propício à restauração dos processos naturais do ecossistema.

Os SAFs surgem como uma opção viável para a recuperação de áreas degradadas, contribuindo para o desenvolvimento sustentável ao desempenhar papéis ambientais e socioeconômicos significativos, como a geração de renda e a melhoria da qualidade de vida dos produtores.



Figura 13. Solos com e sem cobertura vegetal no sítio Jaqueira Agroecologia: o da esquerda, com cobertura, apresentando elevado teor de umidade. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2024.

Dentre os SAFs que podem ser utilizados para a recuperação de áreas degradadas, destacam-se os sistemas Silvipastoris, Agrossilvipastoris, ILPF (Integração Lavoura Pecuária e Floresta), Quintais Agroflorestais, Sistemas Agrossilviculturais e Agroflorestas Biodiversas Sucessionais ou Regenerativas (Figura 14).



Figura 14. Quintal Agroflorestal com espécies arbóreas ao fundo. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2023.

Essas abordagens oferecem diferentes formas de integração entre culturas agrícolas, pecuária e elementos florestais, contribuindo para a restauração ecológica e a recuperação da biodiversidade dos ecossistemas.

O processo de elaboração de projetos de recuperação de áreas degradadas começa com um diagnóstico abrangente da área, que envolve a investigação detalhada dos elementos constituintes do espaço, suas características, aspectos culturais, históricos e intervenções passadas. Essa etapa permite recomendar alternativas mais adequadas para a recuperação da área em estudo (Souza, 2028).

Em seguida, ocorre a tomada de decisão, na qual, caso se identifique que os SAFs possam contribuir para resolver os problemas da área em questão, são escolhidos os modelos ou práticas mais apropriados e compatíveis com as características ecológicas, econômicas e sociais da região. Isso envolve listar opções, analisá-las e selecionar as mais adequadas para a situação específica (Lima Lôbo *et al.*, 2021; Crespo; Souza; Silva, 2023; Gonçalves; Oliveira; Souza, 2024).

Por fim, de acordo com esses mesmos autores, ocorrem a elaboração do arranjo ou desenho do SAF, que consiste na distribuição dos componentes propostos no tempo e no espaço, incluindo o número e os tipos de plantas e animais, especificações de plantio, dimensões de aplicação e manejo (Figura 15).



Figura 15. SAF com espécies arbóreas e frutíferas ao lado de “caixas cheias” no Sítio Jaqueira Agroecologia. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2022.

Dessa forma, compreende-se que os SAFs são uma ferramenta valiosa para a recuperação de áreas degradadas, pois combinam a restauração do ecossistema com a produção agropecuária sustentável, promovendo a segurança alimentar dos agricultores, pecuaristas e da sociedade como um todo. Os processos de recuperação devem ser compatíveis com os recursos disponíveis, o conhecimento local e as habilidades dos envolvidos. O tipo de técnica utilizada varia de acordo com o contexto da propriedade, visando alcançar o melhor resultado na recuperação do ambiente degradado (Gomes *et al.*, 2018; Silva, 2020).

Educação ambiental: atividade complementar aos métodos agroecológicos praticados no sítio Jaqueira Agroecologia

A educação ambiental desempenha um papel fundamental na promoção da recuperação ambiental na agroecologia e na agricultura regenerativa, fornecendo os conhecimentos necessários para executar práticas sustentáveis e conscientizar estudantes e agricultores sobre a importância da conservação dos recursos naturais.

Por intermédio da educação ambiental, estudantes e agricultores podem entender os princípios ecológicos subjacentes às práticas agroecológicas, bem como os impactos positivos que essas técnicas podem ter sobre a qualidade do solo e da água, bem como no aumento da biodiversidade (Figura 16).



Figura 16. Visita de alunos da disciplina Agroecologia do mestrado em Agroecologia do Ifes campus de Alegre ao sítio Jaqueira Agroecologia. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2024.

Além disso, a educação ambiental pode capacitar estudantes e agricultores a adotar abordagens mais holísticas e integradas em suas operações, reconhecendo a interconexão entre os sistemas agropecuários e os ecossistemas circundantes. Isso pode incluir a execução de práticas de manejo agroflorestal, rotação de culturas, uso eficiente da água e conservação do solo, entre outras estratégias (Figura 17).

Vários estudos destacam a importância da educação ambiental na agricultura sustentável (Gliessman, 2002; Altieri; Nicholls, 2020; Siqueira *et al.*, 2022 ; Francischetto *et al.*, 2023; Moreira *et al.*, 2023; Possatti *et al.*, 2023). Estes estudos discutem a importância de considerar diferentes perspectivas e valores na tomada de decisões ambientais, enfatizando a necessidade de uma abordagem pluralista e participativa para alcançar a sustentabilidade.

Além disso, a literatura sobre agroecologia e agricultura regenerativa frequentemente destaca a educação ambiental como um componente essencial para promover a adoção dessas práticas, que apontam a importância da educação na promoção de sistemas agrícolas e pecuários mais sustentáveis e regenerativos.



Figura 17. Visita de alunos da disciplina Agroecologia do mestrado em Agroecologia do Ifes campus de Alegre ao sítio Jaqueira Agroecologia: barragem com criação de peixes e SAF. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2024.

3. Considerações

O atual paradigma dos sistemas de produção de alimentos tem gerado impactos adversos generalizados em escala global, resultando em degradação ambiental, contaminação dos recursos hídricos, atmosfera e solo, além do esgotamento dos recursos naturais e contribuição para as recentes mudanças climáticas.

Este modelo, por sua própria natureza discriminatória, tem marginalizado agricultores do modelo de produção familiar, perpetuando desigualdades sociais tanto em áreas rurais quanto urbanas. Os efeitos prejudiciais desse sistema se estendem além do meio ambiente, afetando significativamente a saúde humana e exacerbando problemas sociais, como fome e subnutrição em áreas urbanas periféricas e regiões rurais desfavorecidas.

Frente a esses desafios, a transição para a agroecologia emerge como uma alternativa relevante. A busca por sistemas agroalimentares mais sustentáveis visa garantir segurança alimentar e nutricional, reduzir impactos ambientais negativos e melhorar as condições de vida tanto para agricultores quanto para consumidores, promovendo geração de renda e emprego.

A reorganização de um novo modelo de sistema agroalimentar não apenas tem implicações diretas no ordenamento ambiental, social e econômico das áreas rurais, mas também oferece oportunidades para o desenvolvimento de uma nova ruralidade independente do urbano, capaz de atender às suas peculiaridades.

O fortalecimento da agricultura familiar, orientada por princípios agroecológicos e sistemas agroalimentares sustentáveis, emerge como uma via para enfrentar parcialmente a crise sistêmica decorrente da agricultura industrializada, juntamente com outros fatores, que contribuíram sinergicamente para a crise civilizatória, gerando vulnerabilidades sociais e ambientais.

Os modelos agroecológicos de produção, utilizando práticas conservacionistas de solo, como a construção de barraginhas e cochinchos, o emprego de Sistemas Agroflorestais (SAFs) e a adoção da agricultura regenerativa, representam alternativas alinhadas aos princípios de sustentabilidade, promovendo uma relação mais harmoniosa entre seres

humanos e natureza. Essas práticas visam restaurar a qualidade dos ecossistemas, promover a biodiversidade, conservar o solo e a água, e contribuir para a resiliência das comunidades rurais diante das mudanças climáticas e das pressões socioeconômicas.

A literatura sobre agroecologia e agricultura regenerativa destaca consistentemente a importância da educação ambiental como um componente essencial para promover a adoção dessas práticas. A educação desempenha um papel fundamental na conscientização dos agricultores sobre os benefícios e técnicas desses sistemas sustentáveis.

O exemplo do Sítio Jaqueira Agroecologia ilustra como as práticas de conservação do solo, utilizando métodos agroecológicos e agricultura regenerativa, têm sido executadas com sucesso. O sítio serve como um centro para pesquisa, extensão rural e educação ambiental, acolhendo pesquisadores, alunos e produtores rurais interessados em aprender e executar práticas sustentáveis de agricultura.

4. Referências

ALTIERI, M. A. Agroecology: a science of sustainable agriculture. **Agronomy Journal**, v. 88, n. 5, p. 829-831, 1995.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. **Agroecologia**: fundamentos científicos para uma agricultura sustentável. Editora da Unesp. 2020.

AMADOR, D. B. **Restauração de ecossistemas com sistemas agroflorestais**. Restauração de ecossistemas naturais. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais–FEPAF. São Paulo. Botucatu, 2003.

ARAES, R. de A.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 1, p. 119-140, 2012.

CHAPPELL, M. J. *et al.* Food sovereignty: an alternative paradigm for poverty reduction and biodiversity conservation in Latin America. **F1000 Research**, n. 8, p. 4, 2019.

COSTA, T. V. da; VENZKE, T. S. L. Regeneração natural em Mata de Restinga em área de pecuária extensiva no Município de Pelotas, extremo Sul do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 88, p. 339-347, 2017.

CRESPO, A. M.; SOUZA, M. N.; Silva, M. A. B. da. Ciclo do carbono e sistemas

agroflorestais na sustentabilidade da produção agrícolas: 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.p0 6.19.

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **Práticas agrícolas sustentáveis**. Agroecology for Food Security and Nutrition - FAO, 2018.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Representante da FAO Brasil apresenta cenário da demanda por alimentos**, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/901168/>. Acesso em: 25 jun. 2023.

FERREIRA, L. V.; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos Avançados**, v. 19, n.53, p. 157-166, 2005.

FRANCISCHETTO, B. de M.; SANTANA, C. I.; OLIVEIRA, P. P. S.; PÁSCHOA, J. C. V. da; MENDONÇA, P. P.; ZACARIAS, A. J.; EGIDIO, L. S.; SOUZA, M. N. Compostagem como prática interdisciplinar da Educação Ambiental e Agroecologia. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c4>

FRANCO, F. S. *et al.* Quantificação de erosão em sistemas agroflorais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 751-760, 2002.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agriculturas sustentáveis. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2000. (Estudos rurais).

GLIESSMAN, S. R. **Agroecology**: The Ecology of Sustainable Food Systems. Boca Raton: CRC Press. 2015.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecology**: the ecology of sustainable food systems. CRC press. 2007.

GLIESSMAN, S. R. Alcanzando la Sostenibilidad. In: GLIESSMAN, S.R. **Agroecología**: procesos ecológicos en agricultura sostenible. TURRIALBA, C. R.: CATIE, 2002, p. 303-318.

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>

GUZMÁN, G. I. **Transición agroecológica**: donde confluyen la investigación y la acción. Laboratorio de Historia de los Agroecosistemas, p. 1-12, 2013.

HILL, S. B. Redesigning the food system for sustainability. **Alternatives**, v. 12, p. 32-36, 1985.

HILL, S. B.; MACRAE, R. J. Conceptual framework for the transition from conventional. **Sustain Agric**, v. 7, n. 1, p. 81-87, 1995.

INCAPER. **Programa de assistência técnica e extensão rural 2020-2023**. Atílio Vivácqua, ES. 2020.

JOHNSON, M. F. *et al.* Regenerative agriculture: principles, practices, and implications. **Sustainability**, v. 13, n. 9, p. 4927, 2021.

LACANNE, C. E.; LUNDGREN, J. G. Regenerative agriculture: merging farming and natural resource conservation profitably. **Peer J.**, n. 6, p. e4428, 2018.

LACANNE, C. E.; LUNDGREN, J. G. Regenerative Agriculture: merging farming and natural resource conservation profitably. **Peer J.**, n. 6, p. e4428, 2018.

LIMA LÔBO, R. L. de *et al.* Sistemas agroflorestais na recuperação de áreas degradadas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 38127-38142, 2021.

MACHADO, P. P.; CONTARINI, L. da C.; ROCHA, L. S.; FERREIRA JUNIOR, J. L. L.; MILANEZE, L. A.; SILVA, M. A. P. da; MARTINS, L. D. Métodos teórico-prático de conservação de solo e regulação do escoamento superficial em regiões de transição de altitude/Theoretic-practical methods of soil conservation and the regulation of superficial runoff in regions of altitudinal transition. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, p. 21712-21730, 2022.

MACRAE, R. J.; HILL, S. B.; MEHUYS G. R.; HENNING, J. Farm-scale agronomic and economic conversion from conventional to sustainable agriculture. **Advances in agronomy**, v. 41, p. 155-198, 1990.

MEIRA *et al.* (Org.). **Entre Águas: memórias fotográficas**. Cachoeiro de Itapemirim, ES: Editora Gracal, 2015.

MONTGOMERY, D. R. **Growing a revolution: bringing our soil back to life**. WW Norton & Company. 2017.

MOREIRA, M. F.; XAVIER, S. A. B.; MOURA NETO, H.; NOVAES, C. A. de; NOVAES, G. A. de; OLIVEIRA, S. R. dos S. M. de; CALABIANQUI, T. N.; SOUZA, M. N. Importância das unidades de conservação como prática de preservação e educação ambiental no ensino escolar. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. VII. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. p. 183-204. ISBN: 978-65-84548-18-3. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-18-3.c6>

PARROTTA, J. A. The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 41, n. 2, p. 115-133, 1992.

PETERSEN, R. G. *et al.* Regenerative agriculture and carbon sequestration. In:

Soil Carbon Management: Economic, Environmental and Societal Benefits (p. 285-299). Springer, Cham. 2019.

POSSATTI, M. J. A.; COSTA, W. M. da; RODRIGUES, L. P. M.; EGIDIO, L. S.; SOUZA, M. N. Meliponicultura, educação ambiental e recuperação de áreas degradadas: sustentabilidade no município de Muniz Freire, ES. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. VII. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. p. 128-149. ISBN: 978-65-84548-18-3. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-18-3.c4>

RIBASKI, J.; MONTOYA VILCAHUAMAN, L. J.; RODIGHERI, H. R. **Sistemas agroflorestais: aspectos ambientais e sócio-econômicos**. 2001.

RODALE INSTITUTE. **Regenerative Organic Agriculture and Climate Change: A Down-to-Earth Solution to Global Warming**. Rodale Institute, 2014.

SHEPARD, M. Regenerative agriculture: merging farming and natural resource conservation profitably. **Small Farm Today**, v. 27, n. 4, p. 20-23, 2015.

SILVA, J. M. V. de O. da; SOUZA, M. N.; RANGEL, O. J. P.; FORNAZIER, M. L.; LOUBACK, G. R.; PIROVANI, G.; CAON, B. L.; MOREIRA, M. F.; SIQUEIRA, C. B.; TRUGILHO, G. A.; KAULZ, M.; CRESPO, A. M.; GOMES, A. L. C.; GALL, M. V. C.; PINHEIRO, A. C. M.; GUERRA, A. C. M.; PERON, I. B. Sistemas agroflorestais e consórcios na cultura do café. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 172-201. 2022. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7.c6>

SILVEIRA, N. D. Indicadores de sustentabilidade ambiental em sistemas agroflorestais na Mata Atlântica. 2003.

SIQUEIRA, C. B.; RANGEL, D. S.; RODRIGUES, D. D.; TRUGILHO, G. A.; PERON, I. B.; SOUZA, M. N. A agrofloresta como forma de recuperação e educação ambiental no município de Castelo, Espírito Santo. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. III. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 299-324. 2022. <http://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6.c10>

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. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1>.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2022. 304 p. ISBN: 978-65-84548-10-7. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7>.

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.

SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. I. CANOAS: Mérida Publishers, 2021. 133 p.

TITONELL, P. Las transiciones agroecológicas: múltiples escalas, niveles y desafíos. **Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo**, v. 51, n. 1, p. 231-246, 2019.

TOENSMEIER, E. **The carbon farming solution**: a global toolkit of perennial crops and regenerative agriculture practices for climate change mitigation and food security. Chelsea Green Publishing. 2016.

WEZEL, A.; BELLON, S.; DORÉ, T.; FRANCIS, C.; VALLOD, D.; DAVID, C. Agroecology as a science, a movement, and a practice. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 29, n. 4, p. 503-515, 2009.

CAPÍTULO 3

Biotecnologias e procedimentos alternativos na recuperação de pastagens

Priscilla de Oliveira Nascimento, Otacílio José Passos Rangel, Maurício Novaes Souza, Thaís de Souza Pastor, Gilmar da Silva Rangel, Aline Marchiori Crespo, Geisa Corrêa Louback, Larissa Viana Bruneli, Monique Moreira Moulin

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-25-1.c3>

Resumo

A degradação do solo, particularmente nas pastagens brasileiras, representa um desafio fundamental para a produção de alimentos e a sustentabilidade ambiental, afetando metade das pastagens do país. Isso resulta em prejuízos econômicos, sociais e ambientais significativos para a pecuária. A recuperação das pastagens degradadas é essencial para tornar a agropecuária mais sustentável, proporcionando benefícios como a preservação dos biomas, aumento da produtividade animal, redução da erosão e do impacto na qualidade da água, além do sequestro de carbono. Diversas técnicas, incluindo o uso de insumos biológicos como enzimas, microrganismos, biofertilizantes e extratos de plantas; microrganismos multifuncionais; e substâncias húmicas, são fundamentais para promover o controle biológico, o crescimento das plantas e a resistência a estresses, complementando a adubação tradicional. Essas abordagens, que podem ser consideradas práticas agroecológicas, portanto, oferecendo uma visão holística e sustentável para recuperar a resistência dos ecossistemas, são fundamentais para promover uma agropecuária sustentável, incluindo a agricultura familiar, reduzindo assim os impactos e as externalidades ambientais negativos, fortalecendo a resiliência dos sistemas agropecuários.

Palavras-chave: Degradação de pastagens. Recuperação ambiental. Técnicas alternativas. Práticas agroecológicas. Biotecnologias.

1. Introdução

O solo é um recurso natural essencial para o funcionamento dos ecossistemas, sendo a qualidade do mesmo um atributo fundamental para o desenvolvimento das espécies que ali habitam, assim como para a manutenção sustentável das culturas e, conseqüentemente, para a garantia de alimentos para a população global (Vieira, 1975; Silva *et al.*, 2021; Souza, 2018; 2024). No entanto, é comum observar extensas áreas de solos expostos com indicativos de degradação (Souza, 2015; 2023). Grande parte dessas áreas corresponde a pastagens mal manejadas, algumas em estágio avançado de degradação (Figura 1).



Figura 1. Pastagem degradada em Santa Rita do Sapacuaí, MG. Fonte: Acervo Leonardo Cardoso Gonçalves, 2024.

Atualmente, diversas técnicas alternativas de recuperação estão disponíveis. Os insumos biológicos, por exemplo, abrangem produtos ou processos agroindustriais derivados de enzimas, extratos (de plantas ou microrganismos), microrganismos, macrorganismos (como invertebrados), metabólitos secundários e feromônios, com o propósito de controle biológico. Além disso, esses insumos atuam como agentes nutricionais, promotores de crescimento de plantas, mitigadores de estresses bióticos e abióticos, e também como substitutos para antibióticos. Esses recursos biológicos desempenham um

papel fundamental na agricultura sustentável, oferecendo alternativas mais naturais e menos impactantes ao meio ambiente (Figuras 2).



Figuras 2. Insumos biológicos. Fonte: Embrapa/SPD, 2021.

Um exemplo adicional é o biofertilizante, um tipo de adubo orgânico líquido que complementa a adubação com fertilizantes sólidos. Pode ser produzido dentro da propriedade rural, utilizando materiais facilmente encontrados no comércio ou na própria propriedade (Stuchi, 2015). Esse tipo de adubo fornece nutrientes essenciais para as plantas e também auxilia no controle de doenças e insetos, pois contém microrganismos benéficos para o solo (Figura 3).



Figura 3. Biofertilizante adubo orgânico que foi submetido ao processo de fermentação: Fonte: Stuchi, 2015.

De acordo com essa mesma autora, o biofertilizante pode ser aplicado por meio de pulverizações nas folhas ou misturado à água de irrigação, proporcionando uma resposta mais rápida do que os fertilizantes sólidos. Geralmente, é utilizado em concentrações de 2% para mudas e 5% para plantas já no campo (Figura 4).



Figura 4. Aplicação do biofertilizante diretamente na lavoura: Fonte: Revista A Lavoura, 2012.

2. Pastagens degradadas no Brasil

As pastagens constituem uma parte importante dos agroecossistemas do mundo, ocupando cerca de um quarto da área terrestre. Uma parcela significativa da economia nacional depende diretamente das condições ambientais e do manejo adequado desses agroecossistemas (Silva *et al.*, 2021).

No Brasil, as gramíneas forrageiras mais importantes cultivadas são nativas da África e pertencem, em sua maioria, aos gêneros *Brachiaria*, *Panicum* e *Andropogon* (Macedo; Araújo, 2019). Espécies como *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Stylosanthes* sp. cv. Campo Grande são adaptadas e amplamente utilizadas na região sul do Estado do Espírito Santo (Burak *et al.*, 2021).

O Brasil possui quase 180 milhões de hectares de pastagens, dos quais 50% estão em franco processo de degradação (Bendito *et al.*, 2017; Silva *et al.*,

2021). Devido ao seu desenvolvimento predominantemente extensivo, a degradação de pastagens tem sido um grande desafio para a pecuária brasileira, acarretando prejuízos econômicos, sociais e ambientais (Salomão; Barbosa; Cordeiro, 2020).

Em geral, as causas mais importantes da degradação das pastagens incluem a escolha incorreta da espécie ou cultivar forrageira para uma determinada situação de manejo, clima ou fertilidade do solo onde serão implantadas; a má formação inicial; a falta de adubação de manutenção; e o manejo inadequado da pastagem (Vilela *et al.*, 2017).

Práticas inadequadas de pastoreio, como o uso de taxas de lotação ou períodos de descanso que desconsideram o ritmo de crescimento da pastagem, a não reposição adequada de nutrientes e o uso de fogo, destacam-se como contribuintes para a degradação (Terra *et al.*, 2019).

O superpastejo é uma das principais causas da degradação, pois o grande número de animais reduz o vigor das plantas, sua capacidade de rebrota e produção de sementes, diminuindo a quantidade de material vegetal para captação de luz solar e realização da fotossíntese, o que pode levar à morte das plantas (Vilela *et al.*, 2017).

A degradação de solos em pastagens é um processo contínuo de alterações, iniciado com a perda de vigor e produtividade das plantas, sendo a degradação física um dos últimos estágios desse processo. A densidade do solo é o parâmetro físico mais utilizado para avaliar a degradação física dos solos de pastagens (Neves Junior *et al.*, 2013).

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).

O manejo inadequado altera a densidade natural do solo, causando redução em sua qualidade física e, conseqüentemente, implicando em efeitos negativos no desenvolvimento de culturas (Farias *et al.*, 2013). A compactação do solo, definida como o aumento da densidade do solo causado por humanos

ou animais, resulta no rearranjo das partículas do solo e agregados (Bonfim-Silva *et al.*, 2013; Almeida *et al.*, 2021). A densidade do solo compactado é capaz de inibir o crescimento das plantas e varia conforme a classe de solo, a espécie plantada e as condições de umidade do solo (Bonfim-Silva *et al.*, 2013).

Em solos compactados, o número de macroporos é reduzido e a densidade é maior, conferindo maior resistência física à penetração das raízes (Farias *et al.*, 2013). Como consequência, há restrição ao crescimento do sistema radicular, diminuindo a absorção de água e nutrientes, resultando em um menor crescimento da parte aérea (Bonfim-Silva *et al.*, 2013; Farias *et al.*, 2013). Almeida *et al.* (2021) afirmam que a compactação do solo interfere nas relações entre ar, água e temperatura, e essas influenciam praticamente todas as fases do desenvolvimento vegetal (Figura 5).



Figura 5. Solo compactado em pastagem degradada, Santa Rita do Sapacuaí, MG. Fonte: Acervo Leonardo Cardoso Gonçalves, 2024.

Farias *et al.* (2013), ao avaliarem características morfológicas e produtivas de feijão guandu anão cultivado em solo compactado, observaram que o aumento da densidade do solo promoveu diminuição do número de ramos e folhas, bem como reduções no diâmetro do caule em função do aumento dos níveis de compactação do solo. Resultados semelhantes foram observados por Bonfim-Silva *et al.* (2013) ao avaliarem cultivares de trigo submetidas à compactação do solo.

Almeida *et al.* (2021), ao avaliarem a compactação do solo e seus efeitos no crescimento inicial do milho, observaram decréscimo em altura, número de folhas e diâmetro das plantas em solos com maior compactação.

Colombo *et al.* (2017) conduziram um estudo avaliando os atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em diferentes sistemas de manejo e uso do solo. Os sistemas investigados incluíram o Sistema de Plantio Direto, implantado há três anos, e uma Pastagem degradada, com mais de 10 anos de cultivo. A pesquisa focou na análise da macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo e resistência à penetração. Os resultados indicaram que os valores desses atributos não apresentaram diferenças significativas entre os sistemas de manejo, todos sendo considerados limitantes para o bom desenvolvimento vegetal.

De acordo com esses mesmos autores, embora os valores mais baixos de Resistência à Penetração tenham sido registrados na área de Plantio Direto, ainda foram considerados altos em ambos os sistemas, indicando a presença de uma camada compactada. Essa semelhança nos atributos sugere a possibilidade de compactação do solo em um sistema de plantio direto quando o manejo é inadequado.

Para Ferreira, Tavares Filho e Ferreira (2010), dentre os parâmetros propostos para o estudo da qualidade do solo com pastagens, incluem-se a cobertura vegetal, a erosão hídrica, a matéria orgânica, a estabilidade de agregados, a macrofauna do solo, a densidade, a porosidade e a retenção de água no solo, pois permitem distinguir os efeitos proporcionados pelos sistemas de manejo nos solos e contribuem para o monitoramento do manejo das pastagens.

A recuperação das pastagens degradadas representa um passo importante para tornar a agropecuária brasileira mais justa e sustentável ambientalmente. Entre os benefícios da incorporação de áreas degradadas aos sistemas produtivos, destacam-se: redução da abertura de novas áreas de cultivo, preservação dos biomas (sistema poupa-terra), aumento da lotação animal por área, redução do processo erosivo e de suas consequências para a qualidade do solo e da água, e sequestro de carbono, entre outros (Souza, 2015; 2018; 2022).

De acordo com Cerri *et al.* (2005), caso toda a área de pastagem degradada da Amazônia (13 milhões de hectares) recebesse manejo adequado e fosse recuperada, haveria a possibilidade de obter uma taxa de acúmulo de $0,27 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de carbono na camada de 0-30 cm, o que aumentaria os estoques de carbono dos solos dessa região e deixaria de emitir aproximadamente 3,5 milhões de toneladas de carbono por ano para a atmosfera. Nesse sentido, a recuperação de pastagens degradadas se torna fundamental e é um dos principais pilares capazes de sustentar e tornar eficientes os planos de mitigação de gases de efeito estufa gerados pela agricultura brasileira, além de mudar a imagem desse setor como um dos vilões do aquecimento global no Brasil.

Não diferente da realidade brasileira, no Estado do Espírito Santo, 18,1% de sua área agrícola com pastagens está degradada, sendo o manejo inadequado o principal fator responsável (Burak *et al.*, 2021). No Brasil Central, estima-se que 80% dos 50 a 60 milhões de hectares de pastagens cultivadas se encontram em algum estágio de degradação, sendo vários os fatores que podem levar a essa situação (Bendito *et al.*, 2017; 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. Terra *et al.* (2019) apontam que práticas agropecuárias intensivas têm ocasionado alterações nas características e na qualidade do solo, surgindo a necessidade de adoção de técnicas de manejo sustentáveis.

O manejo inadequado das pastagens, como superpastejo, superlotação e a não reposição de nutrientes, causa drásticas alterações 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, à drenagem da água pluvial na superfície e ao desenvolvimento das plantas, pois pode ocorrer o aumento da resistência do solo ao crescimento radicular, tornando a planta mais suscetível a déficits hídricos e com limitada capacidade de absorver nutrientes em camadas subsuperficiais do solo (Ferreira *et al.*, 2010; Bonfim-Silva *et al.*, 2013).

Neste sentido, com uma maior conscientização 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 recuperação da qualidade química, física e biológica dos solos (Terra *et al.*, 2018).

3. Técnicas de recuperação de pastagens degradadas

As propriedades biológicas do solo, como a abundância de diferentes organismos (minhocas, nematoides, térmitas, formigas, actinomicetos, entre outros), a biomassa microbiana e a atividade enzimática, são indicadores importantes da sua qualidade. Enquanto isso, atributos físicos como textura, porosidade, densidade e estabilidade de agregados são frequentemente utilizados como indicadores físicos de qualidade. A acidez (pH e Al_{3+}), salinidade, teor de carbono total ou orgânico, fósforo disponível e capacidade de troca iônica são exemplos de atributos químicos associados à qualidade do solo (Silva *et al.*, 2021).

A escolha da técnica de recuperação de pastagens depende do estágio de degradação (Townsend *et al.*, 2012; Terra *et al.*, 2019). A recuperação ou renovação pode ser realizada de forma direta ou indireta (Souza, 2018; Terra *et al.*, 2019). Os métodos diretos são utilizados quando as pastagens estão em grau inicial de degradação e incluem práticas mecânicas e químicas. As técnicas indiretas podem ser aplicadas em pastagens mais degradadas, e consistem em consorciar a pastagem com outras culturas para viabilizar economicamente sua recuperação (Figura 6).

A degradação pode ser evitada com o uso de tecnologias que mantenham a produção no patamar desejado (Terra *et al.*, 2019). Os casos mais simples podem ser resolvidos com o manejo correto do pastejo e uma lotação animal adequada (Salomão; Barbosa; Cordeiro, 2020). Porém, em situações mais específicas, podem ser necessárias práticas mais eficientes para melhorar as características físico-químicas do solo, como descompactação, calagem e adubações de estabelecimento e manutenção (Townsend *et al.*, 2012).



Figura 6. Pastagem degradada e compactada: cochinos consorciados com culturas - viabilidade econômica, Atílio Vivácqua, ES. Fonte: Acervo Márcio Menegucci, 2023.

Práticas como integração agricultura/pecuária e uso de consórcio com leguminosas podem reduzir o custo de recuperação de uma pastagem, já que a área pode ser utilizada para produção de grãos e posteriormente revertida para pastagem (Salomão; Barbosa; Cordeiro, 2020). Outra prática é a arborização das pastagens, que pode aumentar o estoque de carbono e a massa do dossel forrageiro (Crespo; Souza; Silva, 2023).

Uma ferramenta biotecnológica possível é o uso de microrganismos promotores de crescimento vegetal. Esses bioinsumos podem aumentar a eficiência da produção de forragem e proteína animal, além de acelerar o crescimento de espécies anuais e arbóreas de interesse econômico (Lopes *et al.*, 2021). Também é importante promover a adoção de técnicas de manejo que visem à conservação do solo e da água, como o plantio direto e a construção de terraços e barraginhas (Figura 7).



Figura 7. Pastagem degradada recuperada com cochinós e barraginhas, Atílio Vivácqua, ES. Fonte: Acervo Márcio Menegucci, 2023.

4. Biotecnologias e recuperação de pastagens degradadas

A crescente demanda por produção agrícola, aliada à necessidade de redução do uso de fertilizantes e pesticidas sintéticos, apresenta um desafio significativo nos dias atuais. Por isso, a pesquisa sobre microrganismos multifuncionais está recebendo cada vez mais atenção devido ao potencial dessa tecnologia em diminuir os custos de produção, enquanto aumenta a produtividade e a rentabilidade do agronegócio (Rezende *et al.*, 2021).

Para esses mesmos autores, a aplicação desses microrganismos, que operam por meio de mecanismos tanto diretos quanto indiretos, tem demonstrado a viabilidade de tornar as práticas de manejo das culturas mais sustentáveis ambientalmente. Esses mecanismos incluem a regulação do equilíbrio hormonal, a solubilização de nutrientes no solo e a indução de resistência contra patógenos.

A busca por tecnologias sustentáveis que promovam uma maior resiliência na produção animal a pasto e que sejam benéficas ao meio ambiente, como o uso de microrganismos, é promissora, uma vez que pode auxiliar as espécies forrageiras a tolerar efeitos adversos, como o estresse hídrico (Porto *et al.*, 2022).

Os processos biológicos apresentam grande potencial no processo de recuperação de pastagens e são extensivamente estudados no contexto dos insumos biológicos (Burak *et al.*, 2021). No Brasil, desde 2018, foram estabelecidas e implementadas políticas específicas para incentivar o desenvolvimento de bioinsumos, uma categoria que engloba tanto o controle biológico quanto os fertilizantes biológicos (Goulet, 2021).

De acordo com o Decreto Nº 10.375, de 26 de maio de 2020, que instituiu o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos, considera-se bioinsumo o produto, processo ou tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, destinado ao uso na produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agropecuários, em sistemas de produção aquáticos ou de florestas plantadas, que interfira positivamente no crescimento, desenvolvimento e mecanismo de resposta de animais, plantas, microrganismos e substâncias derivadas e que interaja com os produtos e processos físico-químicos e biológicos (Figura 8).



Figura 8. Bioinseticida para o controle de pragas em plantações de soja, milho e algodão: Fonte: Revista Globo Rural/Pesquisa e Tecnologia, 2021.

A diversidade de produtos reconhecidos como bioinsumos atualmente pode ser categorizada em diferentes grupos, tais como inoculantes, ativadores, biodefensivos e repositores. Outras terminologias também utilizadas incluem bioestimulantes microbianos, bioestimulantes não microbianos, biofertilizantes,

bioinoculantes e biopesticidas, havendo certa complexidade na classificação de novos produtos dentro dessas categorias (Burak *et al.*, 2021).

O Programa Nacional de Bioinsumos tem como um de seus objetivos incentivar a adoção de sistemas de produção sustentáveis que promovam o uso adequado de bioinsumos e aumentem a renda dos produtores, especialmente por meio da implementação de tecnologias como a recuperação de pastagens degradadas, além de outras práticas sustentáveis (Brasil, 2020).

A parte ativamente funcional da microbiota presente no solo, rizosfera, rizoplane e dentro das plantas hospedeiras desenvolvem processos naturais bem conhecidos que auxiliam no desenvolvimento das plantas, tanto de maneira direta quanto indireta, por meio de efeitos biofertilizantes (como a fixação biológica de nitrogênio, solubilização de fosfatos e potássio, disponibilização de enxofre), bioestimulantes (com efeito semelhante aos reguladores de crescimento vegetal) e biocontrole (mecanismos relacionados à proteção das plantas contra microrganismos fitopatogênicos) (Burak *et al.*, 2021).

O uso intensivo de fertilizantes inorgânicos tem impactos negativos sobre os microrganismos benéficos do solo, além de tornar as culturas mais susceptíveis ao ataque de patógenos. Portanto, é fundamental considerar tecnologias ambientalmente sustentáveis que não apenas aumentem o rendimento das culturas, mas também controlem pragas e doenças de forma sustentável, protegendo a saúde humana (Yatoo *et al.*, 2021).

4.1. Insumos biológicos

Conceitualmente, insumos biológicos ou bioinsumos são produtos de origem biológica que substituem, total ou parcialmente, os de origem sintética no processo produtivo agropecuário. Esses insumos são compostos por microrganismos, materiais vegetais, orgânicos ou inorgânicos naturais, caracterizados por apresentarem baixa toxicidade e por gerarem serviços ambientais, como a manutenção da biodiversidade e a ciclagem de nutrientes (Burak *et al.*, 2021).

Os microrganismos desempenham um papel fundamental nos processos de mineralização, constituindo uma fonte significativa de nutrientes

potencialmente disponíveis para as plantas. A biomassa microbiana do solo, onde as bactérias e fungos representam cerca de 90% da atividade microbiana, é essencial nesse contexto (Andreola; Fernandes, 2007).

A recuperação de pastagens degradadas por meio de biotecnologias baseadas em insumos biológicos pode ser tanto economicamente viável quanto ecologicamente correta, ao priorizar os processos microbianos e a ciclagem de nutrientes. No entanto, há lacunas a serem preenchidas quanto ao seu uso em diferentes variedades de forragem e condições edafoclimáticas. Assim, é fundamental realizar estudos contínuos dessas biotecnologias em diferentes contextos, desde experimentos em casa de vegetação até ensaios a campo, em nível regional, e sob diversas práticas de manejo (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 na área agrônômica (Andreola; Fernandes, 2007; Porto *et al.*, 2022)

Fungos de solo, como o *Trichoderma* sp., e diversos gêneros de rizobactérias, como *Acetobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Klebsiella*, *Pseudomonas* e *Serratia*, têm sido reconhecidos por promover o crescimento das plantas, aumentar a produtividade de grãos, melhorar a emergência de sementes, aumentar a biomassa vegetal, elevar o rendimento da colheita e conferir resistência às doenças (Rezende *et al.*, 2021).

No entanto, conforme destacado por Freitas (2007) e Cargnelutti *et al.* (2021), os efeitos benéficos desses microrganismos nem sempre são imediatos ou replicáveis em condições de campo. Assim, compreender o modo de ação de cada isolado microbiano pode contribuir para aumentar a consistência ou a reprodutibilidade das respostas à inoculação. Além disso, para Freitas (2007), o estabelecimento bem-sucedido de um novo organismo pode ser prejudicado pela dinâmica do ecossistema em que está sendo introduzido, o que ressalta a importância de inoculá-lo o mais cedo possível, possivelmente nas sementes.

Portanto, apesar de se conhecerem os efeitos benéficos desses microrganismos no crescimento das plantas, ainda há necessidade de

aprofundar o conhecimento sobre seu uso em ambientes de produção. Além disso, seu emprego no desenvolvimento de tecnologias para a recuperação de solos degradados pode reduzir a dependência de insumos químicos, contribuindo significativamente para uma agricultura mais sustentável.

A recuperação de pastagens é essencial para melhorar a utilização da área, recuperar as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e viabilizar a produção de proteína animal, resultando em um aumento da capacidade de suporte da pastagem (Vilela *et al.*, 2017). Além disso, a recuperação dessas áreas desempenha um papel fundamental na preservação da biodiversidade, impedindo novos desmatamentos e possibilitando o crescimento da produção sem a necessidade de expandir as áreas de pastagem (Dias-Filho, 2014; Souza, 2018).

Considerando a importância econômica da pecuária para o Brasil, é fundamental que a intensificação da produção em regime de pastagem seja conduzida de forma sustentável, aproveitando eficientemente os recursos ambientais e financeiros disponíveis (Terra *et al.*, 2019).

4.2. Microrganismos multifuncionais

Os microrganismos multifuncionais representam uma alternativa biotecnológica promissora para aumentar a produtividade vegetal de forma sustentável, reduzindo a necessidade de produtos químicos e minimizando os impactos ambientais (Lopes *et al.*, 2021) (Figura 9).

De acordo com esses mesmos autores, a disponibilidade limitada de fósforo para as plantas no solo é um problema significativo, pois apenas cerca de 20% do fósforo total aplicado é absorvido pelas plantas, devido a fatores como adsorção. Os microrganismos solubilizadores de fósforo (PSMs) têm a capacidade de solubilizar o fósforo inacessível, tornando-o disponível para as plantas. Essa solubilização é fundamental para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Para resolver a deficiência de fósforo, geralmente são aplicadas altas doses de fertilizantes fosfatados, mas os PSMs oferecem uma alternativa mais sustentável. Eles podem ser aplicados ao solo como bioinsumos, sem impactos

negativos significativos na sociedade ou no meio ambiente. Essas bactérias solubilizadoras de fósforo têm várias estratégias de solubilização, como a produção de ácidos orgânicos, fosfatases, sideróforos e troca catiônica (Cruz *et al.*, 2024).

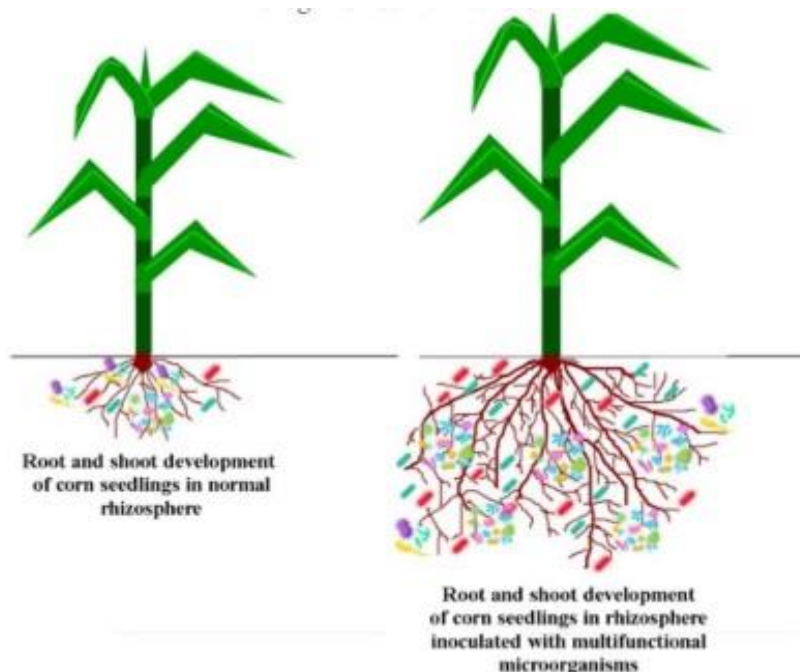


Figura 9. Comparativo de crescimento entre uma planta com a rizosfera normal e uma planta inoculada com Microorganismos multifuncionais. Fonte: Cruz *et al.*, 2024.

De acordo com esses mesmos autores, a aplicação desses PSMs como bioinsumos no solo tem sido associada a melhorias no crescimento, rendimento e qualidade das plantas, tornando-se uma abordagem promissora para aumentar a disponibilidade de fósforo no solo e, conseqüentemente, a eficiência do uso de fertilizantes fosfatados.

A utilização de comunidades microbianas associadas às plantas, como os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e as bactérias promotoras do crescimento vegetal (BPCV), emerge como uma estratégia eficaz para auxiliar as plantas a enfrentar condições de baixa disponibilidade hídrica, otimizando seu crescimento e desenvolvimento diante de diversos tipos de estresses abióticos e bióticos (Porto *et al.*, 2022).

Microrganismos do solo (rizosféricos) e do interior das plantas (endofíticos) com capacidade de promover o crescimento das plantas são considerados ferramentas valiosas na agricultura e no meio ambiente, proporcionando benefícios desde a germinação até as características desejáveis do produto pós-colheita (Rezende *et al.*, 2021).

De acordo com esses mesmos autores, entre os fungos com potencial para promover o crescimento vegetal, os do gênero *Trichoderma* se destacam como um dos mais explorados. Os *Trichoderma* spp. são fungos de vida livre que demonstram habilidade em diversos mecanismos de controle biológico, incluindo parasitismo, hiperparasitismo, antibiose, competição e indução de resistência das plantas a doenças (Figura 10).



Figura 10. Fungos do gênero *Trichoderma* spp.: eficiência e sustentabilidade. Fonte: <https://agro.genica.com.br/2019/09/27/trichoderma-ssp/>. Foto: Project Noah, 2023.

Inoculantes microbianos, como rizobactérias, micorrizas e fungos, podem ser aplicados de forma combinada ou separada, e sua inoculação pode ser realizada em sementes, raízes, solo ou folhas (Lopes *et al.*, 2021). É fundamental compreender as características do inoculante microbiano e da planta hospedeira para determinar o método de inoculação mais adequado.

Para esses mesmos autores, embora a inoculação na semente seja a opção mais comum, a inoculação foliar surge como uma alternativa viável,

especialmente para sementes tratadas quimicamente, onde o tratamento pode reduzir a sobrevivência bacteriana, conferindo tolerância adicional ao ataque de patógenos.

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) estabelecem uma associação simbiótica com as raízes das plantas, promovendo a absorção de fósforo (P), um macronutriente essencial com baixa mobilidade no solo (Lima, 2020). Em um estudo conduzido por esse mesmo autor, que avaliou a absorção de P pelas raízes e hifas de FMA em solos com diferentes capacidades de fixação de P, foi observado que, em solos com alta fixação de P, as plantas de braquiária que absorviam exclusivamente por meio das hifas de FMA apresentaram aumento na massa seca e no conteúdo de P.

As bactérias promotoras do crescimento vegetal (BCPV), também conhecidas como rizobactérias, compreendem um grupo diversificado de microrganismos que habitam a rizosfera das plantas, onde se beneficiam dos exsudados radiculares (Freitas, 2007; Rezende *et al.*, 2021). Essas bactérias desempenham funções cruciais no desenvolvimento das plantas e têm sido amplamente estudadas devido aos seus benefícios.

Os mecanismos pelos quais as bactérias podem influenciar o desenvolvimento das plantas variam entre as espécies e linhagens (Porto *et al.*, 2022). Esses mecanismos incluem efeitos diretos, como a otimização da absorção e acumulação de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio (FBN), solubilização de fosfato, produção de fitormônios e efeitos indiretos, como o biocontrole de pragas e fitopatógenos, resistência a estresses bióticos e abióticos, e produção de biofilme (Rezende *et al.*, 2021).

As BPCV foram identificadas em associação com uma ampla variedade de espécies de cereais e gramíneas forrageiras, abrangendo diversos gêneros, como *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Bacillus*, *Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, *Gluconacetobacter*, *Herbaspirillum* e *Azospirillum*, com destaque para este último (Porto *et al.*, 2022).

Para esses mesmos autores, o gênero *Azospirillum* tem sido amplamente estudado em gramíneas forrageiras devido à sua capacidade de produzir compostos reguladores de crescimento, como ácido indol-3-acético (AIA) e

giberelinas. Além disso, para Rezende *et al.* (2021), as bactérias desse gênero também podem promover a FBN em gramíneas, embora de forma menos eficiente do que outras bactérias dos gêneros *Rhizobium* spp. e *Bradyrhizobium* spp.

Morais *et al.* (2016) demonstraram que a aplicação de doses específicas de inoculante à base de *Azospirillum brasilense* no sulco de plantio de milho, em combinação com diferentes doses de adubo nitrogenado, resultou em melhorias significativas na germinação e no desenvolvimento inicial das plantas de milho. A dose de 200 ml ha⁻¹ de inoculante proporcionou um aumento de 4,7% na altura das plantas em comparação com o tratamento sem inoculação, e a melhor produtividade foi alcançada quando essa dose de inoculante foi associada a 225 kg de N ha⁻¹.

Por sua vez, Brasil *et al.* (2021) constataram um aumento significativo na massa fresca e seca da parte aérea e das raízes, na altura, no volume de raízes e no número de perfilhos e folhas das plantas de arroz com a inoculação da estirpe de *Azospirillum* MAY12.

A pesquisa de Bulegon, Guimarães e Laureth (2016) destacou que a bactéria *A. brasilense* contribuiu para a manutenção dos teores de clorofila nas folhas de *Brachiaria ruzizienses*, aumentando assim a tolerância dessas plantas ao estresse hídrico.

Santos *et al.* (2022) afirmaram que a inoculação de sementes de gramíneas forrageiras com bactérias do gênero *Azospirillum* pode atender, pelo menos parcialmente, a necessidade de nitrogênio das plantas, reduzindo a quantidade desse nutriente aplicada de forma mineral. Além disso, observaram que a *A. brasilense* contribuiu positivamente para o desenvolvimento, produção e qualidade da *Brachiaria decumbens* quando associada a uma dose de até 80 kg ha⁻¹ de N.

Ou seja, os microrganismos multifuncionais desempenham papéis vitais na qualidade e produtividade dos ecossistemas, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e a segurança alimentar global. Seu estudo e aplicação em práticas agrícolas sustentáveis são essenciais para promover uma agricultura mais eficiente e resiliente.

4.3. Substâncias húmicas

As substâncias húmicas são compostos orgânicos resultantes da decomposição de resíduos vegetais e animais no ambiente, podendo ser utilizadas como alternativas para o manejo de diversas culturas (Figura 11). Entre esses compostos, os ácidos húmicos e fúlvicos se destacam pela sua importância em termos de reatividade e ocorrência nos ecossistemas (Caron *et al.*, 2015).



Figura 11. Substâncias húmicas em fertilizantes orgânicos. Fonte: Professora Luciane Kaua, 2023.

Devido à sua elevada capacidade de troca catiônica, os ácidos húmicos e fúlvicos têm a capacidade de complexar e disponibilizar cátions para as plantas, especialmente micronutrientes. Além de seu papel nutricional, esses compostos também exercem um estímulo direto no desenvolvimento e metabolismo das plantas, promovendo efeitos positivos na germinação de sementes e no crescimento inicial das raízes (Caron *et al.*, 2015).

Os ácidos húmicos podem favorecer o estabelecimento do inóculo bacteriano dentro das plantas, alterando a arquitetura das raízes e sua dinâmica de crescimento. Isso pode resultar em um aumento na densidade e área superficial das raízes, devido ao estímulo no alongamento tanto do tronco principal quanto das raízes laterais (Baldotto *et al.*, 2012).

O uso de adubos orgânicos pode provocar alterações na microbiota do solo, como aumento nos teores de carbono orgânico e nitrogênio, bem como na biomassa microbiana. O aumento da atividade biológica, decorrente do incremento da matéria orgânica no solo, pode contribuir para aumentar a estabilidade dos agregados em água (Andreola; Fernandes, 2007).

Parreira *et al.* (2015) destacam que o uso de fertilizantes nitrogenados é uma prática comum, mas que pode elevar os custos da produção agrícola e gerar danos ao ambiente. Em seu estudo sobre o efeito da bactéria *Azospirillum brasilense* como coadjuvante no processo de adubação do solo em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em associação com adubação química ou orgânica, os autores observaram que a adubação orgânica com cama aviária, aliada à adição da bactéria *A. brasilense*, teve um impacto positivo na produção de biomassa da pastagem, reduzindo a necessidade de adubação química.

Melo *et al.* (2018) afirmam que o tratamento de sementes com inoculantes à base de Bactérias Promotoras do Crescimento Vegetal (BPCV) ou a aplicação de ácidos húmicos (AH) pode aumentar a produtividade de plantas agrícolas. Seu estudo evidenciou a possibilidade de combinar os efeitos dos AH com a inoculação de estirpes selecionadas de BPCV, resultando em respostas superiores à aplicação isolada de ambos. Concluíram que o uso de bioestimulantes à base de AH, combinado com BPCV, é positivo e complementar em comparação aos insumos comumente utilizados no tratamento de sementes de milho.

O uso de substâncias húmicas e biofertilizantes tem demonstrado resultados positivos no desenvolvimento de espécies vegetais. Os biofertilizantes, produtos naturais ricos em microrganismos e compostos derivados de seu metabolismo, podem favorecer o crescimento das plantas por meio de mecanismos diferenciados (Busato *et al.*, 2016).

O vermicomposto, produto da vermicompostagem utilizando minhocas para transformar resíduos orgânicos, é nutricionalmente rico e contém promotores de crescimento vegetal, como auxinas, giberelinas, citocininas e microrganismos benéficos (Blouin *et al.*, 2019). Além disso, aumenta a diversidade de microrganismos e nematoides antagonistas, que suprimem pragas e doenças causadas por fitopatógenos do solo (Yatoo *et al.*, 2021). Baldotto *et al.* (2012)

observaram um efeito sinérgico do vermicomposto combinado com bactérias promotoras do crescimento vegetal em plantas de milho, promovendo aumentos nos teores foliares de nitrogênio e fósforo, bem como nas características de crescimento.

De acordo com Burak *et al.* (2021), bioestimulantes ou bioinsumos ativadores, como o óleo essencial de eucalipto e substâncias húmicas, podem amenizar o estresse hídrico. As substâncias húmicas, juntamente com os aminoácidos, podem ter efeitos positivos no desenvolvimento das plantas (Caron *et al.*, 2015).

A introdução direta de microrganismos no ambiente de produção ainda é um desafio devido à competição e dificuldade de persistência do inóculo. Para superar esses problemas, a associação de microrganismos com substâncias húmicas tem mostrado ser promissora. As substâncias húmicas podem facilitar a introdução, estabelecimento e maximização da atividade das bactérias diazotróficas endofíticas, capazes de fixar o nitrogênio atmosférico e promover o crescimento das plantas (Burak *et al.*, 2021).

5. Biotecnologias e agroecologia

Associar essas práticas à agroecologia é uma abordagem holística que visa promover sistemas agrícolas sustentáveis, respeitando os princípios ecológicos e sociais. Algumas maneiras de integrar as práticas mencionadas à agroecologia merecem ser citadas (Martins; Souza, 2013; Souza, 2015; Souza, 2018; Crespo *et al.*, 2023; Souza, 2023; Gomes *et al.*, 2024; Malaquias *et al.*, 2024; Souza, 2024; Malaquias *et al.*, 2024):

- ✓ **Promoção da Biodiversidade:** as práticas de tratamento de sementes com inoculantes, o uso de biofertilizantes e vermicomposto podem aumentar a biodiversidade do solo, estimulando o crescimento de microrganismos benéficos e promovendo interações positivas entre os componentes do ecossistema;

- ✓ **Ciclagem de Nutrientes:** o uso de biofertilizantes, vermicomposto e ácidos húmicos promove a ciclagem de nutrientes no solo, reduzindo a dependência de fertilizantes químicos. Isso contribui para a construção de solos saudáveis e férteis, essenciais para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas e pecuários;

✓ **Resiliência aos Estresses Ambientais:** as práticas de uso de bioestimulantes, como os óleos essenciais de eucalipto e substâncias húmicas, podem aumentar a resiliência das plantas às condições ambientais adversas, como estresse hídrico. Isso é fundamental em sistemas agroecológicos, que valorizam a adaptação das culturas ao ambiente local;

✓ **Redução de Insumos Externos:** a utilização de bioinsumos e práticas sustentáveis de manejo, como o tratamento de sementes com inoculantes, contribuem para a redução da dependência de insumos externos, como fertilizantes químicos e pesticidas. Isso promove a autonomia dos agricultores e reduz os impactos negativos no meio ambiente;

✓ **Integração de Conhecimentos Tradicionais:** a agroecologia valoriza os conhecimentos tradicionais e indígenas sobre manejo sustentável dos recursos naturais. Ao integrar práticas de tratamento de sementes e uso de biofertilizantes com esses conhecimentos, é possível desenvolver sistemas agrícolas resilientes e culturalmente relevantes.

Ao associar essas práticas à agroecologia, os agricultores podem promover sistemas agrícolas e pecuários mais sustentáveis, resilientes e socialmente justos, contribuindo para a conservação da biodiversidade, a qualidade do solo e a segurança alimentar.

6. Considerações

Os microrganismos multifuncionais, como os fungos micorrízicos arbusculares e as bactérias promotoras do crescimento vegetal, são uma alternativa biotecnológica promissora para otimizar a produtividade vegetal de forma sustentável. Esses microrganismos podem auxiliar no enfrentamento de desafios como a baixa disponibilidade hídrica, promovendo o crescimento e desenvolvimento das plantas sob diferentes tipos de estresses ambientais.

A inoculação de microrganismos benéficos, como as rizobactérias, micorrizas e fungos, combinados ou separados, em sementes, raízes, solo ou folhas, pode reduzir a dependência de produtos químicos e promover um ambiente mais equilibrado e sustentável para a agricultura. Além disso, o uso de substâncias húmicas e biofertilizantes, como o vermicomposto, também pode

contribuir para o desenvolvimento das plantas e a melhoria da qualidade do solo, tornando-se uma prática cada vez mais relevante na agricultura moderna.

Essas estratégias de manejo microbiológico e uso de substâncias húmicas destacam a importância da biotecnologia na agricultura, oferecendo alternativas sustentáveis para aumentar a produtividade das culturas e reduzir o impacto ambiental.

Portanto, o uso de microrganismos benéficos e substâncias húmicas na agricultura, podem não apenas aumentar a produtividade das culturas e reduzir o impacto ambiental, mas também contribuir para a construção de sistemas agrícolas mais sustentáveis e resilientes. Essas práticas representam uma abordagem inovadora e promissora para a agricultura moderna, que busca conciliar a produção de alimentos com a conservação dos recursos naturais.

Essas práticas podem ser associadas à recuperação de pastagens degradadas, fornecendo uma abordagem sustentável e eficaz para melhorar a produtividade e a saúde do solo, das seguintes formas:

- ✓ Tratamento de Sementes com Inoculantes e Ácidos Húmicos: o tratamento de sementes com inoculantes à base de BPCV e a aplicação de ácidos húmicos podem ser incorporados ao processo de semeadura de espécies forrageiras. Isso ajudará a estabelecer uma população de microrganismos benéficos no solo desde o início, promovendo o desenvolvimento saudável das plantas;

- ✓ Uso de Biofertilizantes e Vermicomposto: a aplicação de biofertilizantes, ricos em microrganismos benéficos, e vermicomposto, que fornece nutrientes e promotores de crescimento, pode melhorar a fertilidade do solo em áreas de pastagem degradadas. Isso contribui para a restauração da biomassa microbiana e a ciclagem de nutrientes, fundamentais para a saúde do solo e o crescimento das plantas forrageiras;

- ✓ Utilização de Bioestimulantes: bioestimulantes, como os óleos essenciais de eucalipto e substâncias húmicas, podem ser aplicados para amenizar o estresse hídrico e promover o desenvolvimento radicular das plantas de pastagem. Isso é fundamental para aumentar a capacidade das plantas de extrair nutrientes do solo e enfrentar condições adversas;

✓ **Integração com Práticas de Manejo Sustentável:** essas práticas devem ser integradas a um manejo sustentável da pastagem, que inclui rotação de culturas, controle de erosão, manejo adequado de pastoreio e conservação da biodiversidade. Isso cria um ambiente favorável para o estabelecimento e crescimento das espécies forrageiras, além de melhorar a resiliência do ecossistema como um todo.

Ao integrar as práticas sustentáveis de manejo do solo, como o uso de bioinsumos e substâncias húmicas, à recuperação de pastagens degradadas, os agricultores familiares podem adotar uma abordagem agroecológica para restaurar essas áreas. Além de promover a restauração da produtividade e da biodiversidade, essa abordagem valoriza os conhecimentos tradicionais e a sabedoria local, fortalecendo os vínculos entre as comunidades rurais e o ambiente em que vivem. Ao mesmo tempo, a recuperação de pastagens degradadas contribui para a sustentabilidade ambiental, reduzindo a erosão do solo, melhorando a qualidade da água e aumentando a resiliência dos sistemas agropecuários diante das mudanças climáticas.

A agricultura familiar desempenha um papel fundamental nesse processo, pois os agricultores têm um profundo conhecimento das paisagens locais e uma conexão íntima com a terra. Ao adotar práticas agroecológicas de recuperação de pastagens, esses agricultores podem não apenas revitalizar suas terras, mas também fortalecer suas comunidades e promover a segurança alimentar. Além disso, ao valorizar a diversidade biológica e cultural, a agricultura familiar contribui para a conservação dos ecossistemas e a promoção da resiliência socioeconômica das áreas rurais.

7. 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.

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.

BALDOTTO, L. E. B.; SILVA, L. G. Jr. S.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; BALDOTTO, M. A. Initial growth of maize in response to application of rock phosphate, vermicompost and endophytic bacteria. **Revista Ceres**, v. 59, n. 2, p. 262-270, 2012.

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.

BLOUIN, M.; BARRERE, J.; MEYER, N.; LARTIGUE, S.; BAROT, S.; MATHIEU, J. Vermicompost significantly affects plant growth: a meta-analysis. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 39, n. 34, p. 1-15, 2019.

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, M. da S.; SOUZA, M. S. T. de; GUIMARÃES, S. L.; K. JUNIOR, S. L.; BATISTELA, M. W. A. Initial development of upland rice plants inoculated with the MAY12 strain of *Azospirillum* spp. **Ciência Rural**, v. 51, n. 12, p. 1-18, 2021.

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.

BULEGON, L. G.; GUIMARÃES, V. F.; LAURETH, J. C. U. *Azospirillum brasilense* affects the antioxidant activity and leaf pigment content of *Urochloa ruziziensis* under water stress. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 3, p. 343-349, 2016.

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., vol. 1, p. 304-326, 2021.

BUSATO, J. G.; ZANDONADI, D. B.; SOUSA, I. M. de; MARINHO, E. B.; DOBBS, L. B.; MÓL, A. R. Efeito do extrato húmico solúvel em água e biofertilizante sobre o desenvolvimento de mudas de *Callophyllum brasiliense*. Pesquisa Florestal Brasileira: **Brazilian Journal of Forestry Research**, Colombo, v. 36, n. 86, p. 161-168, 2016.

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>.

CARON, V. C.; GRAÇAS, J. P.; CASTRO, P. R. C. **Série produtor rural: condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos**. n. 58, Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2015. 46 p.

CERRI, C. C.; MELILLO, J. M.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C.; NEILL, C.; STEUDLER, P. A.; CARVALHO, M. da C. S.; GODINHO, V. P.; CERRI, C. E. P.; BERNOUX, M. Recent history of the agriculture of the Brazilian Amazon Basin: prospects for sustainable and a first look at consequences of pasture reformation. **Outlook on Agriculture**, Elmsford, v. 34, n. 4, p. 215-223, 2005.

COLOMBO, G. A.; LOPES, M. B. S.; DOTTO, M. C.; CAMPESTRINI, R.; LIMA, S. de O. Atributos físicos de um latossolo vermelho-amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo no cerrado tocantinense. **Revista Campo Digit@l**, v. 12, n. 1, p. 21-29, 2017. Disponível em: <http://revista.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital>. Acesso em: 20 nov. 2023.

CRESPO, A. M.; SOUZA, M. N.; SILVA, M. A. B. da. Ciclo do carbono e sistemas agroflorestais na sustentabilidade da produção agrícolas: 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.p0 6.19.

CRUZ, D. R. C.; FERREIRA, I. V. L.; MONTEIRO, N. O. da C.; NASCENTE, A. S.; OLIVEIRA, R. B.; SANTOS, S. G. F. dos; ROSA, C. O.; VIEIRA, I. C. de O. Microorganismos multifuncionais na agricultura: uma revisão sistemática sobre bactérias solubilizadoras de fósforo. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v.17, n.3, p. 01-24, 2024.

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

FARIAS, L. N.; BONFIM-SILVA, E. M.; PIETRO-SOUZA, W.; VILARINHO, M. K. C.; SILVA, T. J. A.; GUIMARÃES, S. L. Características morfológicas e produtivas de feijão guandu anão cultivado em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 497-503, 2013.

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.

FREITAS, S. dos S. 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. Cap. 1. p. 1-20.

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.

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.

LIMA, R. L. F. de A. Micorrizas arbusculares e absorção de fósforo em função da capacidade de fixação de fósforo do solo e da competição com a microbiota. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.L.], v. 13, n. 3, p. 1062-1079, 2020.

LOPES, M. J. dos S.; SANTIAGO, B. S.; SILVA, I. N. B. da; GURGEL, E. S. C. Biotecnologia microbiana: inoculação, mecanismos de ação e benefícios às plantas. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 10, n. 12, p. 1-13, 2021.

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

MALAGUIAS, 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>

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>.

MELO, R. O. de; OLIVEIRA, H. P. de; SILVEIRA, K. C.; BALDOTTO, L. E. B.; BALDOTTO, M. A. Initial performance of maize in response to humic acids and plant growth-promoting bacteria. **Revista Ceres**, v. 65, n. 3, p. 271-277, 2018.

MORAIS, T. P. de; BRITO, C. H. de; BRANDÃO, A. M.; REZENDE, W. S. Inoculation of maize with *Azospirillum brasilense* in the seed furrow. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 2, p. 290-298, 2016.

NEVES JUNIOR, A. F.; SILVA, A. P.; NORONHA, N. C.; CERRI, C. C. Sistemas de manejo do solo na recuperação de uma pastagem degradada em Rondônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 37, n.1, p. 232-241, 2013.

PARREIRA, L. H. M.; MARTINS, M. E. P.; RIBEIRO, M. M.; S. JUNIOR, J. de M. Efeito da bactéria *Azospirillum brasilense* na adubação química e orgânica em pastagens constituídas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 838-850, 2015.

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.

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.

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.

SANTOS, G. S.; TEIXEIRA, F. A.; JARDIM, R. R.; PIRES, A. J. V.; NASCIMENTO, P. V. N.; MIGUEL, D. L.; SANTOS, J. P. dos; NASCIMENTO, A. A.; BARRETO, F. O.; SILVA, H. S. da. Capim Braquiária inoculado com *Azospirillum brasilenses* submetido à adubação nitrogenada. **Research, Society and Development**, [S.L.], v. 11, n. 15, p. 1-10, 2022.

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.

STUCHI, J. F. **Biofertilizante**: um adubo líquido de qualidade que você pode fazer. Editora técnica – Brasília, DF: Embrapa, 2015. 16 p. ISBN 978-85-7035-536-2.

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.

TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. L.; PEREIRA, R. G. A. **Recuperação e práticas sustentáveis de manejo de pastagens na Amazônia**. Porto Velho: Embrapa, 2012. 28 p.

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.

YATOO, A. M.; ALI, M. N.; BABA, Z. A.; HASSAN, B. Sustainable management of diseases and pests in crops by vermicompost and vermicompost tea: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 41, n. 7, p. 1-26, 2021.

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, Silvia 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).

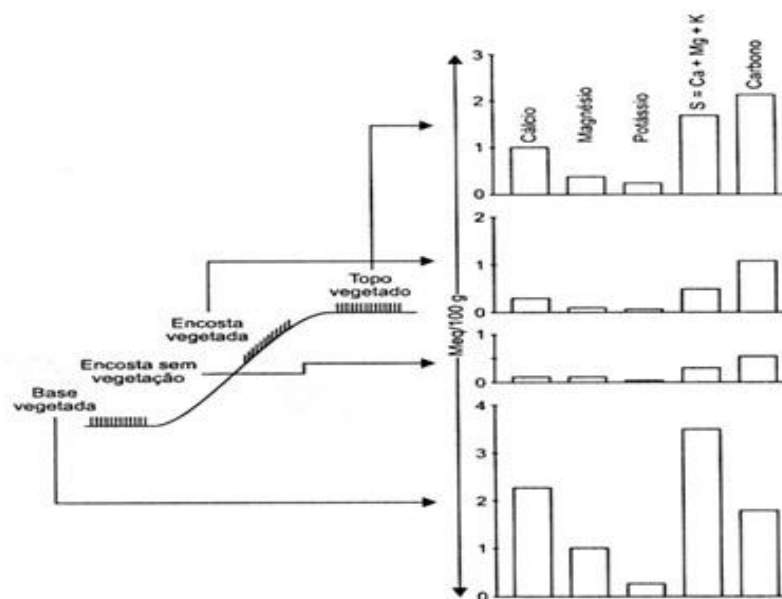


Figura 4. Teores de nutrientes do primeiro centímetro de Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (LVa), em diversas posições de uma topossequência. Fonte: Baruqui; Resende e Figueiredo, 1985.

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).

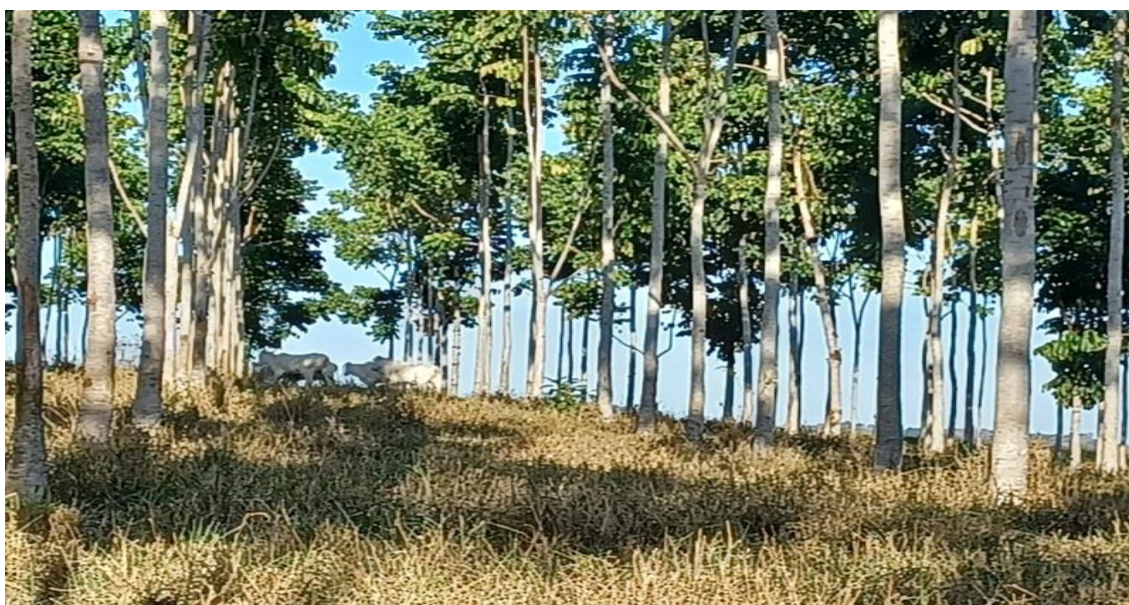


Figura 7. Pastagem recuperada com o sistema ILPF – Mimoso do Sul, ES.
Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2022.

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, contribuímos 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, Atílio Vivácqua, ES. Fonte: Márcio Meneguucci, 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).

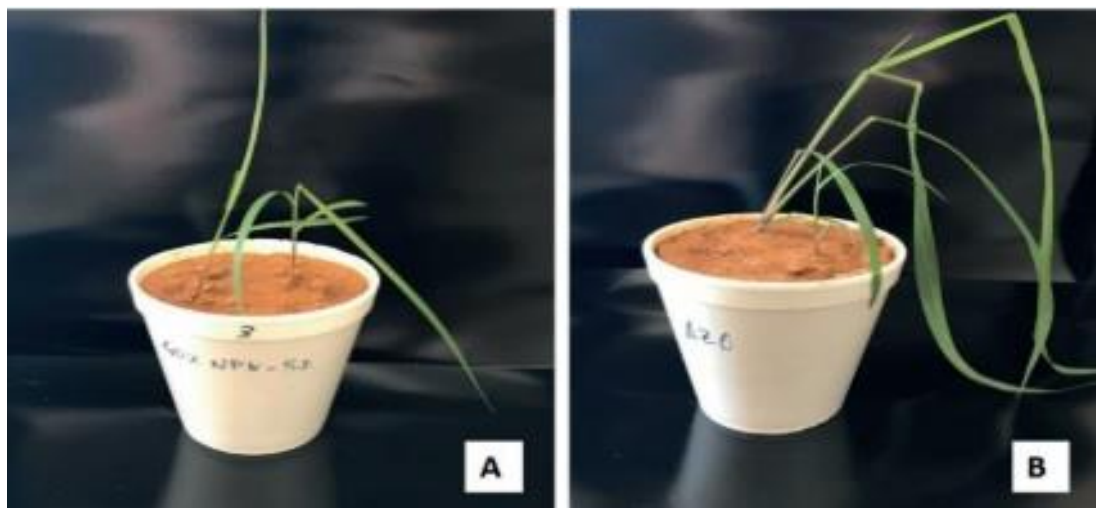


Figura 16. Unidades experimentais de *Urochloa brizantha* cv. Marandu submetido aos tratamentos sem (A) e com inoculação (B). Fonte: Burak *et al.*, 2021.

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, rizoplane 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 agrícolas: 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.p0 6.19.

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 Agropecuária 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.

CAPÍTULO 5

Processos de degradação ambiental, demanda por madeira e manejo em florestas plantadas

Maurício Novaes Souza, Jacyelli Sgranci Angelos, Maria Eduarda Marques da Conceição, Mateus Zava Zucolotto, Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira, Rodrigo Dal-Sasso Lourenço

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-25-1.c5>

Resumo

O aumento da exploração das florestas nativas, a remoção dos remanescentes florestais, as mudanças de uso do solo para impulsionar a produção agropecuária, o uso inadequado e intensivo das pastagens sem manejo adequado, contribuem para a deterioração do solo, transformando essas terras em áreas improdutivas: tem como resultado uma ampliação considerável das áreas degradadas no Brasil. Paralelamente, em todo o mundo, há uma crescente demanda por madeira. Nesse contexto, as florestas plantadas assumem um papel fundamental em procedimentos de recuperação de ambientes degradados, desempenhando funções essenciais na economia, no fornecimento de matérias-primas e na conservação ambiental, destacando-se no cenário brasileiro por nossas condições edafoclimáticas privilegiadas. No entanto, esses agroecossistemas também enfrentam desafios significativos relacionados aos processos de degradação, exigindo uma abordagem cuidadosa de manejo para garantir sua sustentabilidade em longo prazo. Os principais processos de degradação são a erosão do solo; a perda de biodiversidade; e pragas e doenças. A principal solução está em se realizar o manejo sustentável das florestas, que incluem a diversificação de espécies; práticas silviculturais responsáveis; monitoramento e controle de pragas. Ou seja, o manejo eficaz de florestas plantadas requer uma abordagem integrada que leve em consideração os processos de degradação e os princípios da sustentabilidade. Ao adotar práticas responsáveis de manejo e promover a diversidade ecológica, como nos sistemas integrados de produção (por exemplo, SAFs e ILPF) que favorecem a ciclagem de nutrientes, podem-se garantir a qualidade e a produtividade desses importantes ecossistemas para as gerações futuras.

Palavras-chave: Degradação ambiental. Ciclagem de nutrientes. Manejo sustentável. Diversidade ecológica. Perspectivas.

1. Introdução

O aumento da exploração dos recursos naturais acompanhado da retirada dos remanescentes florestais para intensificar a produção agropecuária, tem provocado significativa degradação ambiental e ampliação das áreas degradadas. O uso inadequado e intensivo das pastagens, por exemplo, sem manejo adequado, resulta em terras improdutivas (Moreira; Simioni; Oliveira, 2017; Nascimento; Souza, 2022; Souza, 2024). Diante dessa realidade, surge a necessidade de efetuar plantios que visem restabelecer a cobertura florestal e promover a recuperação ecossistêmica do ambiente (Romanelli *et al.*, 2022).

A partir do crescimento populacional elevado juntamente com a ascensão da renda média per capita e aumento da população urbana, estabeleceu-se uma nova perspectiva de consumo em nível global, o que refletiu diretamente na elevação da demanda por madeira e seus derivados. A partir deste novo padrão, a indústria de base florestal tem ampliado o uso de madeira proveniente de florestas plantadas, as quais surgem como resposta à legislação ambiental e à escassez resultante quando a oferta de madeira nativa não supre à demanda do mercado florestal (Silva; Sales, 2018; Almeida *et al.*, 2023). Essa abordagem, além de seu aspecto de mercado, representa uma estratégia que proporciona benefícios ambientais ao reduzir a pressão exercida sobre os ecossistemas naturais (Castro, 2008; Souza, 2022; 2024).

A área global de floresta plantada apresentou um crescimento de 123 milhões de hectares nas últimas três décadas, com uma taxa de crescimento médio de 4,1 milhões de hectares ano⁻¹ e uma área total de 294 milhões de hectares, o que representa apenas 7% da área total de floresta global (FAO, 2020). Já o Brasil apresenta uma área total de 9,94 milhões de hectares de florestas plantadas, com um amplo predomínio do gênero *Eucalyptus*, representando 76% da área total, seguido por *Pinus* com 19%, *Seringueira*, *Teca* e *Acácia* que somados chegam a 5% (IBA, 2023).

Considerando as extensas áreas de cobertura florestal no território brasileiro, aliadas às condições edafoclimáticas favoráveis à silvicultura, conferem ao Brasil uma posição privilegiada para atividades florestais em comparação com o restante do mundo (Fortaleza *et al.*, 2019). Para isso, são

empregadas espécies arbóreas de crescimento acelerado, por meio de plantios homogêneos ou em consórcio com outras culturas (Cordeiro *et al.*, 2015).

Nesse contexto, certas espécies, como o eucalipto, destacam-se por exibirem atributos pertinentes para a consecução dos propósitos almejados por tais plantações. Amplamente utilizadas e adaptadas às diferentes condições de sítio brasileiro, as espécies de eucalipto têm sido preferenciais devido ao seu rápido crescimento, capacidade de adaptação às diversas regiões e condições do local, e flexibilidade de manejo e integração com outras atividades agropecuárias. Além disso, o eucalipto oferece um potencial econômico significativo, sendo sua madeira utilizada para uma variedade de fins, como energia, celulose, laminação, serraria, medicamentos, cosméticos, entre outros (Lourenço, 2024).

De acordo com dados da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ), o Brasil se destaca internacionalmente pelo potencial produtivo do cultivo de eucalipto, apresentando ciclos de cultivo mais curtos, com uma média de 6,7 anos. Este destaque é atribuído não apenas às condições edafoclimáticas favoráveis, mas também ao investimento significativo em tecnologias e pesquisas no manejo florestal e melhoramento genético. Segundo o Relatório Anual de 2022 da IBÁ, o incremento médio anual de madeira (IMA – $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) aumentou de forma expressiva, passando de $10 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ em 1971, para impressionantes $38,9 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ em 2021. Esse avanço evidencia a eficiência e o progresso das tecnologias empregadas nas últimas décadas (IBÁ, 2023).

Apesar do incremento produtivo obtido nos últimos anos, o cultivo florestal, em específico do gênero *Eucalyptus*, apresenta um potencial produtivo a ser explorado. De acordo com Elli (2019), o potencial produtivo apresenta uma variabilidade temporal e espacial e está condicionada à fatores bióticos e abióticos. O autor destaca um potencial produtivo médio de $87 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ para o Brasil, com uma variação dentro do intervalo de 45 a $108 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$. Diante do exposto, faz-se necessário uma compreensão de todos os fatores de produção e suas respectivas interações, para que práticas de manejo possam ser adotadas a fim de minimizar esse *yield gap*.

Entre os fatores limitantes de produção, destaca-se o déficit hídrico que atua diretamente no mecanismo de condutância estomática, que por sua vez

afeta o processo de fotossíntese e transpiração. Além dos fatores relacionados a variabilidade no perfil de crescimento entre materiais genéticos, condições de sítio, manejo florestal, espaçamento de plantio e arranjo florestal (Nardini *et al.*, 2021), heterogeneidade, competição intraespecífica e interespecífica (Binkley *et al.*, 2010, 2013; Hakamada *et al.*, 2020), manejo nutricional.

No caso específico de explorações florestais, considerando esses sistemas intensivos de produção, a reposição de nutrientes é fundamental para a sustentabilidade do ecossistema. Isso porque os nutrientes minerais representam um recurso indispensável ao crescimento e desenvolvimento vegetal: a remoção de árvores e outras plantas durante a exploração florestal retiram grandes quantidades de nutrientes do solo. Se esses nutrientes não forem repostos, a fertilidade do solo diminui ao longo do tempo, o que pode prejudicar o crescimento futuro das árvores e outras plantas. Ou seja, a reposição de nutrientes em explorações florestais é essencial para manter a resistência e resiliência do ecossistema em longo prazo, promovendo a sustentabilidade ambiental e econômica da atividade florestal.

A expansão dos cultivos florestais no Brasil vem ocorrendo majoritariamente em áreas previamente antropizadas, com elevado grau de intemperismo, normalmente em conversão de áreas de pastagens com baixa fertilidade, elevada acidez e regimes hídricos irregulares. Essas condições edafoclimáticas específicas favorecem às perdas de produtividade e consequentemente aumento do *yield gap*. Neste cenário, a ciclagem de nutrientes representa um dos aspectos fundamentais para a manutenção da produtividade florestal. Esse fenômeno pode ser afetado de acordo com a intensidade das técnicas de manejo do solo e das práticas silviculturais adotadas (Correia; Andrade, 1999; Moreira; Simioni; Oliveira, 2017; Oliveira *et al.*, 2021).

Em um ecossistema florestal, a quantidade de nutrientes é determinada pelo somatório dos diferentes compartimentos das árvores (folhas, casca, ramos, lenho), vegetação do sub-bosque, serapilheira e solo. Sabe-se que cada compartimento de uma árvore possui diferentes concentrações de elementos químicos em seus tecidos. Geralmente, observa-se um gradiente que apresenta a seguinte tendência com relação ao teor desses nutrientes: folhas > casca > ramos > lenho (Poggiani *et al.*, 1998; Rengasamy, 2010).

Dessa forma, a ciclagem de nutrientes pode ser prejudicada em função do manejo que é praticado, considerando que a exploração florestal é a atividade que, em termos absolutos, mais remove nutrientes do ecossistema. Essa quantidade, removida ou exportada, depende de diversos fatores, tais como: a) espécie ou tipo de clone; b) densidade do plantio; c) duração da rotação ou idade do corte; d) qualidade do sítio e componente da árvore explorado; e e) disponibilidade de água no solo. Sabe-se que os solos das regiões tropicais são em geral muito intemperizados e possuem pequena reserva de minerais; portanto, a sua contribuição para a nutrição das árvores é muito reduzida (Barros; Novais, 1990; Novais; Barros; Neves, 1990; Barros, 2003; Madureira, 2021; Oliveira *et al.*, 2021).

De acordo com esses mesmos autores, em sistemas de manejo mais intensivos, geralmente aplicados às florestas plantadas do Brasil, a possibilidade de se ter um ciclo de nutrientes mais balanceados é pequena, principalmente devido: a) ao curto período de rotação; b) às elevadas produtividades obtidas; c) à reposição apenas parcial dos nutrientes exportados; e d) à grande perda de nutrientes, principalmente pela erosão, posto que os plantios, em muitos casos, são implantados em regiões de topografia acidentada e, ou, solos de textura arenosa. Atualmente, esses fatores são agravados pelo desenvolvimento de clones que proporcionam as duas primeiras circunstâncias.

Portanto, para Barros (2003) e Barros (2021), quanto melhor e completo for o entendimento do sistema solo, melhor podem-se prever os efeitos das práticas de manejo florestal sobre a sua capacidade produtiva, particularmente no Brasil, onde os plantios de *Eucalyptus* e de *Pinus* têm sido realizados nos tipos mais variados de solos, que apresentam teores disponíveis e totais de nutrientes numa faixa bastante larga, sob diferentes manejos.

É importante ressaltar, que em florestas de clima temperado, a maior parte dos nutrientes do sistema está contida no solo, o que não ocorre em florestas de clima tropical, onde a vegetação é o maior reservatório de nutrientes do ecossistema. Caso ocorram situações de estresses, como o uso de fogo ou práticas que revolvam demasiadamente o solo, nas plantações florestais tropicais, a depleção de nutrientes causada pela exploração florestal, será muito mais drástica que naquelas de regiões temperadas (Barros; Novais, 1990;

Oliveira *et al.*, 2021).

Há que se considerar, particularmente nos trópicos, onde grande parcela de matéria orgânica e dos nutrientes permanece na biomassa vegetal (mais de três quartos de carbono), sendo reciclada dentro da estrutura orgânica do sistema, com o auxílio de várias adaptações biológicas que conservam nutrientes, inclusive simbiose mutualística entre organismos e plantas (Odum, 1988; Oliveira *et al.*, 2021).

Os consórcios de culturas agrícolas com espécies arbóreas podem ser utilizados para restaurar florestas e recuperar áreas degradadas. A tecnologia ameniza limitações do terreno, minimiza riscos de degradação inerentes à atividade agrícola e otimiza a produtividade a ser obtida (Bendito *et al.*, 2017; Souza, 2024) (Figura 1).



Figura 1. Solo úmido sob consórcio de culturas agrícola e pecuária: café, banana, amendoim forrageiro e braquiária. Fonte: Acervo UFV, 2024.

Os sistemas agroflorestais (SAF) se apresentam como uma alternativa que pode vir a acelerar a recuperação das áreas degradadas, utilizando nela espécies nativas do local, junto com espécies exóticas, podendo restabelecer o equilíbrio químico, físico e biológico do solo, com a introdução de adubos verdes (Mallmann *et al.*, 2018; Nascimento; Souza, 2022; Almeida *et al.*, 2023).

O sistema integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) propõe o cultivo de

espécies florestais em consórcio com pastagens ou cultivos agrícolas, a fim de aperfeiçoar o aproveitamento da área e a produtividade. Esta é uma ferramenta tecnológica de grande importância na recuperação de solos de pastagens degradadas, permitindo maior aporte de C no solo, além da maior ciclagem de nutrientes. Os sistemas silvipastoris podem reabilitar pastagens degradadas e aumentar o estoque de C e N em solos tropicais e subtropicais (Martins; Souza, 2013; Silva *et al.*, 2020). A diversificação do que se tem produzido sob sistemas integrados, resultam em um sinergismo entre os componentes florestal, pecuário e agrícola (Nascimento; Souza, 2022).

2. Ciclagem de nutrientes

Considerando todo o ciclo de desenvolvimento das espécies, desde o plantio até a senescência, o mecanismo de absorção dos nutrientes pode ser compreendido por intermédio da análise das fases de desenvolvimento das plantas, que podem ser representadas por três ciclos distintos: geoquímico, bioquímico e biogeoquímico. O entendimento completo dos processos que ocorrem em cada um desses ciclos é particularmente fundamental para as florestas plantadas, pois esses processos têm um impacto direto na produção e um manejo inadequado pode levar à exaustão e à degradação do solo. Em contraste, nas florestas naturais, os nutrientes não são considerados um fator de produção, pois constituem um sistema fechado (Barros; Novais, 1990; Barros, 2000; 2003; Madureira, 2021).

A microbiota do solo desempenha um papel fundamental na decomposição dos resíduos orgânicos, na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia no solo, influenciando tanto a transformação da matéria orgânica quanto o armazenamento de C e nutrientes minerais (Ferreira; Stone; Martin-Didonet, 2017).

Pesquisas recentes apontam que o uso de bioestimulantes¹ em conjunto com práticas de revegetação representa uma abordagem promissora para melhorar a fertilidade do solo, influenciar positivamente a microbiota do solo e

¹ São substâncias naturais que podem incluir extratos de algas, aminoácidos, vitaminas, ácidos húmicos e fúlvicos, entre outros compostos orgânicos.

promover uma maior produtividade vegetal, além de favorecer a ciclagem de nutrientes. Os bioestimulantes são produtos que estimulam processos fisiológicos naturais nas plantas, auxiliando no crescimento, desenvolvimento e resistência a estresses bióticos e abióticos. Podem ser compostos por uma variedade de substâncias, como aminoácidos, peptídeos, ácidos húmicos e fúlvicos, entre outros (Caron; Graças; Castro, 2015; Santana *et al.*, 2020; Burak *et al.*, 2021).

Para esses mesmos autores, a associação de bioestimulantes com a revegetação é particularmente benéfica em áreas degradadas, onde a fertilidade do solo pode estar comprometida devido à perda de nutrientes e matéria orgânica. Os bioestimulantes ajudam a melhorar a atividade microbiana do solo, promovendo a decomposição de resíduos orgânicos e a liberação de nutrientes essenciais para as plantas. Além disso, eles podem aumentar a absorção de nutrientes pelas plantas, melhorar a qualidade do solo e aumentar a resistência das plantas a condições adversas.

Essa abordagem integrada também pode ter benefícios ambientais significativos, como a redução da erosão do solo, a promoção da recuperação de áreas degradadas e o sequestro de carbono atmosférico. Além disso, ao melhorar a fertilidade do solo e promover o crescimento vegetal, ela pode contribuir para a conservação da biodiversidade e a manutenção de serviços ecossistêmicos essenciais.

No entanto, é importante ressaltar que mais pesquisas são necessárias para entender completamente os efeitos dos bioestimulantes em diferentes tipos de solos, condições climáticas e sistemas de cultivo. Além disso, é fundamental considerar a sustentabilidade em longo prazo dessas práticas e garantir que elas sejam economicamente viáveis e socialmente aceitáveis para os agricultores e comunidades locais (Santana *et al.*, 2020).

Os bioestimulantes têm despertado um interesse crescente no setor de plantios comerciais florestais devido ao seu potencial para promover vários aspectos benéficos. Podem estimular o crescimento radicular, acelerando o estabelecimento das mudas e aumentando a taxa de sobrevivência. Além disso, os bioestimulantes têm demonstrado a capacidade de aumentar a taxa de crescimento das plantas, melhorar sua saúde e aumentar a eficiência no uso de

nutrientes. Esses benefícios não só aumentam a produtividade das plantações florestais, mas também contribuem para a sustentabilidade dos sistemas de cultivo. Esse aspecto é especialmente fundamental no contexto dos plantios florestais, onde o aperfeiçoamento desses fatores pode ter impactos significativos no sucesso da plantação e na qualidade geral do ecossistema florestal (Teixeira; Santa-Cecília; Leite, 2018).

No entanto, de acordo com esses mesmos autores, é importante ressaltar que os efeitos dos bioestimulantes podem variar dependendo das condições específicas do sítio de plantio, das espécies florestais envolvidas e da formulação do produto utilizado. Portanto, é essencial realizar pesquisas e testes de campo para avaliar a eficácia e a viabilidade econômica do uso de bioestimulantes em plantios comerciais florestais antes de sua ampla adoção.

Uma alternativa a ser considerada na ciclagem de nutrientes é a integração de espécies leguminosas: possuem a capacidade de enfrentar desafios associados à escassez de N no solo (Figura 2).



Figura 2. Consórcio de culturas agrícolas com amendoim forrageiro. Fonte: Acervo UFV, 2024.

A colaboração entre leguminosas e gramíneas é notável devido à capacidade das leguminosas, com seu sistema radicular pivotante e profundo,

em acessar recursos menos disponíveis para as gramíneas, cujas raízes são mais superficiais. Além disso, destaca-se a transferência de N fixado pelas leguminosas e o período entre o processo de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) e sua posterior disponibilidade para o sistema solo-planta (Teixeira; Santa-Cecília; Leite, 2018; Terra *et al.*, 2019; Oliveira *et al.*, 2021; Romanelli *et al.*, 2022).

2.1. Ciclo geoquímico

O ciclo geoquímico em plantios florestais se refere ao processo de fluxo e redistribuição de elementos químicos essenciais nos ecossistemas florestais. Este ciclo envolve diversas etapas, incluindo a absorção de nutrientes pelas plantas, a liberação desses nutrientes por meio da decomposição da matéria orgânica, a transferência de nutrientes entre diferentes compartimentos do ecossistema (como solo, biomassa vegetal e atmosfera), e a remoção de nutrientes por meio da colheita de biomassa (Teixeira; Santa-Cecília; Leite, 2018; Madureira, 2021).

A dinâmica do ciclo geoquímico em plantios florestais é influenciada por uma série de fatores, tais como as características do solo, o clima, as práticas de manejo florestal e a composição da vegetação. Por exemplo, em solos pobres em nutrientes, pode ser necessário fornecer fertilizantes para promover o crescimento saudável das árvores. Da mesma forma, o tipo de vegetação plantada e a sua taxa de crescimento afetam a demanda por nutrientes e a quantidade de biomassa produzida, o que, por sua vez, influencia a quantidade de nutrientes removidos do ecossistema durante a colheita (Cordeiro *et al.*, 2015; Barros, 2021; Madureira, 2021).

Todas as entradas e saídas de nutrientes do ecossistema no nível do sistema radicular são fundamentais para entender o ciclo de nutrientes. As principais entradas de nutrientes incluem: a) intemperismo; b) precipitação; c) fixação assimbiótica de N; e d) fertilização. Por outro lado, as saídas de nutrientes ocorrem principalmente por intermédio de: a) lixiviação; b) erosão; c) volatilização; d) oxidação (queima); e e) produtos exportados, como parte do ciclo geoquímico em florestas plantadas, representando a remoção de nutrientes

pelas colheitas, conhecido como "dreno florestal" (Reis; Barros, 1990; Teixeira; Santa-Cecília; Leite, 2018).

Durante a fase inicial, as plantas jovens demandam quantidades substanciais de nutrientes para o desenvolvimento de suas estruturas. Nesse estágio, ocorre uma absorção elevada de nutrientes, uma menor absorção de energia e uma maior decomposição da matéria orgânica. O crescimento é gradual. Devido a pouca cobertura vegetal, há uma maior infiltração de água e incidência de luz no solo, resultando em taxas aumentadas de evaporação, lixiviação e erosão (Ford, 1994; Cordeiro et al., 2015; Madureira, 2021).

É fundamental, especialmente em operações florestais comerciais, fornecer nutrientes por intermédio da adubação nesta fase inicial para garantir o crescimento adequado da floresta, uma vez que a biociclagem ainda não é eficiente (Barros, 2003; Barros, 2021). É fundamental destacar a vital importância da água nos ecossistemas naturais - desempenha um papel primordial na absorção e transporte de nutrientes pelas plantas, fundamentais para seu crescimento e desenvolvimento. Além disso, é essencial para uma série de funções vitais nos tecidos vegetais, incluindo o funcionamento adequado das células e moléculas essenciais (Araújo et al., 2020).

O entendimento do ciclo geoquímico em plantios florestais é essencial para o manejo sustentável desses ecossistemas, permitindo uma gestão adequada dos recursos naturais e a minimização dos impactos ambientais negativos. Isso inclui a execução de práticas de manejo que visem a conservação da água e da fertilidade do solo, a promoção da reciclagem de nutrientes e a redução do dreno florestal, ou seja, a remoção excessiva de nutrientes do ecossistema por intermédio da colheita (Cordeiro et al., 2015; Teixeira; Santa-Cecília; Leite, 2018; Barros, 2021; Madureira, 2021).

2.2. Ciclo bioquímico

O ciclo bioquímico em espécies florestais descreve o fluxo e a transformação de elementos químicos essenciais nos organismos vegetais e nos ecossistemas florestais. Esse ciclo envolve várias etapas, desde a absorção de nutrientes pelas raízes das árvores até a sua incorporação nas biomoléculas das

plantas, como proteínas, carboidratos e lipídios. Além disso, inclui processos como a fotossíntese, a respiração, a transpiração e a decomposição da matéria orgânica (Cordeiro *et al.*, 2015; Silva; Sales, 2018; Madureira, 2021).

De acordo com esses mesmos autores, durante a fotossíntese as plantas absorvem dióxido de carbono (CO_2) da atmosfera e água do solo, utilizando a energia solar para converter esses compostos em glicose e oxigênio. Parte dessa glicose é utilizada como fonte de energia para o metabolismo das plantas, enquanto o restante é armazenado nas células vegetais ou liberado no solo através de exsudatos radiculares.

Além da fotossíntese, as plantas também absorvem nutrientes essenciais, como N, P, K, Ca e Mg do solo por intermédio de suas raízes. Esses nutrientes são então transportados para cima através do xilema, onde são utilizados na síntese de biomoléculas ou armazenados em diferentes tecidos vegetais (Silva; Sales, 2018; Barros, 2021; Madureira, 2021).

À medida que as plantas crescem e se desenvolvem, partes delas, como folhas, galhos e raízes, morrem e se decompõem, liberando nutrientes de volta ao solo. Esses nutrientes podem ser então reabsorvidos por outras plantas ou por microrganismos do solo, fechando o ciclo bioquímico (Cordeiro *et al.*, 2015; Madureira, 2021).

Ou seja, este ciclo envolve a translocação de nutrientes dos tecidos mais velhos para aqueles mais jovens da planta. Por esse motivo, é importante para nutrientes de maior mobilidade dentro da planta, como N, P, K e Mg; porém, de menor significado para cálcio, enxofre e os micronutrientes, que têm retranslocação menor (Mengel; Kirkby, 1978; Madureira, 2021).

Esta é a razão pela qual há um grande acúmulo destes nutrientes na serapilheira, para os quais o ciclo biogeoquímico terá maior importância. Desta forma, sintomas de deficiência nas folhas velhas refletem elevada taxa de retranslocação, enquanto que sintomas de deficiências nas folhas novas indicam que o nutriente não está sendo retranslocado eficientemente para tecidos em formação (Reis; Barros, 1990; Silva; Sales, 2018; Barros, 2021).

A elevada ciclagem interna de nutrientes nas folhas é considerada um fator relevante, posto que durante a sua decomposição, podem ocorrer processos de

imobilização, principalmente de N. Também, há possibilidade de perdas por lixiviação e redução na disponibilidade de alguns nutrientes (por exemplo, passagem de P-lábil para não-lábil) devido à utilização direta para o crescimento de novos órgãos ou tecidos, constituindo-se em uma fonte constante de nutrientes no interior da planta (Reis; Barros, 1990; Cordeiro et al., 2015; Silva; Sales, 2018).

Dessa forma, a condução da floresta por meio de desbastes permite um melhor controle do ciclo de nutrientes, proporcionando menores alterações nos ciclos de energia e água. Os nutrientes mineralizados, produto dos desbastes, podem ser absorvidos pelas árvores remanescentes, reduzindo a possibilidade de perdas e exaustão do ecossistema. A ciclagem bioquímica de nutrientes nas árvores remanescentes deverá ser mais intensa, aumentando a eficiência de utilização dos nutrientes móveis nas plantas (Barros, 2000; Barros, 2021).

A taxa de imobilização do nutriente pode depender da idade da planta, conforme se pode observar na Figura 3. À medida que quantidades mais elevadas de nutrientes são necessárias para a produção de biomassa, o solo não sendo capaz de atender a esta demanda, aumenta a taxa de retranslocação desses elementos de maior mobilidade (Barros; Novais, 1990; Barros, 2021).

De acordo com Barros (2000), após o fechamento do dossel há um aumento na ciclagem interna (bioquímica) dos elementos móveis dentro da árvore. Concomitantemente, uma camada de serapilheira começa a ser formada, e a sua decomposição fornece uma quantidade crescente dos nutrientes requeridos pelas árvores. Na maturidade, o ciclo de nutrientes tende a um estado de equilíbrio, onde o retorno de nutrientes atende a maior parte da demanda (ciclo biogeoquímico).

O corte da floresta, durante o seu desenvolvimento (ponto B da Figura 3), não permite que seja estabelecido este ciclo de forma equilibrada e eficiente. Dessa forma, a redução no período entre as rotações, promoverá um aumento da demanda de nutrientes pelo povoamento, posto que este permanecerá constantemente num ritmo acelerado de crescimento, como exposto na Figura 3 (Barros; Novais, 1990).

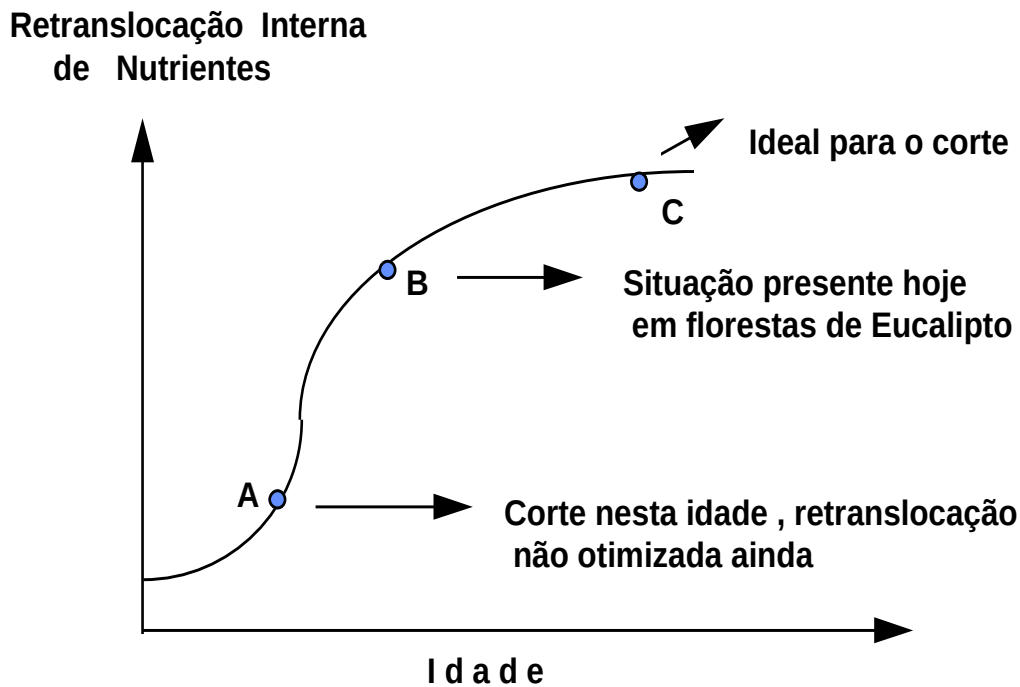


Figura 3. Representação esquemática dos ciclos de nutrientes em espécies florestais: Geoquímico (A), Bioquímico (B) e Biogeoquímico (C). Fonte: Barros; Novais, 1990.

A compreensão do ciclo bioquímico em espécies florestais é fundamental para o manejo sustentável de ecossistemas florestais, pois ajuda a entender como os nutrientes são reciclados e redistribuídos no ambiente. Isso é importante para garantir a saúde das florestas, a produtividade dos ecossistemas e a conservação da biodiversidade (Silva; Sales, 2018; Barros, 2021; Madureira, 2021).

2.3. Ciclo biogeoquímico

O ciclo biogeoquímico em florestas plantadas é um processo essencial para o funcionamento e a sustentabilidade desses ecossistemas. Envolve a circulação de nutrientes e elementos entre os componentes bióticos (como plantas, microrganismos do solo e fauna) e abióticos (como solo, água e atmosfera).

Nesta fase, o crescimento das árvores em florestas plantadas é estável, mas tende ao declínio. Isso se deve à grande deposição de matéria orgânica no

solo pela queda de resíduos vegetais. A transferência de nutrientes entre as plantas e o solo é dificultada devido ao menor fluxo de massa, já que a distância da raiz à copa é maior devido ao alongamento do tronco, demandando uma grande quantidade de energia. Além disso, há uma proporção significativa de folhas não fotossintetizantes, resultando em uma taxa de fotossíntese menor que a respiração (Ford, 1994; Araújo et al., 2020; Madureira, 2021).

O retorno de nutrientes por meio da serapilheira ("litter") é fundamental no ciclo biogeoquímico, especialmente em solos altamente intemperizados, nos quais a biomassa vegetal atua como principal reservatório de nutrientes. Portanto, é importante considerar que o acúmulo de material orgânico na cobertura do solo depende da taxa de decomposição e da ocorrência de distúrbios naturais (como fogo e ataques de insetos) ou artificiais (como remoção da serapilheira e práticas de cultivo), exigindo cuidados durante as práticas de manejo (Ferreira, 1981; Nogueira; Barros; Novais, 2016; Dailly, 2018; Adams; Lilleskov; McCulley, 2020).

Para orientar essas práticas, é fundamental conhecer a quantidade de material orgânico que entra no solo anualmente, o volume acumulado até uma determinada idade e o volume de resíduos gerados pela exploração florestal. Esses dados permitem avaliar a quantidade de nutrientes que podem retornar ao solo. Quando a taxa de decomposição é maior que a demanda das plantas, pode haver perda de nutrientes do ecossistema. No entanto, se o sistema estiver em equilíbrio, os nutrientes liberados durante o processo de decomposição podem ser reutilizados pelas plantas, promovendo a manutenção da produtividade do povoamento e a sustentabilidade do ambiente (Jordan; Kline, 1972; Dailly, 2018; Adams; Lilleskov; McCulley, 2020).

A Figura 4 oferece um esquema básico dos compartimentos e processos de transferência em uma análise sistemática dos ciclos de elementos químicos em um ecossistema florestal.

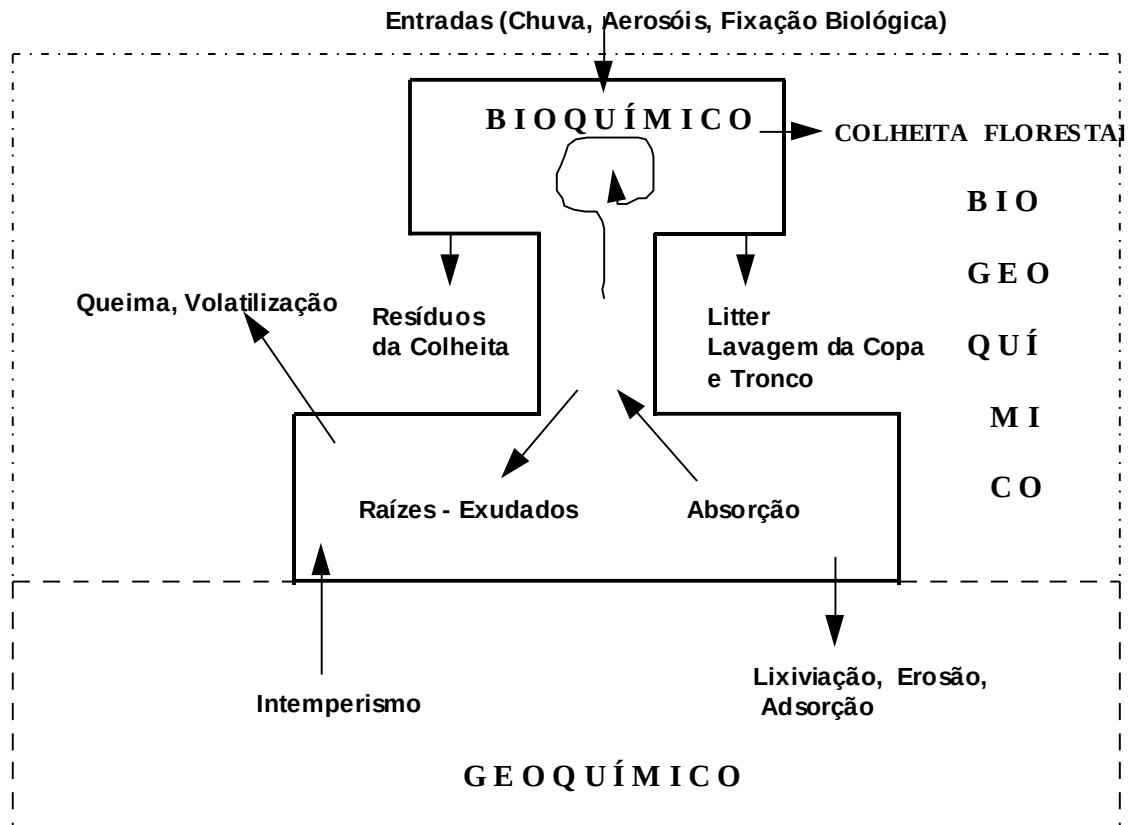


Figura 4. Ciclos de nutrientes em povoamentos florestais. Fonte: Whitmore, 1983.

Para orientar sobre a quantidade de nutrientes que podem retornar ao solo em florestas plantadas, é fundamental ter dados precisos sobre diversos aspectos. Isso inclui a quantidade de material orgânico que entra no solo anualmente, o volume de material acumulado em determinada idade e a quantidade de resíduos gerados pela exploração florestal. Essas informações são essenciais para entender o fluxo de nutrientes no ecossistema (Jordan; Kline, 1972; Teixeira; Santa-Cecília; Leite, 2018; Araújo et al., 2020; Barros, 2021).

De acordo com esses mesmos autores, quando a taxa de decomposição excede a demanda das plantas por nutrientes, podem ocorrer uma perda líquida de nutrientes do ecossistema. No entanto, se o sistema estiver equilibrado, os nutrientes liberados durante o processo de decomposição podem ser absorvidos pelas plantas, contribuindo para manter a produtividade do povoamento e a sustentabilidade do ambiente. Essa relação entre entrada e saída de nutrientes

é fundamental para o manejo adequado das florestas plantadas, visando garantir sua produtividade e resiliência em longo prazo.

3. Perspectivas para a mitigação dos impactos em florestas plantadas

Com o aumento da intensificação do uso das áreas destinadas aos plantios florestais, necessário para atender à crescente demanda por matéria-prima, há uma pressão crescente sobre o solo. Em muitos casos, essa pressão ultrapassa a capacidade de suporte e regeneração do solo, comprometendo a sustentabilidade do ecossistema. Portanto, torna-se essencial avaliar os efeitos da redução da idade de corte e, ou, do aumento do nível de utilização de componentes da árvore sobre a produtividade e o desenvolvimento sustentável da atividade de exploração florestal futura (Paula, 1997; Poggiani; Stape; Gonçalves, 1998; Ribeiro et al., 2019; Pimenta et al., 2022).

Essa avaliação, para esses mesmos autores, requer um conhecimento detalhado dos ciclos de nutrientes em diferentes estágios de desenvolvimento da planta. Esse conhecimento é fundamental para quantificar a reposição de nutrientes necessária para cada tipo de manejo, visando manter a sustentabilidade do sítio para futuras rotações de cultivo.

De acordo com Paula (1997), a retirada da casca do tronco e sua manutenção no sítio podem reduzir significativamente a remoção de nutrientes (Figura 5). Em famílias de meio-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*, a retirada da casca resultou em uma redução de 86,5% para o Ca, 23,3% para o P, 49,5% para o K e 67,8% para o Mg. Embora a casca represente apenas 14,9% do volume total do tronco, ela é responsável por uma parcela significativa do conteúdo de nutrientes, destacando sua importância para o ciclo de nutrientes e a sustentabilidade do ecossistema.

Para Paula (1997), os nutrientes P e K, por serem mais móveis na planta, geralmente estão presentes em maiores proporções em outros componentes, como folhas e galhos. Essas partes, que normalmente não são comercializáveis, permanecem no local e são reabsorvidas pelo processo de ciclagem de

nutrientes. Grespan (1997) afirma que a retirada da casca do tronco manteria cerca de 20% do K, 50% do Ca e 35% do Mg presentes na biomassa total.



Figura 5. Retirada da casca do tronco do eucalipto e sua manutenção no sítio.
Fonte: Emmanuel Mandzy, 2024.

Os resultados obtidos para as espécies de *Eucalyptus*, em três espaçamentos diferentes e em várias idades, destacam a importância de manter os resíduos da colheita florestal no campo. Isso resultaria em uma grande adição de matéria orgânica ao solo e, além disso, reduziria significativamente a exportação de nutrientes. Especialmente em situações onde essa operação fosse economicamente viável, a retirada da casca do tronco no talhão poderia ser promovida (Ladeira, 1999).

De acordo com esse mesmo autor, quando acrescentados à manta orgânica os componentes da árvore que normalmente permanecem no povoamento após a colheita, como galhos, folhas e raízes, eles representam, em média, 73% do N, 60% do P, 55% do K, 76% do Ca e 71% do Mg contidos na biomassa total (árvore + manta orgânica). Na hipótese da retirada da casca, os resíduos da colheita somados à manta orgânica representariam 82% do N, 81% do P, 83% do K, 92% do Ca e 87% do Mg. Portanto, a adoção de práticas de manejo voltadas para a conservação de nutrientes no sistema pode contribuir de maneira significativa para a manutenção da fertilidade dos solos cultivados e para a sustentabilidade do sítio.

Recentemente, tem-se observado que a ocorrência da deficiência de enxofre (S) nas áreas de cultivo florestal tem aumentado. Está diretamente relacionada à baixa fertilidade e ao elevado grau de intemperismo, ao uso de fertilizantes concentrados com ausência ou baixo teor de enxofre, e ao aumento da produtividade, juntamente com sucessivas rotações sem reposição adequada das quantidades exportadas (Alvarez *et al.*, 2007).

A avaliação e compreensão do equilíbrio entre os nutrientes são de suma importância para o correto manejo nutricional. Em relação ao macronutriente S, ele está diretamente relacionado com dois importantes macronutrientes, P e N. Em condições de deficiência de P e fornecimento de S em excesso, algumas vias metabólicas podem ser comprometidas, resultando em limitações no desenvolvimento do cultivo. No caso do N, a adição conjunta desses nutrientes pode resultar em uma interação sinérgica benéfica para o cultivo (Uchôa, 1999).

Ou seja, pode-se concluir que os nutrientes, bem como as suas interações, são o principal fator de produção na atividade de exploração florestal. Por esse motivo, as técnicas de manejo devem dedicar especial atenção ao capital natural e aos fluxos de nutrientes do ecossistema atual, garantindo não apenas a sustentabilidade ambiental, mas também as produtividades presentes e futuras.

Nas florestas brasileiras, onde os solos são geralmente intemperizados e pobres em nutrientes, a manutenção da matéria orgânica do solo e, ou, da biomassa é uma condição básica para manter ou até mesmo aumentar a produtividade florestal. O manejo desses materiais deve priorizar o sincronismo entre a taxa de liberação dos nutrientes e a taxa de absorção ou demanda de nutrientes pela planta.

Diante do desafio mencionado, surgiram novas tecnologias destinadas a aperfeiçoar e otimizar a aplicação de fertilizantes, como os fertilizantes de liberação lenta ou controlada², que liberam os nutrientes de forma gradual no solo (Du; Zhou; Shaviv, 2006).

² É importante observar que os termos "liberação lenta" e "liberação controlada" não devem ser usados como sinônimos, pois há diferenças na tecnologia aplicada para controlar a liberação dos nutrientes. Os fertilizantes de liberação lenta não possuem revestimento, ao contrário dos fertilizantes de liberação controlada (Guelfi, 2017).

O uso desse tipo de fertilizante pode garantir um fornecimento gradativo de nutrientes para as plantas ao longo de um período maior em comparação com os adubos convencionais. Isso proporciona a otimização do uso do fertilizante, reduzindo a necessidade de reaplicação e resultando em economia nos custos de distribuição, além de diminuir o trabalho manual (Gun *et al.*, 2014).

Analizando o ecossistema de maneira holística, a sustentabilidade será garantida quando o balanço de nutrientes no ciclo geoquímico - entrada menos saída - for nulo ou positivo. Portanto, é necessário quantificar as entradas (intemperismo, adições atmosféricas, fixação biológica de nitrogênio e adubações) e as saídas (exportação de nutrientes via produto florestal, perdas via lixiviação, erosão e atmosfera) (Barros, 2003).

Considerando que a intensificação do uso do solo nos plantios florestais será cada vez maior, caso não sejam tomadas medidas adequadas de monitoramento, as áreas mal manejadas poderão gerar impactos e externalidades severos sobre os ciclos da água e dos nutrientes, bem como sobre o equilíbrio ecológico dos ecossistemas naturais adjacentes (Souza, 2015; 2024).

Nesse contexto, de acordo com esse mesmo autor, entre as pesquisas voltadas para o setor florestal, têm merecido destaque aquelas relacionadas à nutrição mineral associada às causas ambientais, particularmente as relativas ao manejo ecológico e à classificação por sítios. Essa preocupação tem aumentado diante das exigências da legislação ambiental e da sociedade, que deverão ser cada vez mais rigorosas, dadas as condições onde são implantados os maciços florestais. As grandes extensões de plantio, quando localizadas em solos extremamente frágeis em áreas anteriormente degradadas e com relevo acidentado, exigem cuidados rigorosos relacionados ao manejo, devendo ser uma prioridade.

Segundo Barros (2003), Teixeira, Santa-Cecília e Leite (2018), e Lourenço (2024), como ferramenta auxiliar para reduzir os riscos encontrados nessas condições, tem sido utilizada a Classificação de Terras ou Sítios Florestais. Considerando que a produção florestal resulta da combinação de diversos fatores (ambientais, fisiográficos, edáficos e bióticos) atuando em um determinado espaço, é essencial conhecer bem as características de cada local,

otimizando assim a produtividade e a eficiência da empresa, respeitando as limitações de cada área.

Dessa forma, resulta uma classificação de sítios ecologicamente distintos, o que permite aprimorar sua conservação e, inclusive, melhorar suas condições iniciais, recuperando áreas degradadas. Segundo Barros (2003), os benefícios dessa classificação incluem: a) planejamento do suprimento da fábrica, por meio da previsão do volume de produção de cada talhão; b) alocação de recursos de acordo com a capacidade do sítio; c) alocação de tecnologias, como realizar subsolagem em áreas específicas; d) seleção de clones para plantio, considerando sua homogeneidade e a interação genótipo versus ambiente; e) racionalização no uso de agroquímicos; e f) indicação do direcionamento e condução das pesquisas.

Essa classificação resulta em unidades menores de manejo, com condições similares, permitindo a redução de custos e a obtenção facilitada de indicadores de sustentabilidade, usando áreas próximas sob condições naturais como referência. Isso possibilita o aumento da produtividade do sítio, com a racionalização dos "inputs", como o uso de herbicidas, diminuindo a pressão sobre o meio ambiente.

Os métodos mais utilizados para essa classificação são: a) Índice de sítio ("Site-Index"); b) Método Solo-Sítio ("Soil-Site"); c) Classificação pedológica tradicional associada a outro método; e d) Nível de nutrientes. Essa classificação permite investir em talhões individuais, avaliando suas principais limitações (Barros, 2003).

Além disso, utilizando indicadores de sustentabilidade (físicos, químicos e biológicos), é possível verificar a eficiência do manejo, permitindo intervenções pontuais para evitar prejuízos e impactos ambientais futuros. Essa abordagem possibilita a criação de um índice de sustentabilidade único, indicando o manejo adequado e viabilizando procedimentos de conservação e recuperação.

Apesar da importância dessa classificação, a sustentabilidade da área também pode ser alcançada com a adoção de um eficiente plano de manejo que favoreça a ciclagem de nutrientes. Nesse sentido, a queda de resíduos que formarão a serapilheira é fundamental para equilibrar a matéria orgânica do solo

e sustentar esses ecossistemas, uma vez que é nesse compartimento que se concentram os microrganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica e pela ciclagem de nutrientes (Correia; Andrade, 1999; Moreira; Simioni; Oliveira, 2017; Oliveira *et al.*, 2021).

De acordo com Smith e Paul (1990) e Oliveira *et al.*, 2021, a biomassa microbiana desempenha um papel central no ciclo do carbono, representando um reservatório considerável de nutrientes nos solos e sendo fundamental para o estudo da ciclagem de nutrientes em diferentes ecossistemas florestais. A rápida ciclagem da biomassa microbiana também pode fornecer fluxos significativos para a nutrição das plantas.

As práticas agroecológicas podem contribuir significativamente para promover a biomassa microbiana do solo e, conseqüentemente, influenciar positivamente o ciclo do carbono de várias maneiras. Cabe considerar que práticas agroecológicas e técnicas conservacionistas, apesar de serem abordagens distintas, mas relacionadas, promovem a sustentabilidade e a conservação dos recursos naturais na agropecuária e na gestão dos agroecossistemas.

4. Práticas agroecológicas e florestas plantadas

A agroecologia e as florestas plantadas são áreas que frequentemente se sobrepõem em questões de manejo sustentável da terra e conservação ambiental. Enquanto a agroecologia se concentra principalmente na produção agropecuária sustentável, as florestas plantadas têm um papel fundamental na conservação dos ecossistemas florestais e na produção de recursos madeireiros (Ribeiro *et al.*, 2024).

A agroecologia busca integrar os princípios ecológicos com práticas agropecuárias tradicionais e inovadoras, visando promover sistemas agropecuários resilientes, biodiversos e ambientalmente sustentáveis. Isso inclui o uso de técnicas como agroflorestas, rotação de culturas, compostagem, controle biológico de pragas e manejo integrado de doenças, entre outros. Essas práticas têm como objetivo reduzir a dependência de insumos externos, como

pesticidas e fertilizantes sintéticos, e promover a saúde do solo e a diversidade biológica (Altieri, 2018; Ribeiro *et al.*, 2024).

Por outro lado, as florestas plantadas são importantes para a conservação e recuperação de ecossistemas florestais, bem como para a produção de madeira, papel, celulose e outros produtos florestais. No entanto, é essencial que o manejo das florestas plantadas seja realizado de forma sustentável, levando em consideração a conservação da biodiversidade, a proteção do solo e da água, e o uso responsável dos recursos naturais (Xavier *et al.*, 2023).

Uma abordagem integrada entre agroecologia e manejo sustentável de florestas plantadas pode proporcionar benefícios significativos tanto para o meio ambiente quanto para as comunidades locais. Isso pode incluir a integração de sistemas agroflorestais, que combinam cultivos agrícolas com árvores de valor comercial ou ambiental, promovendo a diversidade de culturas, a conservação do solo e a geração de renda para os agricultores (Figueiredo *et al.*, 2022).

Além disso, a agroecologia pode oferecer percepções ecológicas e práticas de manejo que podem ser aplicadas no manejo das florestas plantadas, contribuindo para sistemas florestais mais resilientes e sustentáveis. Em última análise, a colaboração entre essas duas áreas pode ajudar a promover sistemas de uso da terra mais equilibrados e harmoniosos, que atendam às necessidades dos agroecossistemas, das pessoas e dos biomas em longo prazo (Altieri, 2018; Souza, 2021; Xavier *et al.*, 2023; Ribeiro *et al.*, 2024).

Cabe considerar, que enquanto as práticas agroecológicas se concentram na criação de sistemas agrícolas sustentáveis baseados em princípios ecológicos mais amplos, as técnicas conservacionistas são medidas específicas para conservar e proteger recursos naturais, como solo e água, em sistemas agropecuários e de uso da terra (Souza, 2022; 2022b; 2022c; 2023).

5. Considerações

As atividades humanas frequentemente geram impactos e externalidades negativos no meio ambiente, muitas vezes inevitável devido à necessidade de produção de bens essenciais para nosso dia a dia. No entanto, é fundamental

que todas as ações humanas sejam planejadas de forma a minimizar esses danos, visando a sustentabilidade do ecossistema.

Diversas práticas, além das florestas plantadas, podem resultar na degradação dos solos, como o revolvimento excessivo do solo em atividades agrícolas, sem a devida manutenção da cobertura, expondo-o às intempéries climáticas. Essas práticas, se mantidas por longos períodos, podem resultar em danos graves, incluindo a perda da camada fértil do solo.

Os principais processos de degradação incluem a erosão do solo, a perda de biodiversidade e o surgimento de pragas e doenças. Para combater esses problemas, é essencial adotar práticas de manejo sustentável das florestas, como a diversificação de espécies, a execução de práticas silviculturais responsáveis e o monitoramento e controle de pragas.

O manejo eficaz de florestas plantadas requer uma abordagem integrada que leve em consideração os processos de degradação e os princípios da sustentabilidade. Ao adotar práticas responsáveis de manejo e promover a diversidade ecológica, podem-se garantir a qualidade e a produtividade desses importantes ecossistemas para as gerações futuras.

Portanto, é fundamental que os responsáveis por essas atividades se conscientizem sobre os danos ao meio ambiente e adotem práticas conservacionistas de produção. Além disso, é essencial investir em pesquisa para o desenvolvimento de técnicas mais eficientes e abrangentes, visando a recuperação não apenas de locais específicos, mas de regiões inteiras, em busca da recuperação ambiental completa e da preservação das comunidades locais.

6. Referências

- ADAMS, M. B.; LILLESKOV, E. A.; MCCULLEY, R. L. (Eds.). **Biogeochemistry of Forests**. CRC Press. 2020.
- ALMEIDA, M. R.; GUERRA, A. C. M.; BISPO, V. dos S. C.; TRUGILHO, G. A.; XAVIER, S. A. B.; NASCIMENTO, L. M. Q. do; AZEVEDO, P. L.; SOUZA, M. N. Produção de madeira, sequestro de carbono, SAFs e fomento florestal. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. VII. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. p. 150-182. ISBN: 978-65-84548-18-3. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-18-3.c5>

ALTIERI, M. A. **Agroecology**: the science of sustainable agriculture. By Miguel A. Altieri - 2nd ed. p. cm. Includes bibliographical references and index. ISBN 0-8133-1717-7 / ISBN 0-8133-1718-5 (pbk.). London, New York: Taylor & Francis Group Boca Raton, 2018. 448 p.

ALVAREZ, V. H. *et al.* Nutrição e fertilidade do solo. In: NOVAIS, R. F. *et al.* (Eds.). **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007.

ARAÚJO, E. D.; ALVINO, F. C. G.; FERREIRA, L. B.; CUNHA, F. F. da. Predictive models of water application and distribution efficiency in conventional sprinkling. **Engenharia Agrícola**, v. 40, n. 1, p. 24-33, 2020.

BARROS, A. P. V. **Produção de madeira e eficiência de uso de nutrientes modelados conforme a classe de produtividade de povoamentos clonais de eucalipto**. Tese (Doutorado)-Universidade Federal de Viçosa, 2021.

BARROS, N. F. **Notas de aula de SOL 645**: Solos de Ecossistemas Florestais. Departamento de Solos. Universidade Federal de Viçosa, MG. 2003.

BARROS, N. F. **Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical**. Viçosa: UFV, 2000, 124p. (Relatório da CAPES).

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Algumas relações solo-espécie de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Eds.) **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1990. p.1-24.

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**: Revista Eletrônica do Curso de Geografia - UFG/REJ, Jataí, Go, v. 29, p. 148-163, 20 dez. 2017. Disponível em: <http://revistas.ufg.br/index.php/geoambiente/index>. Acesso em: 14 nov. 2022.

BINKLEY, Dan et al. Explaining growth of individual trees: Light interception and efficiency of light use by Eucalyptus at four sites in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 9, p. 1704–1713, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.05.037>>.

BINKLEY, Dan et al. Light absorption and use efficiency in forests: Why patterns differ for trees and stands. **Forest Ecology and Management**, v. 288, p. 5–13, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2011.11.002>>

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., vol. 1, p. 304-326, 2021.

CARON, V. C.; GRAÇAS, J. P.; CASTRO, P. R. C. **Série produtor rural**: condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2015. n. 58. 46 p.

CASTRO, F. S. **Zoneamento agroclimático para a cultura do Pinus no Estado do Espírito Santo**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, p. 101. 2008.

CORDEIRO, I. M. C. C.; BARROS, P. L. C. de.; LAMEIRA, O. A.; GAZEL FILHO, A. B. Avaliação de plantios de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) de diferentes idades e sistemas de cultivo no município de Aurora do Pará - PA (Brasil). **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 679-687, 2015. Doi: <https://doi.org/10.5902/1980509819618>.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO F. A. O. (Org.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 197-226.

DAILLY, H. Nutrient Cycling in Agroforestry Systems: A Review. **Agroforestry Systems**, v. 92, n. 2, p. 365-381, 2018.

DU, C.-W.; ZHOU, J.-M.; SHAVIV, A. Release Characteristics of Nutrients from Polymer-coated Compound Controlled Release Fertilizers. **Journal of Environmental Polymer Degradation**, v. 14, n. 3, p. 223-230, 2006. Doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s10924-006-0025-4>.

ELLI, Elvis Felipe et al. Assessing the growth gaps of Eucalyptus plantations in Brazil – Magnitudes, causes and possible mitigation strategies. **Forest Ecology and Management**, v. 451, n. February, p. 117464, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117464>>.

FAO. **Global Forest Resources Assessment 2020**. 1. ed. Rome, Italy: FAO - Food and Agriculture Organization of United Nations, 2020. Disponível em: <<https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/ca9825en>>.

FERREIRA, E. P. de B.; STONE, L. F.; MARTIN-DIDONET, C. C. G. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção. **Revista Ciência Agronômica**, [s. l.], v. 48, n. 1, p. 22-31, jan. 2017.

FERREIRA, M. B.; GAVILANES, M. L. Reintrodução de essências nativas na recomposição das formações naturais. **Informe Agropecuário**, v. 7, n. 80, p. 50-58, 1981.

FIGUEIREDO, J. S. M.; VARDIERO, L. G. G.; XAVIER, S. A. B.; SILVA, M. A. B. da; ARAUJO, O. P.; PEIXOTO, P. M. C.; PERON, I. B.; OLIVEIRA, F. S. de; SOUZA, M. N. Agroecologia como meio para a sustentabilidade da agricultura familiar. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 99-126. 2022. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7.c3>

FORD, E. D., The dynamics of plantation growth. In: BOWER, G.D.; NAMBIAR, E.K.S. **Nutrition of plantation Forest**. London: Academic Press, 1994. p. 234-257.

FORTALEZA, A. P.; FILHO, J. J. P. do. N.; CERETTA, R. P. da. S.; BARROS, D. de. S.; SILVA, S. S. da. Biomassa de espécies florestais para produção de carvão vegetal. **Ciência Florestal**, v. 29, p. 1436-1451, 2019.

GRESPLAN, S. L. **Produção e eficiência nutricional de clones de eucalipto no norte do Espírito Santo e suas relações com características do solo**. 1997, 81f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GUELFÍ, D. R. Tecnologias de fertilizantes de liberação lenta e controlada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 11, p. 757-762, 2017.

GUN, M.; TAVMAN, S.; GÜNER, M. Slow-release fertilizers: a review. **International Journal of Plant & Soil Science**, v. 3, n. 5, p. 481-494, 2014.

HAKAMADA, Rodrigo Eiji et al. Influence of stand density on growth and water use efficiency in Eucalyptus clones. **Forest Ecology and Management**, v. 466, n. January, 2020

IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório Anual IBÁ - 2023**. 2023.

JORDAN, C. F.; KLINE, J. R. Mineral cycling: some basic concepts and their application in tropical rain forest. **Ann. Ver. Ecol. Systematic**, v. 3, p. 33-50, 1972.

LADEIRA, B. C. **Crescimento, produção de biomassa e eficiência nutricional de *Eucalyptus* spp., sob três espaçamentos, em uma sequência de idades**. 1999, 132f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LOURENÇO, R. D-S. **Irrigação e fertirrigação em eucalipto: análise do desempenho e identificação de fatores limitantes ao crescimento**. Universidade Federal de Viçosa, abril de 2024. Tese (Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa). 2024. 97 p.

MADUREIRA, G. C. **Eficiência nutricional, ciclagem bioquímica e modelagem do crescimento de árvores de *Tectona Grandis***. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, 2021.

MALLMANN, V.; ARAGÃO, R. F. R.; PESTANA, V. J.; BARTIERES, E. M. M.; ARAGÃO, L. W. W. R.. Sistemas agroflorestais e agroecologia, uma alternativa para recuperação de áreas degradadas. **Revista Online de Extensão e Cultura**: Realização, Dourados, v. 5, n. 9, p. 66-72, 20 ago. 2018.

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>.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principle of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1978, 593 p.

MOREIRA, J. M. M. A. P.; SIMIONI, F. J.; OLIVEIRA, E. B. de. Importância e desempenho das florestas plantadas no contexto do agronegócio brasileiro. **Floresta**, v. 47, n. 1, p. 85-94, 2017.

NARDINI, Claiton et al. Biomass and radiation use efficiency in Eucalyptus plantations as affected by spacing of planting. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, v. 48, n. 128, p. 1–14, 2021

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>

NOGUEIRA, D. A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Eds.). **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2016.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Eds.). **Relação Solo-Eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p. 25-98.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434 p.

OLIVEIRA, F. S. DE; DESTEFANI, J. D.; , TAVARES, L. R.; PÁSCHOA, J. C. V. DA; CRESPO, A. M.; ARAUJO, O. P.; PEIXOTO, P. M. C.; SIQUEIRA, C. B.; CORTAT, L. H.; SOUZA, M. N. Microrganismos simbiotes: fixação biológica de nitrogênio e recuperação de pastagens degradadas. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. II. Canoas: Mérida Publishers Ltda. 2021. p. 243-275. <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-994457-2-9.c6>

PAULA, R. C. Exportação de nutrientes por famílias de meio-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*. In: CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS, 1997, Salvador. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA - CNPF/ DEHNH/ IUFRO, vol.1, 1997. p.200 -204.

PIMENTA, J. M. A.; SANTOS, A. L. R. dos; VERA, D. E.; DEKNES, L. B.; WOICIECHOWSKI, T. Diagnóstico ambiental e recomendações para recuperação de área degradada em Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Principia**, João Pessoa, v. 59, n. 2, p. 445-466, 2022.

POGGIANI, F.; STAPE, J. L.; GONÇALVES, J. L. M. Indicadores de sustentabilidade das plantações florestais. **Série técnica IPEF**, v. 12, n. 31, 1998. p. 33-44.

REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de Eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Eds.). **Relação Solo-Eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p. 265-301.

RENGASAMY, P. Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. **Functional Plant Biology**, v. 37, n. 7, p. 613-620, 2010.

RIBEIRO, R. A. V.; MANSUR, G. M. R.; CÓ, W. L. O.; GOLÇALVES, M. M.; FIGUEIREDO, J. S. M.; COSTA, W. M. da; SOUZA, M. N. Agroecologia e sua importância no contexto da sustentabilidade. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em gestão ambiental**. Vol. I. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2024. p. 98-129. ISBN: 978-65-84548-22-0. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-22-0.c3>

RIBEIRO, V. M.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F.; TEIXEIRA, W. G. Growth and nutrient accumulation of native tree species in reforestation areas with different soil tillage practices. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 4, 2019. DOI: 10.1590/2179-8087.043018.

ROMANELLI, J. P.; MELI, P.; SANTOS, J. P. B.; JACOB, I. N.; SOUZA, L. R. de.; RODRIGUES, A. V.; TREVISAN, D. P.; HUANG, C.; ALMEIDA, D. R.; SILVA, L. G. M.; ASSAD, M. L. R. C. L.; CADOTTE, M. W.; RODRIGUES, R. R. Biodiversity responses to restoration across the Brazilian Atlantic Forest. **Science of The Total Environment**, p. 153403, 2022.

SANTANA, P. H. L.; THIENGO, C. C.; BURAK, D. L.; OLIVEIRA, D. M. de; MENDONÇA, E. de S.. Adoção de biotecnologias para revegetação mais eficiente por feijão-de-porco e crotalária em rejeito de minério de ferro. **Colloquium Agrariae**, [S. L.], v. 16, n. 5, p. 1-13, 2020.

SILVA, A. de A. *et al.* Estoques de carbono e nitrogênio no Sistema Silvopastoril com Núcleos: a nucleação aplicada viabilizando a pecuária de baixo carbono. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 9, n. 10, p. 1-30, 26 set. 2020. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8589>.

SILVA, A. R.; SALES, A. Crescimento e produção de paricá em diferentes idades e sistemas de cultivo. **Advances in Forestry Science**, v.5, n.1, p.231-235, 2018.

SMITH, J. L.; PAUL, E. A. The significance of soil microbial biomass estimations. In: BOLLAG, J. M.; STOTZKY, G. (Eds.). **Soil Biochemistry**. New York: Marcel Decker, v. 6, 1990. p. 357-396.

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. III. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2022c. 347 p. ISBN: 978-65-84548-04-6. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6>.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2022b. 304 p. ISBN: 978-65-84548-10-7. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7>.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. III. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2022. 347 p. ISBN: 978-65-84548-04-6. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6>.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1>.

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.

SOUZA, M. N. Recuperação ambiental ou recuperação de áreas degradadas: conceitos e procedimentos. p. 11-57. In: SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. VOL. I. CANOAS: Mérida Publishers, 2021.133 p.

TEIXEIRA, W. G.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; LEITE, F. P. Soil management and plant nutrition strategies for sustainable development of forest plantations. In: **Soil Management and Climate Change**, p. 295-312, 2018.

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

UCHÔA, S. C. P. **Dinâmica de formas lábeis e não lábeis de enxofre no solo**. 1999. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

WHITMORE, T. C. Secondary succession from seed in tropical rain forests. In: **Forestry abstracts**, Oxford, v. 44, n. 12, p. 767-79, 1983.

XAVIER; S. A. B.; MOREIRA; T. B. R.; CASSA, N.; CRESPO, A. M.; LOUBACK, G. C.; PERON; I. B.; VARDIERO, L. G. G.; SOUZA, M. N. Agroecologia aplicada aos procedimentos de recuperação de áreas degradadas. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c3>

CAPÍTULO 6

A importância do componente arbóreo nos sistemas agroflorestais

Adriana Rezende Bighi, Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira, Camille Rezende Sartorio, Isabella da Costa Teixeira, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-25-1.c6>

Resumo

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) combinam práticas agrícolas e florestais em uma mesma área, integrando árvores, culturas agrícolas e, muitas vezes, criação de animais, promovendo uma interação sinérgica entre os componentes. O componente arbóreo, frequentemente considerado o coração dos SAFs, desempenha um papel fundamental ao promover biodiversidade, proteger o solo contra a erosão, conservar a água e contribuir para a mitigação das mudanças climáticas por intermédio do sequestro de carbono. Além disso, as árvores proporcionam conforto térmico, melhorando o ambiente de trabalho e, quando bem manejadas, podem resultar em melhorias ambientais, estabilidade econômica e melhores condições de vida para os agricultores, contribuindo para a permanência no campo. Contudo, a expansão dos SAFs enfrenta desafios como a falta de acompanhamento técnico, controle financeiro, educação dos agricultores, adesão a associações e presença de agroindústrias. Portanto, uma participação mais ativa dos governos é fundamental para superar esses obstáculos e promover práticas agropecuárias mais sustentáveis e resilientes.

Palavras-chave: Biodiversidade. Conservação do solo. Mitigação das mudanças climáticas. Conforto térmico. Estabilidade econômica dos agricultores. Manejo arbóreo. Participação governamental. Sinergia agrícola-florestal. Resiliência agropecuária.

1. Introdução

Os sistemas agroflorestais (SAFs) representam uma abordagem inovadora e sustentável para a produção agrícola, combinando práticas agrícolas e florestais em uma mesma área. Estes sistemas integram árvores, culturas agrícolas e, muitas vezes, criação de animais, promovendo uma interação sinérgica entre os componentes. Dentro deste contexto, o componente arbóreo desempenha um papel fundamental, sendo frequentemente considerado o coração do SAF (Figura 1).



Figura 1. Recuperação de APPs e pastagens com espécies arbóreas: IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2023.

Dessa maneira, os SAFs são atividades integradoras que aperfeiçoam o uso da terra e oferecem potenciais benefícios tanto ecológicos quanto econômicos. Em outras palavras, promovem a sustentabilidade ambiental e socioeconômica. (Schembergue *et al.*, 2017). Assim, ao combinar árvores, culturas agrícolas e, muitas vezes, criação de animais em uma mesma área, os SAFs otimizam o uso da terra, aumentando a eficiência produtiva e reduzindo os impactos ambientais negativos (Figura 2).

Em termos ecológicos, os SAFs promovem a biodiversidade, protegem o solo contra a erosão, conservam a água e contribuem para a mitigação das mudanças climáticas ao sequestrarem carbono da atmosfera. Além disso, ao adotar práticas agrícolas mais sustentáveis, os SAFs ajudam a preservar os recursos naturais e os ecossistemas locais (Silva *et al.*, 2021; Lima *et al.*, 2022;

Silva et al., 2022; Almeida et al., 2023; Crespo; Souza; Silva, 2023; Gonçalves; Oliveira; Souza, 2024).



Figura 2. SAF em fase inicial de implantação: espécies arbóreas produzindo elevado volume de serapilheira. Fonte: Acervo: Dário Rodrigues, 2024.

Além disso, a sombra das árvores proporciona conforto térmico, melhorando assim o ambiente de trabalho. Essas características são essenciais em um sistema de produção e, se bem compreendidas e conduzidas, podem resultar em melhorias ambientais, estabilidade econômica, redução dos riscos e incertezas de mercado, e melhoria das condições de vida dos agricultores e de suas famílias, contribuindo para a permanência do homem no campo (Duarte, 2011) (Figuras 3).



Figuras 3. Sombreamento *versus* conforto animal. Fonte: Gonçalves; Oliveira; Souza, 2024. Foto: Margarida Carvalho.

Nesse sentido, as árvores nos SAFs não são apenas elementos estéticos ou de sombreamento: elas desempenham funções multifacetadas que

contribuem significativamente para a resiliência, produtividade e sustentabilidade do sistema na totalidade.

Portanto, será explorada neste capítulo a importância do componente arbóreo nos SAFs, analisando os múltiplos benefícios proporcionados pelas árvores e os desafios e oportunidades associados ao manejo arbóreo nesses sistemas. Ao se compreenderem a relevância e o potencial das árvores nos SAFs, estar-se-ão melhor preparados para promover práticas agropecuárias mais sustentáveis, resilientes e harmoniosas com o meio ambiente.

2. Os sistemas agroflorestais

Conforme a Embrapa (2021), os SAFs são caracterizados pela sua biodiversidade e pela sua capacidade de promover melhorias ambientais. Consistem em plantios de várias espécies vegetais dentro da mesma área, formando consórcios. Esses sistemas incluem árvores e arbustos tanto nativos quanto exóticos, juntamente com culturas agrícolas de diferentes ciclos. Dessa forma, a seleção das espécies vegetais para compor um sistema agroflorestal é determinada pelos objetivos individuais de cada agricultor (a). Uma abordagem comum é a introdução de uma ampla variedade de árvores, arbustos e culturas agrícolas no sistema.

A diversificação da produção agroflorestal proporciona maior resistência a eventos climáticos adversos e reduz a dependência dos agroecossistemas em relação à comercialização de um único tipo de cultura. Isso contribui para estabilizar a renda monetária, permitindo a comercialização direta e uma relação mais próxima entre agricultor e consumidor final. Além do aspecto monetário, os SAFs também envolvem o capital ecológico e humano, os quais são desenvolvidos internamente, possibilitando o autoconsumo, o armazenamento de sementes e a alimentação dos animais. Assim, a reprodução técnica dos agroecossistemas apoia a autonomia local por meio da soberania alimentar (Frederico; Moral, 2022).

Na perspectiva agroecológica, os SAFs são considerados vantajosos em termos ecológicos, sociais e econômicos, representando uma abordagem adaptada às características locais e não padronizada no uso da terra. A

agrofloresta é vista como uma possível solução para diversos problemas ambientais, devido à sua capacidade de sequestro de carbono e à redução da dependência de combustíveis fósseis. Além disso, do ponto de vista econômico, ela requer um baixo investimento monetário (Ollinaho; Kröger, 2021) (Figura 4).



Figura 4. Produção de composto a partir da serapilheira produzida pelos componentes arbóreos. Fonte: Acervo Dário Rodrigues, 2024.

Dessa forma, a diversidade é uma das características dos SAFs biodiversos que é vista como um fator que promove sua viabilidade. Essa diversificação não apenas beneficia o bem-estar socioeconômico dos agricultores, mas também contribui para a conservação dos recursos naturais, oferecendo várias opções de uso para seus componentes, incluindo frutas, madeira, plantas medicinais e matéria-prima para artesanato (Almeida *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2022). Os autores ressaltam também que esses SAFs são resultados da aplicação dos conhecimentos específicos de cada agricultor, diretamente ligados às demandas do mercado, às necessidades de segurança alimentar e às mudanças que ocorrem nesse contexto.

Entretanto, Camargo *et al.* (2017) ressaltam como principais obstáculos para o avanço dos SAFs biodiversos, podem ser apontados: a falta de acompanhamento técnico adequado e regular; a ausência de controle financeiro em uma parcela significativa das propriedades; o nível educacional limitado dos agricultores; a baixa adesão a associações e a ausência de agroindústrias.

Esses resultados evidenciam a necessidade de uma participação mais ativa dos governos (federal, estadual e municipal), com o planejamento e implementação de medidas para resolver esses problemas, os quais podem dificultar a adoção dos SAFs em muitas regiões.

Apesar disso, a introdução de SAFs traz benefícios tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental, contribuindo para a sustentabilidade em longo prazo. Os SAFs possibilitam a diversificação das fontes de renda para os agricultores ao combinar a produção agrícola com a silvicultura, diminuindo a dependência de uma única cultura e garantindo estabilidade financeira. Embora o investimento inicial na implementação dos SAFs possa ser significativo, a diversidade de culturas e a interação entre as espécies resultam em uma maior produtividade e resiliência às condições climáticas variáveis ao longo do tempo (Oliveira; Soares; Rocha, 2023) (Figura 5).



Figura 5. Componentes arbóreos na composição do SAF e o manejo do mato auxiliando na ciclagem de nutrientes. Fonte: Acervo Dário Rodrigues, 2024.

3. O componente arbóreo nos SAFs

Diversos estudos investigam a contribuição de resíduos orgânicos para o solo e seus efeitos benéficos, encorajando práticas que enfatizam esse aporte e favorecem a restauração da matéria orgânica do solo. Nos SAFs, as árvores

naturalmente fornecem resíduos como folhas, frutos, flores e galhos, seja por meio de suas quedas naturais ou de podas realizadas. Além disso, debaixo do solo, ocorre a liberação de exsudatos pelas raízes e a decomposição das mesmas, contribuindo ainda mais para o enriquecimento orgânico do solo (Duarte, 2011) (Figura 6).



Figura 6. Resíduos orgânicos - deposição de serapilheira via componente arbóreo associada ao manejo do mato: ciclagem de nutrientes e restabelecimento da biota do solo. Fonte: Acervo Dário Rodrigues, 2024.

As árvores nos SAFs podem atuar como quebra-ventos naturais, reduzindo a erosão do solo e protegendo as culturas contra condições climáticas adversas. Além disso, elas contribuem para a ciclagem de nutrientes, o sequestro de carbono atmosférico e a conservação da biodiversidade, tornando os SAFs ecologicamente sustentáveis.

Ademais, ao introduzir árvores nas áreas de cultivo, os SAFs têm o potencial de diminuir os gastos relacionados à manutenção do solo e ao controle de pragas. As árvores podem atuar como barreiras naturais contra o vento, reduzindo a erosão do solo e oferecendo sombra para as culturas, diminuindo a necessidade de irrigação. Além de produzir alimentos diretamente, os SAFs proporcionam serviços ecossistêmicos, como a absorção de carbono, a preservação da biodiversidade e a proteção dos recursos hídricos. A valorização

desses serviços pode incrementar a renda dos agricultores, especialmente em mercados que reconhecem e premiam práticas agrícolas sustentáveis (Oliveira; Soares e Rocha, 2023) (Figura 7).



Figura 7. Deposição de serapilheira e banco de sementes/plântulas via componente arbóreo: ciclagem de nutrientes, restabelecimento da biota do solo e recuperação da biodiversidade do agroecossistema. Fonte: Acervo Dário Rodrigues, 2024.

Consoante a Aguiar Junior *et al.* (2021), o componente arbóreo nos SAFs desempenha um papel fundamental na sua estrutura e funcionamento. Devido à diversidade de modelos de SAF, que podem apresentar diferentes combinações e arranjos entre os componentes (arbóreo, agrícola, forrageiro e, ou, animais), é essencial considerar todas as variáveis individuais de cada componente.

Nesse contexto, de acordo com esses mesmos autores, as características morfológicas das espécies arbóreas ganham destaque, uma vez que a escolha inadequada pode comprometer aspectos técnicos cruciais para a viabilidade do sistema como um todo. Portanto, a seleção criteriosa das espécies arbóreas, considerando fatores como o porte, o sistema radicular, a tolerância a condições ambientais específicas e as interações com os demais componentes, é fundamental para o sucesso e a sustentabilidade dos SAFs.

De acordo com Aguiar Junior *et al.* (2021), a árvore cuja copa tem um crescimento uniforme oferece uma vantagem em um SAF, pois permite prever o

nível de sombreamento do sub-bosque e as interações possíveis entre os componentes do sistema. Já em termos de proteção do solo, espécies com sistemas radiculares robustos e estrutura de copa adequada podem ajudar a reduzir a erosão e a compactação do solo, além de melhorar a infiltração da água. Isso é particularmente importante em regiões propensas à erosão e à degradação do solo, onde a preservação da camada fértil é essencial para a produção agrícola sustentável.

4. Escolha do componente arbóreo

A escolha das espécies para a implantação de um SAF é fundamental para o sucesso e a sustentabilidade desses sistemas. A seleção adequada das espécies arbóreas, agrícolas e, quando aplicável, animais, influencia diretamente a produtividade, a resiliência e os benefícios ambientais do SAF. Além disso, a pretensa destinação dos produtos oriundos destes cultivos deve ser cuidadosamente planejada para maximizar os benefícios econômicos e sociais dos agricultores envolvidos (Altieri, 2002; Schroth *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2022; Gonçalves; Oliveira; Souza, 2024; Lima *et al.*, 2022; Crespo; Souza; Silva, 2023) (Figura 8).

A escolha das espécies deve considerar vários fatores, incluindo a compatibilidade entre as espécies, a adaptabilidade ao clima e ao solo local, o ciclo de vida das plantas, e as interações ecológicas que podem ocorrer no sistema. Espécies que apresentam complementaridade em termos de necessidades de nutrientes e espaço podem melhorar a eficiência do uso dos recursos e aumentar a produtividade geral do SAF (Altieri, 2002; Almeida *et al.*, 2023). Além disso, a diversidade de espécies pode aumentar a resiliência do sistema contra pragas, doenças e eventos climáticos extremos (Jose, 2009).

A destinação dos produtos dos SAFs também deve ser bem planejada. Produtos como frutas, madeira, mel e ervas medicinais podem ser comercializados diretamente ou processados para agregar valor, aumentando a renda dos agricultores (Schroth *et al.*, 2004). A escolha das espécies deve, portanto, alinhar-se com as demandas de mercado e as capacidades de processamento local, bem como com os objetivos socioeconômicos dos

agricultores e das comunidades envolvidas (Oliveira; Souza, 2024; Lima *et al.*, 2022; Crespo; Souza; Silva, 2023).



Figura 8. SAF biodiverso com espécies frutíferas em consórcio com café. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2024.

Dentre as espécies destacadas na formação dos SAFs, aquelas pertencentes ao gênero *Eucalyptus* são amplamente empregadas, pois muitas delas possuem uma estrutura de copa que proporciona o nível de sombreamento ideal para o sistema. Essa vantagem pode ser atribuída ao padrão de crescimento das copas dessas espécies, que geralmente são bem delineadas e apresentam pouca densidade (Paciullo *et al.*, 2007)

Jeromini *et al.* (2017) destacam que espécies que apresentam um crescimento inicial rápido possibilitam antecipar práticas comuns nos SAFs, como a introdução de animais na área. Por outro lado, se a espécie utilizada tiver um crescimento lento em altura e diâmetro, isso resultará em custos mais elevados com práticas culturais, como controle de plantas daninhas, além de uma subutilização da área. Isso ocorre porque, ao introduzir outros componentes, especialmente animais, aumentam-se os riscos de danos físicos e competitivos ao componente arbóreo do sistema.

Dessa maneira, a escolha das espécies arbóreas certas pode influenciar diretamente na produtividade das culturas consorciadas. Por exemplo, árvores que fornecem sombra adequada podem ajudar a reduzir o estresse hídrico das

culturas, especialmente em áreas com altas temperaturas ou em períodos de seca. Da mesma forma, algumas espécies arbóreas conseguem fixar nitrogênio atmosférico, enriquecendo o solo com nutrientes essenciais para o crescimento das culturas.

A fixação biológica de N desempenha um papel essencial na promoção da fertilidade do solo, e os SAFs destacam-se como ambientes propícios para essa função crucial. Esse processo ocorre principalmente por meio da simbiose entre plantas leguminosas, como árvores e arbustos, e bactérias do gênero *Rhizobium*, resultando em benefícios significativos para a saúde do solo e para as plantas cultivadas (Huang *et al.*, 2016; Carvalho *et al.*, 2019). Essa abordagem sustentável desempenha um papel fundamental na redução da dependência de fertilizantes nitrogenados sintéticos, promovendo sistemas agropecuários mais equilibrados e resilientes.

Porfírio-da-Silva (2006) enfatiza que a seleção das espécies arbóreas deve ser embasada em uma análise de mercado, visando identificar os potenciais produtos a serem obtidos. Assim, é fundamental compreender adequadamente as demandas do mercado local, regional ou mesmo internacional para a produção. Além disso, é fundamental considerar as exigências de escala e os padrões de qualidade. É comumente aceito que produtos mais sofisticados tendem a gerar maiores lucros. No entanto, para agregar valor aos produtos, é necessário realizar investimentos e adquirir capacitação técnica.

Ademais, Balbino, Barcelos e Stone (2011) afirmam que a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) requer a inclusão obrigatória do componente arbóreo (florestal) em suas atividades. Essa incorporação do componente arbóreo aos elementos de lavoura e pastagem representa um avanço inovador na abordagem da ILP, culminando no conceito de ILPF. Este último é caracterizado como uma estratégia de produção sustentável que combina atividades agrícolas, pecuárias e florestais em uma mesma área, seja por meio de cultivo consorciado, sucessão ou rotação.

O plantio de árvores pode ser direcionado para a produção de madeira, celulose ou outros recursos florestais. Uma disposição estratégica das árvores pode proporcionar sombra, proteção contra ventos e, simultaneamente, contribuir para a ciclagem de nutrientes. A integração da criação de animais,

como bovinos, ovinos ou aves, em áreas que combinam pastagens e sombreamento fornecido pelas árvores é uma prática vantajosa. Recomenda-se a seleção de árvores que facilitem uma ciclagem eficiente de nutrientes, melhorando a fertilidade do solo e reduzindo a dependência de insumos externos (Cordeiro *et al.*, 2017) (Figuras 9).



Figuras 9. Animais pastejando em condições de sombreamento: melhoria das condições de bem-estar. Fonte: SIPA³, 2023.

Sendo assim, a inclusão do componente arbóreo nesse contexto não apenas amplia a diversidade produtiva, mas também promove uma série de benefícios ambientais, sociais e econômicos, contribuindo assim para o desenvolvimento de sistemas agropecuários mais resilientes e sustentáveis.

Em pesquisa realizada por Pereira, Padovan e Serrano (2021), foi observado que em Mato Grosso do Sul a abordagem mais comum para estabelecer SAFs biodiversos consiste em preservar as espécies arbóreas já presentes na área designada para os sistemas, complementando com o plantio de mudas e sementes e realizando um manejo seletivo das novas árvores que surgem no local, adotada por 53,4% dos agricultores. Outra estratégia amplamente empregada, especialmente quando não há árvores na área, envolve o plantio de mudas de espécies arbustivas e arbóreas em densidade média, complementada pelo enriquecimento com sementes, conforme relatado por 35,7% dos agricultores.

³ Sistema Integrado de Produção Animal. Fonte: <https://www.aliancasipa.org/sobre/o-que-sao-os-sipa/>

Essa estratégia demonstra um reconhecimento da importância da diversidade vegetal e do papel das árvores na estruturação e funcionalidade do sistema agroflorestal. Além disso, a adoção de práticas de manejo seletivo indica uma integração mais cuidadosa dos elementos naturais presentes na área. Por outro lado, quando não há árvores na área, os agricultores recorrem ao plantio de mudas de espécies arbustivas e arbóreas em densidade média, complementado pelo enriquecimento com sementes, evidenciando uma adaptação das práticas conforme as condições locais.

Na Amazônia, a produção animal é um componente fundamental para a exploração agropecuária sustentável, focada na criação de ruminantes para leite e carne. Este sistema promove a recuperação e manejo de pastagens, nutrição e alimentação adequadas, conservação, melhoramento genético e reprodução de bubalinos, além de avaliar indicadores de sustentabilidade. São estudados sistemas produtivos sustentáveis com peixes, animais silvestres e meliponicultura, visando o aproveitamento racional dos recursos naturais em pequenas áreas (Figura 10).

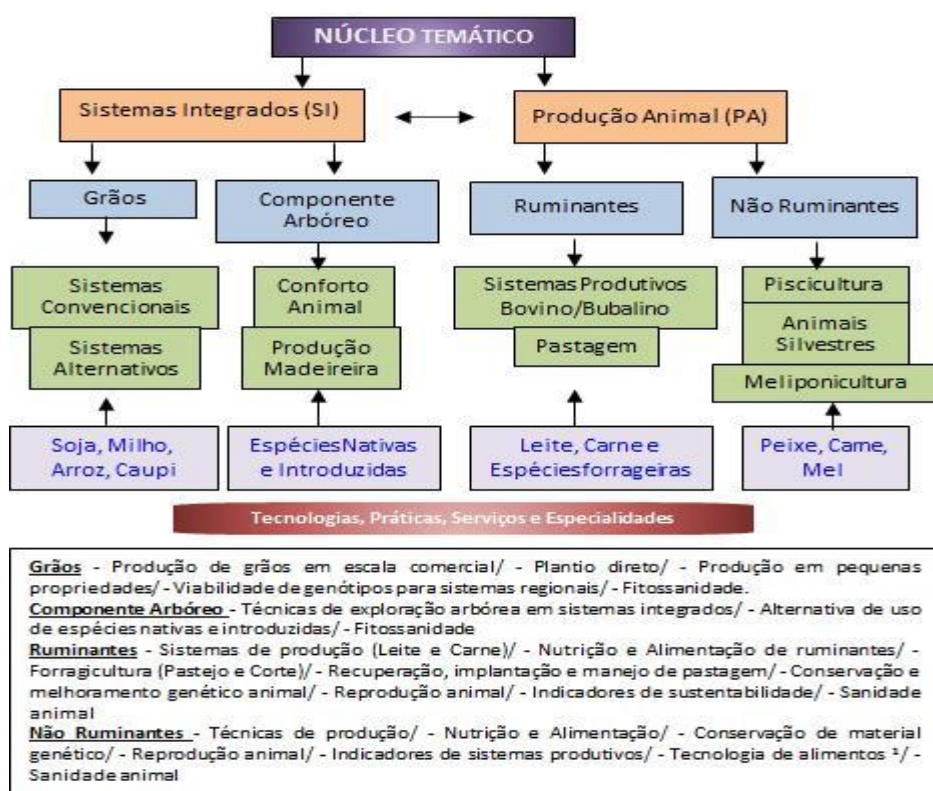


Figura 10. Sistemas integrados de produção animal. Fonte: <https://www.embrapa.br/amazonia-oriental/nucleo-de-sistemas-integrados-e-producao-animal>.

5. Vantagens do componente arbóreo no SAF

A integração de componentes arbóreos nos SAFs apresenta uma série de vantagens que contribuem significativamente para a sustentabilidade e a eficiência desses sistemas agropecuários. Ao incorporar árvores nas áreas de cultivo, os SAFs promovem uma maior diversidade biológica, melhoram a qualidade do solo, aumentam a eficiência no uso da água e proporcionam uma série de serviços ecossistêmicos. Segundo Perez (2022), os SAFs conseguem ser usados como instrumentos para a recuperação de florestas e de áreas degradadas. Além disso, estabelecem que todas as propriedades rurais devem destinar 20% de sua área total para manter cobertura vegetal, conhecida como Reserva Florestal Legal (RFL) ou, de forma simplificada, Reserva Legal (RL).

O emprego de SAFs para recuperar ambientes degradados tem demonstrado impactos positivos na qualidade físico-química desses solos, bem como na atividade microbiana, devido à considerável contribuição de matéria orgânica (Mendonça *et al.*, 2001; Crespo; Souza; Silva, 2023).

Os SAFs, que se assemelham a ecossistemas naturais em estrutura e diversidade, têm grande potencial para restaurar áreas e ecossistemas degradados. Eles podem ser utilizados tanto como uma estratégia de recuperação, visando reduzir custos por intermédio da compensação financeira em curto e médio prazo por meio de produtos agrícolas e florestais, quanto para a criação de agroecossistemas sustentáveis com produtos orgânicos e saudáveis. Os objetivos variam conforme as necessidades dos proprietários e a aptidão do ecossistema. A recuperação de fragmentos florestais, matas ciliares e outros ecossistemas pode ser economicamente viável devido à produção agrícola nos primeiros anos, enquanto as árvores crescem e a floresta se estabelece (Amador, 1999; Crespo, Souza e Silva, 2023) (Figura 11).

Essa abordagem destaca a importância dos SAFs não apenas como uma ferramenta de recuperação ambiental, mas também como uma forma de promover sistemas agrícolas mais sustentáveis e produtivos. Molina (2016) ressaltou o considerável potencial desses sistemas na recuperação de áreas degradadas, destacando que a diversidade biológica presente desempenha uma função comparável àquela observada em capoeiras em processo de regeneração.

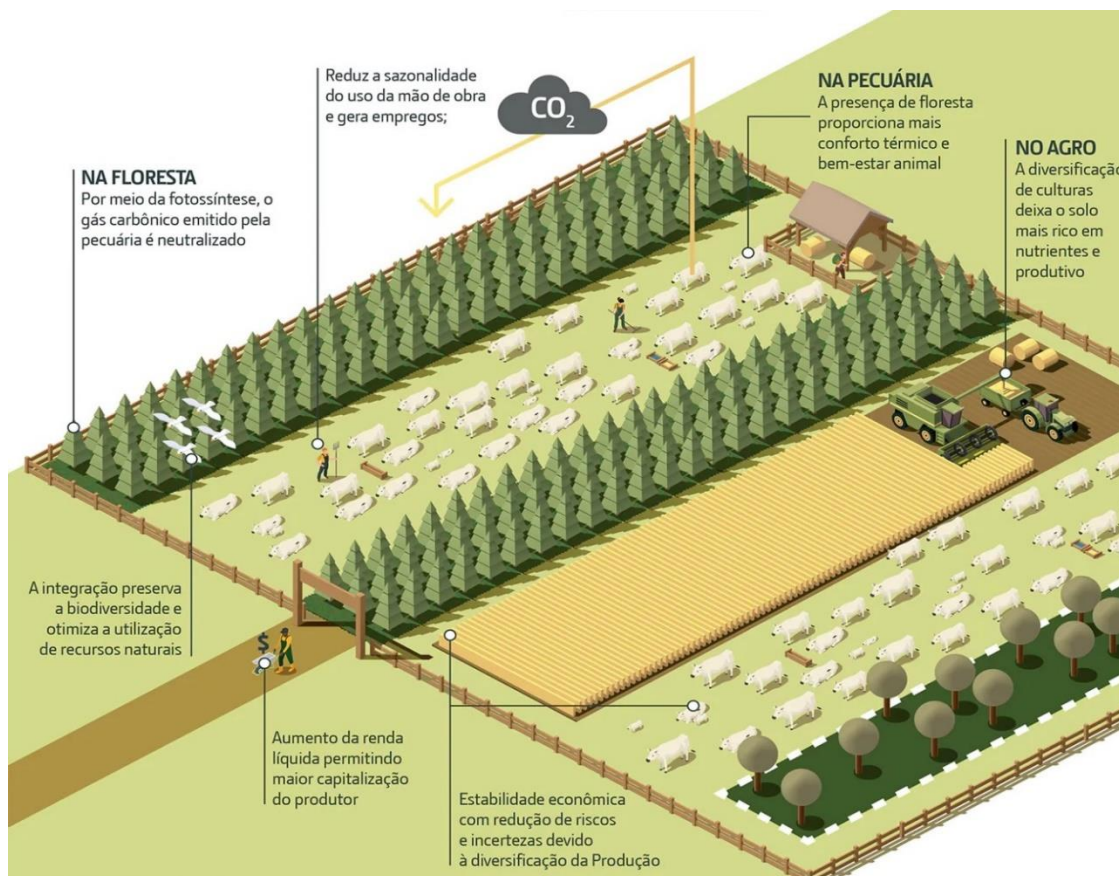


Figura 11. Vantagens do sistema integração-lavoura-pecuária-floresta. Fonte: <https://www.deere.com.br/pt/a-nossa-empresa/sustentabilidade/ilpf/>

Nesse viés, os SAFs também contribuem para a biodiversidade, como evidenciados pelo estímulo ao processo de regeneração natural de espécies, tanto as plantadas quanto as não plantadas. A regeneração vegetal natural se refere ao estrato da vegetação que engloba desde o banco de sementes até árvores jovens, abrangendo o processo de recuperação das florestas e a recuperação de sua composição e diversidade após um distúrbio (Odum, 1969; Silva *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2022; Gonçalves; Oliveira; Souza, 2024; Lima *et al.*, 2022; Crespo; Souza; Silva, 2023).

Para esses mesmos autores, nos SAFs que apresentam uma arquitetura florestal significativa, o ciclo da água é modulado distintamente em comparação aos monocultivos. Similarmente ao que ocorre em florestas naturais, as árvores atenuam o impacto das chuvas e melhoram a infiltração e o armazenamento de água de maneira mais eficaz. Isso se deve ao fato de que as raízes das árvores

criam uma extensa e densa rede de canais no solo, ampliando ainda mais a recarga dos lençóis freáticos.

Como resultado, em áreas de regeneração natural ou induzida, como as agroflorestas, observa-se um fortalecimento dos estoques de água, o que permite que os cultivos persistam durante períodos mais secos. Além disso, ao conservar e aumentar os estoques de água, a estratégia agroflorestal também contribui para processos de regeneração de nascentes, que haviam sido praticamente extintas devido à irrigação intensiva, ao manejo intensivo do solo e à cobertura vegetal sazonal e limitada (Canuto, 2017).

Segundo Crespo, Souza e Silva (2023), nos SAFs, a prática da poda das árvores não apenas resulta em um aporte regular de matéria orgânica ao solo, mas também desempenha outras funções. Além de revitalizar o sistema, a poda pode estimular o aumento do volume de solo explorado pelas raízes, induzindo o surgimento de novas raízes secundárias. Salientam que o funcionamento dos SAFs está associado à quantidade de nutrientes liberados durante a decomposição da matéria orgânica adicionada ao solo.

Além disso, um estudo realizado em Belterra, Pará, investigou três SAFs geridos por agricultores familiares. O nitrogênio (N) foi o nutriente mais abundante na serapilheira nos diferentes sistemas estudados. A presença da espécie *Moringa oleifera* nos SAFs contribuiu para os maiores teores de N. A espécie *Spondias mombin*, seja em SAFs implantados ou em regeneração natural, apresentou maior estoque de N devido ao maior conteúdo de fração foliar produzido. No sistema composto por pimenta-do-reino, moringa e cumaru, foi observada a maior taxa de decomposição, menor tempo de renovação e a maior adição de N via fixação biológica, resultando em uma ciclagem de nutriente mais eficiente (Rebêlo *et al.*, 2022).

Uma pesquisa conduzida por Paula *et al.* (2025) teve como objetivo examinar o papel das leguminosas arbóreas, *Gliricidia sepium* e *Acacia angustissima*, plantadas em fileiras alternadas com bananeiras, como adubo verde na implementação de um SAF. Os resultados do estudo indicaram que as elevadas taxas de produção de biomassa dessas leguminosas podem promover a melhoria em longo prazo da fertilidade do solo e o aumento da disponibilidade de nutrientes para as culturas intercalares. Além disso, foi observado que o curto

tempo de decomposição da *Gliricidia sepium* pode ser benéfico para as culturas intercalares. Essa descoberta enfatiza como o componente arbóreo nos SAFs desempenha um papel fundamental na melhoria da qualidade do solo e no aumento da produtividade das culturas (Figura 12).



Figura 12. *Gliricidia sepium* e seus benefícios para culturas intercalares. Fonte: https://www.tropicalforages.info/text/entities/gliricidia_sepium.htm. Foto: Chris Gardiner, 2022.

Igualmente, um estudo conduzido por Souza e Pinã-Rodrigues (2013) teve como propósito comparar o crescimento de diferentes espécies arbóreas em distintos modelos de SAFs, com o intuito de fornecer percepções que facilitem sua utilização na restauração de áreas degradadas na Floresta Ombrófila Densa, situada no município de Paraty, Rio de Janeiro. A pesquisa foi realizada em Áreas de Preservação Permanente (APPs) previamente degradadas e posteriormente recuperadas por meio de SAFs, adotando o modelo de Sistemas Agroflorestais Regenerativos e Análogos (SAFRAs). A aplicação do modelo SAFRA nessas APPs promoveu a formação de uma estrutura vertical e horizontal semelhante àquela encontrada em florestas naturais, demonstrando uma característica ecológica fundamental para estabelecer processos benéficos na recuperação de áreas degradadas.

Essa característica ecológica é fundamental para estabelecer processos benéficos na recuperação de áreas degradadas, realçando a importância do componente arbóreo nos SAFs como facilitador da recuperação ambiental ecológica.

A utilização de adubos verdes, especialmente leguminosas, entre as fileiras das árvores em SAFs pode ser uma prática benéfica para a fertilidade do solo e o desenvolvimento das culturas. Conforme Alcantara, Stone e Didonet (2016), para manter a fertilidade do solo e suprir as necessidades nutricionais das culturas, é comum utilizar adubos verdes, especialmente aqueles compostos por leguminosas, que são cultivados entre as fileiras antes do plantio das culturas comerciais. Na região do Cerrado, leguminosas como Crotalária (*Crotalaria juncea* L.), feijão de porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC), mucuna-preta (*Estilozobium aterrimum* (Piper e Tracy) Merr.) e guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) são amplamente empregadas para essa finalidade. Além de fixarem o N atmosférico, essas plantas são eficazes na reciclagem e na melhoria das condições do solo (Figura 13).



Figura 13. Crotalária. Fonte: <https://www.comprerural.com/crotalaria-a-leguminosa-aliada-no-combate-do-nematoides/>

Dessa maneira, essa prática favorece a qualidade do solo ao proporcionar um suprimento constante de matéria orgânica e nutrientes, o que por sua vez beneficia o crescimento das árvores e das culturas intercaladas. Portanto, a combinação de árvores com adubos verdes em SAFs não apenas promove a

produtividade agrícola, mas também contribui para a sustentabilidade e a saúde do ecossistema como um todo.

Nos SAFs, a prática de integrar árvores nativas e/ou exóticas com culturas agrícolas permite aproveitar essas árvores para a geração de biomassa e o ciclo de nutrientes. Essa integração também contribui para a formação de um microclima favorável, estimulando o desenvolvimento de diversos organismos e desempenhando um papel crucial na manutenção da qualidade ambiental (Rebêlo *et al.*, 2022).

Os SAFs integram as estratégias de mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) estabelecidos pela Política Nacional sobre Mudanças do Clima (PNMC). A capacidade de armazenamento de carbono é mais elevada nos sistemas agroflorestais regenerativos análogos devido à presença de um maior número de espécies arbóreas e, ou, arbustivas por área (Torres *et al.*, 2014)

Segundo Rocha *et al.* (2016), o cultivo de café em SAFs representa uma opção viável para reduzir a exaustão do solo, resultando em benefícios positivos para a produtividade e a qualidade dos grãos de café. Isso se deve à criação de um microclima favorável, que desempenha um papel significativo na valorização do produto.

Os autores destacam uma das vantagens do componente arbóreo nos SAFs, especialmente quando combinados com o cultivo de café. A presença de árvores no SAF cria um microclima favorável que contribui para a melhoria do solo e para a qualidade dos grãos de café. Essa combinação proporciona uma maior diversidade de habitats para a fauna e a flora, promovendo a biodiversidade e aumentando a resiliência do sistema às mudanças climáticas. Além disso, as árvores podem fornecer sombra para as plantas de café, reduzindo a evaporação da umidade do solo e a temperatura ambiente, o que pode resultar em melhores condições de crescimento e produção para as culturas agrícolas. Assim, destacam-se as vantagens econômicas e ambientais da integração do componente arbóreo nos sistemas agroflorestais, que contribuem para a sustentabilidade e a produtividade em longo prazo (Figura 14).



Figura 14. Café com floresta beneficia os dois sistemas. Fonte: <https://revista.campoenegocios.com.br/cafe-com-floresta-beneficia-os-dois-sistemas/>. Foto: Diego Andrade.

A adoção do cultivo de café em SAFs emerge como uma alternativa valiosa para pequenas propriedades rurais. A prática de combinar espécies arbóreas com a cultura do café é amplamente difundida em diversas nações da América Central, como Costa Rica, Equador e México. Embora ainda incipiente no Brasil, o interesse por essa abordagem tem crescido constantemente, refletindo o aumento da busca por informações sobre o tema e o crescente número de produtores que já executaram, programam ou consideram adotar esse sistema em suas terras (Silva *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2023).

Ademais, em estudo realizado por Ribeiro *et al.* (2019) conduzido no Assentamento Agroextrativista Americana, localizado em Grão Mogol, região Norte de Minas Gerais, três SAFs e duas áreas de vegetação nativa adjacente foram selecionados para comparação, com base nos tipos de solo: Latossolo Vermelho Amarelo e Cambissolo Háplico. A coleta de amostras de solo foi realizada em março de 2013, dez anos após a implantação dos SAFs, em camadas de 0-5 cm e 0-20 cm de profundidade, para avaliar nutrientes, densidade e estoques de carbono e nitrogênio.

Segundo esses mesmos autores, os resultados mostraram que os SAFs com manejo de desrama e diversidade florística contribuíram para melhorar a qualidade do solo e manter a fertilidade e os estoques de carbono em níveis semelhantes à vegetação nativa. Por outro lado, o SAF com supressão prévia da vegetação nativa reduziu a diversidade arbórea e os estoques de carbono ao longo do tempo. No entanto, o manejo com culturas anuais e leguminosas ajudou a melhorar a fertilidade do solo e aumentar os teores e estoques de N.

Isso ressalta o papel fundamental das árvores na promoção da qualidade do solo e na manutenção da fertilidade, além de destacar a contribuição dos SAFs para a conservação e restauração de ecossistemas. Silva *et al.* (2023) afirmam que os SAFs proporcionam uma forma de agricultura mais sustentável, oferecendo vantagens financeiras, estéticas e ambientais, que podem se estender além dos próprios praticantes desse modelo agropecuário. Eles representam uma opção viável para aqueles que buscam uma vida no campo mais conectada e integrada ao ambiente ao seu redor.

Os SAFs também apresentam como benefício significativo uma ampla variedade de cultivos e a rotatividade das fontes de renda ao longo do ano, o que se traduz em uma produtividade mais elevada e uma necessidade de trabalho contínua. Ou seja, o componente arbóreo nos SAFs oferece uma série de vantagens que vão além da simples produção agrícola, contribuindo para a sustentabilidade ambiental, a resiliência dos sistemas agrícolas e o bem-estar dos agricultores e das comunidades rurais. Investir na integração de árvores nos sistemas agrícolas pode ser uma estratégia valiosa para promover uma agricultura mais sustentável e resiliente no longo prazo (Souza *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2022).

6. Considerações

Considerando a importância do componente arbóreo nos SAFs, é possível concluir que sua presença desempenha um papel fundamental na promoção da sustentabilidade e na melhoria da qualidade ambiental e dos recursos naturais. Primeiramente, as árvores nos SAFs contribuem para a diversificação das fontes de renda dos agricultores, permitindo a produção de diferentes tipos de produtos,

como frutas, madeira, plantas medicinais, entre outros. Isso reduz a dependência de uma única cultura e proporciona maior estabilidade financeira aos agricultores.

Além disso, o componente arbóreo ajuda na conservação e recuperação do solo, promovendo a ciclagem de nutrientes, o controle da erosão, o aumento da biota e da matéria orgânica. A presença de árvores também favorece a biodiversidade, criando habitats para uma variedade de espécies de plantas e animais, contribuindo para a regulação do microclima, fornecendo sombra e reduzindo a temperatura do ambiente.

Outro aspecto importante é o papel das árvores na captura e armazenamento de carbono atmosférico, ajudando a mitigar os efeitos das mudanças climáticas. Por meio da fotossíntese, as árvores absorvem o dióxido de carbono da atmosfera e o transformam em biomassa, que pode permanecer armazenada por longos períodos nos tecidos das plantas e no solo.

Diante desses benefícios, fica evidente que o componente arbóreo é essencial para a sustentabilidade dos SAFs, contribuindo para a resiliência dos agroecossistemas, a conservação dos recursos naturais e a promoção do bem-estar social e econômico das comunidades rurais. Portanto, investir na integração de árvores nos SAFs é uma estratégia promissora para alcançar uma agropecuária mais sustentável e resiliente no contexto atual.

7. Referências

AGUIAR JUNIOR, A. L. *et al.* Ideótipo arbóreo para Sistemas Agroflorestais. **Advances in Forestry Science**, v. 8, n. 1, p. 1349-1362, 2021.

ALCANTARA, F. A. de; STONE, L. F.; DIDONET, A. D. **Fertilidade do solo em sistemas agroflorestais agroecológicos no Cerrado brasileiro**. In: Congreso Sociedad Española De Agricultura Ecológica/Agroecologia, 12., Lugo, 2016. Las leguminosas, clave para la gestión delos agrosistemas y en la alimentación ecológica: actas. Catarroja: SEAE, 2016.

ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M. **Uma experiência de pesquisa em agricultura orgânica: “fazendinha agroecológica- km 47”**. 2001. Disponível em: http://www.pronaf.gov.br/ater/arquivos/27_Experiencia_em_Pesquisa_Agric_Org.pdf. Acesso: 26 abr. 2024.

ALMEIDA, L. S.; GAMA, J. R. V.; OLIVEIRA, F. A.; CARVALHO, J. R. P.; GONÇALVES, D. C. M.; ARAÚJO, G. C. Phytosociology and multiple use of forest species in a logged forest in Santo Antonio. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**• G&DR, v. 15, n. 1, p. 34-46, jan-abr/2019, Taubaté, SP, Brasil •45community, municipality of Santarém, Pará state. *Acta Amazonica*, Manaus, AM, v. 42, n. 2, p. 185-194, 2012.

ALMEIDA, M. R.; GUERRA, A. C. M.; BISPO, V. dos S. C.; TRUGILHO, G. A.; XAVIER, S. A. B.; NASCIMENTO, L. M. Q. do; AZEVEDO, P. L.; SOUZA, M. N. Produção de madeira, sequestro de carbono, SAFs e fomento florestal. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. VII. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. p. 150-182. ISBN: 978-65-84548-18-3. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-18-3.c5>

ALTIERI, M. A. **Agroecology**: the science of sustainable agriculture. Westview Press. 2002.

AMADOR, D. B. **Recuperação de um fragmento florestal com sistemas agroflorestais**. 1999. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999. doi:10.11606/D.11.1999.tde-20210918-204437. Acesso em: 2024-04-29.

BALBINO, L. C.; BARCELOS, A. de; STONE, L. C. **Marco referencial integração lavoura-pecuária-floresta** = Reference document crop-livestock-forestry integration. Brasília, DF: Embrapa, 2011. 130p.

BOTELHO, S. A. **Princípios e métodos silviculturais**. Lavras, MG: Departamento de Ciências Florestais/Universidade Federal de Lavras, 2003, 144p.

CAMARGO, G. M.; SCHLINDWEIN, M. M.; PADOVAN, M. P; SILVA, L. F. da S. Sistemas agroflorestais biodiversos: uma alternativa para pequenas propriedades rurais. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, p. 1-13, 2017. ISSN: 1809-239X. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/202733/1/36887.pdf>

CANUTO, J. C. Agroflorestas e resiliência social. In: MAGNONI JÚNIOR, L.; STEVENS, D.; LOPES, E. S. S.; CAVARSAN, E. A.; VALE, J. M. F; MAGNONI, M. G. M.; TEIXEIRA, T.; FIGUEIREDO, W. S. (Org.). **Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano**. São Paulo: Centro Paula Souza, 2017. p. 157-168.

CARVALHO, L. R. *et al.* Nodulation and biological nitrogen fixation (BNF) in forage peanut (*Arachis pintoi*) cv. Belmonte subjected to grazing regimes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 278, n. 46, p. 96-106, 2019.

COPES, D. L. Effects of long-term pruning, meristem origin, and branch order on the rooting of Douglas-fir stem cuttings. **Canadian Journal Forest Resource**, v. 22, p. 1888-1894, 1992.

CORDEIRO, L. A. M. *et al.* Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do

solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 32, n. 1/2, p. 15-53, 2017.

CRESPO, A. M.; SOUZA, M. N.; SILVA, M. A. B. da. Ciclo do carbono e sistemas agroflorestais na sustentabilidade da produção agrícolas: revisão de literatura. **INCAPER EM REVISTA**, v. 13, p. 6-19, 2023. Home page: [https://editora.incaper.es.gov.br/incaper-em-revista. DOI:10.54682/ier.v.13e14.p06.19.

DUARTE, E. M. G. **Árvores em sistemas agroflorestais: ciclagem de nutrientes e formação da matéria orgânica do solo**. 2011. 135 f. Tese (Doutorado em Fertilidade do solo e nutrição de plantas; Gênese, Morfologia e Classificação, Mineralogia, Química,) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Benefícios dos SAFs, mas o que é SAF?** Agricultura familiar, Agroecologia e produção orgânica. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/65068763/artigo---beneficios-dos-safs-mas-o-que-e-saf>. Acesso em 10 de abri. de 2024.

FREDERICO, S.; MORAL, Y. P. Sistema agroflorestal e autonomia: uma revisão sistemática. Núcleo de Estudos, Pesquisas e Projetos de Reforma Agrária – NERA, Presidente Prudente/SP, Brasil. **Revista NERA**, v. 25, n. 63, p. 190-209, 2022.

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>

HUANG, J. *et al.* Responses of soil nitrogen fixation to *Spartina alterniflora* invasion and nitrogen addition in a Chinese salt marsh. **Scientific Reports**, v. 6, n. 12, p. 1-8, 2016.

JEROMINI, T. S.; FACHINELLI, R.; SILVA, G. Z. da; PEREIRA, S. T. S.; SCALON, S. de P. Q. Emergência de plântulas e crescimento inicial de copaíba sob diferentes substratos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 37, n. 90, p. 219-223, 2017. DOI: 10.4336/2017.pfb.37.90.1189. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/1189>. Acesso em: 29 abr. 2024.

JOSE, S. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. **Agroforestry Systems**, v. 76, n. 1, p. 1-10, 2009.

LIMA, R. G.; MARTINS, E. de O.; TAVARES, L. R.; RANGEL, D. S.; LOUBACK, G. R.; TRUGILHO G. A.; SILVA, M. B. A. da; XAVIER, S. B. A.; PERON, I. B.; VARDIERO, L. G. G.; GOMES, A. L. C.; SOUZA, M. N. Sistemas Agroflorestais em Áreas de Preservação Permanente. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. III. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 270-298. 2022. <http://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6.c9>

MOLINA, R. A. R. **Potencial de estabelecimento de espécies arbóreas implantadas em renques em sistemas agroflorestais no Estado do Quindío**,

Colômbia. 2016. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

ODUM, E. P. **The strategy of ecosystem development:** an understanding of ecological succession provides a basis for resolving man's conflict with nature. *science*, v. 164, n. 3877, p. 262-270, 1969.

OLIVEIRA, J. W. A. de; SOARES, U. G.; ROCHA, A. P. S. da. Estudo da viabilidade econômica e ambiental da implementação de sistemas agroflorestais. **Revista Contemporânea**, v. 3, n. 11, 2023.

OLIVEIRA, J. W. A.; SOARES, U. G.; DA ROCHA, A. P. S. Estudo da viabilidade econômica e ambiental da implementação de sistemas agroflorestais. **Revista Contemporânea**, [S. l.], v. 3, n. 11, p. 22610–22630, 2023. DOI: 10.56083/RCV3N11-132. Disponível em: <https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/2243>. Acesso em: 25 abr. 2024.

OLLINAHU, O. I.; KRÖGER, M. Agroforestry transitions: the good, the bad and the ugly. **Journal of Rural Studies**, v. 82, p. 210-221, 2021.

PACIULLO, D. S. C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; CARVALHO, M. M.; CASTRO, C. R. T. de. Arranjos e modelos de sistemas silvipastoris. In: FERNANDES E.M., PACIULLO D. S. C.; CASTRO, C. R. T.; MULLER, M. D.; ARCURI, P. B.; CARNEIRO, J. C. (Ed.). **Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul:** desafios e potencialidades. Juiz de fora: Embrapa Gado de Leite. p. 13-50, 2007.

PADOVAN, M. P.; PEREIRA, Z. V.; SERRANO, M. R. Panorama dos sistemas agroflorestais biodiversos em Mato Grosso do Sul. **Revista GeoPantanal**, n. 30 p. 102-112, 2021.

PADOVAN, M. P.; PEREIRA, Z. V.; SERRANO, M. R. Panorama dos sistemas agroflorestais biodiversos em Mato Grosso do Sul. **Revista GeoPantanal**, n. 30, p. 102-112, 2021.

PAULA, P. D. de; CAMPELLO, E. F. C.; GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. de A.; RESENDE, A. S. de. Decomposição das podas das leguminosas arbóreas *Gliricidia sepium* e *Acacia angustissima* em um sistema agroflorestal. **Ci. Fl.**, v. 25, n. 3, 2015.

PEREZ, J. C. F. **Desempenho de espécies arbóreas nativas do sul do Brasil em sistema agroflorestal.** 2022. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2022.

REBÊLO, A. G. de M.; CAPUCHO, H. L. V.; PAULETTO, D.; DANTAS, E. F. Estoque de nutrientes e decomposição da serapilheira em sistemas agroflorestais no município de Belterra – **ParáCi. Fl.**, Santa Maria, v. 32, n. 4, p. 1876-1893, 2022.

SCHEMBERGUE, A.; CUNHA, D. A. da; CARLOS, S. de M.; PIRES, M. V. P.; FARIA, R. M. F. Sistemas Agroflorestais como Estratégia de Adaptação aos

Desafios das Mudanças Climáticas no Brasil. **RESR**, Piracicaba-SP, v.. 55, n. 1, p. 9-30, 2017.

SCHROTH, G.; FONSECA, G. A. B. DA; HARVEY, C. A.; GASCON, C.; VASCONCELOS, H. L.; IZAC, A. N. **Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes**. Island Press. 2004.

SILVA, J. M. V. de O. da; SOUZA, M. N.; RANGEL, O. J. P.; FORNAZIER, M. L.; LOUBACK, G. C.; PIROVANI, G.; CAON, B. L.; MOREIRA, M. F.; SIQUEIRA, C. B.; TRUGILHO, G. A.; KAULZ, M.; CRESPO, A. M.; GOMES, A. L. C.; GALL, M. V. C.; PINHEIRO, A. C. M.; GUERRA, A. C. M.; PERON, I. B. **Sistemas agroflorestais e consórcios na cultura do café**. 2023. In: SOUZA, Mauricio Novaes (Org.). Tópicos em recuperação de áreas degradadas, v. 4. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2022.

SILVA, J. M. V. de O. da; SOUZA, M. N.; RANGEL, O. J. P.; FORNAZIER, M. L.; LOUBACK, G. R.; PIROVANI, G.; CAON, B. L.; MOREIRA, M. F.; SIQUEIRA, C. B.; TRUGILHO, G. A.; KAULZ, M.; CRESPO, A. M.; GOMES, A. L. C.; GALL, M. V. C.; PINHEIRO, A. C. M.; GUERRA, A. C. M.; PERON, I. B. Sistemas agroflorestais e consórcios na cultura do café. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 172-201. 2022. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7.c6>

SILVA, J. M. V. O.; SOUZA, M. N.; RANGEL, O. J. P.; FORNAZIER, M. L.; LOUBACK, G. C.; PIROVANI, G.; SIQUEIRA, C. B. Sistemas agroflorestais (SAFs) e a cafeicultura. In: **Produção de café orgânico: práticas agroecológicas conservacionistas e novas tecnologias disponíveis ao produtor rural**. 1 ed. Meidrum Street, Mauricius: Novas Edições Acadêmicas, 2021, v.1, p. 40-50.

SOUZA, M. C. S.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Desenvolvimento de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais para recuperação de áreas degradadas na floresta ombrófila densa, Paraty, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 37, n. 1, p. 89-98, 2013.

SOUZA, M. E. P. **Abundância de oligochaetas edáficos em cafezais sob vários tipos de manejo**. 2010. 58 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

TORRES, C. M. M. E.; JACOVINE, L. A. G.; OLIVEIRA NETO, S. N. de.; BRIANEZI, D.; ALVES, E. B. B. M. **Sistemas agroflorestais no Brasil: uma abordagem sobre a estocagem de carbono**. Pesq. flor. bras., Colombo, v. 34, n. 79, p. 235-244, 2014.

CAPÍTULO 7

Sistemas silvipastoris: conforto térmico de bovinos leiteiros e recuperação de pastagens degradadas

Isabella da Costa Teixeira, Wallas de Souza Costa, Adriana Rezende Bigli, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-25-1.c7>

Resumo

A produção de leite é fundamental para o setor agropecuário brasileiro, oferecendo emprego e renda. No entanto, em regiões tropicais e subtropicais como o Brasil, as altas temperaturas afetam negativamente o desenvolvimento e o desempenho das vacas leiteiras, impactando sua produção e reprodução. A maioria dos sistemas de produção utiliza pastagens como principal fonte de alimento, frequentemente monocultivos de gramíneas, sofrem com a redução de produtividade em condições de calor extremo e alta radiação solar, resultando em áreas degradadas e comprometendo a sustentabilidade da pecuária. O bem-estar animal (BEA) é essencial para melhorar a produção e a qualidade do leite, assim como a saúde do rebanho. Técnicas e instalações adequadas promovem o BEA, contribuindo para melhores resultados na pecuária. Nesse contexto, os sistemas silvipastoris (SSP), que integram árvores, pastagens e animais, surgem como uma solução sustentável. Esses sistemas oferecem sombreamento natural, reduzindo o estresse térmico dos bovinos e promovendo a recuperação de pastagens degradadas. O SSP melhora o conforto térmico dos animais, resultando em aumento de produtividade e economia para os produtores. Este artigo demonstra os benefícios dos SSPs para o conforto de bovinos leiteiros e a recuperação de áreas degradadas, destacando a importância do sombreamento natural para a sustentabilidade e eficiência da pecuária.

Palavras-chave: Produção de leite. Pastagens degradadas. Bem-estar animal. Sombreamento natural. Sustentabilidade. Sistemas silvipastoris.

1. Introdução

A produção de leite é uma atividade econômica importante no setor agropecuário brasileiro, proporcionando emprego e renda (Kemer; Glienke; Bosco, 2020). De acordo com um estudo realizado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, o Brasil ocupa o 3º lugar no *ranking* mundial de produção leiteira, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da Índia (FAO, 2019). No Estado do Espírito Santo a pecuária ocupa uma área total de 1,47 milhões de hectares (ha), sendo 33,1 mil destinados aos estabelecimentos agropecuários, dos quais 17,1 mil realizam a criação de gado de leite (IBGE, 2019).

No entanto, tratando-se de países tropicais e subtropicais como o Brasil, os efeitos causados pelas altas temperaturas afetam diretamente o desenvolvimento e o desempenho das vacas leiteiras, gerando impactos negativos no comportamento de produção e reprodução desses animais (Daltro *et al.*, 2020). Além disso, por questões econômicas e de manejo, a maioria dos sistemas de produção de rebanhos leiteiros utilizam pastagens como oferta de alimento para os animais.

Contudo, estas pastagens são constantemente constituídas de monocultivos de gramíneas, que em temporadas de muito calor e radiação solar apresentam uma baixa na capacidade produtiva, ocasionado em áreas com diferentes níveis de degradação, comprometendo a sustentabilidade da pecuária local, tornando-se uma preocupação social e governamental (Dias-Filho, 2011; Tao *et al.*, 2020).

Azevêdo e Alves (2009) e Kemer, Glienke e Bosco (2020) constataram que o local em que o animal se encontra tem total influência sob suas variáveis fisiológicas, podendo despertar o seu potencial genético ou simplesmente comprometer as suas taxas metabólicas.

O bem estar animal (BEA) tornou-se um dos principais norteadores da pecuária atual, fazendo com que o animal produza mais e melhor. O emprego de técnicas, equipamentos e instalações não só promovem o BEA, mas aumentam a produção, a qualidade do leite e a sanidade do rebanho (MÁS *et al.*, 2020).

Desta forma, a implantação de sistemas que integram espécies arbóreas, pastagens e animais, tem sido uma alternativa viável e bem sucedida que acarreta a recuperação ou renovação de pastagens degradadas, bem como o conforto térmico dos animais que fazem uso desse ambiente, resultando em um aumento na economia da propriedade (Martins *et al.*, 2020; Silva, 2000).

O sistema silvipastoril (SSP) se destaca por apresentar uma forma sustentável de agrossilvicultura para a produção pecuária, oferecendo sombreamento aos animais e menor risco de radiação no ambiente (Pezzopane *et al.*, 2019).

Objetivou-se com o presente trabalho demonstrar os benefícios do sombreamento natural por intermédio de sistemas silvipastoris (SSP) no conforto de bovinos leiteiros, bem como na recuperação de áreas degradadas pela radiação solar no ambiente.

2. Bem-estar de bovinos leiteiros

O termo “bem-estar” possui inúmeras definições; porém, a forma mais aceita por parte dos pilares éticos da sociedade, trata o termo como o estado em que o indivíduo vive de maneira saudável, confortável e em condições que lhe permite expressar comportamentos naturais (OIE, 2015).

Quando se direcionam tal questão aos animais de produção, mais especificamente aos bovinos leiteiros, esse termo torna-se irrefutável, pois as vacas lactantes necessitam de condições ideais para expressar o seu potencial genético, alcançando assim um maior desempenho e agregando um valor ético ao leite, como um produto que gera a cadeia produtiva uma implementação de protocolos específicos para a certificação de bem-estar animal (Zanin *et al.*, 2016; Beggs *et al.*, 2019; Costa; Ceballos, 2021).

Os níveis de bem-estar podem ser medidos observando-se as cinco liberdades do animal (Figura 1). A FAWC trabalhou neste conjunto original e em 1993 publicou uma versão atualizada que combinava cada uma das cinco liberdades com cinco provisões, garantindo um maior compromisso governamental com o direito dos animais (FAWC, 1993; FAWC, 2009; OIE, 2015).

Além disso, Mendonça (2019) discorre sobre três tipos de percepções e preocupações que associadas às “Cinco liberdades” contribuem para reforçar a importância do bem-estar dos animais de fazenda, sendo elas: o bom funcionamento biológico do animal em termos crescimento, problemas reprodutivos e níveis de produção; o estado mental do animal e a expressão de comportamentos naturais.

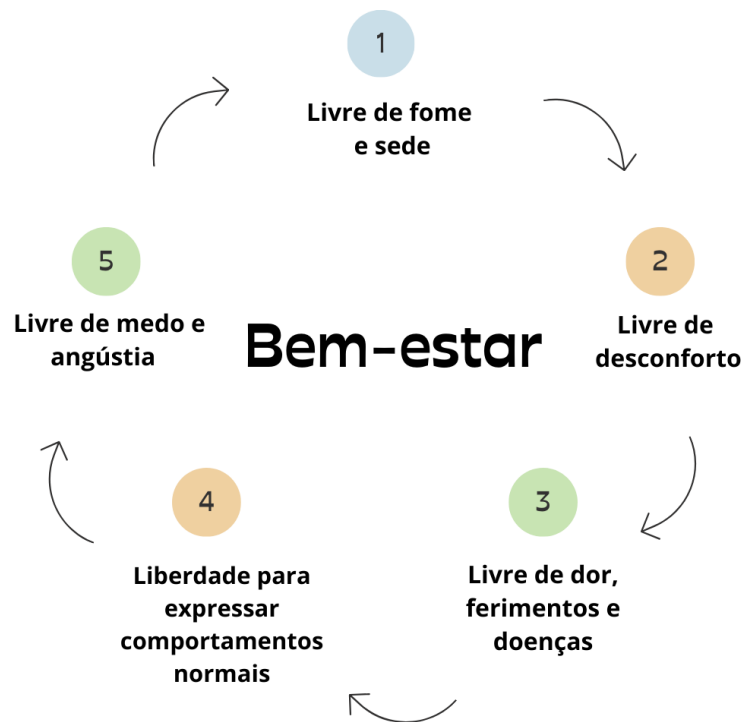


Figura 1. Conceito das cinco liberdades. Fonte: Adaptado de Pastal *et al.*, 2015.

É comum para produtores o foco principal ser apenas o bom funcionamento biológico do animal, ou seja, tratam-se doenças, lesões, problemas reprodutivos ou de crescimento, mas acaba-se esquecendo de práticas importantes de ambientação e manejo, ocasionando em um declínio do estado mental do animal, gerando estresse que culminará em baixas fisiológicas (Fraser *et al.*, 2009; Costa; Ceballos, 2021). Sendo assim, a interação entre o homem e o animal, independente do sistema intensivo usado na propriedade, torna-se uma característica primordial, trazendo benefícios para a produtividade e para o bem-estar dos animais (Santos; Neves; Ribeiro, 2021).

Essa interação precisa ocorrer de maneira natural durante o desenvolvimento das atividades de rotina; ou seja, no próprio cotidiano da

fazenda os técnicos e proprietários devem buscar por melhores formas de manejo, entendendo sobre o comportamento dos animais e avaliando as mudanças que podem ou não comprometer o bem-estar e a qualidade da produção (Pereira; Oliveira, 2020). O ato de ordenhar, por exemplo, é uma forma de manejo que toda propriedade realiza, porém, esse ato feito de maneira errada causa desconforto e estresse, fazendo com que a vaca “segure” o leite, podendo trazer consequências diretas para a saúde do animal, além de diminuir em até 30% a sua produção (Santos; Neves; Ribeiro, 2021).

No Brasil a normativa de nº 56 de 2008 destaca como boas práticas de bem-estar aos animais de produção medidas que devem ser obrigatórias para ocorrer a redução de sofrimentos e estresses desnecessários (MAPA, 2008). Essas medidas afetam diretamente os índices zootécnicos e econômicos de uma propriedade, demonstrando que aspectos de manejo e instalações adequadas são capazes de proporcionar qualidade de vida aos animais e renda ao produtor (Santos; Neves; Ribeiro, 2021).

Uma das principais medidas para garantir o bem-estar de vacas leiteiras é proporcionar o conforto térmico adequado, já que o estresse causado por temperaturas extremas pode impactar negativamente a saúde e as funções biológicas desses animais (Beggs *et al.*, 2019). Diante disso, é fundamental identificar a resistência dos animais ao clima local para garantir a produção, uma vez que eles respondem às mudanças ambientais alterando suas características fenotípicas e fisiológicas (Souza Reis *et al.*, 2021).

3. Estresse térmico em bovinos leiteiros

O estresse térmico (Figura 2) é caracterizado como a capacidade do organismo em perder calor para o ambiente; ou seja, a sudorese aumenta, ocasionando em uma grande perda hídrica a fim de evitar o acúmulo excessivo de calor no organismo, elevando a frequência respiratória (FR) e a temperatura retal (RT), fazendo com que o animal reduza o seu consumo de matéria seca (MS), afetando diretamente a reprodução, a produção e a qualidade do leite, especialmente em animais de alta produção, que são particularmente sensíveis às elevadas temperaturas ambientais (Fabris *et al.*, 2019; Kumar *et al.*, 2020).

Animais que apresentam o efeito do estresse térmico, procuram a sua homeostase térmica de diversas maneiras, sendo por meio da ingestão contínua de água, pela busca de sombreamentos local ou pela postura em pé para uma maior eliminação de calor (Almeida *et al.*, 2020). No entanto, esses comportamentos fazem com que ocorra um desequilíbrio no organismo do animal, debilitando suas funções fisiológicas e diminuindo o fluxo sanguíneo para o úbere, resultando em uma queda na produção de leite (Allen *et al.*, 2015).

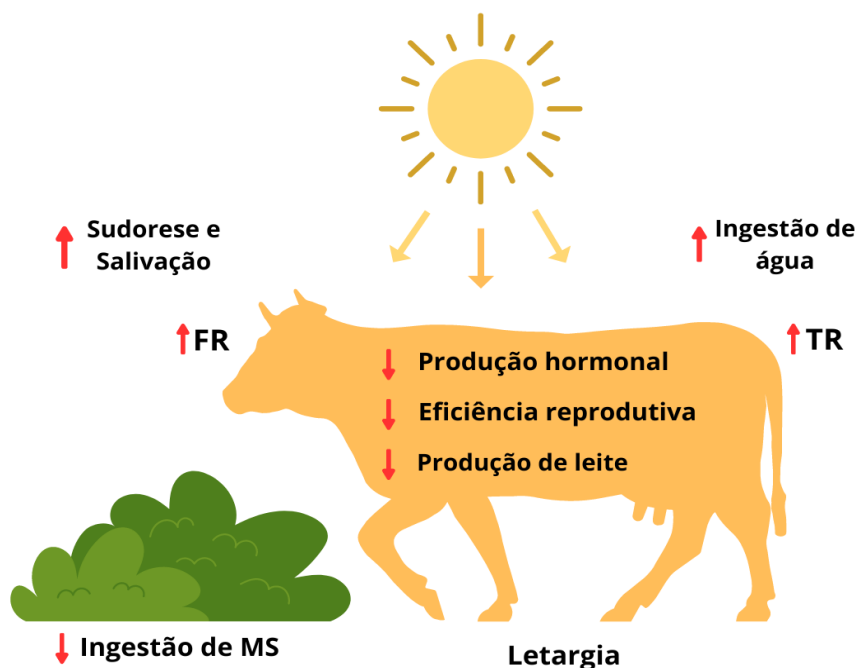


Figura 2. Fisiologia do estresse térmico em bovinos: reações involuntárias do organismo do animal. Fonte: Adaptado de Santos e Leão, 2017.

O estresse térmico durante o período seco causa o aumento na taxa respiratória e na temperatura retal, consequentemente reduzindo o consumo de matéria seca (CMS) que é ligada a necessidade básica para a manutenção energética do animal, provocando uma redução de proteína, gordura e lactose (Fabris *et al.*, 2019).

Essas alterações na composição do leite também são vistas quando o animal, afetado pelo estresse térmico, tem uma evolução na glândula mamária, muitas vezes acompanhadas de apoptose e autofagia, acarretando em uma queda da quantidade de células epiteliais mamárias, abaixando a sua imunidade e o deixando suscetível ao aparecimento de mastite (Pragna *et al.*, 2017).

A avaliação do estresse térmico é feita por meio da observação de parâmetros fisiológicos como temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR) do animal, e de índices meteorológicos como a temperatura do ar (Ta) e a umidade relativa do ar (UR) (Kaufman *et al.*, 2018; Suzuki, 2021). Por meio dessa avaliação, é possível garantir o bem estar na produção leiteira, identificando os fatores que causam mal estar nos animais e implementando protocolos de bem-estar na propriedade (Beggs *et al.*, 2019). A importância do conhecimento dessas características fisiológicas, faz com que exista uma garantia ao consumidor que busca cada vez mais informações sobre o produto que ele está adquirindo, tornando as práticas um diferencial na propriedade (ANUÁRIO LEITE, 2021).

Em um estudo realizado por Schutz (2010) com vacas leiteiras da raça Holstein-Friesian no meio da lactação sob três condições diferentes de ambientação (sem sombreamento, com acesso a uma pequena área de sombreamento e com acesso a uma grande área de sombreamento artificial), foi possível verificar que o acesso à maior área de sombreamento fez com que os animais ficassem por menos tempo ao redor do bebedouro. Apresentaram melhores respostas fisiológicas e comportamentais devido à redução de calor, melhorando também a frequência respiratória (FR).

Neste caso, vacas leiteiras que foram submetidas ao estresse térmico por estarem em uma área sem sombreamento, apresentaram dificuldade em dissipar o calor corporal, ocasionando em baixas metabólicas, resultando em uma menor produção de leite e uma provável futura morte do animal (Mendonça, 2019).

No ambiente, o calor e a radiação contínua do sol acompanhado da lotação animal com a compactação frequente do solo, são apenas algumas das principais razões para que a degradação das pastagens seja um acontecimento recorrente dos biomas brasileiros. Segundo Souza *et al.* (2021), entre 50 a 70% das pastagens brasileiras se encontram em algum nível de degradação, o que compromete a sustentabilidade da produção animal. No Espírito Santo, cerca de 156 mil ha (10,7%) encontram-se degradados ou em condições precárias de manejo (IBGE, 2019). Segundo Passos *et al.* (2017), as variações na intensidade

de degradação das pastagens dessa região são intensificadas pela exposição à radiação solar.

No geral, os estágios de degradação refletem as características morfológicas das plantas e do solo, reduzindo a capacidade de suporte animal ao longo desse processo, ocasionando em uma menor produção de cobertura, sendo essa, de baixa qualidade (Macedo; Araújo, 2019). Portanto, as condições de manejos e instalações devem ser modificadas conforme o sistema de criação e o clima do local, proporcionando um solo com cobertura adequada e sombreamento específico, proporcionando bem-estar aos animais que utilizam deste ambiente (Souza *et al.*, 2021).

4. Relação animal e árvore

Em um estudo coordenado pela Embrapa Pecuária Sudeste (SP), avaliou-se o bem-estar dos bovinos de corte em sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), focando no conforto térmico que as árvores proporcionam. Descobriu-se que áreas de pastagem com árvores oferecem um microclima mais favorável para os bovinos, melhorando o conforto térmico, comportamento natural e condições fisiológicas dos animais (Rosso, 2024).

Para esse mesmo autor, a integração de árvores nas pastagens é uma prática que pode oferecer múltiplos benefícios. Para os bovinos, as árvores fornecem sombra e um ambiente mais fresco, o que pode melhorar o conforto térmico e reduzir o estresse causado pelo calor. Isso pode levar a uma melhor saúde e bem-estar dos animais, o que é fundamental para uma produção sustentável.

Do ponto de vista do sistema de produção, a presença de árvores pode aumentar a biodiversidade local, pois diferentes espécies de plantas e animais podem coexistir em um ambiente mais diversificado. Além disso, as árvores ajudam no sequestro de carbono, contribuindo para o balanço de C e mitigando os efeitos das mudanças climáticas (*ibidem*).

Portanto, essa prática não só tem o potencial de melhorar a eficiência da produção pecuária, mas também de promover a sustentabilidade ambiental. Este é um exemplo claro de como as práticas agropecuárias podem ser adaptadas

para serem mais amigáveis ao meio ambiente e benéficas tanto para a agricultura e pecuária, quanto para a natureza (Rosso, 2024).

Segundo Martins *et al.* (2020), os sistemas sombreados são alternativas viáveis e que trazem conforto térmico para as vacas durante a estação seca, quando as temperaturas podem ser extremamente altas. O sistema de sombreamento tem um impacto positivo na reprodução dos animais, as vacas produziram mais ovócitos viáveis e embriões transferíveis *in vitro* do que aquelas expostas ao sol direto. A sombra pode melhorar a fertilidade das vacas, aumentando o número de folículos ovarianos e a qualidade dos ovócitos.

A utilização de animais para pastejo ajudam a controlar a vegetação herbácea, que pode competir com as árvores por recursos como água e nutrientes. Com a vegetação herbácea controlada, a coleta de frutos como coco e castanha se torna mais fácil, pois eles podem ser mais facilmente localizados no terreno. A redução da vegetação herbácea também diminui o risco de incêndios: isso não só protege o cultivo e os animais, mas também contribui para a prevenção de incêndios florestais, que são uma grande preocupação ambiental (Veiga; Veiga, 2000).

Os animais desempenham um papel essencial na reciclagem de nutrientes do sistema - até 90% dos nutrientes minerais, como o N, são devolvidos ao sistema por intermédio das excretas dos animais. Isso auxilia no enriquecimento do solo e na promoção do crescimento de mais forragem. Os animais em pastejo são eficazes na retenção e reutilização de nutrientes no sistema (Mott; Popenoe, 1977).

5. Sistema silvipastoril

Um dos principais desafios enfrentados pela agropecuária no Brasil é a adoção de práticas sustentáveis que ajudem a reduzir os impactos negativos ao meio ambiente (Abadias *et al.*, 2020). Diante disso, Franke e Furtado (2001) definem o Sistema Silvipastoril (SSP) como um sistema integrado que combina árvores, pastagens e animais numa mesma área. O objetivo é criar um ambiente que traga benefícios mútuos para todos os componentes do sistema, promovendo a sustentabilidade.

Os SSPs oferecem uma solução sustentável para a produção pecuária aperfeiçoando o uso do solo e contribuindo para a recuperação de áreas degradadas. Eles são classificados de acordo com o arranjo das árvores e a finalidade, incluindo árvores dispersas na pastagem, plantios florestais com animais, cerca viva, banco forrageiro e quebra-vento. Cada arranjo tem suas próprias vantagens, como fornecer sombra e proteção contra o vento para o gado, melhorar a fertilidade do solo e promover a conservação do solo (Franke; Furtado, 2001).

Além disso, para esses mesmos autores, os SSPs desempenham um papel importante na manutenção da biodiversidade e na formação de corredores biológicos. A formalização bem-sucedida de SSPs depende do planejamento cuidadoso e do manejo adequado das interações entre árvores, pastagens e animais. Sistemas como esses, diminuem a transmissão da radiação solar, as árvores em SSP fornecem sombra, que pode criar um microclima mais favorável para os animais.

Isso é especialmente importante em regiões com climas quentes e ensolarados, onde a exposição direta ao sol pode causar estresse térmico nos animais. O SSP pode ajudar na adaptação do gado às mudanças climáticas, fornecendo valores mais baixos de Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade na mesma temperatura em comparação com uma pastagem a pleno sol. Isso é uma grande vantagem, pois pode melhorar a produtividade e o bem-estar dos animais em um clima em mudança (Pezzopane *et al.*, 2019).

Segundo Paciullo *et al.* (2007), a escolha adequada das árvores é um fator determinante para o sucesso dos SSP. É aconselhável selecionar espécies que possuam raízes que se estendam profundamente no solo e cujas copas forneçam um sombreamento equilibrado, evitando uma sombra densa que possa comprometer a produção de forragem.

Souza *et al.* (2010) observaram que a disponibilidade de sombra é, de fato, importante para os bovinos leiteiros, pois contribui significativamente para o bem-estar animal. Ao proporcionar um ambiente com sombra, os animais têm a oportunidade de escapar do calor excessivo, o que é fundamental para manter o conforto térmico. Isso não só melhora a qualidade de vida dos bovinos, mas também pode levar a um aumento na produtividade leiteira, já que o estresse

térmico é minimizado e os animais podem direcionar mais energia para a produção de leite em vez de regular a temperatura corporal.

Para Ludtke *et al.* (2012) o termo “Bem-estar animal” é vasto e compreende tanto o estado físico quanto mental dos animais. Portanto, esses mesmos autores reconhecem que avaliar o nível de bem-estar necessita de evidências científicas relacionadas aos sentimentos dos animais de forma a compreender sua qualidade de vida.

Almeida *et al.* (2014) argumentam que em países tropicais como o Brasil, é importante observar o impacto do clima quente para evitar o estresse nos animais causado pelo excesso de calor do ambiente. Principalmente durante o período de outubro a março, quando as condições climáticas podem causar estresse térmico nos animais devido ao calor. Segundo Garcia *et al.* (2010), o SSP integra os componentes: pasto, árvore, solo e animal (Figura 3). A presença de árvores é importante na promoção da sombra aos bovinos leiteiros, contribuindo para o seu conforto em regiões que possuem alta temperatura.

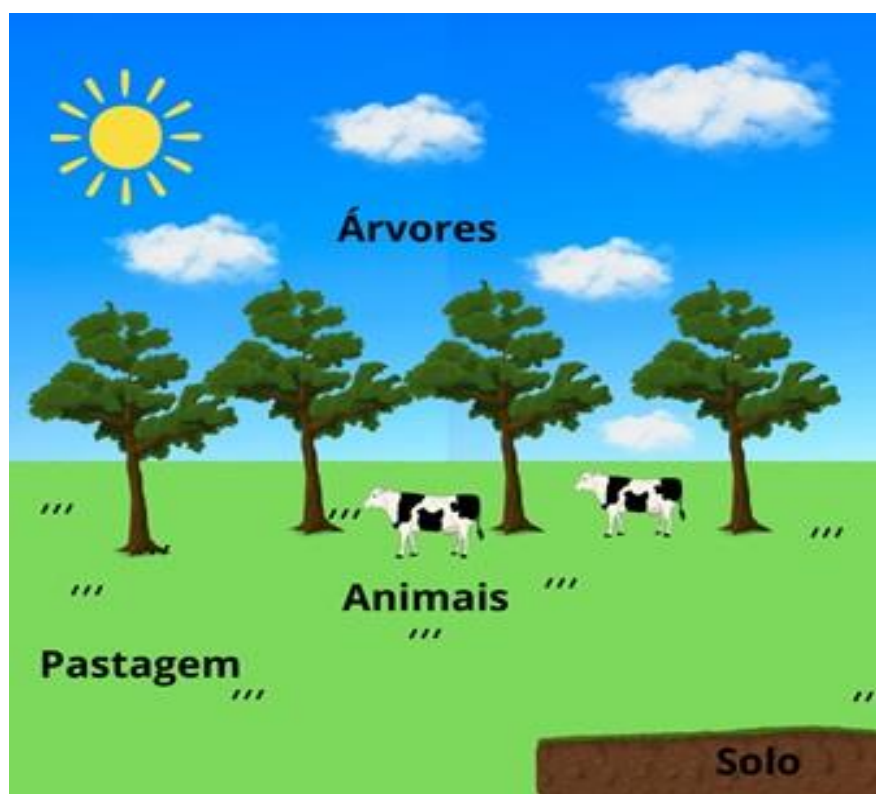


Figura 3. Sistema Silvopastoril: Integração entre árvores e bovinos leiteiros. Fonte: Adaptada de Garcia *et al.* (2010) e Almeida *et al.* (2019).

6. Considerações

A integração de árvores, pastagens e animais, característica do sistema silvipastoril (SSP), é uma prática sustentável essencial para o bem-estar dos bovinos leiteiros. Ao oferecer sombreamento natural e conforto térmico, o SSP não só melhora a qualidade de vida dos animais, mas também contribui significativamente para a recuperação de pastagens degradadas.

O bem-estar animal é um fator relevante para a expressão do potencial genético dos bovinos e para o alcance de um bom desempenho produtivo, refletindo-se em um aumento na produção e qualidade do leite. Os SSPs desempenham um papel importante na otimização do uso do solo, na promoção da biodiversidade e na formação de corredores biológicos, sendo a escolha das árvores e o manejo correto elementos vitais para a eficácia do SSP.

7. Referências

- ABADIAS, I. M.; FONSECA, P. R. B. da; ARBOS, C. H. Manejo da pecuária-uma análise sobre impactos ambientais. Educamazônia-Educação, **Sociedade e Meio Ambiente**, v. 24, n. 1, p. 113-125, 2020.
- ALLEN, J. D.; HALL, L. W.; COLLIER, R. J.; SMITH, J. F. Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. **Journal of dairy science**, v. 98, n. 1, p. 118-127, 2015.
- ALMEIDA, E. M.; ALMEIDA, R. G. de; FREITAS, E. S. M.; RIBEIRO, P. V. D.; RIBEIRO, F. M.; FERNANDES, P. B.; GARCIA, E. D. C. **Sistemas silvipastoris**: uma abordagem sobre a integração dos componentes bióticos e abióticos. 2019. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1118328>. Acesso em: 18 Jun. 2024.
- ALMEIDA, J. V. N.; MARQUES, L. R.; MARQUES, T. C.; GUIMARÃES, K. C.; LEÃO, K. M. Influência do estresse térmico sobre os aspectos produtivos e reprodutivos de bovinos – **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. 7, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i7.3837.
- ALMEIDA, R. G.; RANGEL, J. H. A.; RODRIGUES, A. C. C.; ALVES, F. V. Sistemas silvipastoris: produção animal com benefícios ambientais. In: Congresso nordestino de produção animal, 9., 2014, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: SNPA, 2014.
- ANUÁRIO LEITE, 2021. **Saúde única e total**. Embrapa Gado de Leite. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/gado-de-leite> >. Acesso em: 15 jun. 2024.

AZEVEDO, D. M. R., ALVES, A. A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. 83p.

BEGGS, D. S., JONGMAN, E. C., HEMSWORTH, P. H., & FISHER, A. D. (2019). The effects of herd size on the welfare of dairy cows in a pasture-based system using animal-and resource-based indicators. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 4, p. 3406-3420. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14850>.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 56, de 6 de novembro de 2008**. Estabelecer os procedimentos gerais de Recomendações de Boas Práticas de Bem-Estar para Animais de Produção e de Interesse Econômico-REBEM, abrangendo os sistemas de produção e o transporte. 2008.

COSTA, M. P.; CEBALLOS, M. C. Benefícios econômicos e sociais relacionados à promoção do bem-estar de bovinos leiteiros e de corte. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, v. 74, p. 20-23, 2021. DOI: 10.15446/rfnam.

DALTRO, A. M.; BETTENCOURT, A. F.; XIMENES, C. A. K.; SANTOS DALTRO, D. dos; SANTOS PINHO, A. P. dos. Efeito do estresse térmico por calor na produção de vacas leiteiras. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 26, n. 1, p. 288-311, 2020. <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>.

DIAS-FILHO, M. B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação, 4 ed. Belém: MBDF, 2011. 215 p.

FABRIS, T. F.; LAPORTA, J.; SKIBIEL, A. L.; CORRA, F. N.; SENN, B. D.; WOHLGEMUTH, S. E.; DAHL, G. E. Effect of heat stress during early, late, and entire dry period on dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 6, p. 5647-5656, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15721>.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. FAOSTAT - Livestock Primary. Roma, Italy, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>. Acesso em: 08 jun. 2024.

FAWC. Farm Animal Welfare Council. **Farm Animal Welfare in Great Britain: Past, Present and future**. Londres: Farm Animal Welfare Council, 2009.

FAWC. Farm Animal Welfare Council. **Second Report on Priorities for Research and Development in Farm Animal Welfare**. DEFRA: London, UK, 1993.

FRANKE, I. L.; FURTADO, S. C. **Sistemas silvipastoris: fundamentos e aplicabilidade**. 2001. ISSN - 0104 - 9046. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/499861/1/doc74.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2024.

FRASER, D.; KHARB, R. M.; MCCRINDLE, C.; MENCH, J.; COSTA, M. P.; PROMCHAN, K.; SONG, W. Capacitação para implementar boas práticas de bem-estar animal. **Relatório do Encontro de Especialistas da FAO Sede Mundial da FAO (Roma)**, v. 30, 2009. ISBN: 9789259061468.

GARCIA, R.; TONUCCI, R. G.; GOBBI, K. F. **Sistemas silvipastoris: uma integração pasto, árvore e animal**. In: OLIVEIRA NETO, S. N.; VALE, A. B.; NACIF, A. P.; VILAR, M. B.; ASSIS, J. B. (Ed.). **Sistema agrossilvipastoril: integração lavoura, pecuária e floresta**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 2010. p. 123-165.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da Pecuária Municipal**. PPM – 2017. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, 2019.

KEMER, A.; GLIENKE, C. L. E.; BOSCO, L. C. Índices de conforto térmico para bovinos de leite em Santa Catarina, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 6, n. 5, p. 29655–29672, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-426>.

KUMAR, G., DEVI, P., SHARMA, N., & SOMAGOND, Y. M. (2020). Impact of thermal stress on milk production, composition and fatty acid profile in dairy cows: A review. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 8, n. 5, p. 1278-1283. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13799>.

MACEDO, M. C. M.; ARAÚJO, A. R. de. **Sistemas de produção em integração: alternativa para recuperação de pastagens degradadas**. 2019. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/11129233>. Acesso em: 08 jun. 2024.

MARTINS, C. F.; FONSECA-NETO, A. M.; BESSLER, H. C.; DODE, M. A. N.; LEME, L. O.; FRANCO, M. M.; MCMANUS, C. M.; MALAQUIAS, J. V.; FERREIRA, I. C. Natural shade from integrated crop–livestock–forestry mitigates environmental heat and increases the quantity and quality of oocytes and embryos produced in vitro by Gyr dairy cows. **Ciência Pecuária**, n. 104341, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104341>.

MÁS, F. E. D.; DEBIAGE, R. R.; SCHUH, B. R. F.; GUIRRO, E. C. B. P. Estresse térmico em bovinos leiteiros – Impactos, avaliação e medidas de controle. **Veterinária em Foco**, v. 17, n. 2, p. 42-55, 2020. Disponível em: <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/veterinaria/issue/view/333>. Acesso em: 17 jun. 2024.

MENDONÇA, A.; TENÓRIO A. **Bem-estar animal: conceitos, importância e aplicabilidade para animais de companhia e de produção**. 2019. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Medicina Veterinária, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2019. Disponível em: <http://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1017>. Acesso em: 09 jun. 2024.

MOTT, G. O.; POPENOE, H. L. G. In: ALVIM, P. T.; KOZLOWSKI, P. (Ed.). **Ecophysiology of tropical crops**. New York: Academic Press, 1977. p.157-186.

OIE. World Organization for Animal Health. **The Terrestrial Code**. Cap 7.1 Paris; 2015.

PACIULLO, D. S. C.; SILVA, V. D.; CARVALHO, M. M.; CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S.; CAMPOS, E. G. D. L.; TAVARES, C. R. de; CASTRO, E. G.

D. **Arranjos e modelos de sistemas. silvipastoris.** 2007. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/595577>. Acesso em: 12 jun. 2024.

PASSOS, R. R.; COSTA, L. M. da; ASSIS, I. R.; SANTOS, D. A.; RUIZ, H. A.; GUIMARÃES, L. A. O. P.; ANDRADE, F. V. Least limiting water range of Udox soil under degraded pastures on different sun-exposed faces. **International Agrophysics**, v. 31, n. 3, p. 393, 2017. DOI: 10.1515/intag-2016-0066.

PEREIRA, L. C. A.; OLIVEIRA, A. F. M. Bem-estar de bezerros durante o aleitamento e a desmama em diferentes sistemas de criação: Revisão. **Pubvet**, v. 14, n. 8, p. 1-11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v14n8a628.1-11>.

PEZZOPANE, J. R. M., NICODEMOA, M. L. F., CRISTIAN, B., GARCIA, A. R., & LULU, J. (2019). Animal thermal comfort indexes in silvopastoral systems with different tree arrangements. **Journal of Thermal Biology**, 79, 103-111. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.12.015>.

PRAGNA, P.; ARCHANA, P. R.; ALEENA, J.; SEJIAN, V.; KRISHNAN, G.; BAGATH, M.; MANIMARAN, A.; BEENA, V.; KURIEN, E. K.; VARMA, G.; BHATTA, R. **Heat stress and dairy cow: impact on both milk yield and composition.** **Int. J. Dairy Sci**, v. 12, n. 1, p. 1-11, 2017. DOI: 10.3923/ijds.2017.1.1.

ROSSO, G. **Árvores no pasto melhoraram ganho de peso, conforto térmico e reprodução dos animais,** 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/87217390/arvores-no-pasto-melhoram-ganho-de-peso-conforto-termico-e-reproducao-dos-animais>. Acesso em: 18 de jun. 2024.

SANTOS, B.; NEVES, A. Z.; RIBEIRO, L. F. Importância do bem-estar animal na bovinocultura de leite. **Revista GeTeC**, v. 10, n. 26, p. 126-133, 2021. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/2376>. Acesso em: 18 jun. 2024.

SANTOS, G. C. L.; CABRAL, A. M. D. Índices bioclimáticos, modelagem matemática e índices estatísticos para avaliação de modelos utilizados na estimativa do conforto térmico animal. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i3.13328.

SCHUTZ, K. E. ; ROGERS, A. R. ; POULOUIN, I. A. ; COX, N. R. ; TUCKER, C. B. The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 1, p. 125-133, 2010. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2416>.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal.** São Paulo: Nobel, 2000. 286 p. ISBN 8521311214.

SOUZA REIS, L.; MARQUES, L. R.; SANTOS, S. N. dos; PRADO PAIM, T. do; GUIMARÃES, T. P.; MARQUES, T. C.; LEÃO, K. M. Produção de leite em sistema silvipastoril: Revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. 43, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i4.14043.

SOUZA, B. B.; OLIVEIRA SILVA, I. J.; MELLACE, E. M.; SANTOS, R. F. S.; ZOTTI, C. A.; GARCIA, P. R. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semiárido**, n. 6, p. 59-65, 2010. DOI: <https://doi.org/10.30969/acsa.v6i2.69>.

SOUZA, G. S. D.; THIENGO, C. C.; SILVA, M. W. D.; DAN, M. L. **Sistemas silvipastoris e preparo do solo na renovação de pastagens degradadas no Espírito Santo**. Sistemas integrados de produção: Pesquisa e desenvolvimento de tecnologias. Guarujá, SP: Científica Digital, 2021.

SUZUKI, R. **Estresse térmico em vacas leiteiras: um mal que se sente na pele**. Bebedouro/SP, 2021. Disponível em: <https://www.portaldoagronegocio.com.br/pecuaria/bovinos-leite>. Acesso em: 16 mai. 2024.

TAO, S. H. A.; RIVAS, R. M. O.; MARINS, T. N.; CHEN, Y. C.; GAO, J.; BERNARD, J. K. (2020). Impact of heat stress on lactational performance of dairy cows. **Theriogenology**, n. 150, p. 437-444, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.02.048>.

VEIGA, J. B.; ALVES, C. P.; MARQUES, L. C. T.; VEIGA, D. F. da. **Sistemas silvipastoris na Amazônia Oriental**. 2000. ISSN 1517-2201.

ZANIN, E.; BICHEL, A.; MANGILLI, L. G. **Bem estar de vacas leiteiras em sistema silvipastoril**. Pubvet v. 10, n. 5, p. 381-387, 2016. DOI: <https://doi.org/10.22256/pubvet.v10n5.381-387>.

CAPÍTULO 8

Viabilidade econômica da produção agroecológica integrada e sustentável na região do Caparaó Capixaba: programa REFLORESTAR

Rodrigo Leonardo de Paula Dias Mendonca, Camila Dutra Pimenta, João Sávio Monção Figueiredo, Guilherme Andrião Trugilho, Igor Borges Peron, Gabriela Alves de Novaes, Roberta Cunha Vieira, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-25-1.c8>

Resumo

O presente trabalho propõe um estudo qualitativo baseado na análise de uma experiência de Assistência Técnica no programa REFLORESTAR, que visa promover a transição de sistemas de produção convencionais para sistemas agroflorestais (SAFs). A pesquisa adota o método de estudo de caso. As experiências de extensão rural examinadas estão em andamento desde 2010 nos municípios de Alegre (ES) e Castelo (ES), sob a coordenação do Escritório de Alegre (ES). O estudo apresentará os resultados da modelagem econômica e financeira dos SAFs na região do Caparaó Capixaba. Espera-se obter resultados positivos, já que estudos anteriores indicam que os SAFs oferecem uma taxa interna de retorno média de 10% a 12%. O objetivo é comparar o retorno econômico desses sistemas com o reflorestamento com espécies exóticas, tais como eucalipto, cultivo tradicional de café e pastagens para gado de corte ou leite. Além disso, espera-se demonstrar uma vantagem econômica dos modelos de SAFs.

Palavras-chave: Assistência Técnica. Modelagem Econômica. Taxa Interna de Retorno. Reflorestamento. Sustentabilidade. Agricultura Familiar.

1. Introdução

Os sistemas agroflorestais (SAFs) representam uma abordagem inovadora e sustentável para a produção de alimentos, combinando árvores, culturas agrícolas e animais em um mesmo sistema. Essa integração oferece uma série de vantagens significativas, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental. Também permite que os agricultores cultivem uma variedade de plantas, árvores e animais no mesmo espaço. Isso não apenas aumenta a variedade de alimentos produzidos, mas também cria oportunidades para a comercialização de produtos diversos, o que pode aumentar a renda e a segurança alimentar das famílias agrícolas (Figura 1) (Aguiar Junior *et al.*, 2021; Embrapa, 2021; Lima *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2022; Almeida *et al.*, 2023; Crespo; Souza; Silva, 2023; Oliveira; Soares; Rocha, 2023).



Figura 1. Funcionamento de um SAF na Amazônia. Fonte: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/amazonia/infografico-como-funciona-agrofloresta>.

A combinação de diferentes espécies em um mesmo SAF pode resultar em uma maior eficiência no uso dos recursos disponíveis, como água e nutrientes do solo. Além disso, a presença de árvores pode proporcionar sombreamento

parcial, aumentando a umidade e reduzindo a evaporação do solo, o que é benéfico para as culturas agrícolas. As árvores em SAFs ajudam a proteger o solo contra a erosão, melhorando sua estrutura e fertilidade. Além disso, as raízes das árvores ajudam a aumentar a infiltração de água no solo, reduzindo o escoamento superficial e contribuindo para a recarga de aquíferos e mananciais (Camargo *et al.*, 2017; Cordeiro, 2017; Frederico; Moral, 2022; Almeida *et al.*, 2023; Crespo; Souza; Silva, 2023; Gonçalves; Oliveira; Souza, 2024).

As árvores em SAFs podem melhorar a ciclagem de nutrientes, fornecendo material orgânico (como folhas caídas) que se decompõe e enriquece o solo com nutrientes essenciais (Figura 2). Isso reduz a necessidade de fertilizantes externos, economizando custos para os agricultores e reduzindo a poluição causada pelo excesso de nutrientes (Camargo *et al.*, 2017; Lima *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2022; Almeida *et al.*, 2023; Crespo; Souza; Silva, 2023; Gonçalves; Oliveira; Souza, 2024).

Para esses mesmos autores, os SAFs podem ajudar a mitigar os efeitos das mudanças climáticas ao sequestrar carbono da atmosfera e armazená-lo na biomassa das árvores e no solo. Além disso, esses sistemas podem ser mais resilientes a eventos climáticos extremos, como secas e inundações, devido à sua diversidade biológica e maior capacidade de retenção de água. Ou seja, trata-se de um sistema produtivo que, ao mesmo tempo em que se regenera, é sustentável e duradouro.



Figura 2. SAF com elevada diversidade biológica. Fonte: Dário Rodrigues, 2024.

A presença de árvores em SAFs oferece oportunidades adicionais de geração de renda, seja por meio da venda de produtos florestais não madeireiros (como frutas, castanhas e óleos essenciais), madeira, ou serviços ecossistêmicos, como turismo rural e conservação da biodiversidade.

Segundo o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural - SENAR (2017), esse sistema é caracterizado como a combinação intencional e planejada de árvores ou arbustos com cultivos agrícolas e, ou, animais em uma mesma área, ao mesmo tempo (associação simultânea) ou em uma sequência de tempo (associação temporal). Essa prática tem como objetivo diversificar a produção, aperfeiçoar a mão de obra, gerar renda, proteger o solo e a água, além de promover o envolvimento da população local.

O relatório proposto na presente pesquisa apresentará os resultados da modelagem econômica e financeira dos estudos de caso de SAFs na região do Caparaó Capixaba. Em SAFs, como já observados em outros estudos, proporcionam uma taxa interna de retorno média de 10% a 12%. Espera-se observar a diferença de retorno econômico quando comparado ao reflorestamento com espécies exóticas, como eucalipto, cultivo tradicional de café e pastagens para gado de corte ou leite. Além disso, espera-se observar uma vantagem econômica nos modelos de SAFs.

O estudo parte de estimativas da demanda nacional e global por alimentos produzidos em regime de SAFs, que mostram uma grande oportunidade para garantir a segurança alimentar regional de forma sustentável desestimulando o desmatamento de florestas naturais e matas ciliares oferecendo ao mercado consumidor um produto que respeita as regras ambientais, retira carbono da atmosfera e evita a degradação.

Segundo o levantamento da FAO (2023), as projeções sugerem que, caso se siga em um cenário de *business-as-usual*, em 2050 o Brasil produzirá cerca de alimentos em regime de SAFs, tendo um papel importantíssimo na produção de alimentos. Se apostar em uma economia de baixo carbono e SAFs na produção agrícola, pode-se promover a recuperação de solos degradados, garantir água para todas as atividades ligadas à sua demanda, além de promover o ciclo de carbono (C), tornando o Brasil o principal produtor do mundo de alimentos.

Além de demonstrar a viabilidade econômica de SAFs, buscam-se uma solução perene para áreas degradadas em regiões com topografias diferenciadas e disseminar exemplos já existentes e bem-sucedidos e economicamente viáveis.

Esse estudo qualitativo se baseia na análise de uma experiência de Assistência Técnica no programa REFLORESTAR, que busca promover a transição dos sistemas de produção convencionais para SAFs. O método de pesquisa adotado é um estudo de caso, focado nas experiências de extensão rural em andamento nos municípios de Alegre (ES) e Castelo (ES) desde 2010, coordenadas pelo Escritório de Alegre (ES), em colaboração com a coordenadora de projetos da MVGI.

O trabalho será embasado na análise de um diagnóstico realizado pelo mestrando com os produtores que programaram os SAFs, ainda a serem definidos. Além disso, serão conduzidas entrevistas em profundidade com 30 produtores e analisados os dados técnicos e econômicos de duas propriedades com base em 20 índices. As entrevistas serão gravadas e posteriormente transcritas. A categorização das entrevistas será estabelecida a partir da análise das mesmas, abordando inicialmente as categorias de SAF, manejo de agroecossistemas, manejo ecológico do solo, relação ser humano-natureza e reprodução social.

A análise qualitativa deste estudo será orientada pela abordagem interpretativa, seguindo as recomendações de Gomes (2012). A análise interpretativa busca compreender a lógica interna dos fatos, relatos e observações, situando-os no contexto dos atores envolvidos. Para realizar essa análise, serão seguidas três etapas propostas pelo autor. Primeiro, será realizada a montagem da estrutura de análise e categorização dos conteúdos coletados. Essa categorização foi dinâmica e a próxima etapa de exploração do material será feita por meio da interpretação e paráfrase das falas registradas nas entrevistas.

Em seguida, será realizada a exploração do material, identificando as ideias implícitas e explícitas nas entrevistas e buscando os sentidos mais amplos atribuídos a essas ideias. A partir desta fase, serão construídas as categorias de análise presentes neste artigo.

Por fim, será elaborado o documento final, articulando os objetivos do estudo com a base teórica e os dados empíricos coletados, conforme recomendado por Gomes (2012).

Este estudo qualitativo tem como objetivo analisar as variáveis e a viabilidade econômica dos SAFs implantados no Sul do Estado do Espírito Santo, por meio do programa REFLORESTAR, uma política pública ambiental do estado. Serão estudadas 30 propriedades familiares com projetos de até 4,84 ha, assistidas pelo Programa Reflorestar sob a tutela da MVGI, que implantaram sistemas agroflorestais utilizando arranjos com café arábica ou robusta, citros, banana, palmáceas, espécies arbóreas comercializáveis e nativas. O estudo buscará compreender como esse SAF alterou a capacidade financeira dos agricultores desde a implantação até o momento da pesquisa. As categorias de pesquisa serão: a implantação dos SAFs, indicadores de viabilidade econômica, custos e rentabilidade.

Para a coleta de dados deste trabalho, serão selecionadas 30 propriedades onde os proprietários já tenham escolhido quais cultivos implantar ou já tenham mudas plantadas no campo. Será aplicado um questionário *in loco* por meio de entrevistas pessoais. O objetivo da aplicação do questionário é obter informações sobre a escolha das espécies para a implantação dos SAFs, bem como a destinação pretendida dos produtos desses cultivos.

Para compor o valor das receitas, serão analisados dados sobre os preços de mercado dos produtos comercializados na região. Isso será feito por meio de uma pesquisa de mercado utilizando um questionário semiestruturado. Essa pesquisa visa verificar os valores de produtos como mudas, sementes, frutos, madeira, cereais e outros produtos relevantes.

Na composição dos custos serão coletados dados sobre o preparo da área, tamanho da área, custos de mão de obra diária, custos de hora máquina, valores praticados na região do Caparaó Capixaba, vegetação anterior ao plantio do sistema agroflorestal, espaçamento, adubação e procedência das mudas.

Utilizando planilhas, o estudo irá calcular o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR), segundo Santana (2005), para análise da

viabilidade econômica dos SAFs. O empreendimento será considerado viável se a TIR for maior que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

Para estimar a geração de renda com os produtos agroflorestais, serão utilizados dados de produção provenientes de literatura e pesquisas de mercado no momento da análise. Esses dados serão adaptados para a densidade de plantio de cada SAF avaliado no estudo

2. Planejamento financeiro e sua importância

O planejamento financeiro envolve a previsão, organização e controle das finanças da empresa para garantir que os recursos sejam utilizados de maneira eficiente e que os objetivos financeiros sejam alcançados. Para os SAFs não é diferente, pois se pode fornecer dados e previsões que ajudam os gestores a tomar decisões mais informadas (Bentes-Gama, 2003; Santana, 2005; Sanguino, 2007; Arco-Verde, 2008; Arco-Verde; Amaro; Silva, 2013; Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014).

Para esses mesmos autores, isso inclui a avaliação de novas oportunidades, alocação de recursos e identificação de possíveis riscos. Para garantir a viabilidade de longo prazo, é essencial que as empresas agroflorestais entendam suas margens de lucro, custos operacionais e fluxos de caixa. Isso ajuda a garantir que a empresa possa se manter financeiramente sustentável. Com um planejamento financeiro adequado, é possível monitorar e controlar os custos de produção, o que é fundamental para manter a competitividade no mercado.

Investidores e instituições financeiras geralmente exigem um plano financeiro detalhado antes de conceder empréstimos ou investir no negócio. Um bom planejamento financeiro aumenta a credibilidade e a capacidade de captação de recursos e também pode ajudar a prever os fluxos de caixa futuros, garantindo que a empresa tenha liquidez suficiente para operar, investir e crescer. O aperfeiçoamento dos custos tributários por intermédio de um planejamento financeiro eficaz pode resultar em economias significativas e melhorar a rentabilidade da empresa (Sanguino, 2007; Arco-Verde; Amaro; Silva, 2013; Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014).

Os SAFs combinam cultivos agrícolas com árvores e outros componentes florestais, oferecendo uma série de benefícios econômicos, ecológicos e sociais. Para avaliar a viabilidade econômico-financeira desses sistemas, alguns passos são essenciais (Bentes-Gama, 2003; Santana, 2005; Sanguino, 2007; Arco-Verde, 2008; Arco-Verde; Amaro; Silva, 2013; Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014):

- ✓ Análise de mercado: avaliar a demanda e os preços de mercado para os produtos agrícolas e florestais, incluindo madeira, frutas, ervas medicinais, entre outros;
- ✓ Custos de implementação e manutenção: estimar os custos iniciais de instalação do sistema, bem como os custos contínuos de manutenção, colheita e comercialização;
- ✓ Receitas potenciais: projeção das receitas esperadas a partir da venda dos produtos gerados pelo sistema agroflorestal;
- ✓ Análise de riscos: identificação e mitigação de riscos associados a pragas, mudanças climáticas, volatilidade de preços e outros fatores que possam impactar a viabilidade financeira;
- ✓ Indicadores de rentabilidade: utilização de indicadores financeiros, como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *Payback*, para avaliar a rentabilidade do investimento no SAF;
- ✓ Sustentabilidade ambiental: consideração dos benefícios ambientais dos SAFs, como sequestro de carbono, conservação do solo e biodiversidade, que podem agregar valor e abrir portas para mercados de créditos de carbono e incentivos governamentais.

Para esses mesmos autores, o planejamento financeiro é essencial para a sustentabilidade e sucesso de qualquer empreendimento, incluindo os SAFs. Ele fornece uma base sólida para a tomada de decisões, ajuda a mitigar riscos e maximiza a eficiência dos recursos. Além disso, a avaliação da viabilidade econômico-financeira é fundamental para garantir que os SAFs não só sejam ambientalmente benéficos, mas também economicamente viáveis em longo prazo.

Tópico comum no mundo dos negócios, a viabilidade econômica e financeira de qualquer atividade possibilita uma comparação do retorno financeiro de qualquer atividade. Esse estudo da viabilidade econômico-financeira de SAFs tem por finalidade buscar informações detalhadas sobre as atividades agrícolas em os englobam.

Para fazer uma boa análise de viabilidade econômica, devem-se seguir algumas etapas fundamentais, que são a análise de mercado dos produtos; projeções de receitas, despesas, custos e fluxo de caixa ou projeção de fluxo de caixa; e análise de indicadores calculados em cima dos dados obtidos de receitas, despesas, custos e investimentos (Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014).

Para uma boa análise de mercado, deve-se atentar para a elaboração de um bom plano de negócios (no caso do Programa REFLORESTAR, um bom projeto), com a intensão de se conhecer o mercado consumidor ou público alvo, perfil da concorrência, sazonalidade dos produtos, além de outros pontos e informações relevantes para o escoamento da produção agrícola.

Com base nesse levantamento de dados, ter-se-á como objetivo buscar oportunidades e renda para o produtor rural, estimulando a adoção de práticas de uso sustentável dos solos, cultivos diversificados, redução de custos de produção e aperfeiçoamento de áreas. Assim, criar estímulos para os proprietários de terra e agricultores adotarem sistemas produtivos sustentáveis e alternativas econômicas, ambientalmente corretas e socialmente justas.

2.1. Fluxo de caixa – projeção de receitas, despesas, custos e investimentos

Após análise de mercado dos produtos produzidos pelos SAFs, é possível mensurar e projetar possíveis receitas. Essa análise tem como função identificar a capacidade de gerar receitas (dinheiro) para o produtor. Para uma boa projeção de sucesso é importante conhecer o mercado consumidor e projetar números tangíveis evitando números intangíveis ou fictícios (Bentes-Gama, 2003; Arco-Verde, 2008; Arco-Verde; Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014).

Para esses mesmos autores, o prazo de retorno no caso de SAFs pode variar dependendo das culturas nele projetadas, em média, de 1 a 5 anos. Em projetos de maior porte, pode-se extrapolar para 10 anos ou mais, variando conforme as demandas. Cabe ressaltar que o apesar do crescimento das receitas, as despesas e custos também aumentam. Com isso é imprescindível que o produtor cogite bem seus projetos com o intuito de evitar surpresas e possíveis prejuízos.

É fundamental que o produtor agroflorestal realize projeções detalhadas e realistas tanto das receitas quanto das despesas e custos associados ao crescimento da operação. Um planejamento financeiro cuidadoso, aliado ao monitoramento contínuo e à gestão de riscos, ajudará a garantir a sustentabilidade e a viabilidade econômico-financeira dos SAFs, evitando surpresas e possíveis prejuízos.

Projetar receitas, custos, despesas e investimento devem obedecer alguns critérios, tais como (Bentes-Gama, 2003; Arco-Verde, 2008; Arco-Verde; Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014):

- ✓ Custos variáveis, aqueles que variam de acordo com produção ou vendas, embalagens, combustíveis, transporte, mão de obra, adubação ou manejo entre outros;
- ✓ Custos fixos, que são aqueles recorrentes, com impostos, diárias da mão de obra ou salários, energia elétrica, entre outros.

É fundamental destacar a importância da dinâmica do dinheiro no planejamento e controle financeiro. O registro adequado dos recebimentos e pagamentos é essencial para que o produtor possa ter uma visão clara e precisa da sua situação financeira.

O objetivo principal do registro dos recebimentos é acompanhar as vendas e outros valores que entram no caixa da propriedade, como recebimento de cheques, transferências bancárias, entre outros. Esses registros permitem ao produtor ter um controle detalhado das entradas de dinheiro, possibilitando uma análise do fluxo de caixa e a identificação de eventuais problemas ou oportunidades.

Da mesma forma, o registro dos pagamentos é fundamental para acompanhar todas as despesas previstas, sejam elas pagas à vista ou a prazo. Isso inclui o pagamento de fornecedores, salários, despesas com insumos, entre outros. Ao registrar esses pagamentos, o produtor pode ter uma visão clara dos seus compromissos financeiros, evitando atrasos e auxiliando no planejamento do uso dos recursos disponíveis.

É importante ressaltar que o registro adequado dos recebimentos e pagamentos deve ser feito de forma organizada e sistemática, utilizando ferramentas como planilhas ou *softwares* de gestão financeira. Dessa forma, o produtor terá informações precisas e atualizadas sobre a sua situação financeira, permitindo tomar decisões mais assertivas e planejar o seu negócio de forma mais eficiente.

2.2. Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido (VPL) é amplamente reconhecido como um indicador financeiro robusto de viabilidade de investimentos. Ele estima o valor presente de um fluxo de caixa futuro, levando em consideração uma taxa de desconto específica. Quando o VPL é positivo, indica que o investimento ou projeto é considerado viável (Bentes-Gama, 2003; Arco-Verde, 2008; Arco-Verde; Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014):

**VPL = Valor presente das entradas de caixa – investimento inicial
(Orçamento previsto pelo REFLORESTAR)**

A fórmula básica para o cálculo do Valor Presente Líquido é a seguinte:

$$VPL = \sum \left(\frac{FC_t}{(1+r)^t} \right) - C_0$$

Onde:

- FC_t representa o fluxo de caixa no período t ,
- r é a taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade,
- t é o período de tempo,

- **C_0 é o investimento inicial (ou custo inicial) do projeto.**

O VPL é calculado somando-se todos os fluxos de caixa futuros descontados para o presente e subtraindo o investimento inicial. Se o resultado for positivo, o projeto é considerado economicamente atrativo, pois indica que o retorno esperado é maior que o custo de oportunidade do capital investido, ajustado pela taxa de desconto.

2.3. Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa de juros que iguala o valor presente dos benefícios ao valor presente de custos (Arco-Verde, 2014). A TIR é uma métrica utilizada em orçamento de capital para estimar a lucratividade de projetos e investimentos. Ela possui este nome, pois é necessário apenas o fluxo de caixa do projeto para a mesma ser calculada, não dependendo de nenhuma taxa externa.

A TIR é uma métrica poderosa para avaliar a viabilidade e lucratividade de projetos de investimento. Ao calcular a TIR, os produtores e investidores podem tomar decisões informadas, comparando diferentes projetos e escolhendo aqueles que oferecem os melhores retornos em relação ao seu custo de capital (*ibidem*).

Tipicamente expressa em porcentagem (por exemplo, 10%-12%), ela pode ser definida como a taxa de retorno anualizada de um projeto e deve ser compreendida como a taxa de desconto que torna o Valor Presente Líquido de um fluxo de caixa (tanto positivo quanto negativo) igual a 0.

Caso o resultado desta métrica retorne um valor positivo, isso significa que o projeto ou investimento irá gerar valor para a organização caso seja maior do que a TMA (Taxa Mínima de Atratividade). Caso o resultado desta métrica retorne um valor negativo, isso significa que o fluxo de caixa do investimento está alterando entre positivo e negativo durante a duração do projeto. Uma TIR negativa é um indicativo de um fluxo de caixa mais complexo, o que pode tornar

esta métrica menos útil (Arco-Verde, 2008; Arco-Verde; Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014).

Antigamente, para esses mesmos autores, encontrar a Taxa Interna de Retorno (TIR) costumava ser um processo mais manual e iterativo, utilizando o método da tentativa e erro. Isso envolvia inserir diferentes valores na fórmula da TIR até encontrar aquele que resultasse em um Valor Presente Líquido (VPL) igual a zero.

Em termos de preferência na análise de investimentos, as taxas de retorno (como a TIR) são frequentemente discutidas porque proporcionam uma medida relativa de *performance* que é mais intuitiva para comparar diferentes oportunidades de investimento. Elas expressam a rentabilidade do investimento como uma porcentagem, facilitando a compreensão e a tomada de decisão em comparação com valores absolutos em reais, como os retornos calculados pelo VPL (Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014).

2.4. Relação Benefício-Custo (RB/C)

A Relação Benefício-Custo (RB/C) são os principais índices utilizados como parâmetros econômicos para a análise financeira de SAFs (Bentes-Gama, 2005; Sanguino, 2007; Arco-Verde, 2008; Palheta, 2014). A “relação custo-benefício” avalia os prós e contras de uma ação, produto ou projeto, com o objetivo de determinar se os benefícios superam os custos envolvidos.

A Relação Benefício-Custo (RB/C) é uma ferramenta essencial para avaliar a viabilidade econômica de projetos, especialmente em SAFs. Ela permite aos produtores e investidores tomar decisões informadas, assegurando que os projetos escolhidos sejam economicamente sustentáveis e lucrativos. Uma RB/C maior que 1 indica um projeto viável, proporcionando uma base sólida para investimentos futuros.

Relação Benefício Custo (RB/C) indica o quanto os benefícios superam ou não os custos totais onde o projeto é viável se o valor for maior ou igual à unidade de capital (Börner, 2009). É um critério fundamental para tomadas de decisão informadas e eficazes, influenciando escolhas que variam desde investimentos financeiros até políticas públicas.

O custo-benefício é definido como as melhores escolhas que os agentes econômicos realizam em determinadas situações. Projetos intitulados como PSA (pagamento por serviços ambientais) buscam benefícios maiores que os custos ao adquirir ou produzir algo. As escolhas que os indivíduos fazem tem como reflexo o custo-benefício, lembrando que toda escolha remete a uma perda: esse fato é conhecido como *trade-off* entre os economistas (Arco-Verde, 2008; Palheta, 2014).

Em agroecologia, pode-se exemplificar isso os estudos com cafés cultivados em SAFs, que obtiveram menor produtividade por área, mas calculadas a reduções de custos de adubação, resiliência vegetativa das plantas, melhoria a qualidade dos cafés e ganhos ambientais, chegamos a conclusões que a relação custos benefício se aplica a atividades agrícolas como a cafeicultura (Silva *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2022).

Portanto, pode-se definir o custo como algo que exige atenção, dinheiro, entre outros pontos. Já o benefício é uma melhoria que se irá conquistar ao realizar uma ação que demanda um custo específico. Neste caso, os benefícios são maiores quando o projeto, o produto ou o serviço apresentam mais pontos positivos, em termos qualitativos e em termos quantitativos.

2.5. Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

Para determinar se um projeto é viável, é fundamental que o retorno financeiro esperado seja superior ao investimento inicial realizado. Esse princípio é essencial para qualquer tipo de investimento. A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) desempenha um papel fundamental nesse processo, pois representa o mínimo que um investidor ou empresa deseja obter como retorno para considerar um investimento satisfatório (Arco-Verde, 2008; Arco-Verde; Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014).

Segundo esses mesmos autores, a TMA é uma ferramenta poderosa, especialmente útil na escolha entre várias opções de investimento disponíveis. Ela é utilizada tanto em análises estratégicas quanto financeiras para avaliar a atratividade de um projeto ou investimento. Essa taxa é normalmente

determinada com base nas principais taxas de juros praticadas pelo mercado, que refletem o custo de capital e o retorno esperado dos investidores.

As principais taxas de juros que atualmente exercem impacto significativo na definição da TMA podem incluir (Arco-Verde; Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014):

- ✓ Taxa Selic: a Taxa Básica de Juros da economia brasileira, usada pelo Banco Central para controlar a inflação e influenciar as demais taxas de juros do mercado;
- ✓ CDI (Certificado de Depósito Interbancário): taxa de juros utilizada como referência para operações entre instituições financeiras no Brasil;
- ✓ TJLP (Taxa de Juros de Longo Prazo): utilizada pelo BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) para financiar investimentos de longo prazo no Brasil;
- ✓ TBF (Taxa Básica Financeira): utilizada para reajuste de títulos do Tesouro Nacional no Brasil;
- ✓ Inflação esperada: a expectativa de inflação futura também é considerada na determinação da TMA, pois afeta o poder de compra do dinheiro investido.

Essas taxas são essenciais porque influenciam o custo do capital e o potencial retorno sobre o investimento, ajudando a estabelecer um critério objetivo para a viabilidade econômica de um projeto ou investimento. Portanto, ao calcular o Valor Presente Líquido (VPL) ou a Taxa Interna de Retorno (TIR) de um investimento, a TMA é fundamental para determinar se os fluxos de caixa futuros são suficientes para compensar o investimento inicial, garantindo assim que o projeto seja considerado viável.

2.6. Taxa Referencial

Taxa de juros utilizada para remunerar o capital nos projetos agroflorestais será de 4,00 % ao ano, que é a taxa de juros adotada no Plano Safra 2023/2024 ABC / agroecologia estipulada pelo Banco Central do Brasil Pronaf ABC+ Agroecologia (bndes.gov.br).

Para calcular o valor da TR, é necessário primeiramente encontrar o valor de outra taxa: a TBF (Taxa Básica Financeira). Ela é o principal elemento da

fórmula utilizada para chegar ao valor final da Taxa Referencial. Após encontrado o valor da TBF, aplica-se um redutor e só então se chega ao valor da TR. Deste modo, a TR sempre será um pouco menor do que a TBF (Arco-Verde; Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014).

É possível simular a correção de valores pela Taxa Referencial por intermédio da calculadora da TR, disponibilizada pelo Banco Central.

2.7. Pronaf ABC+ Agroecologia

O Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) é uma iniciativa governamental destinada a apoiar os agricultores familiares no Brasil, oferecendo acesso a crédito com condições vantajosas. Uma das modalidades é o Pronaf AB+ Agroecologia, voltado para atividades agrícolas de baixo carbono e práticas agroecológicas. Esse programa é operacionalizado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e oferece financiamento tanto para agricultores individuais quanto para grupos de produtores (BNDES, 2020).

No caso de financiamento individual, os recursos podem ser utilizados para construção, reforma ou ampliação de benfeitorias e instalações permanentes, aquisição de máquinas, equipamentos (incluindo irrigação) e implementos agropecuários, além de estruturas de armazenagem. Para financiamentos coletivos, o objetivo é promover investimentos de uso comum entre os agricultores (MAPA, 2020).

As condições incluem taxas de juros prefixadas de até 4% ao ano, prazos de pagamento que variam de 5 a 10 anos, com possibilidade de carência de 14 meses a 3 anos. Os limites de financiamento são de até R\$ 420 mil para atividades como suinocultura, avicultura, aquicultura, carcinicultura e fruticultura, e até R\$ 210 mil para outras finalidades (BNDES, 2020; MAPA, 2020).

O Pronaf AB+ Agroecologia visa promover práticas sustentáveis e o desenvolvimento econômico das famílias agricultoras, contribuindo para a conservação ambiental e a qualidade de vida no campo.

3. Fundamentos dos Sistemas agroflorestais

Os Sistemas Agrossilvipastoris (SASPs) são modelos avançados de integração que combinam agricultura, silvicultura e pecuária em um único sistema produtivo. Essa abordagem integrada visa maximizar o uso da terra, promover a sustentabilidade ambiental e aumentar a produtividade agrícola e pecuária. No contexto dos SASPs, a produção de pastagens para o gado desempenha um papel crucial, proporcionando condições ideais para o bem-estar animal e otimizando os ganhos zootécnicos (Costa, 2016; Cordeiro *et al.*, 2017).

Para esses mesmos autores, além da produção de pastagens, os SASPs incluem o cultivo estratégico de árvores. Essas árvores podem ser plantadas com múltiplos propósitos, como produção de madeira, celulose ou outros produtos florestais. A localização estratégica das árvores dentro do sistema pode oferecer benefícios adicionais, tais como:

- ✓ Sombreamento: As árvores fornecem sombra para o gado e outros animais, ajudando a protegê-los do calor excessivo e melhorando seu conforto.
- ✓ Proteção contra ventos: As árvores atuam como barreiras naturais contra ventos fortes, reduzindo a erosão do solo e protegendo as culturas e pastagens.
- ✓ Circulação de nutrientes: As árvores contribuem para a ciclagem de nutrientes no sistema, ajudando a melhorar a fertilidade do solo e a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Esses elementos combinados - pastagens bem manejadas e árvores estrategicamente plantadas - criam um ambiente produtivo e sustentável dentro dos SASPs. Esses sistemas não apenas melhoram a eficiência do uso da terra, mas também promovem a conservação dos recursos naturais e a resiliência às mudanças climáticas, tornando-se uma opção atraente para agricultores e pecuaristas que buscam integrar práticas agrícolas e ambientais de maneira harmoniosa e produtiva (Figura 3).



Figura 3. SASP. Fonte: www.centralflorestal.com.br/2017/10/os-sistemas-silvipas-toris-ssp-e.html.

A presença estratégica de árvores em SASPs não só contribui para a produtividade agrícola e pecuária, mas também desempenha um papel crucial na mitigação das mudanças climáticas. As árvores têm a capacidade de absorver carbono da atmosfera e armazená-lo na biomassa e no solo, ajudando a reduzir as emissões de gases de efeito estufa (Franke; Furtado, 2001; MAPA, 2012; Miguel Lenz, 2019).

Para esses mesmos autores, a escolha das culturas agrícolas, espécies de árvores e animais deve ser feita levando em consideração as condições locais, características do solo e os objetivos específicos do produtor. Isso garante que o sistema seja adaptado para maximizar os benefícios ambientais e produtivos.

O *design* espacial do SASP, incluindo a distribuição de árvores e pastagens, é fundamental para melhorar a eficiência produtiva e os benefícios ambientais do sistema. Uma distribuição cuidadosa ajuda a otimizar o uso da terra, minimizar a competição indesejada entre os diferentes componentes e promover interações positivas entre eles (MAPA, 2012; Miguel Lenz, 2019) (Figuras 4 e 5).



Figura 4. SASP. Fonte: <https://www.projetaagroflorestas.com.br/servicos/palestras-sobre-sistemas-agroflorestais/9>.

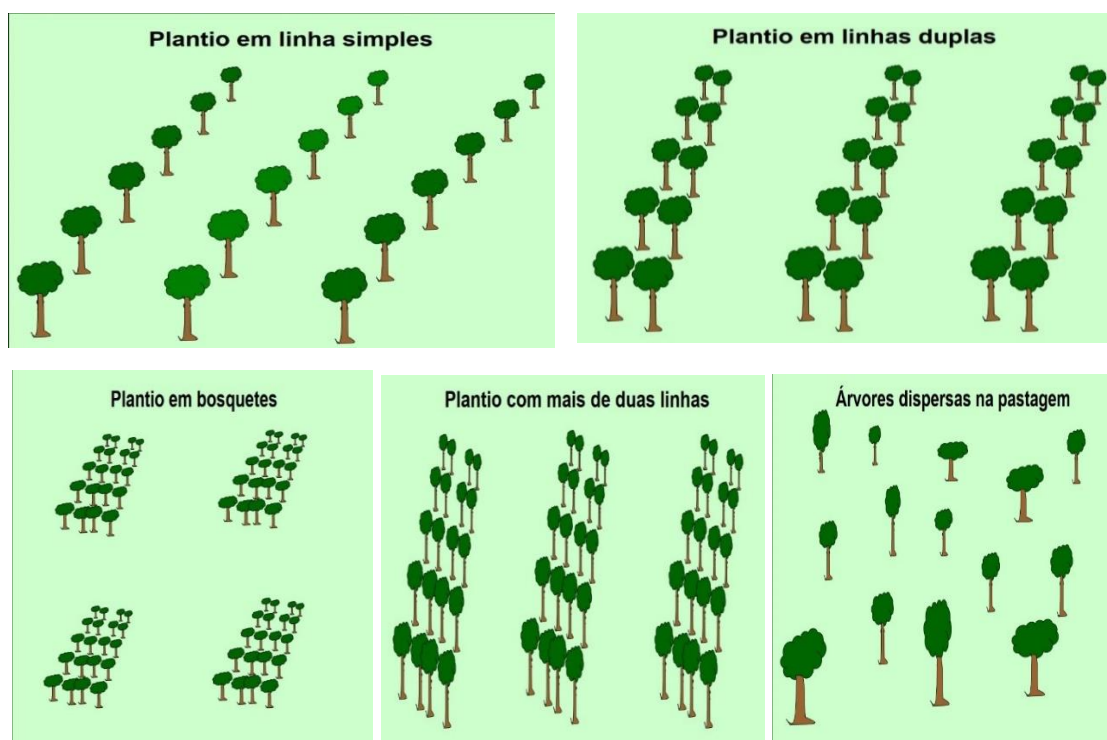


Figura 5. Diferentes tipos de arranjos de SAF. Fonte: Embrapa, 2020.

É essencial adotar práticas de manejo adequadas para garantir a eficiência entre as atividades agrícolas, silvícolas e pecuárias dentro do SASP. Isso inclui manejo integrado de pastagens, rotação de culturas, controle de pragas e doenças, e gestão sustentável dos recursos hídricos.

Para entender melhor o desempenho econômico, social e ambiental dos SASPs em diferentes contextos, são necessárias pesquisas contínuas e avaliações rigorosas. Esses estudos ajudam a identificar melhores práticas, adaptar o sistema às condições locais específicas e promover a adoção mais ampla de SASPs como uma estratégia sustentável para a agricultura.

Os sistemas silvipastoris são uma estratégia eficaz para a gestão sustentável da terra, integrando árvores, pastagens e gado de maneira harmoniosa e produtiva. A classificação desses sistemas, baseada em suas características e objetivos específicos, destaca sua capacidade de promover uma série de benefícios multifacetados (Costa, 2016; Cordeiro *et al.*, 2017).

Para esses mesmos autores, em termos econômicos, os sistemas silvipastoris contribuem significativamente aumentando a geração de receitas. Isso ocorre através da diversificação das fontes de renda, como a extração de madeira e a produção de outros produtos florestais de valor agregado. Essa diversificação não apenas aumenta a rentabilidade para os agricultores e pecuaristas, mas também fortalece a resiliência econômica das operações agrícolas.

Em termos ambientais, os sistemas silvipastoris desempenham um papel crucial na proteção dos solos. As árvores ajudam a reduzir a erosão do solo, melhoram sua estrutura e fertilidade, e promovem a geração de matéria orgânica essencial para a saúde do solo. Além disso, a presença de árvores contribui para a captura de carbono da atmosfera, auxiliando na mitigação das mudanças climáticas e na conservação da biodiversidade (Figura 6) (Costa, 2016; Cordeiro *et al.*, 2017; EMBRAPA, 2020).

Em termos sociais, os sistemas silvipastoris geram empregos e oportunidades econômicas nas áreas rurais. A diversificação das atividades econômicas dentro desses sistemas cria novas oportunidades de trabalho na agricultura, na silvicultura e na comercialização de produtos, contribuindo para o desenvolvimento sustentável das comunidades locais (Costa, 2016; Cordeiro *et al.*, 2017).

Portanto, os sistemas silvipastoris não apenas maximizam a produtividade da terra de forma sustentável, mas também proporcionam benefícios

econômicos, ambientais e sociais significativos, adaptando-se às necessidades e objetivos específicos dos produtores e promovendo práticas agrícolas integradas e responsáveis (Figura 7).



Figura 6. Sistema Silvopastoril. Fonte: <http://www.centralflorestal.com.br/2017/10/os-sistemas-silvipastoris-ssp-e.html>.

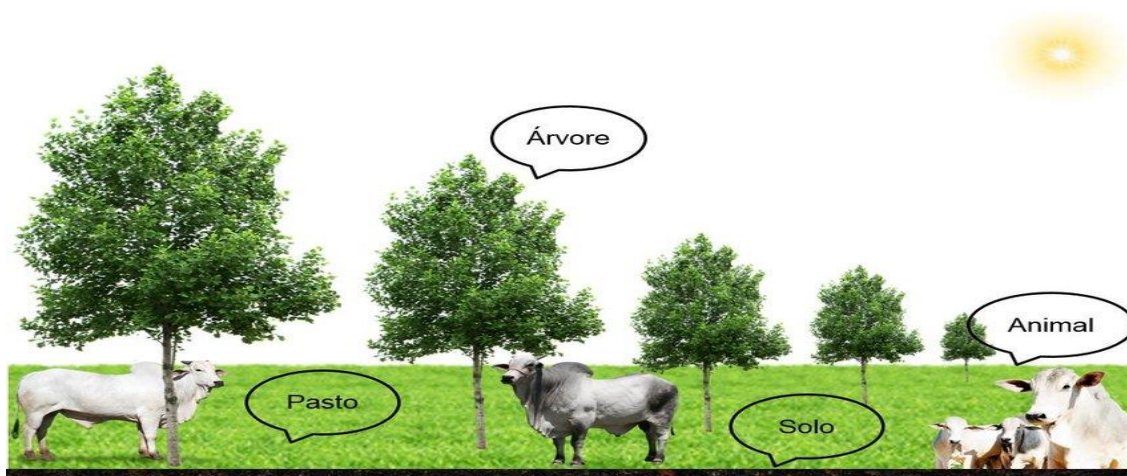


Figura 7. Sistema Silvopastoril. Fonte: <http://www.centralflorestal.com.br/2017/10/os-sistemas-silvipastoris-ssp-e.html>.

4. Sistemas agroflorestais e seus arranjos

A introdução de SAFs representa uma estratégia inovadora e eficaz para mitigar o estresse térmico em bovinos. É fundamental analisar os mecanismos pelos quais os SAFs atuam para entender como esses sistemas proporcionam um ambiente mais confortável para o gado, melhorando seu bem-estar e desempenho produtivo. Esta abordagem examinará os principais mecanismos

de mitigação, como a sombra fornecida pelas árvores, a redução da incidência direta de radiação solar, a melhoria da qualidade do ar e a regulação térmica do solo (Carvalho; Botrel, 2002) (Figura 8).



Figura 8. SAFs diversos. Fonte: [tps://www.projetaagroflorestas.com.br/servicos/palestras-sobre-sistemas-agroflorestais/9](https://www.projetaagroflorestas.com.br/servicos/palestras-sobre-sistemas-agroflorestais/9).

Uma característica proeminente dos SAFs é a presença de árvores que oferecem sombra para os bovinos (Figura 9).



Figura 9. SAF implementado/área experimental Incaper. Fonte: <https://incaper.es.gov.br/>.

A presença de árvores em SAFs oferece benefícios significativos na mitigação do estresse térmico em bovinos, principalmente por intermédio do sombreamento que proporciona. Esse mecanismo reduz diretamente a exposição direta ao sol, oferecendo áreas sombreadas onde os animais podem se abrigar durante períodos de calor intenso. Além de aliviar o estresse térmico, o sombreamento contribui para moderar a temperatura ambiente, criando microclimas mais confortáveis para o rebanho (Oliveira, 2012).

A diversidade de plantas em SAFs, conforme destacado por Altieri (2012) e Nicholls (2013), permite um uso mais eficiente dos recursos ambientais. Essa diversidade promove um equilíbrio dinâmico próximo ao ecossistema natural, aumentando a resiliência do sistema agrícola frente a impactos ambientais e auxiliando no controle natural de pragas e doenças.

As árvores exercem uma influência significativa no solo dentro dos SAFs, alterando suas propriedades físicas, químicas e biológicas. As raízes das árvores desempenham um papel crucial na proteção e manutenção da umidade do solo, criando um habitat propício para a biota do solo e facilitando a absorção de nutrientes essenciais para as plantas.

Portanto, a integração de árvores em sistemas agroflorestais não apenas promovem ambientes mais confortáveis e resilientes para o gado, mas também otimiza a produtividade agrícola em condições climáticas adversas. Esses sistemas representam uma abordagem sustentável e eficaz para melhorar a qualidade ambiental, a saúde do solo e a produtividade agrícola de forma integrada (Figura 10).

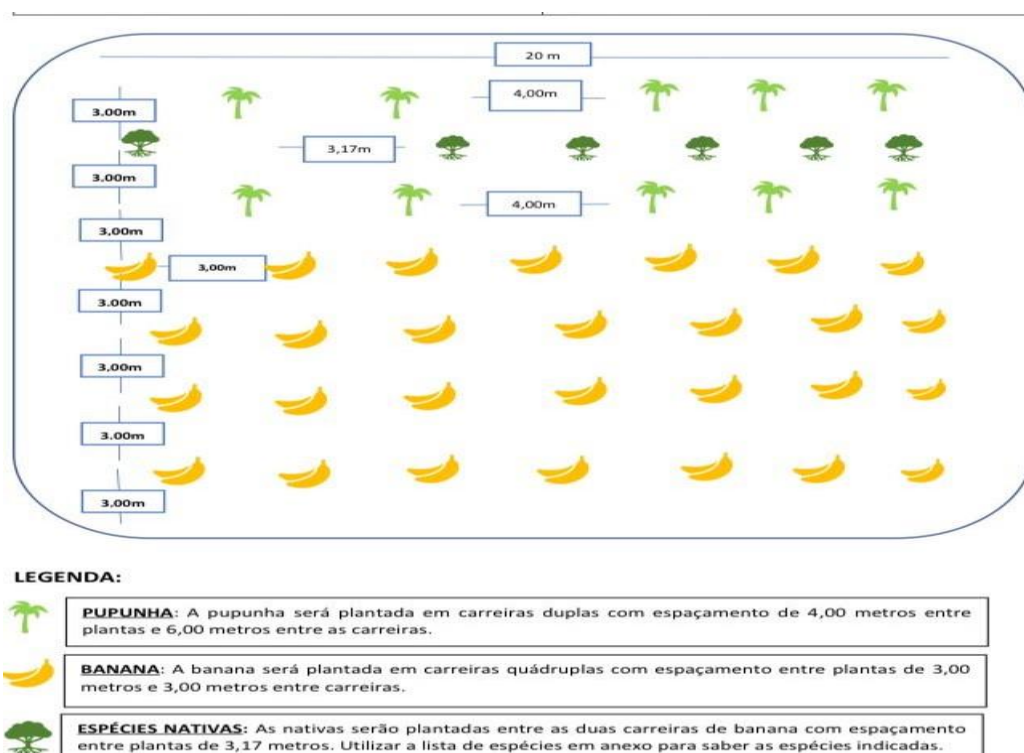


Figura 10. Arranjo de SAF. Fonte: Acervo MVGI, 2023.

5. Contribuições para a sustentabilidade

Atualmente, exploram-se maneiras empreendedoras de aproveitar propriedades rurais, indo além das práticas sustentáveis, buscando simultaneamente aumentar a produção, alcançar sucesso financeiro e contar com políticas governamentais favoráveis. Ao unir os princípios da agroecologia com o apoio de especialistas e políticas públicas eficazes, buscamos não apenas resolver problemas ambientais e sociais, mas também gerar ideias valiosas para otimizar o uso das propriedades rurais (Bricalli, 2011).

Para esse mesmo autor, as principais características dessa abordagem são:

- ✓ Enfrentar os complexos desafios inter-relacionados da segurança alimentar e identificar opções sustentáveis e integradas que gerem sinergias, benefícios e reduzam custos de produção;
- ✓ Reconhecer que essas opções serão definidas de acordo com as necessidades ambientais, sociais e econômicas, contextos e conhecimentos dos atores envolvidos;
- ✓ Considerar as interações entre diferentes setores e as necessidades das partes interessadas, incluindo agricultura, meio ambiente e mudanças climáticas;
- ✓ Identificar barreiras à adoção de práticas sustentáveis e agroecológicas entre os agricultores e propor soluções adequadas por meio de políticas públicas eficazes, estratégias sociais viáveis, ações públicas e incentivos fiscais;
- ✓ Criar ambientes favoráveis promovendo um maior alinhamento de políticas, como as ações dos Núcleos de Estudos Agroecológicos (NEAs) e o Programa Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PLANAPO), investimentos financeiros como o Pronaf AB+ Agroecologia, e acordos institucionais com o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e Programa de Aquisição de Alimentos (PAA);
- ✓ Alcançar objetivos múltiplos por intermédio da definição de prioridades e tomada de decisões coletivas que considerem diferentes benefícios e compensações;
- ✓ Priorizar o fortalecimento do PLANAPO para Agricultores Familiares, melhorando o acesso a serviços de Assistência Técnica e Gerencial (AT&G), conhecimentos, produtos e mercados financeiros;

✓ Desenvolver resiliência a crises econômicas, sociais e ambientais, especialmente relacionadas às mudanças climáticas, cujos impactos têm implicações cruciais para a sustentabilidade agrícola.

Para sustentar e alcançar os objetivos dessa abordagem, a agricultura sustentável é fundamentada em três pilares essenciais (Bricalli, 2011):

✓ Aumentar de forma sustentável a produtividade agrícola mediante práticas agroecológicas, reduzindo custos de produção, aumentando a renda dos agricultores e mantendo a sustentabilidade econômica e social no campo;

✓ Adaptar e desenvolver resiliência às mudanças climáticas, reconhecendo a crescente visibilidade dos seus efeitos na agricultura; e

✓ Reduzir e/ou eliminar as emissões de gases de efeito estufa, transformando a mitigação climática de uma opção em uma necessidade urgente.

Em resumo, a sustentabilidade na agricultura só pode ser alcançada integrando simultaneamente as dimensões econômicas, ambientais, sociais e políticas. Rotular uma atividade como sustentável sem abordar todas essas dimensões pode representar um retrocesso para as gerações futuras.

5.1. Promoções da biodiversidade

Os SAFs desempenham um papel fundamental na promoção da sustentabilidade, destacando-se pela sua capacidade de fomentar a biodiversidade de forma ativa. A integração de árvores, pastagens e culturas agrícolas cria um ambiente propício para a coexistência de diversas formas de vida. As árvores oferecem habitats para aves, insetos benéficos e microrganismos do solo, aumentando significativamente a diversidade biológica dentro do sistema. Essa variedade de organismos desempenha um papel crucial na regulação natural de pragas, na polinização eficaz e na formação de ecossistemas mais resilientes (Simioni *et al.*, 2022).

Além da biodiversidade, os SAFs contribuem de maneira substancial para a melhoria da qualidade do solo. A presença de árvores facilita a ciclagem de nutrientes, aumentando a disponibilidade de elementos essenciais para plantas e microrganismos do solo (Pezarico *et al.*, 2013; Lemaire *et al.*, 2014). As raízes

profundas das árvores desempenham um papel crucial na estruturação do solo, ajudando a prevenir a erosão e promovendo a retenção de água. Esses fatores combinados resultam em solos mais férteis, resilientes e sustentáveis ao longo do tempo.

Adicionalmente, os SAFs oferecem uma redução significativa da pegada ambiental associada à produção agrícola e pecuária. A diversificação das atividades agrícolas e pecuárias em um mesmo espaço otimiza o uso eficiente dos recursos disponíveis. A ciclagem de nutrientes proporcionada pela matéria orgânica proveniente das plantas reduz drasticamente a dependência de fertilizantes químicos, minimizando assim os impactos ambientais associados à agricultura convencional. Isso não só reduz custos de produção, mas também melhora a qualidade dos solos e dos habitats naturais, promovendo um ambiente de baixo carbono e contribuindo para o bem-estar animal e o desempenho vegetativo das culturas (Figuras 11).



Figuras 11. SAFs e ciclagem de nutrientes. Fonte: Esquerda <https://sigam.ambiente.sp.gov.br/>; Dereita <https://www.portaldoagronegocio.com.br/>.

Portanto, os SAFs não apenas aumentam a eficiência produtiva de forma sustentável, mas também promovem a conservação da biodiversidade, a qualidade do solo e a redução dos impactos e externalidades ambientais, representando uma abordagem integrada e benéfica para a agropecuária moderna.

5.2. Fixação de nitrogênio no solo

O nitrogênio (N) desempenha um papel fundamental no crescimento das plantas, sendo um componente essencial de diversas estruturas celulares, como proteínas, enzimas, ácidos nucleicos e citocromos. Embora o N seja abundantemente encontrado na atmosfera na forma de gás (N_2), apenas uma pequena fração, aproximadamente 2%, está disponível para as plantas na forma de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) no solo (Souza, 2021).

Para esse mesmo autor, as plantas absorvem o N principalmente por intermédio de dois processos principais: a fixação biológica de nitrogênio (FBN), realizada por bactérias simbióticas ou livres que convertem o N_2 atmosférico em formas utilizáveis pelas plantas, e a adubação nitrogenada, que envolve a aplicação de fertilizantes contendo compostos nitrogenados solúveis no solo (Figura 12).

Essa disponibilidade limitada de N no solo pode ser um fator determinante para o crescimento e desenvolvimento das plantas, influenciando diretamente sua produtividade e saúde. A compreensão desses processos é essencial para práticas agrícolas sustentáveis, garantindo uma utilização eficiente do nitrogênio e minimizando impactos ambientais negativos.

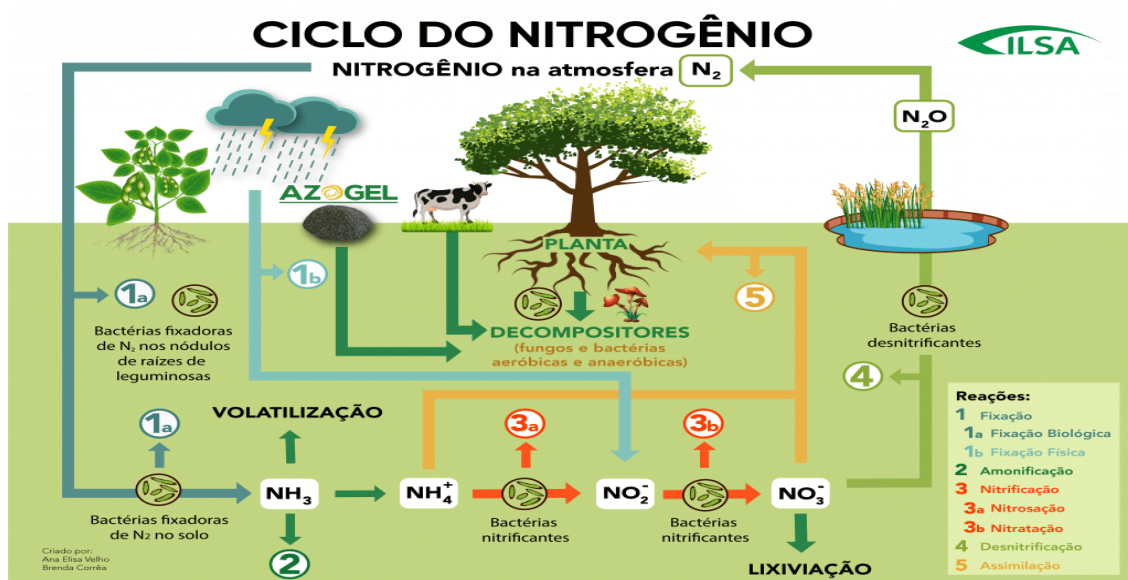


Figura 12. Ciclo do nitrogênio. Fonte: <https://ilsabrasil.com.br/ciclo-do-nitrogenio-e-suas-reacoes/>.

Atualmente, os adubos químicos desempenham um papel fundamental como fonte principal de N na produção agrícola, com destaque para a ureia e o sulfato de amônio, amplamente utilizados na agricultura convencional (Souza, 2021). No entanto, esses fertilizantes são suscetíveis a perdas por processos como lixiviação, escoamento superficial e volatilização da amônia, o que levanta a necessidade de alternativas sustentáveis, como o uso de bactérias diazotróficas, para reduzir ou substituir esses insumos (Souza, 2021).

A fixação biológica de N é essencial para a fertilidade do solo, sendo os SAFs ambientes ideais para essa função fundamental. Bactérias simbióticas presentes nas raízes de plantas leguminosas, como árvores e arbustos, realizam a fixação de N, beneficiando tanto a qualidade do solo quanto as plantas cultivadas (Carvalho *et al.*, 2019; Huang *et al.*, 2016a; 2016b). Essa abordagem sustentável desempenha um papel fundamental na redução da dependência de fertilizantes nitrogenados sintéticos, promovendo sistemas agrícolas mais equilibrados e resilientes.

No processo de fixação de N, bactérias do gênero *Rhizobium* estabelecem simbiose com plantas leguminosas, formando nódulos nas raízes onde convertem o nitrogênio atmosférico (N_2) em formas assimiláveis pelas plantas, como amônia (NH_3) e íons amônio (NH_4^+) (Rejili *et al.*, 2012; Zhao *et al.*, 2020). Essa capacidade proporciona uma fonte direta de N para as plantas, contribuindo significativamente para seu crescimento e desenvolvimento.

Nos SAFs, a presença comum de árvores e arbustos leguminosos facilita a fixação biológica de N, aproveitando a diversidade de interações simbióticas entre plantas e bactérias fixadoras de N, o que aumenta a eficiência desse processo (Querné *et al.*, 2017). Isso resulta em um fornecimento contínuo de N para o solo, beneficiando não apenas as leguminosas, mas também outras culturas agrícolas e plantas presentes no sistema.

A capacidade dos SAFs em fixar N reduz a necessidade de aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos (Smith *et al.*, 2020), proporcionando economias financeiras para os agricultores e contribuindo para a redução dos impactos ambientais adversos associados ao uso excessivo desses insumos, como a poluição da água e a emissão de gases de efeito estufa (Kermah *et al.*, 2018; Xu *et al.*, 2020).

Portanto, a fixação de N em SAFs não apenas promove a fertilidade do solo, mas também exemplifica princípios fundamentais da agricultura sustentável, destacando a importância da diversidade de plantas e das interações benéficas entre vegetais e microrganismos para o desenvolvimento de sistemas agrícolas mais equilibrados e eficientes (Costa *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2017).

6. Considerações

As propostas apresentadas visam transformar as atividades agrícolas da Agricultura Familiar (AF) em práticas ambientalmente corretas, socialmente eficientes e economicamente viáveis, por intermédio do desenvolvimento de Programas de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) em Sistemas Agroflorestais (SAFs). Esses sistemas são inovadores ao combinar produção agrícola, pecuária e conservação florestal, oferecendo uma série de benefícios potenciais.

Os SAFs não apenas promovem a geração de renda adicional e elevação da produtividade financeira por área, mas também proporcionam benefícios ambientais, sociais e econômicos significativos para os produtores. Isso inclui melhorias na qualidade do solo, redução da dependência de insumos externos como fertilizantes e agrotóxicos, aumento da produtividade agrícola e pecuária por área, além da redução dos custos de produção. Esses sistemas são fundamentais para promover a sustentabilidade ao conservar a biodiversidade e mitigar os impactos das mudanças climáticas.

A viabilidade econômico-financeira dos SAFs é fundamental para a tomada de decisões estratégicas. Um estudo abrangente de viabilidade deve considerar pressupostos do projeto, projeções de volume de produtos, fornecimento de serviços externos, custos com mão de obra, plano de investimento, balanço previsional, demonstrativos de resultados previsionais, avaliação de viabilidade do projeto (VAL, TIR, entre outros), e indicadores econômicos e financeiros. Esses dados são essenciais para avaliar o retorno sobre os investimentos e garantir a execução eficaz dos SAFs.

Em suma, os SAFs representam uma solução promissora para equilibrar produtividade agropecuária com sustentabilidade ambiental, proporcionando

benefícios diversificados para os agricultores, comunidades locais, e para o meio ambiente em geral. A formalização desses sistemas requer um compromisso com a pesquisa contínua, o desenvolvimento tecnológico e a promoção de políticas públicas que apoiem práticas agroecológicas e resilientes.

8. Referências

AGUIAR JUNIOR, A. L. *et al.* Ideótipo arbóreo para Sistemas Agroflorestais. **Advances in Forestry Science**, v. 8, n. 1, p. 1349-1362, 2021.

AIRES, K. S. **Estudo da viabilidade econômico-financeira de dois modelos de consórcios agroflorestais: Cacau (*Theobroma cacao* L.) x Café (*Coffea arabica*) x Teca (*Tectoma Grandis*) e Cacau (*Theobroma cacao* L.) x Pupunha (*Bractis gasipaes*) x Freijó-Louro (*Cordia alliodora*)**. Monografia (Graduação em Administração) – Universidade Luterana do Brasil, Ji-Paraná, 2003.

ALMEIDA, M. R.; GUERRA, A. C. M.; BISPO, V. dos S. C.; TRUGILHO, G. A.; XAVIER, S. A. B.; NASCIMENTO, L. M. Q. do; AZEVEDO, P. L.; SOUZA, M. N. Produção de madeira, sequestro de carbono, SAFs e fomento florestal. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. VII. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. p. 150-182. ISBN: 978-65-84548-18-3. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-18-3.c5>

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

ARAUJO, V. C. **Roçados ecológicos: sistemas de plantios baseados na fenologia das espécies para um rendimento sustentado**. Manaus: Gráfica Silva. 248 p. 2005.

ARCO-VERDE, M. F. **Sustentabilidade biofísica e socioeconômica de sistemas agroflorestais na Amazônia brasileira**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

ARCO-VERDE, M. F. **Análise financeira de sistemas produtivos integrados**. Colombo: Embrapa Florestas, 2014.

ARCO-VERDE, M. F.; AMARO, G. C. **Cálculo de indicadores financeiros para sistemas agroflorestais**. Boa Vista: Embrapa, 2014.

ARCO-VERDE, M. F.; AMARO, G. C.; SILVA, I. C. **Sistemas agroflorestais: conciliando a conservação do ambiente e a geração de renda nas propriedades rurais**. Brasília: Embrapa, 2013.

ARMANDO, M. S.; BUENO, Y. M.; SILVA ALVES, E. R.; CAVALCANTE, C. H. **Agrofloresta para Agricultura Familiar**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 11 p. 2002. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Circular Técnica,16).

BENTES-GAMA, M. M. **Análise técnica e econômica de sistemas agroflorestais 2003 em Machadinho d'Oeste, Rondônia**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf)**. 2020. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/pronaf/>.

BÖRNER, J. Serviços ambientais e adoção de sistemas agroflorestais na Amazônia: elementos metodológicos para análises econômicas integradas. In: PORRO, R.. **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília: Embrapa, 2009.

BRICALLI, C. Sustainable agriculture and its evolution in Brazil. In: Smith, J. (Ed.), **Sustainable Agriculture Reviews**, n. 8, p. 227-248, 2011.

BRICALLI, L. C. L. Os 4 pilares da agricultura sustentável: o que é preciso fazer para que a agricultura se desenvolva de forma sustentável. A Gazeta, 2011. Disponível em: http://gazetaonline.globo.com/_conteudo/2011/02/768666-os+4+pilares+da+agri+cultura+sustentavel.html. 2011. Acesso em: 11 set. 2019.

CAMARGO, G. M.; SCHLINDWEIN, M. M.; PADOVAN, M. P.; SILVA, L. F. da S. Sistemas agroflorestais biodiversos: uma alternativa para pequenas propriedades rurais. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, p. 1-13, 2017. ISSN: 1809-239X. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/202733/1/36887.pdf>

CARVALHO, A. M. de *et al.* **Agroflorestas: funções ecológicas e produtivas**. Embrapa. 2019.

CARVALHO, J. E. U. Utilização de espécies frutíferas em sistemas agroflorestais na Amazônia. In: GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; FREITAS, M.S.M.; VIANA, A.P.; JASMIN, J.M.; MARCIANO, C.R.; CARNEIRO, J.G.A. (Eds). **Sistemas Agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. p. 169-176. 2006.

CARVALHO, M. M.; BOTREL, M. A. Arbotização de pastagens: um caminho para a sustentabilidade de sistemas de produção animal a pasto. In: FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM EVIDÊNCIA, 3., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: Editora UFLA, 2002, p. 31-76.

CASTRO, C. R. T.; MÜLLER, M. D.; FERNANDES, E. N.; SOUZA, A. D. de. **Ocorrência de espécies arbustivas e arbóreas em pastagens da micro-região de Juiz de Fora, Zona da Mata de Minas Gerais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2008. 24 p. (Embrapa Gado de Leite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 27).

CORDEIRO, A. L. *et al.* **Integração lavoura-pecuária-floresta: conceitos, benefícios e desafios**. Embrapa Agrossilvipastoril, Documentos 278. 2017.

CORDEIRO, L. A. M. *et al.* Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 32, n. 1/2, p. 15-53, 2017.

COSTA, A. J. P. S. Sistemas agrossilvipastoris: conceitos, técnicas e desafios. **Revista Agroecossistemas**, v. 8, n. 2, p. 137-148, 2016.

COSTA, M. C.; SILVA, E. M.; CARDOSO, C. T. S. Fixação biológica de nitrogênio em sistemas agroflorestais: potencial e desafios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. p. 11-20, 2012.

COSTA, R. B.; ARRUDA, E. J.; OLIVEIRA, L. C. S. Sistemas agrossilvipastoris como alternativas sustentáveis para a agricultura familiar. **Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, v. 3, p. 2532, 2002.

COSTA, R. B. da; ARRUDA, E. J. de; OLIVEIRA, L. C. C. S. de. **Sistemas agrossilvipastoris como alternativa sustentável para a agricultura familiar**. Interações (Campo Grande) (2016).

CRESPO, A. M.; SOUZA, M. N.; SILVA, M. A. B. da. Ciclo do carbono e sistemas agroflorestais na sustentabilidade da produção agrícolas: revisão de literatura. **INCAPER EM REVISTA**, v. 13, p. 6-19, 2023. Disponível em: [https://editora.incaper.es.gov.br/incaper-em-revista. DOI:10.54682/ier.v.13e14.p06.19.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Benefícios dos SAFs, mas o que é SAF?** Agricultura familiar, Agroecologia e produção orgânica. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/65068763/artigo---beneficios-dos-safs-mas-o-que-e-saf>. Acesso em 10 de abri. de 2024.

EPIFÂNIO, P. S.; SANTOS, T. M. B. Qualidade do sombreamento de três espécies arbóreas na região de Aquidauana-MS. In: ZOOTECA 2006, 2006, Recife. **Resumos expandidos...** [Recife: ABZ], 2006. 1 CD-ROM.

FRANKE, I. L.; FURTADO, E. L. **Manejo de sistemas agroflorestais na Amazônia**: contribuição para políticas de conservação e desenvolvimento sustentável. Embrapa Amazônia Oriental, Documentos 96. 2001.

FRANKE, I. L.; FURTADO, S. C. **Sistemas silvipastoris**: fundamentos e aplicabilidade. 2001.

FREDERICO, S.; MORAL, Y. P. Sistema agroflorestal e autonomia: uma revisão sistemática. Núcleo de Estudos, Pesquisas e Projetos de Reforma Agrária – NERA, Presidente Prudente/SP, Brasil. **Revista NERA**, v. 25, n. 63, p. 190-209, 2022.

GOMES, R. Análise e interpretação de dados de pesquisa qualitativa. In: DESLANDES, S. F.; GOMES, R. MINAYO, M. C. de S. (org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 31. Ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012. p. 79-108.

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>

HUANG, J. *et al.* Responses of soil nitrogen fixation to *Spartina alterniflora* invasion and nitrogen addition in a Chinese salt marsh. **Scientific Reports**, v. 6, n. October 2015, p. 1-8, 2016a.

HUANG, M. *et al.* Advances in agroforestry systems: a review. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 15, n. 12, p. 2655-2664, 2016b.

KERMAH, M. *et al.* N₂-fixation and N contribution by grain legumes under different soil fertility status and cropping systems in the Guinea savanna of northern Ghana. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 261, n. December 2016, p. 201–210, 2018.

LEMAIRE, G. *et al.* Integrated crop-livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 190, p. 4-8, 2014.

LIMA, R. G.; MARTINS, E. de O.; TAVARES, L. R.; RANGEL, D. S.; LOUBACK, G. R.; TRUGILHO G. A.; SILVA, M. B. A. da; XAVIER, S. B. A.; PERON, I. B.; VARDIERO, L. G. G.; GOMES, A. L. C.; SOUZA, M. N. Sistemas Agroflorestais em Áreas de Preservação Permanente. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. III. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 270-298. 2022. <http://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6.c9>

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas para Consolidação da Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura – PLANO ABCMapa**. Brasília/DF: [s.n.]. 2020.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Programa Nacional de **Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf)**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/programas/pronaf>.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema Agrossilvipastoril**: Guia de Implantação. Brasília: MAPA. 2012.

MIGUEL LENZ, A. *et al.* Expansion of eucalyptus energy plantations under a Livestock-Forestry Integration scenario for agroindustries in Western Paraná, Brazil. **Ecological Indicators**, n. 98, p. 39-48, 2019.

OLIVEIRA, J. W. A.; SOARES, U. G.; ROCHA, A. P. S. da Estudo da viabilidade econômica e ambiental da implementação de sistemas agroflorestais. **Revista Contemporânea**, [S. l.], v. 3, n. 11, p. 22610–22630, 2023. DOI: 10.56083/RCV3N11-132. Disponível em: <https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/2243>. Acesso em: 25 abr. 2024.

OLIVEIRA, T. K.; FURTADO, S. C.; ANDRADE, C. M. S.; FRANKE, I. L. **Sugestões para implantação de sistemas silvipastoris**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2003. 28 p. (Embrapa Acre. Documentos, 84).

PALHETA, I. C.; GOMES, C. A. S.; LOBATO, G. J. M.; PAULA, M. T.; PONTES, A. N.. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal no município de Santa Bárbara-PA. **Revista do Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.10, n.19, p.1947, 2014.

PEZARICO, C. R. *et al.* Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 1, p. 40–47, 2013.

REJILI, M. *et al.* Nitrogen fixation and growth of two leguminous tree species (*Acacia tortilis* and *Acacia raddiana*) under arid climate conditions in Tunisia. **African Journal of Agricultural Research**, v. 7, n. 26, p. 3861-3867, 2012.

SANGUINO, A. C. Avaliação econômica de sistemas agroflorestais no Pará. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n. 47, p. 71-88, 2007.

SANTANA, A. C. **Elementos de economia, agronegócio e desenvolvimento local**. Belém: UFRA, 2005.

SENAR. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Sistemas Agroflorestais**. 2017.

SILVA, J. M. V. de O. da; SOUZA, M. N.; RANGEL, O. J. P.; FORNAZIER, M. L.; LOUBACK, G. R.; PIROVANI, G.; CAON, B. L.; MOREIRA, M. F.; SIQUEIRA, C. B.; TRUGILHO, G. A.; KAULZ, M.; CRESPO, A. M.; GOMES, A. L. C.; GALL, M. V. C.; PINHEIRO, A. C. M.; GUERRA, A. C. M.; PERON, I. B. Sistemas agroflorestais e consórcios na cultura do café. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 172-201. 2022. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7.c6>

SILVA, J. M. V. O.; SOUZA, M. N.; RANGEL, O. J. P.; FORNAZIER, M. L.; LOUBACK, G. C.; PIROVANI, G.; SIQUEIRA, C. B. Sistemas agroflorestais (SAFs) e a cafeicultura. In: **Produção de café orgânico: práticas agroecológicas conservacionistas e novas tecnologias disponíveis ao produtor rural**. 1 ed. Meidrum Street, Mauricius: Novas Edições Acadêmicas, 2021, v.1, p. 40-50.

SIMIONI, F. J. *et al.* Biodiversity and ecosystem services in agroforestry systems: a review. **Agroforestry Systems**, p. 1-18, 2022.

SOUZA, A. M. **Uso eficiente do nitrogênio em sistemas agrícolas**. Editora UFV. 2021.

SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. VOL. I. CANOAS: Mérida Publishers, 2021.

SUŠA, O. Global dynamics of socio-environmental crisis: dangers on the way to a sustainable future. **Civitas - Revista de Ciências Sociais**, v. 19, n. 2, p. 315, 9 ago. 2019.

XU, G. ; SCHUMAN, M. C. ; BLANCHART, E. ; ALBRECHT, A. ; BRUSSAARD, L. ; REINTAM, E. ; CLUZEAU, D. Soil carbon sequestration in tropical

agroforestry systems: a meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 291, 106795. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106795>

ZHAO, H. *et al.* Rhizobia-legume symbiosis and nitrogen fixation in agroforestry systems. In: MONDAL, S. K.; SAHOO, P. K. (Eds.). **Agroforestry for sustainable agriculture**, p. 221-237, 2020.

CAPÍTULO 9

Hortas urbanas: desafios e potencialidades para o desenvolvimento sustentável de Cachoeiro de Itapemirim - ES

Adriana Rezende Bigli, Regiane Carla Bolzan Carvalho, Camille Rezende Sartorio, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-25-1.c9>

Resumo

O crescente processo de urbanização global traz desafios significativos, tais como a poluição, a degradação ambiental e a perda de áreas verdes. As hortas urbanas emergem como uma alternativa promissora para enfrentar esses problemas e promover o desenvolvimento sustentável nas cidades. Em Cachoeiro de Itapemirim, município do Espírito Santo, a urbanização acelerada acarreta desafios à qualidade de vida urbana e à sustentabilidade ambiental. Este estudo examina o papel da agricultura urbana na promoção de práticas sustentáveis, explorando suas dimensões econômicas, sociais e ambientais. Essas iniciativas ajudam a mitigar os impactos da degradação ambiental, promovendo a biodiversidade e a gestão sustentável dos recursos naturais. As hortas urbanas também desempenham um papel fundamental na promoção da coesão social, criando espaços de convivência e interação comunitária, onde os moradores podem compartilhar conhecimentos, fortalecer laços sociais e desenvolver um senso de pertencimento. A implementação de hortas urbanas em Cachoeiro de Itapemirim demonstra como a utilização eficiente de recursos locais, como terrenos ociosos e resíduos orgânicos, pode gerar benefícios ambientais significativos, incluindo a redução da poluição e a melhoria da qualidade do ar. Além disso, essas hortas promovem práticas agrícolas sustentáveis, como a compostagem e o uso racional da água, contribuindo para um ecossistema urbano mais equilibrado. Em termos econômicos, podem gerar oportunidades de emprego e renda para os moradores locais, incentivando o empreendedorismo e a economia solidária. Essas iniciativas também têm o potencial de reduzir os custos com alimentação, oferecendo uma fonte alternativa e acessível de produtos frescos e saudáveis. Além disso, as hortas urbanas emergem como uma alternativa eficaz para auxiliar na recuperação de áreas degradadas e minimizar os problemas decorrentes da insegurança alimentar. Portanto, este estudo ressalta a importância da agricultura urbana como uma estratégia multifacetada para enfrentar os desafios da urbanização em Cachoeiro de Itapemirim, promovendo o desenvolvimento sustentável e melhorando a qualidade de vida dos seus habitantes.

Palavras-Chave: Urbanização. Sustentabilidade. Segurança alimentar. Coesão social. Desenvolvimento sustentável. Agricultura urbana.

1. Introdução

O crescente processo de urbanização em todo o mundo tem gerado diversos desafios, como o aumento da poluição, a degradação ambiental e a perda de espaços verdes. Nesse contexto, as hortas urbanas surgem como uma alternativa promissora para enfrentar esses desafios e promover o desenvolvimento sustentável das cidades (Almeida; Souza; Oliveira, 2022; Oliveira *et al.*, 2022). Cachoeiro de Itapemirim, município localizado no estado do Espírito Santo, não está imune a essas questões. Com uma população crescente e uma urbanização em expansão, a cidade enfrenta desafios relacionados à qualidade de vida urbana e à sustentabilidade ambiental.

Os primeiros relatos de hortas urbanas apareceram na Inglaterra no final do século XVIII, em resposta ao êxodo rural e ao aumento progressivo da população. Esses fatores aumentaram a necessidade de criar espaços de cultivo dentro das cidades para combater a escassez de alimentos. No século XIX, a crescente industrialização também contribuiu para o desenvolvimento desses espaços de cultivo, que se concentraram em torno dos novos centros industriais (Teixeira, 2016).

No Brasil, por volta do meio do século XX, mais precisamente a partir dos anos da década de 1970, a população urbana nas regiões Sudeste e Centro-oeste superou a população rural. Esse fenômeno ocorreu de maneira rápida e desorganizada. As intensas migrações de origem rural, motivadas principalmente pela busca de melhores condições de vida e pela situação de vulnerabilidade social, foram fatores significativos para a mudança na distribuição populacional brasileira (Sá Filho *et al.*, 2021).

O rápido crescimento populacional urbano no Brasil, especialmente a partir dos anos da década de 1970, trouxe consigo desafios significativos para a segurança alimentar e a qualidade de vida nas cidades. A migração intensa de áreas rurais para centros urbanos levou a uma maior demanda por alimentos e recursos. Nesse contexto, as hortas urbanas emergiram como uma solução prática e sustentável para enfrentar esses desafios. Elas não apenas ajudaram a suprir a necessidade de alimentos frescos e acessíveis, mas também promoveram a integração social e a resiliência comunitária, oferecendo aos moradores urbanos uma conexão direta com a agricultura e uma maneira de

mitigar os efeitos da vulnerabilidade social exacerbada pelo êxodo rural desorganizado (Almeida; Souza; Oliveira, 2022; Oliveira *et al.*, 2022).

Uma das hortas urbanas muito utilizadas são as Hortas Urbanas Comunitárias (HUC), que envolvem a participação ativa da comunidade local, que se encarrega da gestão e manutenção dessas áreas, com eventual suporte técnico e fiscalização por parte das autoridades públicas (Figura 1). Geralmente, essas hortas são estabelecidas em terrenos urbanos desocupados, sejam eles públicos ou privados, e são utilizadas para o cultivo de hortaliças, plantas medicinais, produção de mudas, leguminosas, frutas e outros alimentos. A produção dessas hortas beneficia, parcial ou totalmente, as famílias residentes nas proximidades (Silva, 2016).



Figura 1. Horta comunitária nos bairros Interlagos e Barro Vermelho, Sete Lagoas, MG. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2008.

Ademais, uma das principais vantagens das hortas urbanas é a promoção da sustentabilidade e da autossuficiência alimentar. Ao cultivar alimentos localmente, as comunidades urbanas podem reduzir a dependência de sistemas alimentares industrializados, que frequentemente envolvem longas cadeias de transporte e altos níveis de desperdício. As hortas urbanas contribuem para a segurança alimentar, proporcionando acesso a alimentos frescos, nutritivos e livres de agrotóxicos.

Além disso, as hortas urbanas emergem como uma alternativa eficaz para

auxiliar na recuperação de áreas degradadas e minimizar os problemas decorrentes da insegurança alimentar. Elas geram renda e oportunidades para as famílias produzirem alimentos de qualidade em espaços que promovem a convivência social e a conexão com a natureza (Carmo *et al.*, 2020). Além disso, as hortas urbanas são locais ideais para a promoção e disseminação de atividades que ampliam a Educação Ambiental, uma ferramenta fundamental para a construção da consciência agroecológica (Costa *et al.*, 2018b).

Dessa maneira, este capítulo explora as potencialidades e desafios das hortas urbanas em Cachoeiro de Itapemirim, destacando exemplos de sucesso e discutindo o impacto dessas práticas na sustentabilidade local. Abordam-se casos específicos de hortas comunitárias e escolares, assim como programas governamentais que apoiam a agricultura urbana. Por intermédio desta análise, buscam-se evidenciar como a integração da agricultura no ambiente urbano pode contribuir para o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida nas cidades.

2. A agricultura urbana e sustentabilidade

A produção de alimentos em áreas urbanas é uma prática comum entre grande parte da população das cidades em países em desenvolvimento, manifestando-se de diversas maneiras. Assim, a agricultura urbana abrange não apenas a colheita de vegetais e o cultivo de árvores frutíferas nas cidades, mas também inclui o cultivo de plantas medicinais, aromáticas e ornamentais, além de diferentes formas de criação (Pinto; Yves, 2009).

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) presumiu em seu relatório de 1998 que, até 2015, 26 cidades ao redor do mundo teriam populações superiores a 10 milhões de habitantes, necessitando importar pelo menos 6.000 toneladas de alimentos diariamente para suprir suas necessidades. Atualmente, 30 cidades possuem mais de 7 milhões de habitantes. No Brasil, há 7 cidades com mais de 2 milhões de habitantes, cada uma delas precisando importar cerca de 1.200 toneladas de alimentos por dia. Essa situação exemplifica um dos problemas que podem surgir com uma urbanização não planejada.

Consoante a FAO (2014), a Agricultura Urbana é definida como um conjunto de práticas que inclui o cultivo de plantas e a criação de animais dentro das áreas urbanas, sendo um tema que tem despertado interesse crescente nos últimos anos. Estima-se que cerca de 800 milhões de pessoas em todo o mundo estejam envolvidas nessa forma de agricultura, contribuindo com aproximadamente 15% da produção global de alimentos, que inclui frutas, vegetais, laticínios e criação de pequenos animais.

Dessa maneira, a agricultura urbana é uma prática que está ganhando crescente relevância nas cidades ao redor do mundo, sendo uma solução inovadora para problemas relacionados à segurança alimentar, sustentabilidade ambiental e coesão social. Essa abordagem integra a produção de alimentos ao ambiente urbano, promovendo benefícios econômicos, sociais e ecológicos (Almeida; Souza; Oliveira, 2022; Oliveira *et al.*, 2022).

A Agricultura Urbana e Periurbana (AUP) é uma atividade que abrange múltiplas funções e componentes, incluindo a produção e transformação segura de produtos agrícolas e pecuários em áreas intraurbanas e periurbanas. Destinada ao autoconsumo ou à comercialização, a AUP utiliza recursos e insumos locais de maneira eficiente e sustentável. Esta prática promove a gestão urbana, social e ambiental das cidades, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população (Melo, 2016).

Sendo assim, a Agricultura Urbana se apresenta como uma alternativa capaz de promover relações sustentáveis nas dimensões econômica, social e ambiental nas cidades. Ela é definida como uma atividade realizada dentro (intraurbana) ou nos arredores (periurbana) da área urbana de uma cidade, que envolve o cultivo, processamento e distribuição de diversos produtos alimentícios ou não. Esta prática utiliza recursos urbanos como mão de obra, terra, água e resíduos orgânicos, contribuindo para a geração de renda, a melhoria da paisagem urbana e o fortalecimento da segurança alimentar e nutricional (Mougeot, 1999; Batitucci, 2019).

Os principais elementos que definem a agricultura urbana são (Machado, 2002; Madaleno, 2002):

- ✓ Os tipos de atividades econômicas realizadas, como produção agrícola e

pecuária, processamento, comercialização, autoconsumo e prestação de serviços;

- ✓ As categorias e subcategorias de produtos, tanto alimentícios quanto não alimentícios;

- ✓ As características locacionais, que incluem áreas individuais, coletivas e públicas, como vias, praças, parques e terrenos ociosos, como lotes e terrenos baldios; e

- ✓ A diversidade de modalidades de prática, como hortas urbanas, quintais agroflorestais, uso de árvores frutíferas na arborização urbana, e cultivo de plantas medicinais e ornamentais.

Conforme Barbalho, Engler e Lana (2020), a agricultura urbana tem um papel fundamental na alimentação das populações urbanas, assegurando desenvolvimento econômico e geração de renda. Além disso, conforme se comprova a eficiência dessa prática, cresce o interesse de pesquisadores e governos na criação de políticas voltadas para o seu apoio e promoção. Sá Filho *et al.* (2021) elencam, conforme a Figura 2, os setores que se beneficiam com a agricultura urbana em um viés sustentável.

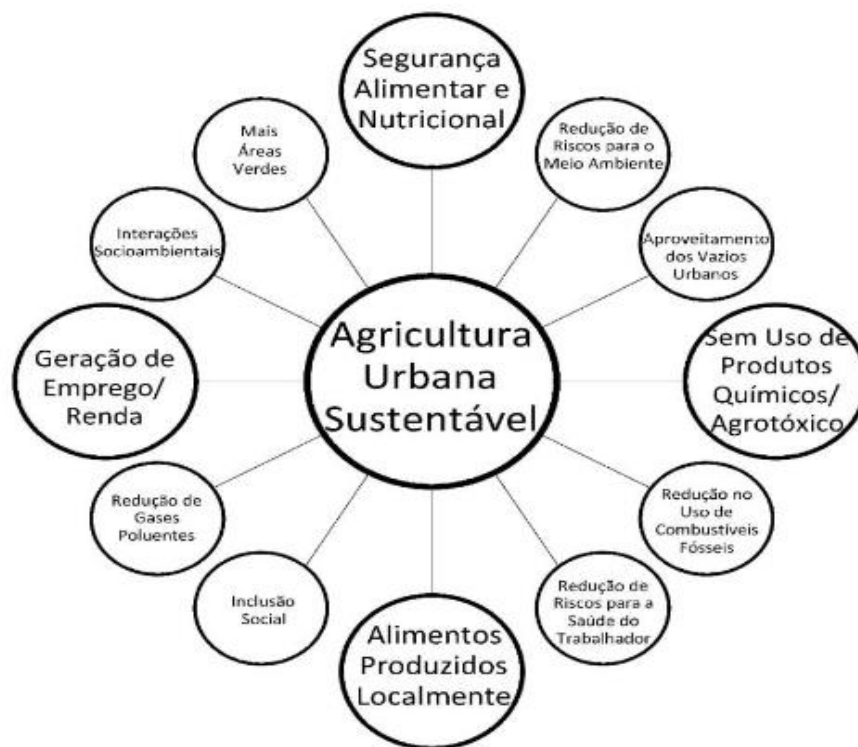


Figura 2. Setores beneficiados pela agricultura urbana. Fonte: Sá Filho *et al.*, 2021.

Entre os benefícios destacados, estão a segurança alimentar e nutricional, que promove mais áreas verdes e reduz riscos para o meio ambiente. A geração de emprego e renda é incentivada por meio de interações socioambientais e redução de gases poluentes, enquanto a inclusão social também é abordada. A produção local de alimentos contribui para a diminuição do uso de combustíveis fósseis e minimiza riscos para a saúde dos trabalhadores. Além disso, a agricultura urbana sustentável utiliza os vazios urbanos e evita o uso de produtos químicos e agrotóxicos, promovendo uma abordagem holística e ecológica para a produção de alimentos nas cidades.

Um projeto realizado em colaboração com a Associação Agricultura Familiar e Agroecologia (AS-PTA), a Universidade Rural do Rio de Janeiro e a Embrapa Agroindústria de Alimentos promove a agricultura urbana na região metropolitana do Rio de Janeiro. O projeto tem o objetivo de fortalecer esse tipo de agricultura no Rio de Janeiro, promovendo a segurança e a soberania alimentar das populações locais, conforme Figuras 3.



Figuras 3. Hortas orgânicas em pequenos espaços. Fonte: Embrapa, 2024.

Dessa maneira, o aproveitamento produtivo de espaços urbanos contribui significativamente para a limpeza dessas áreas, melhorando o ambiente local e reduzindo a proliferação de vetores de doenças. Além disso, promove hábitos alimentares mais saudáveis. Materiais como embalagens, pneus e entulhos são frequentemente utilizados para conter pequenas encostas e formar canteiros. Resíduos orgânicos domiciliares também são reciclados para a produção de compostos, utilizados nas atividades de agricultura urbana (Almeida, 2012).

3. As hortas urbanas: conceitos e importância

O hábito de cultivar alimentos nas áreas urbanas é uma prática milenar, mas foi somente nos anos da década de 1990 que a chamada agricultura urbana e periurbana (AUP) ganharam impulso em todo o Brasil. Esse conceito engloba a produção e a prestação de serviços, oferecendo uma variedade de produtos agrícolas destinados ao autoconsumo, doações e comercialização (Costa *et al.*, 2015).

Desse modo, as hortas urbanas são espaços dedicados ao cultivo de alimentos, plantas medicinais e ornamentais no ambiente urbano. Esses espaços podem ser encontrados em terrenos baldios, quintais, telhados, varandas e até em pequenos lotes nas cidades. As hortas urbanas são caracterizadas pela utilização eficiente e sustentável de espaços urbanos para a produção agrícola, promovendo o uso de técnicas que minimizam o impacto ambiental e otimizam os recursos disponíveis (Almeida; Souza; Oliveira, 2022; Oliveira *et al.*, 2022).

A agricultura urbana sugere que as cidades não precisam ser definidas apenas por ambientes construídos, mas podem incluir elementos que garantam paisagens verdes e a produção de alimentos saudáveis por meio de hortas urbanas. Isso implica em zonas urbanas com áreas verdes, parques e terrenos destinados a várias aplicações, incluindo atividades agrícolas. Essas práticas permitem a diversificação das formas e usos do espaço urbano, devolvendo ao solo sua fertilidade, valorizando-o como matéria-prima para o cultivo de alimentos (Coutinho, 2011).

A chamada horta urbana é destacada como uma forma de praticar a agricultura em áreas urbanas e como uma alternativa que requer pequenos espaços disponíveis nas cidades, permitindo a produção de hortaliças, árvores frutíferas e plantas ornamentais. Uma das principais características da agricultura urbana é sua capacidade de interagir com outros campos temáticos, como o econômico, social e ambiental urbano, sendo considerada uma dimensão do desenvolvimento urbano sustentável (Mougeot, 2000; Sá Filho *et al.*, 2021).

A Figura 4 representa a horta de Manguinhos, estabelecida em 2013, faz

parte do programa Hortas Cariocas, promovido pela Prefeitura do Rio. O terreno, que anteriormente era um espaço abandonado e ocupado por usuários de drogas, agora emprega 21 moradores locais na produção de legumes e verduras. A área cultivada é equivalente ao tamanho de quatro campos de futebol.

A criação de hortas urbanas oferece diversas vantagens, como a produção de alimentos e plantas medicinais, a redução dos riscos de contaminação e a ausência de agrotóxicos. Além disso, gera empregos e pode ser utilizada em atividades recreativas e educativas para idosos, crianças e pacientes com doenças mentais. Outras vantagens incluem preparar farmácias caseiras, a contribuição para a prevenção e combate a doenças, e o uso de plantas medicinais em cosméticos feitos em casa (Roese; Curado, 2004).



Figura 4. Horta de Manguinhos, Rio de Janeiro. Fonte: Ciclo Vivo, 2021.

Na busca pelo conhecimento e valorização do potencial da biodiversidade na cultura alimentar, as hortas urbanas podem buscar como opção as plantas alimentícias não convencionais (PANC). Destacam-se por serem espécies resistentes e de fácil adaptabilidade em diferentes ambientes. Além de possuírem importância no contexto de diversificação alimentar, surgem como fonte de nutrientes e substâncias que auxiliam a saúde. Tais fatores vêm gerando destaque e importância às espécies PANC, principalmente nas áreas

rurais e suburbanas (Pinela; Carvalho; Ferreira, 2017). Por se distribuírem de forma regional e limitada, essas espécies de plantas alimentícias, favorecem o enraizamento cultural alimentar das comunidades, o que beneficia o complemento alimentar e fortalece a renda do pequeno agricultor urbano e periurbano (Biondo *et al.*, 2018).

Conforme Sá Filho *et al.* (2021) uma alternativa viável são as hortas urbanas verticais, uma vez que reduzem o espaço necessário para o plantio, permitem o controle dos fatores que influenciam o crescimento das plantas e diminuem os custos de transporte, já que os alimentos são produzidos próximos aos centros urbanos. No entanto, este sistema aparenta ter um alto custo para sua viabilidade, o que o torna inviável para pequenos produtores. Além disso, até 2020, os desenvolvimentos tecnológicos com pedidos de proteção ainda eram incipientes, apesar da clara necessidade de inovações para tornar o uso de hortas urbanas mais viáveis e atrativas no Brasil.

Sendo assim, uma das demandas atuais no planejamento urbano é redefinir a abordagem que separa o mundo rural do urbano, ou seja, o campo da cidade. Torna-se cada vez mais claro que a segregação entre áreas rurais e urbanas não é mais justificada, nem mesmo viável dada a escala das cidades contemporâneas. É essencial integrar a cidade aos sistemas naturais e ao espaço rural de maneira coesa, coexistente e sustentável. A cidade deve ser compreendida como parte de uma paisagem complexa, na qual os sistemas natural e cultural se entrelaçam para formar a paisagem global, incorporando diversos usos, como agricultura, silvicultura, áreas de conservação da natureza e proteção de espécies (Rodrigues, 2012; Almeida; Souza; Oliveira, 2022; Oliveira *et al.*, 2022).

Ao estabelecer espaços para o cultivo de alimentos dentro das cidades, as hortas urbanas contribuem para romper a dicotomia entre o rural e o urbano, aproximando as pessoas da produção agrícola e reintegrando a natureza ao cotidiano urbano. Dessa maneira, ao buscar integrar as hortas urbanas, como se apresenta na Figura 5, ao planejamento urbano, é possível criar cidades mais resilientes, sustentáveis e conectadas com o meio ambiente, onde os sistemas natural e cultural se entrelaçam para formar paisagens urbanas dinâmicas e multifuncionais.



Figura 5. Horta Urbana em Curitiba. Fonte: Prefeitura Municipal de Curitiba, 2023.

Igualmente, os espaços destinados à agricultura urbana devem ser concebidos para permitir uma variedade de usos. É fundamental planejá-los, projetá-los e mantê-los para aproveitar suas condições biofísicas para benefício humano e para gerar vantagens econômicas. As hortas urbanas representam uma chance de estabelecer e manter uma interação diária entre o ser humano e a natureza, facilitando a conscientização ambiental de um público mais amplo, incluindo crianças (Rodrigues, 2012; Almeida; Souza; Oliveira, 2022; Oliveira *et al.*, 2022).

Para esses mesmos autores, as hortas urbanas são uma grande ajuda para os problemas que as cidades enfrentam nos dias atuais. Além de fornecer alimentos saudáveis, também nos ajudam a melhorar o ambiente em que se vivem. Além disso, fortalecem nossas comunidades e nos tornam mais preparados para enfrentar os desafios que surgem. Esses espaços verdes não apenas nos proporcionam uma fonte de alimento fresco, mas também nos conectam mais com a natureza, nos lembrando da importância de cuidar do nosso meio ambiente. Em suma, as hortas urbanas nos ajudam a construir cidades mais amigáveis, verdes e sustentáveis, onde todos podem prosperar.

De acordo com a Figura 6, a Horta Comunitária do Dirceu, localizada em Teresina, aborda a insegurança alimentar e incentiva a sustentabilidade com o suporte de políticas locais e programas de capacitação como o HortEduc

(Bezerra, 2024).



Figura 6. Horta Comunitária do Dirceu, Teresina, PI. Fonte: IFPI, 2024.

Na Horta Comunitária do Dirceu, em torno de 400 agricultores cultivam organicamente mais de 12 tipos de legumes e verduras, além de 18 plantas medicinais, comercializados em mercados locais e regionais. Embora as hortas não possam resolver todas as necessidades econômicas da cidade, elas têm o potencial de reduzir o desemprego e proporcionar uma fonte de renda para aqueles em situações precárias (Bezerra, 2024).

4. As hortas urbanas em Cachoeiro de Itapemirim

Segundo o censo de 2022, o município possui 185.786 habitantes e abrange uma extensão territorial de 864,583 quilômetros quadrados (km²), o que o posiciona como o 15º maior município entre os 78 do estado e o 1598º entre os 5570 municípios do Brasil (IBGE, 2022). Além de ser a cidade principal do Sul do estado do ES, o município abrange outros dez distritos: Pacotuba, Burarama, Conduru, São Vicente, Itaoca, Coutinho, Córrego dos Monos, Vargem Grande do Soturno, Gironda e Gruta.

Em 1983, Cachoeiro de Itapemirim viu o início de um movimento pioneiro em favor da agricultura orgânica, liderado por Nasser Youssef Nasr no Hortão

da Prefeitura, mais tarde chamado de Centro de Cultura Natural Augusto Ruschi. Este projeto atraiu uma multidão de agricultores que adotaram os princípios sustentáveis ali desenvolvidos em suas próprias terras, com a participação importante da Igreja Luterana, especialmente entre as famílias de origem alemã e pomerana. O Hortão se destacou por cultivar hortaliças sem a utilização de adubos químicos ou agrotóxicos, tornando-se um exemplo emblemático de práticas sustentáveis. Apesar de seu começo promissor durante a gestão do prefeito Roberto Valadão, o Hortão enfrentou dificuldades e perdeu apoio em administrações posteriores, o que levou ao seu declínio (Mansur, 2012).

No entanto, de acordo com esse mesmo autor, o impacto desse projeto pioneiro em Cachoeiro de Itapemirim ecoou pelo Estado e pelo país, inspirando indivíduos e organizações preocupadas com a qualidade alimentar e promovendo a expansão da agricultura orgânica. O trabalho visionário de Nasser Youssef Nasr foi fundamental para impulsionar e promover a agricultura orgânica, consolidando-o como uma figura central nesse movimento na região.

Apesar do declínio, o "hortão", como ainda é conhecido atualmente, distribui verduras e legumes para mais de 400 pessoas, gratuitamente. A área que antes era tomada por espécies espontâneas e servia como esconderijo para bandidos, agora é um espaço produtivo onde são plantadas oito tipos de leguminosas e verduras, incluindo couve, alface, almeirão, batata-doce e abóbora. A horta é um esforço comunitário, com os moradores do bairro contribuindo para sua manutenção (Horta, 2019).

Segundo esse mesmo autor, a distribuição dos produtos é feita conforme a produção permite, com voluntários informando aos moradores quando podem buscar os alimentos. Mesmo aqueles que não estão cadastrados muitas vezes conseguem levar algum produto para casa. Este exemplo de horta comunitária em Village da Luz ilustra como iniciativas locais podem não apenas prover alimentos frescos e saudáveis para a comunidade, mas também promover a educação ambiental e o envolvimento comunitário.

A Secretaria Municipal de Agricultura e Abastecimento desenvolve ações que fortalecem a agricultura familiar em Cachoeiro de Itapemirim. Entre os programas destacados, o Programa de Comercialização da Agricultura Familiar se destaca por sua eficácia em conectar agricultores diretamente ao mercado

consumidor, sem a interferência de atravessadores. Este programa inclui iniciativas como o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), que são fundamentais para garantir que os produtos da agricultura familiar cheguem às escolas e às entidades sociais (Cachoeiro de Itapemirim, 2024).

Ademais, a Cooperativa da Agricultura Familiar de Cachoeiro de Itapemirim (CAF Cachoeiro) desempenha um papel vital na implementação desses programas, facilitando a venda direta dos produtos agrícolas. Além disso, a parceria com o Governo Federal e Estadual por meio de programas como a Compra Direta da Agricultura Familiar (CDA) e a CEASA Regional Sul fortalece ainda mais o comércio de produtos agrícolas (Cachoeiro de Itapemirim, 2024)

Igualmente, Cachoeiro de Itapemirim também conta com três feiras livres, localizadas nos bairros Independência, Nova Brasília e Praça de Fátima. Estas feiras são uma plataforma importante para os agricultores locais venderem seus produtos diretamente aos consumidores, promovendo a economia local e a agricultura sustentável. Na Figura 7, é representada uma das feiras livres (Cachoeiro de Itapemirim, 2024).



Figura 7. Feira Livre. Fonte: Prefeitura de Cachoeiro de Itapemirim, 2021.

Outra prática de horta urbana acontece no projeto “Comunidade EcoLions”, conforme a Figura 8, desenvolvido pela Escola Estadual de Ensino Fundamental

e Médio (EEEFM) Lions Sebastião de Paiva Vidaurre, ilustra o impacto positivo das hortas urbanas na educação e sustentabilidade. Este projeto envolve a criação de uma horta ecológica e sustentável como parte do itinerário formativo “A espécie humana e as relações com os recursos naturais”, integrando as disciplinas de Ciências e Matemática (Espírito Santo, 2023).



Figura 8. Horta ecológica (EEEFM) Lions Sebastião de Paiva Vidaurre. Fonte: Sedu, 2023.

Dessa maneira, o principal objetivo da “Comunidade EcoLions” é proporcionar aos estudantes uma compreensão profunda sobre a interação entre os seres humanos e o meio ambiente. Incentivando, assim, práticas sustentáveis como a produção de mudas de hortaliças e temperos, além de promover o paisagismo escolar e a produção de produtos de estética e limpeza. O projeto também inclui um sistema de compostagem, e os alunos aprendem a reciclar papel para criar embalagens e etiquetas para os produtos da horta (Espírito Santo, 2023).

Outro exemplo relevante em Cachoeiro de Itapemirim é a Fazenda Agroecológica da Santa Casa de Misericórdia. Localizada no Monte Líbano, esta fazenda iniciou o plantio de 20 mil mudas de hortaliças para a alimentação de pacientes e funcionários do hospital. Entre as espécies plantadas estão: alface, couve, repolho e outras hortaliças. Este projeto visa não apenas reduzir custos

alimentares, mas também garantir alimentos mais saudáveis e orgânicos. Além disso, a fazenda promove a ressocialização de internas do presídio local por intermédio do projeto Cuidar de Vidas, oferecendo treinamento em agricultura e pecuária (Santa Casa, 2024).

O Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) e a Escola Família Agrícola de Cachoeiro de Itapemirim (EFACI) promoveram um encontro de jovens rurais para discutir o fortalecimento da agroecologia. Participaram cerca de 90 pessoas, entre elas 70 jovens. O evento destacou a importância da participação juvenil na construção de políticas públicas e na promoção da agroecologia. Os jovens propuseram ações para fortalecer a agroecologia, incluindo a educação no campo, sucessão familiar, acesso a novas tecnologias e a criação de um conselho municipal da juventude rural. Discussão importante para potenciais hortas urbanas na cidade de Cachoeiro de Itapemirim (Capucho; Antunes, 2019).

Desse modo, apesar dos benefícios, as hortas urbanas enfrentam desafios significativos. A falta de apoio contínuo de políticas públicas, a necessidade de financiamento e a manutenção sustentável dos projetos são obstáculos que precisam ser superados. Contudo, iniciativas como as do "hortão" do Village da Luz e a Fazenda Agroecológica da Santa Casa demonstram que, com dedicação e apoio comunitário, é possível transformar realidades e criar um impacto duradouro na sociedade.

5. Considerações

A implementação de hortas urbanas em Cachoeiro de Itapemirim se destaca como uma estratégia eficaz para promover o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida da população local. Essas hortas transformam espaços urbanos ociosos em áreas produtivas, fornecendo alimentos frescos e saudáveis, além de contribuírem para a sustentabilidade ecológica e a coesão social.

A agricultura urbana desempenha um papel fundamental na melhoria do ambiente urbano, reduzindo a poluição e a degradação ambiental, ao mesmo tempo em que fortalece a segurança alimentar e promove hábitos alimentares

mais saudáveis entre os moradores. A experiência do município demonstra que, com a devida organização e apoio, é possível integrar práticas agrícolas dentro do contexto urbano de maneira eficiente e benéfica.

Além de todas essas vantagens, as hortas urbanas têm um papel fundamental na recuperação de áreas degradadas. Ao revitalizar terrenos abandonados e contaminados, essas hortas contribuem para a restauração ecológica e a requalificação ambiental do espaço urbano, tornando as cidades mais verdes e sustentáveis.

Um aspecto adicional que enriquece ainda mais essas iniciativas é o uso de plantas medicinais e Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs). A inclusão dessas espécies nas hortas urbanas não só diversifica a produção agrícola, mas também oferece alternativas alimentares e terapêuticas naturais aos moradores. As plantas medicinais podem ser utilizadas para tratar diversas enfermidades de forma acessível e sustentável, enquanto as PANCs ampliam a variedade de alimentos disponíveis, enriquecendo a dieta com nutrientes essenciais e sabores distintos. Essas plantas, muitas vezes negligenciadas, têm um valor nutricional elevado e podem ser cultivadas com facilidade, contribuindo para a biodiversidade e a resiliência do ecossistema urbano.

No entanto, para maximizar os benefícios dessas iniciativas, é fundamental contar com o suporte contínuo de políticas públicas adequadas. Além disso, o envolvimento comunitário e a capacitação dos agricultores urbanos são essenciais para garantir a sustentabilidade e a expansão dessas práticas. A participação ativa da comunidade não só fortalece o senso de pertencimento e cooperação, mas também assegura que os benefícios da agricultura urbana sejam amplamente distribuídos.

Em resumo, a integração da agricultura urbana no planejamento urbano de Cachoeiro de Itapemirim pode servir como um modelo para outras cidades, evidenciando que é possível alcançar um desenvolvimento urbano sustentável e resiliente por intermédio do uso inovador e produtivo dos espaços urbanos, incluindo a segurança alimentar, a geração de renda e a recuperação de áreas degradadas.

6. Referências

ALMEIDA, D. **Agricultura urbana**. 2012. Disponível em: <http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/brazil/seguran-ca-alimentar/agricultura-urbana-e-seguranca-alimen-tar-em-belo>. Acesso em: 15 maio 2024.

ALMEIDA, M. R.; SOUZA, M. N.; OLIVEIRA, F. S. de. Hortas urbanas agroecológicas. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 202-217. 2022. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7.c7>

BARBALHO, T.; ENGLER, R.; LANA, S. Agricultura urbana, design e sustentabilidade. **Mix Sustentável**, Florianópolis, v. 6, n. 1, p. 45-52, 2020.

BATITUCCI, T. O.; CORTINES, E.; ALMEIDA, F. S.; E.; ALMEIDA, A. A. A agricultura em ecossistemas urbanos. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo. n. 22, 2019.

BEZERRA, A. K. L. IFPI. **Teresina: inovação nas Hortas Comunitárias do Dirceu para garantir bem-estar social, alimentação saudável e resiliência climática**. Disponível em: <https://www.iiied.org/pt-br/teresina-inovacao-nas-hortas-comunitarias-do-dirceu-para-garantir-bem-estar-social-alimentacao>. Acesso em: 01 jun. 2024.

BIONDO, E.; ZANETTI, C.; CHEROBINI, L.; KAMPHORST, R. C. M. Plantas Alimentícias não Convencionais (PANC): Agrobiodiversidade alimentar para a Segurança Alimentar e Nutricional no Vale do Taquari, RS. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, p. 177, 2018.

CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM. Secretaria de agricultura. Programas. **Comercialização da Agricultura Familiar**. 2024. Disponível em: <https://www.cachoeiro.es.gov.br/agricultura-e-interior-semal/programas/>. Acesso em: 27 maio 2024.

CAPUCHO, V.; ANTUNES, D. G. Incaper. **Jovens debatem fortalecimento da agroecologia em Cachoeiro de Itapemirim**. 2019. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/Not%C3%ADcia/encontro-debate-fortalecimento-da-agroecologia-em-cachoeiro-de-itapemirim>. Acesso em: 24 de mai. de 2024.

CARMO, D. F.; ARAÚJO, L. C. S.; HAMACHER, L. S.; PAIVA, P. F.; CECCHIN, D. Rede de hortas urbanas e quintais produtivos: experiência no Estado do Rio de Janeiro. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

CICLO VIVO. **Manguinhos (RJ) abriga maior horta comunitária da América Latina**. Ocupando área equivalente a quatro campos de futebol, horta de Manguinhos produz 2 toneladas de alimentos todos os meses. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/mao-na-massa/horta/manguinhos-maior-horta-comunitaria-america-latina/> Acesso em: 01 jun. 2024.

COSTA, C. G. A., GARCIA, M. T., RIBEIRO, S. M., SALANDINI, M. F. de S., & Bógus, C. M. Hortas comunitárias como atividade promotora de saúde: uma experiência em Unidades Básicas de Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 20,

n. 10, p. 3099-3110, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-812320152010.00352015>. Acesso em: 24 maio 2024.

COSTA, R.; ANJOS, M. P.; BARBOSA, A. D. R.; OLIVEIRA, C. G. G. A utilização de uma horta orgânica urbana para promoção da Educação Ambiental e propagação do conhecimento agroecológico. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018b.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária. Projetos. **Adaptação de tecnologias e construção coletiva do conhecimento destinado à agricultura urbana na região metropolitana do Rio de Janeiro**. 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/215548/adaptacao-de-tecnologias-e-construcao-coletiva-do-conhecimento-destinado-a-agricultura-urbana-na-regiao-metropolitana-do-rio-de-janeiro>. Acesso em: 2 jun. 2024.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Educação - SEDU. **Horta ecológica é produzida em escola de Cachoeiro de Itapemirim**. 2023. Disponível em: <https://sedu.es.gov.br/Not%C3%ADcia/horta-ecologica-e-produzida-em-escola-de-cachoeiro-de-itapemirim>. Acesso em: 24 maio 2024.

HORTA comunitária atende cerca de 400 pessoas em bairro de Cachoeiro. A Gazeta. 2 de agosto de 2019. Disponível em: <https://www.agazeta.com.br/es/sul/horta-comunitaria-atende-cerca-de-400-pessoas-em-bairro-de-cachoeiro-0819>. Acesso em: 15 maio 2024.

MACHADO, A. T. Agricultura urbana. **A Lavoura**, Rio de Janeiro, v. 636, n. 36, p. 48-59, 2002.

MADALENO, I. M. **A cidade das mangueiras: agricultura urbana em Belém do Pará**. Lisboa: Fundação para a Ciência e a Tecnologia. 2002.

MANSUR, R. N. Y. N. Agricultura Orgânica. **Vitrine Capixaba**. 2013. Disponível em: <https://vitrinecapixaba.blogspot.com/2013/03/nasser-youssef-nasr-e-agricultura.html>. Acesso em: 20 maio 2024.

MELO, L. P. **Os benefícios da agricultura urbana e periurbana para a sustentabilidade da cidade de Macapá-AP**. Disponível em: <https://fau.ufal.br/evento/pluris2016/files/Tema%204%20-%20Planejamento%20Regional%20e%20Urbano/Paper1342.pdf>. Acesso em: 31 maio 2024.

MOUGEOT, L. J. A. **Urban agriculture: Definition, presence, potentials and risks**. Ottawa: International Development Research Centre (IDRC). 1999.

OLIVEIRA, F. S. de; BESTETE, J. P.; BENTO, C. dos S.; PEDRA de ALMEIDA, K. M.; SOUZA, M. N. Plantas alimentícias não convencionais: sustentabilidade e diversidade no sistema de produção de base agroecológica. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 271-298. 2022. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7.c10>

PINELA, J; CARVALHO, A. M; FERREIRA, I. C. F. R. Wild edible plants: Nutritional and toxicological characteristics, retrieval strategies and importance for today's society. **Food and Chemical Toxicology**, v. 110, p. 165-188, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.10.020>.

PINTO, S. L. de S.; YVES, A. **Agricultura urbana: alternativa para aliviar a fome e para a educação ambiental**. Centro Universitário Plínio Leite, Niterói - RJ - Brasil; 2.Embrapa. 2009.

RODRIGUES, S. C. A. **Um modelo para a implementação de redes de hortas urbanas**. Dissertação - Mestrado em Gestão Ambiental e Ordenamento do Território na Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Viana do Castelo. Repositório Científico IPVC. 2012.

ROESE, A. D.; CURADO, F. F. **A contribuição da agricultura urbana na segurança alimentar comunitária em Corumbá e Ladário, MS**. IV Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal, Corumbá/MS. Embrapa Pantanal. Corumbá, MS, 2004.

SÁ FILHO, A. L. de; KOTTAS, M. G.; SANTOS JÚNIOR, J. E. dos; SANTOS, V. M. L. dos. Urbans Gardens in Brazil: Evolution, Challenges and Perspectives hortas Urbanas no Brasil: Evolução, Desafios e Perspectivas. RISUS – **Journal on Innovation and Sustainability**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 30-44, 2021.

SANTA CASA de Cachoeiro cultiva horta com mais de 20 mil mudas. **Conexão Safra**. 2024. Disponível em: <https://conexaosafra.com/alimentos/santa-casa-de-cachoeiro-cultiva-horta-com-mais-de-20-mil-mudas/>. Acesso em: 20 maio 2024.

SILVA, L. P. **Dos quintais às ruas: estudo de implantação de hortas nos vazios urbanos de João Pessoa como parte da infraestrutura verde urbana**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

CAPÍTULO 10

Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs): nutrição, sustentabilidade, agroecologia e recuperação de áreas degradadas

Regiane Carla Bolzan Carvalho, Adriana Rezende Bighi, Ana Paula Candido Gabriel Berilli, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-25-1.c10>

Resumo

As Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) representam uma vasta gama de espécies com potencial nutricional e benefícios para a saúde, frequentemente subestimadas na alimentação diária. Com cerca de três mil espécies identificadas no Brasil, estas plantas refletem a rica diversidade biológica do país. O crescente interesse por uma alimentação mais natural e saudável tem impulsionado a redescoberta e o cultivo sustentável das PANCs. Seu consumo não apenas contribui para uma dieta equilibrada, mas também para a preservação ambiental. A disseminação e o uso das PANCs têm o potencial de desempenhar um papel importante na educação ambiental, ao promover a valorização da biodiversidade e incentivar práticas alimentares mais saudáveis e sustentáveis. Além disso, a integração das PANCs na agroecologia, em hortas urbanas e na agricultura familiar, pode gerar benefícios adicionais, como a geração de renda e o fortalecimento da segurança alimentar local, além de contribuir para a recuperação de áreas degradadas.

Palavras-chave: Plantas Alimentícias Não Convencionais. Biodiversidade. Alimentação saudável. Sustentabilidade.

1. Introdução

A percepção das pessoas sobre alimentação evolui à medida que aumenta o conhecimento da população acerca de alimentos saudáveis e seus benefícios para a saúde. A busca por um estilo de vida saudável, motiva cada vez mais o ser humano a explorar novos conceitos alimentares, considerando sua praticidade, funcionalidade, impacto e externalidades ambientais. Essa tendência tem impulsionado mudanças significativas em diversos setores, sendo um reflexo do retorno do indivíduo a uma vida mais natural (Costa, 2012).

Desta maneira, adotar uma dieta mais equilibrada e saudável é optar por alimentos naturais ricos em proteínas, gorduras, carboidratos, fibras, vitaminas e minerais em sua alimentação. Esses nutrientes essenciais podem ser encontrados em grãos, frutas, vegetais, carnes e verduras.

O Brasil apresenta uma das mais diversidades biológicas do planeta, sendo que 1/3 dessa riqueza vegetal pode ser consumida (Jesus *et al.*, 2020). A variedade biológica nativa no país pode chegar a mais de 45 mil espécies, na qual aproximadamente 3 mil são de plantas alimentícias não convencionais (PANCs) conhecidas (Bezerra; Brito, 2020). Uma biodiversidade brasileira de grande porte, porém, ainda pouco conhecida e utilizada como alimento no cotidiano.

Durante o avanço econômico registrado no Brasil, as práticas predominantes foram voltadas para a produção agroindustrial, que se apoiava em recursos externos; ou seja, exógenos aos agroecossistemas. A globalização dos mercados influenciou nas escolhas de cultivo e consumo de alimentos, matérias-primas e variedades melhoradas, priorizando o abastecimento em larga escala em detrimento dos produtos tradicionais e do cultivo agroecológico.

As frutas e vegetais não tradicionais eram muito utilizados pelas gerações mais antigas (avós e bisavós); porém, com a migração para áreas urbanas e os avanços tecnológicos, incluindo a modificação genética e modernização da agricultura, esses alimentos acabaram sendo deixados de serem priorizados. A alimentação é baseada em monoculturas, principalmente do arroz, trigo, soja, milho, cana-de-açúcar, feijão, amendoim, batata, batata-doce, mandioca, coco e banana (Kelen *et al.*, 2015).

As PANCs poderiam fazer parte do cardápio de consumo diário. Porém, a falta de conhecimento sobre as plantas alimentícias não convencionais, faz com que sejam consideradas ervas daninhas, sendo assim, ignoradas como alimento acessível no cardápio dos brasileiros (Liberato *et al.*, 2019). Isto porque são recursos alimentares não convencionais que, quando consumidos, permitem a autonomia das famílias e podem garantir a segurança alimentar e nutricional (Xavier, 2015).

Agricultores familiares, ao terem consciência do potencial dessas plantas alimentícias, podem diversificar sua alimentação habitual e cultivá-las aproveitando áreas improdutivas ou de baixa fertilidade. No entanto, hortaliças desse tipo não são produzidas em larga escala para fins comerciais. Em uma visão de futuro, poderiam ser integradas na diversificação da produção, especialmente para indivíduos de menor poder aquisitivo, devido à sua baixa demanda por insumos agroindustriais.

Neste contexto a educação ambiental tem grande importância em nível social, político e educacional, sendo suas atividades diversificadas em múltiplas áreas que se relacionam com as demandas geradas pelas mudanças no meio rural para as questões das práticas ambientais (Carvalho, 2001). Como uma das práticas da educação ambiental, tem-se a agroecologia, a qual é uma ciência que fornece os princípios ecológicos básicos para o estudo e tratamento dos ecossistemas nas atividades de uma agricultura familiar e ecologicamente sustentável, sendo uma alternativa positiva da relação do ser humano com a natureza (Barros; Dambros; Machado, 2012).

Na área de recuperação ambiental, destaca-se a importância das PANCs na recuperação de ecossistemas degradados. As PANCs são conhecidas por suas características resilientes e pelo papel que desempenham na melhoria da qualidade do solo e na recuperação da biodiversidade (Souza, 2023; Malaquias *et al.*, 2024; Souza *et al.*, 2024).

Diante destes fatos, é importante associar a agroecologia e a educação ambiental com as PANCs para haver o aprimoramento do conhecimento, transformação do espaço, aproveitamento e utilização destas plantas no contexto alimentar. Assim, incentiva a preservação da biodiversidade e

valorização dos conhecimentos culturais e populares dessas espécies alimentícias.

2. PANCs e agroecologia

O cultivo de PANCs desempenha um papel significativo na promoção da diversidade alimentar, segurança alimentar e conservação da biodiversidade. As PANCs são espécies de plantas que possuem potencial nutricional e gastronômico, mas que muitas vezes são subutilizadas ou negligenciadas pela agricultura convencional e pela indústria alimentícia.

A agroecologia, como abordagem agrícola sustentável, enfatiza a importância da diversificação de culturas e práticas agrícolas que respeitem os ecossistemas locais. O cultivo de PANCs se alinha perfeitamente com os princípios da agroecologia, pois promove a produção de alimentos de forma mais integrada e harmoniosa com o meio ambiente.

Um estudo de Damasceno *et al.* (2019) destacou que o cultivo de PANCs pode contribuir para a segurança alimentar, especialmente em comunidades rurais e urbanas vulneráveis, fornecendo uma fonte adicional de alimentos nutritivos e acessíveis. Além disso, as PANCs muitas vezes requerem menos insumos externos, como pesticidas e fertilizantes sintéticos, favorecendo a agricultura de baixo impacto ambiental (Fischer *et al.*, 2017).

A diversificação das culturas, incluindo o cultivo de PANCs, também pode aumentar a resiliência dos sistemas agrícolas às mudanças climáticas e a eventos extremos, como demonstrado por Altieri (2002). Ao explorar a variedade de espécies disponíveis em um determinado ecossistema, os agricultores podem reduzir sua dependência de culturas suscetíveis às condições climáticas adversas.

Portanto, o cultivo de PANCs dentro de uma abordagem agroecológica não apenas contribui para a alimentação saudável e diversificada, mas também promove a conservação da biodiversidade agrícola e a sustentabilidade dos sistemas alimentares.

3. PANCs e educação ambiental

A integração das PANCs na educação ambiental (EA) desempenha um papel fundamental na sensibilização ambiental e na promoção da sustentabilidade. Ao introduzir as PANCs em programas educacionais, como escolas, centros comunitários ou projetos de EA, é possível oferecer uma abordagem prática e tangível para aprender sobre a biodiversidade local e suas interações com o meio ambiente.

Segundo Boff (2012), a EA é essencial para desenvolver uma consciência crítica em relação aos desafios ambientais enfrentados pela sociedade atualmente. A introdução das PANCs nesse contexto permite que os participantes se engajem em atividades práticas, como o cultivo, a identificação e o preparo dessas plantas, promovendo uma compreensão mais profunda sobre a importância da biodiversidade e da conservação dos recursos naturais.

Além disso, a presença das PANCs nos programas de EA pode ajudar a fortalecer a conexão entre as pessoas e sua alimentação, conforme apontado por Damasceno *et al.* (2019). Ao aprender sobre o valor nutricional e gastronômico das PANCs, os participantes podem ser incentivados a explorar opções alimentares mais diversificadas e sustentáveis, reduzindo assim o consumo de alimentos altamente processados e contribuindo para uma dieta mais saudável e equilibrada.

A abordagem das PANCs na educação ambiental também pode promover uma maior conscientização sobre a importância da conservação da biodiversidade e dos ecossistemas locais. Ao destacar o potencial das PANCs como recursos alimentares valiosos e muitas vezes subutilizados, os participantes são incentivados a valorizar e proteger a diversidade de espécies vegetais presentes em seu ambiente.

A integração das PANCs na EA oferece uma oportunidade única de promover uma compreensão mais profunda sobre a biodiversidade, incentivar práticas alimentares mais sustentáveis e fortalecer o vínculo entre as pessoas e seu meio ambiente.

4. PANCs, agricultura familiar e geração de renda

A incorporação das PANCs na agricultura familiar pode desempenhar um papel significativo na geração de renda e no fortalecimento econômico das comunidades rurais, além de contribuir para a diversificação da produção agrícola e a promoção da segurança alimentar.

Conforme destacado por Oliveira *et al.* (2020), a agricultura familiar desempenha um papel fundamental na produção de alimentos e no desenvolvimento rural, especialmente em países em desenvolvimento. A introdução das PANCs na agricultura familiar pode oferecer novas oportunidades de mercado, tanto para a comercialização dos produtos frescos quanto para a elaboração de produtos processados, como chás, temperos e conservas.

A diversificação da produção agrícola por meio do cultivo de PANCs pode ajudar os agricultores familiares a reduzir sua dependência de culturas tradicionais, muitas vezes sujeitas a flutuações de preços e condições climáticas adversas (Gomes *et al.*, 2018). Além disso, as PANCs muitas vezes requerem menos insumos externos, como pesticidas e fertilizantes sintéticos, o que pode resultar em custos de produção mais baixos e maior rentabilidade para os agricultores.

Ao explorar o potencial das PANCs como fonte de renda, os agricultores familiares também podem contribuir para a conservação da biodiversidade agrícola e a preservação das variedades locais (Damasceno *et al.*, 2019; Gomes *et al.*, 2022). O cultivo e a valorização das PANCs podem ajudar a proteger espécies vegetais subutilizadas ou ameaçadas de extinção, promovendo assim a resiliência dos sistemas agrícolas e a manutenção da diversidade genética.

Ou seja, a incorporação das PANCs na agricultura familiar pode oferecer uma série de benefícios econômicos, incluindo a diversificação da produção agrícola, a geração de renda adicional e a promoção da sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

5. PANCs e hortas urbanas

A integração das PANCs em hortas urbanas oferece uma oportunidade única para promover a segurança alimentar, a sustentabilidade ambiental e a

conexão das comunidades urbanas com a natureza. As hortas urbanas são espaços de cultivo de alimentos dentro de áreas urbanas, que podem variar desde pequenos jardins em vasos até grandes áreas comunitárias de cultivo.

Conforme destacado por Menezes *et al.* (2020), as hortas urbanas desempenham um papel fundamental na promoção da agricultura urbana sustentável e na melhoria da qualidade de vida nas cidades. A inclusão das PANCs nessas hortas oferece uma oportunidade para diversificar a produção de alimentos, proporcionando acesso a espécies vegetais nutritivas e muitas vezes subutilizadas.

A integração das PANCs em hortas urbanas também pode ajudar a aumentar a biodiversidade vegetal nas cidades, promovendo assim a conservação da flora local e a preservação das variedades tradicionais (Freitas *et al.*, 2019). Ao cultivar PANCs em espaços urbanos, as comunidades podem contribuir para a manutenção da diversidade genética das plantas e para a proteção de espécies ameaçadas de extinção.

Além disso, as hortas urbanas que incluem PANCs oferecem uma oportunidade para educar e conscientizar a população sobre a importância da biodiversidade alimentar e da sustentabilidade ambiental (Rocha *et al.*, 2018). Ao aprender sobre o cultivo e o consumo de PANCs, os moradores urbanos podem desenvolver uma maior apreciação pela diversidade de espécies vegetais e pelas práticas agrícolas sustentáveis.

Ou seja, a integração das PANCs em hortas urbanas oferece uma série de benefícios, incluindo a diversificação da produção de alimentos, a promoção da biodiversidade vegetal e a educação ambiental das comunidades urbanas.

6. PANCs e a recuperação de áreas degradadas

As PANCs têm ganhado destaque não apenas por seu potencial alimentício, mas também pelo seu papel na recuperação de áreas degradadas. A utilização dessas plantas pode ser uma estratégia eficaz e sustentável para a restauração de ecossistemas degradados (Crespo *et al.*, 2020; Gomes *et al.*, 2022; Souza, 2023; Malaquias *et al.*, 2024; Souza *et al.*, 2024).

As PANCs são adaptáveis a condições adversas e muitas vezes possuem características que as tornam ideais para a recuperação de solos pobres e degradados. Segundo Kinupp e Lorenzi (2014) e Gomes *et al.* (2022), muitas dessas plantas são resistentes a estresses ambientais e podem melhorar a fertilidade do solo por meio de processos de fixação de nitrogênio e ciclagem de nutrientes.

Algumas espécies de PANCs que têm se mostrado promissoras na recuperação de áreas degradadas incluem:

- ✓ Moringa (*Moringa oleifera* Lam.): rica em nutrientes, a moringa também tem a capacidade de melhorar a qualidade do solo (Fahey, 2005).
- ✓ Ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*): além de ser rica em proteínas, esta planta é resistente a solos pobres e pode ser utilizada para enriquecimento do solo (Kinupp; Lorenzi, 2014).
- ✓ Taioaba (*Xanthosoma sagittifolium*): É uma planta resistente e pode ser utilizada em solos erodidos para promover a cobertura vegetal e reduzir a erosão (Lorenzi; Matos, 2008).

O uso de PANCs na recuperação de áreas degradadas é importante por várias razões:

- ✓ Biodiversidade: a introdução de PANCs em áreas degradadas aumenta a biodiversidade local, contribuindo para a resiliência dos ecossistemas (Kinupp; Lorenzi, 2014).
- ✓ Sustentabilidade: as PANCs podem ser cultivadas com poucos insumos, tornando o processo de recuperação mais sustentável e econômico (Fahey, 2005; Gomes *et al.*, 2022).
- ✓ Alimentação: além de ajudar na recuperação ambiental, as PANCs são uma fonte de alimento nutritivo que pode ser integrada à dieta local, contribuindo para a segurança alimentar (Lorenzi; Matos, 2008).

6.1. PANCs e o acúmulo de matéria orgânica no solo

As PANCs desempenham um papel significativo no acúmulo de matéria orgânica e na recomposição da biota do solo. Estas plantas, muitas vezes subutilizadas, têm características que podem beneficiar diretamente a qualidade

e a fertilidade do solo, promovendo um ambiente propício para a recuperação ecológica (Crespo *et al.*, 2020; Gomes *et al.*, 2022; Souza, 2023; Malaquias *et al.*, 2024; Souza *et al.*, 2024).

As PANCs contribuem para o acúmulo de matéria orgânica no solo de várias maneiras:

- ✓ **Biomassa Aérea e Radicular:** as PANCs, como a *Moringa oleifera* e a *Oreoprosopis* (*Pereskia aculeata*), produzem grande quantidade de biomassa tanto acima quanto abaixo do solo. Esta biomassa, ao se decompor, transforma-se em matéria orgânica, enriquecendo o solo com nutrientes essenciais (Fahey, 2005; Kinupp; Lorenzi, 2014).

- ✓ **Resíduos de Cultivo:** a decomposição dos resíduos de cultivo das PANCs adiciona matéria orgânica ao solo. Estes resíduos, ricos em carbono, são fundamentais para a formação de húmus, que melhora a estrutura do solo e aumenta sua capacidade de retenção de água (Lorenzi; Matos, 2008).

6.2. PANCs e a recomposição da biota do solo

A biota do solo, composta por uma variedade de organismos, é fundamental para a resistência e resiliência do ecossistema. As PANCs podem influenciar positivamente essa biota:

- ✓ **Diversidade microbiana:** a presença de PANCs no solo pode aumentar a diversidade microbiana. As raízes das PANCs exudam compostos orgânicos que servem de alimento para microrganismos do solo, promovendo uma comunidade microbiana rica e diversa (Kinupp; Lorenzi, 2014).

- ✓ **Rizosfera:** as raízes das PANCs criam um ambiente favorável para a vida microbiana. A rizosfera, a zona ao redor das raízes, é um habitat rico em nutrientes, que favorece o crescimento de bactérias e fungos benéficos, essenciais para a decomposição da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes (Fahey, 2005; Crespo *et al.*, 2020).

- ✓ **Atração de fauna do solo:** as PANCs também podem atrair a fauna do solo, como minhocas e outros invertebrados, que ajudam a decompor a matéria orgânica e melhorar a estrutura do solo. A atividade dessas espécies aumenta a aeração e a infiltração de água, além de promover a mistura de camadas do solo

(Lorenzi; Matos, 2008; Crespo et al., 2020; Gomes et al., 2022).

7. Plantas alimentícias não convencionais

As PANCs são variedades nativas que geralmente podem ser encontradas em lugares como calçadas, terrenos abandonados e até mesmo em plantações comerciais. Muitas vezes, são consideradas plantas invasoras ou ervas daninhas devido à sua fácil cultura e capacidade de se espalhar rapidamente (Biondo et al., 2018; Kinupp, 2007; Gomes et al., 2022).

O termo PANC foi criado em 2008 pelo Biólogo e Professor Valdely Ferreira Kinupp (Kelen et al., 2015). Refere-se a plantas que possuem uma ou mais partes comestíveis, tais como: raízes, caules, tubérculos, talos, folhas, brotos, flores, frutos, sementes que muitas vezes são jogadas no lixo, são típicas de determinadas regiões, com crescimento espontâneo ou cultivadas na agricultura familiar de povos mais tradicionais, para o próprio consumo, sem fins comerciais (Pedrosa et al., 2012).

Sobre o termo “não convencional”, é essencial compreender que ele não se refere diretamente à planta em si, mas sim à relação com a regionalidade e a cultura. Em outras palavras, dependendo da região, uma determinada planta pode ou não ser considerada uma PANC.

7.1. Ora-pro-nóbis

A planta *Peireskia aculeata*, popularmente chamada de *Cactus pereskia*, ora-pro-nóbis, entre outros nomes como lobrodó, carne-de-pobre, mata-velha, guaiapá e mori, é um arbusto semilenhoso de longa duração, famoso pela presença abundante de espinhos. Originária das regiões Sul, Sudeste e Nordeste do Brasil, é pouco comum encontrá-la em cultivo comercial (Kinupp; Lorenzi, 2019) (Figura 1).

A ora-pro-nóbis pertence à família Cactaceae, sendo conhecida por muitos como a “carne verde” devido à sua alta concentração de proteínas, minerais, fibras e vitamina C. Além disso, possui uma estatura que pode atingir até 4 metros; ramos longos e folhas simples de formato elíptico, com pecíolos curtos

e textura carnosa, que podem chegar a 12 cm de comprimento. Sua inflorescência se apresenta em cachos curtos e axilares, produzindo frutos semelhantes a bagas e sementes pretas (Kinupp; Lorenzi, 2019).



Figura 1. Ora-pro-nóbis, Alegre, ES. Fonte: Acervo Regiane C. B. Carvalho, 2024.

Além de sua beleza natural, ela é valorizada por sua utilidade prática. Graças à sua estrutura robusta e à presença de espinhos ao longo do caule, é frequentemente empregada como uma cerca viva em quintais e hortas, oferecendo proteção e delimitação de áreas de forma eficiente (Figura 2).



Figura 2. As folhas, flores e frutos do ora-pro-nóbis podem ser consumidos por pessoas. Alegre–ES. Fonte: Acervo Regiane Carla Bolzan Carvalho, 2024.

A propagação é viável por meio de sementes, mas é comumente feita pelo enraizamento de estacas semilenhosas, de 15 a 20 cm de comprimento, podendo-se fazer o plantio diretamente no local definitivo ou em vasos com substratos, ou solo enriquecido, para maior segurança quanto ao pegamento. Recomenda-se o plantio no início da época chuvosa do ano (setembro a janeiro), dependendo do local. O ora-pro-nóbis adapta-se a diferentes tipos de solos, desde que bem drenados. O espaçamento recomendado é de 1,0 m a 2,0 m entre plantas (Kinupp; Lorenzi, 2019).

A ora-pro-nóbis pode ser consumida *in natura*, cozida ou transformada em sucos e farinhas para enriquecer bolos, pães e massas. Contudo, uma maneira de aproveitar todos os seus nutrientes, é cozinhar com um pouco de água. Dessa maneira, diminuem os fatores antinutricionais. Embora exista recomendação para ser incluída na dieta cotidiana, é importante consultar um profissional especializado para ver a quantidade que deve ser consumida.

7.2. Serralha

A serralha (*Sonchus oleraceus*) é uma PANC ereta, que produz um látex que não faz mal à saúde. Apresenta folhas verdes, recortadas ou denteadas, e longas; possui inflorescências amarelas no ápice dos ramos (Figura 3).



Figura 3. Serralha. Fonte: Embrapa, 2017.

Propaga-se facilmente já que o vento carrega suas pequenas sementes e aparece bastante em campos abertos ou em hortas. Além do mais, age como estimulante para o fígado e a vesícula, depurativa, sendo usada para curar disenteria, como fortificante para o estômago, para a visão e o sistema nervoso (Embrapa, 2017).

A planta se desenvolve melhor em clima ameno; porém, temperaturas muito baixas e dias curtos impedem seu cultivo. Em áreas adequadas, a planta cresce naturalmente a partir de sementes espalhadas pelo vento. Desenvolve-se melhor em solos de textura areno-argilosa, com alto teor de matéria orgânica, superior a 3%, e boa drenagem.

7.3. Beldroega

A *Portulaca oleracea* é também conhecida como beldroega, bredo-de-porco, caruru-de-porco, salada-de-negro, entre outros nomes. Sendo que o último nome se deve ao uso feito dessa planta pelos escravos que eram conhecedores de suas características e propriedades alimentícias e medicinais (Embrapa, 2017).

De acordo com esse mesmo autor, é uma PANC cujas folhas são espatuladas e suculentas e suas flores são amarelas. É rica em ômega 3, betacaroteno, vitamina C, além de possuir altos teores de magnésio e zinco. Ela nasce facilmente em lugares ensolarados e com umidade (Figura 4).



Figura 4. Beldroega. Fonte: Embrapa, 2017.

Para esse mesmo autor, a beldroega é uma excelente adição à dieta familiar, podendo ser consumida de diversas formas: cozida, crua em saladas, e adicionada a pratos básicos como feijão, omelete, refogados e carnes. Introduzir pequenas quantidades dessa planta na alimentação diária é uma maneira de garantir variedade e segurança alimentar para a família. À medida que se tornam mais confortáveis com seu consumo, podem-se explorar pratos mais elaborados que incluam a beldroega.

O cultivo da beldroega é viável durante todo o ano em regiões de clima ameno, onde as temperaturas variam entre 15 °C e 30 °C. Recomenda-se um espaçamento de 20 cm a 25 cm entre as plantas. A colheita pode ser feita após 70-80 dias do plantio, retirando-se a planta inteira com a raiz, ou cortando-se suas folhas e ramos a cerca de 10 cm acima do solo, conforme necessário ao longo dos meses (*ibidem*).

7.4. Peixinho

A *Stachys byzantina*, conhecida popularmente como orelha de coelho, peixinho-da-horta ou lambari-da-horta, possui folhas de textura aveludada, semelhantes a “pelos”, e coloração verde azulada. É uma PANC que tem ganhado popularidade na gastronomia devido ao seu sabor que lembra o peixe Lambari. Além de ser chamado de Lambari e Peixinho-da-horta, essa planta possui folhas de tom verde-prateado e textura “peludinha” (Figura 5) (Ciclo vivo, 2021)



Figura 5. Peixinho. Fonte: Embrapa, 2017.

Além de cumprir um papel ornamental, contribuindo para embelezar jardins, seu cultivo pode ser feito durante todo o ano, mas preferencialmente em climas mais amenos, já que é resistente a temperaturas baixas. A colheita de folhas é feita a partir de 60 dias, à medida que elas atingem um tamanho superior a 10 cm. A produção varia de dois a quatro maços por metro quadrado, por semana.

Em termos nutricionais é rica em minerais, especialmente potássio, cálcio e ferro, além de ser uma ótima fonte de fibra alimentar, com um teor que pode chegar a 13% na matéria seca. Após a colheita, as folhas devem ser lavadas e higienizadas cuidadosamente devido à sua estrutura peluda que retém sujeiras do campo. As folhas podem ser conservadas por até 8 dias em embalagens plásticas a uma temperatura de 5 °C (<https://ciclovivo.com.br/>, 2022).

7.5. Capuchinha

A *Tropaeolum majus* é conhecida popularmente como agrião-da-índia, agrião-do-méxico, bico-de-papagaio, capuchinha, capuchinho, chaguinha, cinco-chagas, flor-de-chagas, mastruço-do-peru, mastruço e nastúrcio. Possui um sabor picante e aroma agradável (Embrapa, 2017).

De acordo com esse mesmo autor, são plantas herbáceas, com crescimento rápido e floração permanente, as folhas são arredondadas e suas flores vibrantes que vão de tons de amarelo a vermelho e laranja. São amplamente utilizadas como plantas ornamentais e comestíveis, desde as folhas até as sementes. Servem também para tratar infecção urinária, acne, alergias na pele, caspa, eczema, escorbuto, falta de apetite e fortalecimento do couro cabeludo (Figura 6).

É uma planta de clima subtropical e que se adapta bem a ambientes parcialmente sombreados. O plantio pode ser feito em canteiros ricos em matéria orgânica e bem drenados, com sementes ou mudas produzidas a partir de estacas do caule (*Ibidem*).

A colheita geralmente começa 50 dias após o plantio e pode se estender por vários meses. Se estiver colhendo folhas e flores, é aconselhável podar as plantas. Por outro lado, se estiver focado apenas nas flores, especialmente

aquelas mais valorizadas e procuradas para decoração de pratos, é melhor colhê-las diariamente.



Figura 6. Capuchinha. Fonte: Embrapa, 2017.

7.6. Taioba

Embora faça parte da cultura brasileira de forma nativa e tradicional, seu consumo é particularmente difundido no Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo. Também pode ser denominada por macabo, mangará, tannia e yautia, sendo seu nome científico *Xanthosoma taioba*. Esta planta é uma herbácea tuberosa, sem caule e de estrutura robusta (Figura 7) (Embrapa, 2017).



Figura 7. Taioba. Fonte: Acervo Regiane Carla Bolzan Carvalho, 2023.

A relevância da taioba na dieta humana está na possibilidade de utilizar totalmente a planta (folhas, caules e bulbos), além do baixo custo na produção, facilidade de cultivo e resistência a pragas e doenças, favorecendo a obtenção dessa hortaliça em diversas regiões do Brasil, sendo considerada uma cultura característica de sustento. As folhas de taioba merecem destaque pelo seu potencial nutricional, sendo de melhor qualidade que o espinafre em termos de sabor e nutrientes (Pinto *et al.*, 2001).

De acordo com esses mesmos autores, é uma hortaliça rica em nutrientes como fibras, vitamina C, e minerais como potássio e magnésio que auxiliam no combate ao envelhecimento precoce da pele, fortalecem o sistema imunológico e evitam doenças cardiovasculares.

O cultivo pode ser realizado o ano inteiro em regiões tropicais e equatoriais, quando houver plena disponibilidade de água. A propagação ocorre por meio de rizomas diretamente no local definitivo. O espaçamento recomendado é de 0,8 a 1,0 m entre as leiras e de 0,40 a 0,50 m entre as plantas. É importante que os solos sejam ricos em matéria orgânica. A taioba é adequada para solos de baixada e também se adapta bem a consórcios com plantas de porte maior por tolerar bem a sombra e pode ser integrada facilmente em sistemas agroflorestais (Embrapa, 2017).

A taioba pode ser consumida apenas cozida ou refogada, podendo ser usada em preparações como saladas, omeletes e sopas. Mas nem todas as espécies podem ser consumidas: a taioba brava (*Colocasia antiquorum* Schott) é tóxica e merece atenção. Ela possui talo e folhas verde-arroxeadas, e a taioba comestível apresenta folhas e talos verde-claros.

7.7. Tansagem

Originária da Europa e disseminada para os demais continentes ao redor do globo, a planta *Plantago major* L., que faz parte da família Plantaginaceae, é comumente chamada de tansagem, tanchagem, transagem ou plantagem (Mattos, 1996; Lorenzi, 2000) (Figura 8).



Figura 8. Tansagem. Fonte: <https://hortodidatico.ufsc.br/tansagem/>, 2022.

É uma planta que cresce naturalmente em gramados, jardins, hortas, pomares, trilhas e beiras de estradas como uma planta perene e herbácea, com seu crescimento do sistema radicular sendo principalmente afetado pela compactação do solo ou pela limitação do volume de solo (Bacchi *et al.*, 1984; Whitfield *et al.*, 1996).

8. Considerações

Destaca-se a relevância das PANCs como uma alternativa nutricional e sustentável para a alimentação, abordando os diversos temas discutidos até o presente momento. Valorizar e consumir essas plantas pode não só diversificar a dieta, mas também promover a educação ambiental, a biodiversidade e a recuperação de áreas degradadas.

É fundamental ampliar o conhecimento e incentivar o cultivo e consumo das PANCs, visando não apenas à segurança alimentar, mas também à preservação do meio ambiente e à promoção de hábitos alimentares mais saudáveis e conscientes. A integração das PANCs na educação ambiental e na agricultura familiar pode representar um avanço significativo rumo a um sistema alimentar mais sustentável e resiliente.

Além disso, é fundamental conscientizar a população sobre o valor das PANCs e incentivar sua inclusão nos hábitos alimentares diários. A disseminação do conhecimento sobre o cultivo, o preparo e os benefícios nutricionais dessas plantas pode ampliar as opções de alimentos disponíveis, fomentando a diversidade alimentar e a autonomia das famílias em relação à sua alimentação.

Ao reconhecer e utilizar as PANCs, não apenas se estão explorando recursos locais e sustentáveis, mas também se estão fortalecendo a conexão entre a alimentação, a cultura e o meio ambiente, contribuindo para um sistema alimentar mais resiliente e equilibrado.

9. Referências

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. Editora da UFPR. 2002.

BACCHI, O.; LEITÃO FILHO, H. F.; ARANHA, C. **Plantas invasoras de culturas** Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1984.

BARROS, L.C; DAMBROS, G; MACHADO, D. T. M Agroecologia na escola: Desenvolvimento de atividades agroecológicas na rede pública de ensino de Cachoeira do Sul/RS. Curso de Especialização em Educação Ambiental, Monografias Ambientais. v. 5, n. 5, p. 1032-1037, 2012.

BEZERRA, J. A.; BRITO, M. M. de. Potencial nutricional e antioxidantes das Plantas alimentícias não convencionais (PANCs) e o uso na alimentação: revisão. **Investigação, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 9, p. 1-11, agosto 2020.

BOFF, L. **Saber cuidar: ética do humano-compaixão pela terra**. Vozes. 2012.

BRASIL, Constituição (1988), Capítulo VI – Do Meio Ambiente, **Art. 225. Constituição da República Federativa do Brasil: texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, compilado até a Emenda Constitucional nº 105/2019**. Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2020.

CARVALHO, I. C. M. Qual educação ambiental? Elementos para um debate sobre educação ambiental e extensão rural. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**. Porto Alegre. v. 2, n. 2, p. 43-51, 2001.

COSTA, E. A. **Nutrição e Fitoterapia: tratamento alternativo através das plantas**. Petrópolis, RJ, Editora Vozes, 2012.

CRESPO, A. M.; SOUZA, M. N.; FAVARATO, L. F.; GUARÇONI, R. C.; ARAÚJO, J. B. S.; RANGEL, O. J. P.; SOUZA, J. L. de Survey of the floristic composition and the structure of spontaneous vegetation present at green corn cultivated in organic no-tillage system. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)**, v. 7, n. 11, p. 184-193, 2020.

DAMASCENO, J. E. de O. *et al.* Potencial das plantas alimentícias não convencionais na segurança alimentar e nutricional de comunidades rurais e urbanas vulneráveis. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 14, n. 4, p. 1323-1336, 2019.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Hortalças não convencionais**. Hortalças tradicionais: breldoega. Brasília-DF: Embrapa Hortalças, 2017. Disponível em: <file:///home/chronos/u-3aaf732500428575a930ed21b07f2c4ebba2868f/MyFiles/Downloads/folder-beldroega.pdf>. Acesso em: 10 maio 2024.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Hortalças não convencionais**. Hortalças tradicionais: capuchinha. Brasília-DF: Embrapa Hortalças, 2017. Disponível em: <file:///home/chronos/u-3aaf732500428575a930ed21b07f2c4ebba2868f/MyFiles/Downloads/folder-capuchinha.pdf>. Acesso em: 10 maio 2024.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Hortalças não convencionais**. Hortalças tradicionais: peixinho. Folders. Brasília, DF: Embrapa Hortalças, 2017. Disponível em: <file:///home/chronos/u-3aaf732500428575a930ed21b07f2c4ebba2868f/MyFiles/Downloads/f-peixinho.pdf>. Acesso em: 10 maio 2024.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Hortalças não convencionais**. Hortalças tradicionais: serralha. Brasília-DF: Embrapa Hortalças, 2017. Disponível em: <file:///home/chronos/u-3aaf732500428575a930ed21b07f2c4ebba2868f/MyFiles/Downloads/f-serralha.pdf>. Acesso em: 10 maio 2024.

FAHEY, J. W. *Moringa oleifera*: a review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1. **Trees for Life Journal**, v. 1, n. 5, p. 1-15, 2005.

FISCHER, A. *et al.* **Agroecologia**: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Oficina de Textos. 2017.

FREITAS, L. A. de *et al.* Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs): estratégias e experiências de cultivo em espaços urbanos. **Anais... Congresso Brasileiro de Agroecologia**, 11. 2019.

GOMES, A. L. C.; SOUZA, M. N.; FERRARI, J. L.; PELUZIO, J. B. E.; COSTA, W. M. da. Utilização de plantas de crescimento espontâneo e alimentícias não

convencionais como estratégia de atração à fauna de abelhas em cultivos de café. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. VII. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. p. 64-87. **ISBN:** 978-65-84548-18-3. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-18-3.c2>

GOMES, F. P. *et al.* Agricultura familiar e diversificação de culturas: uma análise da produção orgânica de PANCs em Teresina (PI). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 13, n. 1, p. 18-29, 2018.

JESUS, B. *et al.* PANCs - Plantas Alimentícias Não Convencionais, benefícios nutricionais, potencial econômico e resgate da cultura: uma revisão sistemática. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer**, Jandaia-GO, v. 17 n. 33, p. 312, 2020.

KELEN, M. E. B.; NOUHUYS, I. S. V.; KEHL, L. C.; BRACK, P.; SILVA, D. B. **Plantas alimentícias não convencionais (PANCs):** hortaliças espontâneas e nativas. ed.1, p.44, UFRGS: Porto Alegre, 2015.

KINUPP, V. F. **Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) no Brasil:** guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. 2007.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil:** guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. São Paulo, SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2014.

LIBERATO, P. S.; LIMA, D. V. T.; SILVA, G. M. B. PANCs - Plantas Alimentícias não Convencionais e seus benefícios nutricionais. **Environmental Smoke**. v. 2, n. 2, p. 102-111, 2019.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil:** terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais. 3. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2000.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil:** nativas e exóticas. Nova Odessa: Instituto *Plantarum*. 2008.

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>

MATTOS, J. K. A. **Plantas medicinais:** aspectos agronômicos. Brasília, DF: Gráfica Gutenberg, 1996.

MENEZES, A. J. A. *et al.* Hortas urbanas comunitárias: um estudo sobre sua importância na promoção da segurança alimentar e nutricional e na

sustentabilidade urbana. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 15, n. 1, p. 92-106, 2020.

OLIVEIRA, L. R. *et al.* **Agricultura Familiar**: conceitos, políticas e desafios no Brasil. Editora CRV. 2020.

PEDROSA, M. W.; MASCARENHAS, M. H. T.; CARVALHO, E. R. O.; SILVA, L. S.; SANTOS, I. C.; CARLOS, L. A. **Hortaliças não convencionais**: saberes e sabores. Belo Horizonte, p.22, 2012.

PINTO, N. A. V. D.; CARVALHO, V. D.; CORRÊA, A. D.; RIO, A. O. Avaliação de fatores antinutricionais das folhas da taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 601-604, 2001.

ROCHA, M. L. *et al.* Hortas urbanas como instrumento de educação ambiental: o caso da horta comunitária na cidade de Teresina-PI. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 13, n. 3, p. 136-146, 2018.

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.; OLMO, K. B. B. F.; CALABIANQUI, T. N.; COSTA, A. L.; BRUNELI, L. V.; RODRIGUES, L. P. M.; MAGALHÃES, M. V. D. de; SILVA, M. A. B. da. Limites do crescimento e gestão dos recursos naturais. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em gestão ambiental**. Vol. I. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2024. p. 166-195. **ISBN**: 978-65-84548-22-0. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-22-0.c5>

TULER A. C.; PEIXOTO A.L.; SILVA N.C.B. Plantas alimentícias não convencionais (PANC) na comunidade rural de São José da Figueira, Durandé, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*. v. 70 Rio de Janeiro 2019 Epub Dec 20, 2019.

WHITFIELD, C. P.; DAVISON, A. W.; ASHENDEN, T. W. Interactive effects of ozone and soil volume on *Plantago major* **New Phytologist**, v. 134, n. 2, p. 287-294, 1996.

XAVIER, G. Agroecologia e recursos alimentares não convencionais: contribuições ao fortalecimento da soberania alimentar e nutricional. **Campo-Território: Revista de geografia agrária**, v. 10, n. 20, p. 227-245, jul. 2015.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O "Antropoceno" é uma era geológica que assinala o impacto significativo da atividade humana no planeta. Nas últimas décadas, temos presenciado profundas mudanças geológicas causadas pela humanidade. Essas atividades também têm alterado a composição atmosférica, aumentando as concentrações de dióxido de carbono e metano, gases do efeito estufa que contribuem para as mudanças climáticas globais. Essas transformações climáticas terão consequências de longo prazo na Terra, por milênios.

É evidente que o modelo atual de crescimento econômico, que prioriza a maximização dos lucros em detrimento do meio ambiente e do bem-estar social, necessita de revisão. Os recursos naturais são finitos, e o tempo para agir é limitado. Portanto, a busca por soluções deve ser rápida, mas também responsável, considerando a segurança e o bem-estar das futuras gerações.

O Brasil possui uma extraordinária riqueza de biodiversidade que, infelizmente, está sendo severamente afetada pelas atividades humanas, colocando inúmeras espécies de plantas e animais à beira da extinção. Esse cenário representa uma ameaça ao delicado equilíbrio dos diversos biomas presentes no país.

Diante desse panorama, os bancos de sementes surgem como aliados vitais no processo de regeneração natural dos ecossistemas. No entanto, é crucial que esses bancos contenham uma variedade de espécies representativas dos diferentes grupos funcionais para garantir o estabelecimento de uma estrutura vegetal equilibrada, capaz de facilitar a sucessão ecológica.

Os Capítulos I e II focam na conversão de matas nativas em áreas agropecuárias, que tem levado à perda alarmante de biodiversidade, fertilidade do solo e capacidade de retenção de água. Para mitigar esses impactos, são recomendados métodos agroecológicos como diversificação e rotação de culturas, adubação verde, plantio direto e técnicas de conservação do solo, incluindo a construção de estruturas como barraginhas e cochos. A integração dessas práticas com sistemas agroflorestais visa não apenas restaurar o ambiente, mas também melhorar o bem-estar econômico e social das comunidades locais.

No Capítulo III, destaca-se a degradação do solo em pastagens brasileiras, afetando significativamente a pecuária. A recuperação dessas áreas é fundamental para uma agropecuária sustentável, com técnicas como uso de insumos biológicos, microrganismos multifuncionais e substâncias húmicas, que complementam a adubação tradicional. Essas práticas não só promovem o controle biológico e a resistência a estresses ambientais, mas também contribuem para o sequestro de carbono e aumento da produtividade animal.

Os capítulos IV e V abordam diferentes aspectos da degradação ambiental e práticas de recuperação em contextos específicos no Brasil. O Capítulo IV foca na degradação das pastagens na Zona da Mata Mineira devido ao manejo inadequado, como superlotação e superpastejo, resultando em compactação do solo e perda de carbono. A recuperação adequada dessas áreas é crucial e envolve o uso de biotecnologias e práticas conservacionistas. Compreender as interações entre microrganismos e plantas forrageiras é essencial para desenvolver estratégias eficazes que promovam a sustentabilidade ambiental e a produtividade das pastagens em longo prazo.

No Capítulo V, discute-se a degradação ambiental associada ao aumento da exploração de florestas nativas e mudanças no uso do solo para agricultura intensiva. As florestas plantadas são apresentadas como uma solução importante para recuperar áreas degradadas, contribuindo para a conservação ambiental e fornecendo matérias-primas. No entanto, esses agroecossistemas enfrentam desafios como erosão, perda de biodiversidade e problemas fitossanitários. É fundamental adotar práticas de manejo sustentável, como diversificação de espécies, práticas silviculturais responsáveis e controle de pragas, além de integrar sistemas agroflorestais e lavoura-pecuária-floresta para garantir a qualidade e produtividade desses ecossistemas em longo prazo.

Ambos os capítulos enfatizam a importância de abordagens integradas e sustentáveis para lidar com os impactos da atividade humana no meio ambiente, promovendo a recuperação e conservação dos recursos naturais essenciais para as futuras gerações.

O Capítulo VI destaca os Sistemas Agroflorestais (SAFs), que combinam práticas agrícolas e florestais para criar interações sinérgicas entre árvores, culturas agrícolas e criação de animais. Esses sistemas são essenciais para

aumentar a biodiversidade, proteger o solo contra erosão, conservar água e mitigar as mudanças climáticas através do sequestro de carbono. Além disso, as árvores melhoram o conforto térmico no ambiente de trabalho e, quando manejadas corretamente, promovem melhorias ambientais e estabilidade econômica para os agricultores. No entanto, a expansão dos SAFs enfrenta desafios como falta de suporte técnico contínuo, gestão financeira adequada e resistência à influência das agroindústrias. Superar esses obstáculos requer políticas públicas que incentivem a adoção de SAFs, programas de capacitação técnica e financeira, além do fortalecimento de redes de apoio e cooperativas.

O Capítulo VII aborda os sistemas silvipastoris (SSP), que integram árvores, pastagens e animais, especialmente bovinos leiteiros. Nas regiões tropicais e subtropicais como o Brasil, altas temperaturas afetam negativamente a produção e o bem-estar dos animais, comprometendo a sustentabilidade da pecuária. Os SSP oferecem sombreamento natural que melhora o conforto térmico dos bovinos, essencial para otimizar a produção de leite e garantir o bem-estar animal. Além disso, esses sistemas contribuem significativamente para a recuperação de áreas degradadas, promovendo práticas sustentáveis que beneficiam tanto a produção quanto o meio ambiente.

Ambos os capítulos destacam a importância de práticas agroecológicas e sistemas integrados para enfrentar desafios ambientais e econômicos na agricultura, enfatizando a necessidade de apoio governamental e educação contínua para os agricultores.

O Capítulo VIII, intitulado "Viabilidade econômica da produção agroecológica integrada e sustentável na região do Caparaó Capixaba: programa REFLORESTAR", destaca a pesquisa qualitativa focada no programa REFLORESTAR. Este programa visa a transição de sistemas de produção convencionais para Sistemas Agroflorestais (SAFs) na região do Caparaó Capixaba, especificamente nos municípios de Alegre e Castelo, coordenados pelo Escritório de Alegre.

Utilizando o método de estudo de caso, o capítulo analisa as experiências de extensão rural desde 2010, explorando a modelagem econômica e financeira dos SAFs. O estudo visa demonstrar a viabilidade econômica comparativa dos SAFs em relação a práticas como o reflorestamento com espécies exóticas

(como eucalipto), cultivo tradicional de café e pastagens para gado de corte ou leite. Indicativos preliminares sugerem uma taxa interna de retorno média entre 10% a 12% para os SAFs, o que destaca sua atratividade econômica frente às práticas convencionais.

Contextualizando com os capítulos anteriores, o Capítulo VIII reforça a importância dos SAFs e sistemas silvipastoris discutidos nos Capítulos VI e VII. Estes sistemas não apenas melhoram a sustentabilidade ambiental ao integrar árvores com culturas agrícolas e criação de animais, mas também apresentam benefícios econômicos significativos. A pesquisa do REFLORESTAR ilustra como políticas públicas e iniciativas de extensão podem promover práticas agroecológicas, enfrentando desafios como a gestão financeira e a resistência a modelos agrícolas tradicionais.

Assim, o Capítulo VIII contribui para o entendimento de como os SAFs não só mitigam os impactos ambientais negativos, mas também promovem a sustentabilidade econômica nas áreas rurais do Caparaó Capixaba, destacando a importância de políticas públicas e suporte técnico para sua adoção generalizada.

Os Capítulos IX e X exploram diferentes aspectos da agricultura urbana e das Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs), respectivamente, destacando seu potencial para promover o desenvolvimento sustentável e a recuperação de áreas degradadas.

No Capítulo IX, "Hortas urbanas: desafios e potencialidades para o desenvolvimento sustentável de Cachoeiro de Itapemirim – ES" é discutido como a agricultura urbana em Cachoeiro de Itapemirim enfrenta os desafios da rápida urbanização. As hortas urbanas não apenas garante a segurança alimentar ao fornecer alimentos frescos diretamente às comunidades, reduzindo a dependência de longas cadeias de suprimento, mas também promovem a biodiversidade e a gestão sustentável dos recursos naturais. Elas funcionam como espaços de convivência comunitária, fortalecendo laços sociais e promovendo economia solidária e empreendedorismo local. Além disso, utilizam eficientemente recursos locais como terrenos ociosos e resíduos orgânicos, melhorando substancialmente a qualidade de vida urbana.

Já o Capítulo X, "Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs): nutrição, sustentabilidade, agroecologia e recuperação de áreas degradadas", aborda o potencial das PANCs como fonte de diversidade alimentar e nutricional. Com cerca de três mil espécies identificadas no Brasil, essas plantas oferecem alto valor nutricional e são fundamentais para a conservação da biodiversidade. O cultivo sustentável e o consumo das PANCs não só promovem uma alimentação saudável e equilibrada, mas também contribuem para a recuperação de áreas degradadas ao integrar-se à agroecologia, hortas urbanas e agricultura familiar. A disseminação das PANCs pode educar sobre a importância da biodiversidade, incentivando práticas alimentares mais sustentáveis e apoiando a segurança alimentar local.

Em conjunto, os dois capítulos destacam como práticas como agricultura urbana e cultivo de PANCs podem não apenas mitigar problemas ambientais e nutricionais, mas também fortalecer comunidades, promover economia local e contribuir para um futuro mais sustentável e resiliente.

A agroecologia e a recuperação de áreas degradadas emergem como pilares fundamentais para enfrentar os desafios contemporâneos relacionados à sustentabilidade ambiental e à segurança alimentar. Ao longo dos diversos capítulos discutidos, foi evidenciado como práticas agroecológicas, como os sistemas agroflorestais, hortas urbanas e o cultivo de Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs), não só promovem a regeneração dos ecossistemas degradados, mas também contribuem para a melhoria da qualidade de vida das comunidades locais.

A agroecologia, ao integrar princípios ecológicos com práticas agrícolas sustentáveis, não apenas conserva a biodiversidade e os recursos naturais, mas também fortalece a resiliência dos sistemas agrícolas diante das mudanças climáticas e das pressões econômicas. Ela enfatiza a importância da diversificação de culturas, uso eficiente de recursos naturais, redução do uso de agroquímicos e integração de práticas que promovem a saúde do solo e dos ecossistemas.

Por outro lado, a recuperação de áreas degradadas, seja por meio de SAFs que restauram a vegetação nativa, hortas urbanas que reutilizam espaços urbanos ociosos ou o cultivo de PANCs que valoriza a biodiversidade alimentar,

demonstra que é possível transformar impactos negativos em oportunidades positivas. Essas práticas não apenas recuperam a funcionalidade ecológica dos ecossistemas degradados, mas também melhoram a qualidade ambiental, proporcionam segurança alimentar e geram benefícios econômicos e sociais para as comunidades envolvidas.

Portanto, ao adotarmos uma abordagem integrada que valoriza a agroecologia e investe na recuperação de áreas degradadas, estamos não apenas mitigando os efeitos adversos da degradação ambiental, mas também construindo um futuro mais sustentável, onde a harmonia entre as práticas agrícolas e os ecossistemas naturais é essencial para o bem-estar humano e a saúde do planeta como um todo. Essa visão holística e integradora é fundamental para guiar políticas públicas, incentivos econômicos e práticas agrícolas que promovam uma agricultura resiliente e capaz de enfrentar os desafios globais do século XXI.

Professor Maurício Novaes

Guarapari, junho de 2024.



www.meridapublishers.com