

ORGANIZADOR: Maurício Novaes Souza

Tópicos em
**Gestão
Ambiental**

Volume 4



ORGANIZADOR:
Maurício Novaes Souza

Tópicos em
Gestão
Ambiental
Volume 4

Canoas
2025



ESTUDOS DE CASO:

Agricultura sintrópica como estratégia de conservação ambiental e produtividade sustentável

A multifuncionalidade dos quintais agroecológicos: perspectivas para educação ambiental e paisagismo sustentável

Influência do Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra*) sobre o desempenho de Sistemas Silvipastoris

Análise da viabilidade econômica de sistemas agroflorestais em áreas do Programa Reflorestar no Espírito Santo

Análise integrada das práticas de manejo, cultivares e sistemas agroflorestais na Fazenda Experimental de Bananal do Norte (FEBN), Cachoeiro de Itapemirim, ES

Bioindicação da qualidade do solo: papel ecológico e funcional da macrofauna edáfica

Barraginhas e cochinchos em curva de nível: estratégias de conservação do solo e da água em Atílio Vivácqua–ES

Bacia hidrográfica do rio Castelo, ES: integração entre conhecimento científico e educação para a sustentabilidade

Diversificação agrícola e comercialização de produtos vegetais em assentamentos e comunidades rurais do Sul do Espírito Santo

Agroecologia e protagonismo feminino no cultivo de cafés especiais em Vila Pontões, Afonso Cláudio, ES

Tópicos em Gestão Ambiental Volume IV

© 2025 Mérida Publishers

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-36-7>

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



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 gestão ambiental [livro eletrônico] : Vol. IV / organização de Maurício Novaes Souza. – 1. ed. – Canoas, RS : Mérida Publishers, 2025.
il. color.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia.

ISBN 978-65-84548-36-7

1. Meio ambiente. 2. Gestão ambiental. 3. Desenvolvimento sustentável. 4. Biodiversidade. I. Souza, Maurício Novaes.

CDD 333.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Dedicatória

Em agosto de 2001, tive a honra de conhecer James Jackson Griffith, o Jim: uma pessoa cuja generosidade, conhecimento e humanidade marcaram profundamente minha trajetória. Pouco tempo depois, em março de 2002, iniciei meu Mestrado em Recuperação de Áreas Degradadas, Avaliação de Impactos e Economia Ambiental no Departamento de Engenharia Florestal da UFV, após 20 anos distante da Academia. Nesse novo começo, Jim foi mais que um professor orientador: foi um mentor, um guia paciente e um amigo silencioso, sempre pronto a ensinar, apoiar e inspirar.

A sua confiança me abriu portas inesperadas. Primeiro, ao oferecer-me ocupar seu lugar em um curso de pós-graduação em Belo Horizonte, onde aprendi e cresci imensamente, tanto profissional quanto pessoalmente. Depois, ao me apresentar ao Professor Thomé, possibilitando minha entrada no então CEFET-Rio Pomba, e, mais tarde, minha carreira como professor efetivo. Quase chegando à aposentadoria, percebo que muito do que conquistei na vida acadêmica, devo a ele — uma teia de gestos simples e significativos que mudaram meu destino.

No ano passado, Jim lançou seu primeiro livro. Ao parabenizá-lo, senti um misto de alegria e reverência. Com sua humildade característica, respondeu: “Você já lançou dezenas de bons livros, enriquecendo nossas referências e fortalecendo a área ambiental no Brasil e no mundo.” Palavras simples, mas que refletiam um coração generoso, consciente do legado que deixa para todos nós.

Em setembro, Jim partiu precocemente, deixando um silêncio imenso e um vazio que jamais será preenchido. Mas sua luz, seus ensinamentos e sua paixão pela ciência permanecem vivos em cada um que teve o privilégio de cruzar seu caminho.

Dedico este livro, Tópicos em Gestão Ambiental Vol. IV, à sua memória, à sua história, à sua missão cumprida com excelência e ao exemplo que nos inspira. Que sua lembrança continue a guiar nossas escolhas, nossos sonhos e nossa busca por um mundo mais justo, sustentável e humano.

Professor Maurício Novaes
Guarapari, outubro de 2025.

Prefácio

Ao iniciar a leitura deste livro, você é convidado (a) a mergulhar em uma reflexão que transcende o campo acadêmico e técnico — uma reflexão essencial sobre a sobrevivência e a prosperidade da própria civilização humana. Este não é apenas um livro sobre **GESTÃO AMBIENTAL**: é, acima de tudo, um chamado à ação consciente, fundamentado na compreensão dos limites críticos do planeta e da urgência em redefinir a relação entre sociedade e natureza.

Nos últimos anos, uma expressão tem ganhado força entre cientistas e formuladores de políticas: a Gestão do Não-Retorno. Ela representa o desafio supremo da contemporaneidade — o de planejar e agir em um mundo que se aproxima perigosamente de pontos de inflexão ecológicos e sociais. Nesta era dos limites críticos, não se trata mais apenas de preservar o meio ambiente, mas de garantir a continuidade das condições que tornam possível a vida humana em seu sentido mais amplo.

Vivemos um tempo em que a própria noção de progresso está sendo posta à prova. O avanço tecnológico, o crescimento econômico e o consumo sem limites — pilares do modelo civilizatório moderno — encontram agora os contornos intransponíveis da finitude planetária. O aumento das temperaturas médias globais, a perda acelerada da biodiversidade, a escassez hídrica e a degradação dos solos configuram um quadro de colapso sistêmico. O planeta, antes visto como um recurso inesgotável se revela um sistema sensível, interdependente e em desequilíbrio.

A chamada GESTÃO DO NÃO-RETORNO propõe, portanto, uma nova lógica: agir antes do ponto crítico, fortalecer a resiliência socioecológica e adotar estratégias capazes de evitar o desencadeamento de processos irreversíveis. Isso exige romper com paradigmas de curto prazo e reconhecer que cada decisão tomada hoje — em políticas públicas, economia, agricultura, energia ou educação — aproxima ou afasta a humanidade de seus próprios limites.

Nesse contexto, a gestão ambiental contemporânea deve ser entendida como gestão de riscos existenciais. Não mais um campo técnico restrito à mitigação de impactos, mas um instrumento estratégico de sobrevivência e transformação, orientado por princípios de precaução, circularidade e

regeneração.

A expressão “Era dos Limites Críticos” sintetiza o tempo histórico em que vivemos: um período em que o conhecimento científico já não é suficiente se não for acompanhado de vontade política e consciência coletiva. Sabemos o que deve ser feito; o desafio está em agir a tempo. Por isso, a *Gestão do Não-Retorno* não é uma metáfora, mas um imperativo ético e prático.

Este livro nasce dessa urgência. Ele reúne reflexões, pesquisas e experiências que demonstram como a ciência, a educação, a agroecologia, a inovação e o engajamento social podem se articular para construir resiliência e sustentabilidade real. Cada capítulo traz uma contribuição para pensar e praticar a gestão ambiental como eixo estruturante de um novo pacto civilizatório. Como pensar o mundo em que vivemos nos dias atuais?

O limiar inevitável: a gestão do risco existencial

✓ A constatação da crise e a inadequação do paradigma passado

A disciplina de Gestão Ambiental, historicamente vista como um campo de conformidade ou de otimização marginal de custos, ascende hoje ao *status* de disciplina central para a gestão estratégica do risco sistêmico global. Esta mudança é impulsionada pela constatação de que a humanidade deixou, irreversivelmente, o estado de equilíbrio que definiu o Holoceno, o período geológico de 10.000 anos que permitiu o florescimento humano.

A urgência dessa transição é sublinhada pelos mais recentes dados climáticos. O ano de 2024, em particular, marcou um ponto de inflexão preocupante, ao registrar a ruptura do limite crucial de 1,5 grau Celsius (1,5°C) em termos de média anual de aquecimento global. Embora o Acordo de Paris aspire a manter o aquecimento "bem abaixo de 2°C", com a ambição de 1,5°C, a superação desse patamar em um ano demonstra que a janela de ação se fechou mais rapidamente do que os modelos climáticos mais conservadores previam. Tal evidência sinaliza uma falha coletiva em conter as emissões e indica que o planeta entrou em um território de maior vulnerabilidade, onde cada fração de grau adicional de aquecimento intensifica dramaticamente os impactos sobre vidas, economias e ecossistemas.

O contexto exige uma reavaliação radical dos horizontes de planejamento de risco. Se a mitigação linear de emissões provou ser insuficiente, a gestão futura não pode mais se limitar à prevenção reativa. Ela deve, obrigatoriamente, mudar o foco para a resiliência sistêmica e a adaptação não-linear. O livro que o leitor tem em mãos surge como a resposta estruturada a essa nova realidade, oferecendo o arcabouço teórico e prático para que gestores operem sob a luz de uma urgência existencial sem precedentes.

✓ **O contexto do livro: risco sistêmico no antropoceno**

O foco deste trabalho é a gestão em um mundo onde os limites biofísicos são a principal restrição econômica e social. O Antropoceno, a era geológica marcada pela influência dominante das atividades humanas no sistema Terra, é caracterizado pela não-linearidade do risco. Não basta apenas contabilizar emissões; é preciso gerenciar fenômenos de autorreforço que podem empurrar os sistemas planetários para estados de irreversibilidade.

Este não é, portanto, um livro apenas sobre gestão ambiental no sentido tradicional. É um chamado à ação estruturado a partir da compreensão dos limites críticos do nosso planeta. A disciplina é redefinida como a gestão da continuidade civilizacional frente a ameaças que não podem mais ser tratadas como externalidades ou falhas localizadas de conformidades. O livro se propõe a ser o guia essencial para aqueles que reconhecem a necessidade de uma gestão que transforma a constatação da crise em uma estratégia de ação estruturada e eficaz, impulsionando a resiliência e a sustentabilidade antes que seja tarde demais.

A doutrina dos pontos de não retorno (*tipping points*): a não-linearidade do risco

✓ **O alerta científico global**

Em uma era definida pela crise climática, o conceito de "Pontos de Não Retorno" (ou *Tipping Points*) emerge como o mais urgente e alarmante de todos. Estes representam limiares críticos em sistemas complexos da Terra, nos quais,

uma vez ultrapassados, as forças de retorno mudam de negativas (amortecedoras) para positivas (autorreforçadoras), desencadeando mudanças drásticas, irreversíveis e em cascata no planeta. Em essência, é o ponto a partir do qual um sistema entra em uma mudança radical que não pode mais ser interrompida em escalas de tempo humanas, independentemente de esforços subsequentes de mitigação.

A autoridade científica que eleva este tema ao debate estratégico global é o *Global Tipping Points Report 2023*, um estudo abrangente coordenado pela Universidade de Exeter, com o apoio de mais de 200 pesquisadores de 90 organizações e financiado pelo *Bezos Earth Fund*. Este relatório, apresentado na 28ª Conferência das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (COP28), alerta que o aumento da temperatura global torna os limiares críticos negativos cada vez mais iminentes, exigindo que os governos e cidadãos diminuam drasticamente as emissões de gases de efeito estufa.

O relatório não lida com ameaças hipotéticas; ele foca em riscos interconectados que moldam o contexto operacional da gestão contemporânea. Atingir um único ponto de não retorno não é um evento isolado; ele pode desencadear outros em um perigoso efeito dominó global, transformando a crise climática em algo incontrolável. Esta interconexão é o maior fator de multiplicação do risco e exige que a gestão ambiental incorpore uma visão sistêmica.

✓ **Detalhamento dos riscos em cascata**

A ciência identificou múltiplos sistemas da Terra próximos desses limiares perigosos. A seguir, detalham-se os riscos mais críticos que justificam a urgência deste volume:

▪ **O pulmão do mundo ameaçado: savanização da floresta amazônica**

A Floresta Amazônica está perigosamente próxima de seu ponto-de-não-retorno, onde o desmatamento, as queimadas e as secas podem empurrá-la para um estado de não-regeneração, transformando-a em um ecossistema mais seco e, crucialmente, alterando sua função climática regional e global. A transição da Amazônia é um exemplo de ciclo vicioso: o desmatamento reduz a

umidade regional, cria "ilhas de seca" e acelera a transição. A implicação é profunda: a floresta pode passar de um gigantesco sumidouro de carbono para uma fonte líquida de carbono.

Para o gestor moderno, este cenário implica que a gestão de recursos naturais deve transcender a simples proteção de estoque (quantos hectares sobraram) e focar na regeneração de sua função ecológica (o ciclo hidrológico e a resiliência da biomassa). A proximidade do limiar exige que os projetos de desenvolvimento na região sejam repensados sob uma ótica de restauração ativa, e não apenas de mitigação de danos.

- **O regulador climático global: desaceleração da circulação meridional do Atlântico (AMOC)**

A Circulação Meridional do Atlântico (AMOC) é um sistema de correntes oceânicas que regula o clima global, transportando calor para o Atlântico Norte. A principal ameaça à sua estabilidade é o influxo maciço de água doce do degelo da Groenlândia, que altera a salinidade e a densidade, desacelerando o "motor" oceânico.

Modelos climáticos atuais projetam uma desaceleração significativa, variando entre 34% e 45%, até o final do século. Embora as medições diretas da força da AMOC mostrem fortes flutuações e, no máximo, uma ligeira diminuição desde 2004, estudos recentes alertam que o ponto de inflexão que torna o colapso inevitável pode ser cruzado dentro de poucas décadas, mesmo que o colapso em si leve 50 a 100 anos para se manifestar plenamente.

O risco de um colapso completo, embora classificado como um evento de baixa probabilidade/alto impacto, seria uma "catástrofe climática severa", resultando em resfriamento abrupto em partes do Hemisfério Norte, extremos climáticos e graves impactos na agricultura. A gestão climática moderna deve, portanto, internalizar a "incerteza perigosa" e adotar o princípio da precaução elevado, atuando com base no risco-de-não-retorno e na urgência de rápida redução de emissões.

- **O gigantesco congelador de carbono: degelo do permafrost**

O permafrost ártico funciona como um gigantesco reservatório de carbono e metano. O aquecimento regional do Ártico, que ocorre em um ritmo muito

superior à média global, ameaça o descongelamento dessa camada. A liberação de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) aprisionados na atmosfera é um poderoso mecanismo de retroalimentação positiva, acelerando perigosamente o aquecimento global em um ciclo vicioso. A magnitude dessa liberação pode anular muitos dos esforços humanos de mitigação.

- **O degelo acelerado: calotas polares da Groenlândia e Antártida**

O degelo acelerado das calotas polares da Groenlândia e da Antártida é um motor de longo prazo para a elevação do nível do mar. Pesquisas indicam que glaciares periféricos e calotas polares ao longo da costa da Groenlândia recuaram a uma taxa duas vezes superior à registrada durante o século passado. Mais criticamente, a perda das plataformas de gelo — que atuam como barreiras reguladoras da descarga de gelo no oceano — pode acelerar dramaticamente o despejo de geleiras no mar. Este processo, após certo limiar, é plurianual, irreversível e comprometerá cidades costeiras globais por séculos. A gestão do risco costeiro e de infraestrutura deve considerar esses cenários de longo prazo, mas com gatilhos de curto prazo.

De limites planetários à inação econômica: o custo do risco sistêmico

- ✓ **O quadro macroeconômico: limites planetários**

A crise dos *Tipping Points* é a manifestação mais extrema do desrespeito aos nove Limites Planetários (*Planetary Boundaries*, PBs), o arcabouço teórico científico que define o "espaço operacional seguro para a humanidade". O conceito de PBs, introduzido em 2009, mapeia o estado do sistema Terra, considerando fronteiras biofísicas críticas como o clima, a integridade da biosfera e os ciclos biogeoquímicos.

O quadro atual é alarmante: pelo menos seis dos nove Limites Planetários já foram ultrapassados. Isto inclui não apenas a Mudança Climática, mas também a Integridade da Biosfera e o limite das "Novas Entidades" (como microplásticos e produtos químicos sintéticos).

Para o gestor, o *framework* dos Limites Planetários funciona como um Indicador-Chave de Desempenho (KPI) de macrorrisco. O cruzamento desses limites sinaliza que a atividade econômica está operando em um estado de déficit ecológico. Isso invalida a premissa de crescimento econômico contínuo sem a restauração ativa dos sistemas de suporte à vida. A gestão de riscos empresariais e governamentais deve, portanto, priorizar o risco ambiental e social alto, classificando projetos que o aumentem como inelegíveis, conforme sugerido por manuais de gestão de riscos ambientais.

✓ Os custos da inação climática

A falha em integrar o risco ambiental sistêmico nas decisões econômicas acarreta custos financeiros catastróficos. A crise climática não é uma ameaça futura, mas um perturbador da economia global que já afeta a produção industrial e as operações cotidianas.

As projeções econômicas são inequívocas: se não forem tomadas medidas urgentes e eficazes, o Produto Interno Bruto (PIB) mundial poderá sofrer uma queda de até 22% até 2100. Este custo da inação precisa ser integrado na avaliação de riscos por sociedades e empresas, pois 2024 já foi um ano devastador, com danos recordes causados por fenômenos meteorológicos extremos.

Um fator de risco adicional, fundamental para a gestão, é que a superação dos *Tipping Points* aumenta dramaticamente os custos econômicos do impacto climático. A gestão tradicional de riscos (e.g., baseada em ISO 31000) é inerentemente inadequada para lidar com choques não-lineares, abruptos e em cascata, como o colapso da AMOC ou a savanização amazônica.

Em contraste com os custos da inação, o investimento para uma transição resiliente e de baixo carbono é significativo, mas manejável. Estima-se que alcançar emissões líquidas zero exigirá um investimento médio anual de US\$ 1,9 trilhão entre 2021 e 2050. No entanto, este custo é insignificante quando comparado às perdas que a inação e a superação dos limites críticos imporiam à economia global. A disparidade entre o investimento necessário e o risco

evitado justifica a adoção de ferramentas de governança financeiras mais rigorosas.

A transição para o paradigma regenerativo: o caminho de não retorno para a sustentabilidade

✓ Além da circularidade: o imperativo da restauração

Para enfrentar a urgência imposta pelos *Tipping Points* e pelo déficit ecológico (seis Limites Planetários cruzados), a gestão ambiental não pode mais se contentar com a otimização de sistemas lineares. A Economia Circular, embora fundamental por focar na redução de resíduos, no reuso e na reciclagem, concentra-se primariamente na eficiência — no "fazer menos mal" e em manter materiais em uso pelo maior tempo possível.

O cenário de crise exige uma transição para a Economia Regenerativa. Este paradigma vai além, propondo um redesenho do modelo econômico onde as atividades humanas funcionam como agentes transformadores, gerando impactos positivos líquidos. A regeneração parte da premissa de que a economia deve imitar e fortalecer os sistemas vivos do planeta, focando na restauração ativa de ecossistemas e no fortalecimento do tecido social, buscando deixar o planeta em uma condição melhor do que a encontrada.

O sucesso, neste novo modelo, não é mais medido apenas em margens de lucro, mas em margens de resiliência, restauração e equidade. Os princípios da economia regenerativa incluem o reinvestimento ativo, a garantia de fluxos de entrada confiáveis (recursos naturais, capital humano) e a promoção de atividades construtivas, limitando processos exploratórios sem reposição. Esta é a única resposta lógica e operacional ao colapso de sistemas ecológicos (como a savanização da Amazônia): focar em restaurar a funcionalidade e a resiliência sistêmica da natureza.

O contraste entre os modelos pode ser sumariado:

Evolução da gestão ambiental: do modelo circular ao imperativo regenerativo

Parâmetro de Gestão	Paradigma Circular (Otimização de Recursos)	Paradigma Regenerativo (Restauração Sistêmica)
Meta Central	Maximizar a eficiência; Minimizar o resíduo	Gerar impacto positivo líquido; Restaurar a função ecológica
Relação com o Capital Natural	Recurso a ser mantido em uso pelo maior tempo possível	Sistema vivo a ser fortalecido (adicionar biodiversidade e resiliência)
Métricas de Sucesso	Eficiência de recursos; Redução de resíduos	Margens de resiliência e restauração; Saúde da comunidade

✓ **Ferramentas e inovações para a nova gestão**

A implantação do paradigma regenerativo requer ferramentas robustas de governança e tecnologia. As propostas deste livro sugerem estratégias essenciais para essa transição:

✓ **Governança e finanças (taxonomia verde e precificação de carbono)**

A gestão ambiental moderna exige uma arquitetura financeira alinhada aos objetivos climáticos. A adoção de uma Taxonomia Sustentável (como a Taxonomia da União Europeia e a iniciativa de desenvolvimento da Taxonomia Brasileira) é fundamental para direcionar o capital de forma transparente. Estas taxonomias fornecem critérios de triagem com limites claros, garantindo que o financiamento flua apenas para projetos compatíveis com uma economia de baixo carbono e alinhados com as metas de mitigação do Acordo de Paris.

Paralelamente, a precificação de carbono (seja via Sistemas de Comércio de Emissões ou impostos) é um instrumento essencial. Embora os instrumentos de precificação de carbono estejam se expandindo globalmente, o relatório *State and Trends of Carbon Pricing 2024* enfatiza que preços maiores e uma cobertura

mais ampla são imperativos para destravar o potencial de descarbonização e garantir que o sinal de preço reflita o verdadeiro custo do risco sistêmico.

✓ **Soluções baseadas na natureza (SBN) e remoção de carbono (CDR)**

As Soluções Baseadas na Natureza (SBN), como o reflorestamento e a restauração de ecossistemas, são vitais para a adaptação climática e para a criação de resiliência. No entanto, a literatura recente indica que a eficácia plena das SBN depende de uma gestão integrada e do fortalecimento de métodos de monitoramento. A gestão deve focar em superar lacunas relacionadas à dificuldade de identificar resultados no curto e médio prazo e à falta de recursos para uma implantação abrangente.

Complementarmente, a gestão deve integrar estratégias de Remoção de Dióxido de Carbono (CDR). O CDR refere-se a intervenções que sequestram o CO₂ já existente na atmosfera. Para cumprir a meta de 1,5°C, a remoção de carbono (incluindo reflorestamento e tecnologias como a Captura e Utilização de Carbono - CCUS) precisa quadruplicar, aumentando de cerca de 2 bilhões de toneladas métricas por ano para 7 a 9 bilhões de toneladas anuais. Este imperativo de escalabilidade move a meta de gestão de *net zero* (neutralidade) para *net positive* (regeneração), exigindo novas políticas que aumentem a demanda e o financiamento para tecnologias avançadas de CDR.

✓ **Resiliência e alertas**

Na era dos eventos climáticos extremos, cuja frequência e intensidade se agravam com o aquecimento global, a gestão de riscos deve ser reestruturada. Os Sistemas de Alerta Precoce de Múltiplos Perigos (MHEWS), conforme articulados pela iniciativa *Early Warnings for All* da ONU, representam uma medida de adaptação comprovadamente custo-efetiva. Avisar com apenas 24 horas de antecedência sobre um evento perigoso iminente pode reduzir os danos em 30%.

A gestão de riscos sistêmicos impõe, ainda, uma visão holística da responsabilidade corporativa (ESG), estendendo-a por toda a cadeia de

suprimentos (*supply chain*). Em um mundo sujeito a *Tipping Points*, a interrupção da produção industrial causada por eventos climáticos (como secas ou extremos de temperatura) é um risco não-linear que deve ser mitigado pela criação de resiliência e pelo investimento em SBN ao longo de toda a cadeia de valor.

Um guia para o futuro comum (conclusão convocatória)

Este livro se propõe a ser mais do que um compêndio de boas práticas; ele é a ferramenta essencial para gestores que reconhecem que a realidade do Antropoceno — definida pela iminência dos Pontos de Não Retorno e pelo rompimento dos Limites Planetários — exige uma transformação da teoria e da prática.

A gestão ambiental de hoje é, inevitavelmente, a gestão do nosso futuro comum. Ela precisa ser repensada sob a luz dessa urgência existencial, abandonando a abordagem linear de mitigação em favor de uma estratégia que busca a resiliência sistêmica e a regeneração ativa.

O leitor encontrará, nas páginas seguintes, a base teórica e prática para enfrentar os desafios mais complexos, desde a governança e a legislação ambiental até a economia circular, o manejo de recursos naturais e a responsabilidade corporativa. Cada capítulo está imbuído da consciência de que as decisões tomadas hoje nos afastam ou nos aproximam desses limiares críticos.

O objetivo da gestão ambiental moderna não é apenas evitar o "ponto de não retorno" negativo do colapso climático, mas sim construir, ativamente, um caminho de não retorno para a sustentabilidade e a regeneração.

Recentemente, a leitura do livro **O Terceiro Chimpanzé** trouxe uma nova reflexão sobre os desafios dos dias atuais. A obra de Jared Diamond revela-se altamente relevante para o contexto contemporâneo, pois aborda temas interligados que se tornaram ainda mais críticos no século XXI: a desigualdade social, a pobreza e a degradação ambiental. Diamond demonstra como esses fatores estão profundamente conectados e como o modelo econômico tradicional, centrado no crescimento ilimitado, tem agravado as crises ecológicas e humanas.

Essa discussão dialoga diretamente com as propostas apresentadas pelos vencedores do Prêmio Nobel de Economia de 2024, que destacaram os impactos econômicos das mudanças climáticas e a urgência de políticas públicas voltadas à equidade e à sustentabilidade. A premiação reflete uma mudança de paradigma: o reconhecimento de que o desenvolvimento econômico dissociado da preservação ambiental e da justiça social tornou-se inviável.

No contexto atual, marcado por crises climáticas, desigualdades estruturais e urgência por soluções sustentáveis, o livro de Diamond contribui significativamente para compreender como o modelo de desenvolvimento vigente tem falhado em integrar dimensões sociais e ecológicas. Sua análise instiga a repensar a forma como o ser humano interage com o planeta, sugerindo caminhos para uma sociedade mais justa, resiliente e ambientalmente responsável.

A resenha que será apresentada a seguir, elaborada pela aluna **Marina Jordem Almança Possatti** durante a disciplina de Agroecologia no Mestrado em Agroecologia do PPGA do Ifes Campus de Alegre, em 2023, oferece uma leitura crítica e reflexiva sobre as temáticas apresentadas por Jared Diamond, articulando ciência, história, ética e sustentabilidade. Segue a resenha da Marina, com pequenas adaptações:

Título do livro:

O Terceiro Chimpanzé: A evolução e o futuro do ser humano

Referência da obra:

DIAMOND, J. **O terceiro chimpanzé**: a evolução e o futuro do ser humano. Tradução de Cristina Cavalcante. Revisão técnica de Rosana Mazzoni. São Paulo: Editora Record, 2010. 560 p.

Autor:

Jared Diamond (1937–) é professor de Geografia na Universidade da Califórnia (UCLA). Iniciou sua trajetória científica na área da Fisiologia, expandindo posteriormente suas pesquisas para a Biologia Evolutiva e a Biogeografia. É membro da Academia Americana de Artes e Ciências e da Sociedade Filosófica Americana, e foi contemplado com bolsas de estudo da Fundação MacArthur. Entre suas diversas premiações estão a *National Medal of Science*, o *Tyler de Realização Ambiental*, o *Cosmo do Japão* e o *Lewis Thomas*, concedido pela

Universidade Rockefeller. Diamond publicou mais de 200 artigos científicos e é autor de obras de grande impacto internacional, como *Armas, Germes e Aço* e *Colapso*, entre outras.

A estrutura e a tese central do livro:

A obra é dividida em cinco partes e dezenove capítulos, conduzindo o leitor por uma análise profunda sobre a evolução do ser humano e os riscos inerentes às suas próprias criações e comportamentos.

A tese central de Jared Diamond é clara e provocativa: o ser humano — o “*terceiro chimpanzé*” — compartilha cerca de 98% de seu material genético com os demais primatas, mas utiliza essa pequena diferença de 2% para transformar o planeta, moldar a cultura e, paradoxalmente, ameaçar a própria sobrevivência da espécie. O autor explora como nossas conquistas — linguagem, tecnologia, arte, agricultura — estão intimamente ligadas à destruição ambiental e ao risco de autodestruição.

Os questionamentos do livro:

Diamond questiona a origem e o destino da humanidade:

- Como uma espécie biologicamente tão próxima dos chimpanzés tornou-se capaz de dominar o planeta?
- Por que nossas maiores conquistas — a agricultura, a indústria, o consumo e a guerra — frequentemente se voltam contra nós?
- Até que ponto nossa inteligência e criatividade são ferramentas de sobrevivência ou instrumentos de extinção?

Esses questionamentos perpassam toda a obra e levam o leitor a refletir sobre os limites éticos, ecológicos e evolutivos da civilização humana.

O livro trata:

De um amplo estudo sobre a trajetória evolutiva, cultural e moral do *Homo sapiens*, examinando as características que nos tornaram únicos e os comportamentos que nos aproximam dos outros primatas.

Diamond aborda temas como a sexualidade, o adultério, a arte, o surgimento da agricultura, o poder da linguagem e o impacto da tecnologia. Cada capítulo relaciona aspectos da biologia e da cultura humana com exemplos observados no mundo animal, mostrando que nossas atitudes “civilizadas” têm raízes profundas em comportamentos evolutivos compartilhados.

O livro:

Adota uma linguagem clara, informativa e científica, sem perder o tom de diálogo com o leitor. Diamond combina relatos antropológicos, dados genéticos, observações etológicas e exemplos históricos para demonstrar como o ser humano se tornou o “chimpanzé que conquistou o mundo” — e como essa conquista pode estar nos conduzindo à ruína.

O autor destaca, por exemplo, o “grande salto para frente”, período em que os humanos desenvolveram tecnologias e expressões simbólicas como a arte. As pinturas rupestres, as joias e os adornos corporais são analisados não apenas como manifestações culturais, mas como instrumentos de *status* e atração sexual — comportamentos análogos aos de pássaros e outros animais.

Diamond ainda compara a agricultura ao surgimento das desigualdades sociais, ao passo que reflete sobre o uso de drogas e comportamentos autodestrutivos como mecanismos de afirmação de poder e diferenciação.

O livro traça a trajetória evolutiva desde a história até a atualidade da Desigualdade, Pobreza e Meio Ambiente:

A narrativa conduz o leitor da pré-história à contemporaneidade, revelando como a evolução cultural e tecnológica dos humanos esteve sempre ligada à dominação, à desigualdade e à exploração ambiental.

Diamond descreve episódios históricos marcantes, como o extermínio dos povos nativos da Papua-Nova Guiné e da Tasmânia, mostrando como o impulso expansionista e o sentimento de superioridade levaram a massacres e destruições culturais. Tais exemplos são utilizados como espelhos das violências modernas — genocídios, guerras, colonialismo e degradação ambiental —, evidenciando que o ser humano permanece, em essência, um animal competitivo e destrutivo.

Ao abordar a devastação ecológica e o genocídio de povos indígenas, o autor denuncia a visão antropocêntrica e utilitarista que coloca o homem no topo da hierarquia da vida. Diamond alerta que estamos repetindo erros ancestrais, destruindo o planeta e ameaçando a própria espécie — tornando-nos uma espécie suicida.

Conclusões:

Em seu último capítulo, “A Segunda Nuvem”, Diamond apresenta um cenário alarmante: o risco de uma extinção em massa, um holocausto ambiental ou até mesmo nuclear. Ele afirma que o colapso ecológico não é um futuro distante, mas uma realidade em curso.

Ao longo da obra, o autor demonstra que nossa evolução biológica nos deu poder sobre a natureza, mas não sabedoria para utilizá-lo. Assim, a espécie humana se vê diante de uma escolha urgente: continuar no caminho da autodestruição ou reconhecer-se como parte da teia da vida.

O **Terceiro Chimpanzé** é, portanto, uma leitura indispensável — crítica, reflexiva e profundamente atual. Diamond nos obriga a olhar para nossas origens para compreender o presente e repensar o futuro. A obra é um convite à consciência ecológica e à responsabilidade moral, lembrando que a sobrevivência da humanidade depende, acima de tudo, da capacidade de rever suas próprias ações e aprender com sua própria história.

As análises aqui apresentadas destacam questões fundamentais sobre a intersecção entre desigualdade, pobreza, degradação ambiental e gestão

responsável dos recursos naturais. O reconhecimento de que ainda existem indivíduos, grupos e instituições que negam ou minimizam a gravidade dessas relações constitui um dos maiores desafios para a promoção de políticas e práticas verdadeiramente sustentáveis. Tal negacionismo — muitas vezes enraizado em interesses econômicos, crenças ideológicas ou simples desinformação — evidencia a urgência de fortalecer a educação ambiental, o diálogo interdisciplinar e a ação coletiva como instrumentos para reconstruir pontes entre conhecimento, ética e prática social.

Nesse contexto, a menção ao livro *O TERCEIRO CHIPAMZÉ* adquire valor simbólico e analítico. A obra reafirma que os problemas socioambientais não são independentes, mas expressões diferentes de um mesmo sistema de exploração que ignora os limites do planeta. Reafirmar essa conexão é essencial em tempos marcados pela crise climática global e pela aproximação de pontos-de-não-retorno ecológico — aqueles limiares que, uma vez ultrapassados, comprometem de forma irreversível os sistemas de suporte à vida na Terra.

Essas reflexões dialogam profundamente com o alerta lançado por Jared Diamond em *O Terceiro Chimpanzé*. Ao explorar as origens e contradições de nossa espécie, Diamond demonstra como a inteligência humana, a mesma que impulsionou o progresso e a civilização, também carrega o potencial de destruição. A leitura da obra revela um paradoxo inquietante: somos a espécie que mais compreende o funcionamento da Terra, e também a que mais ameaça sua estabilidade. Se não transformarmos nossa visão de progresso, seguiremos o mesmo caminho das civilizações que colapsaram por não reconhecerem os sinais de esgotamento ambiental.

Por isso, repensar os modelos de desenvolvimento tornou-se uma necessidade existencial. A busca por soluções sustentáveis exige um olhar crítico sobre as desigualdades sociais e as condições de vida das populações mais vulneráveis. Políticas públicas e práticas sociais devem caminhar lado a lado com a proteção ambiental, assegurando que a transição ecológica também seja justa, inclusiva e solidária.

No prefácio desta obra, cito a música “Tempo Rei”, encerrando esta reflexão, é inevitável recorrer à sensibilidade poética e filosófica de **Gilberto Gil**,

que em Tempo Rei nos convida a meditar sobre a passagem do tempo e o poder transformador que ele exerce sobre a vida e sobre as civilizações.

A letra expressa, de maneira simbólica, a tensão entre permanência e mudança — entre o que deve resistir e o que precisa ser renovado. “*Tempo rei, ó tempo rei, ó tempo rei... transforma o velho infante em rei de novo*” é um verso que traduz com precisão o sentido cíclico da existência, revelando que toda crise contém também a semente da renovação.

Nesse contexto, o “rei tempo” pode ser interpretado como a própria natureza — sábia, paciente e inexorável — que, mesmo diante das agressões humanas, guarda a força de recompor-se, mas também o poder de impor limites. Assim como o tempo, a natureza cobra coerência e equilíbrio. Se negligenciarmos seus sinais, ela nos lembra de que não há civilização possível fora dos ritmos e das leis que regem a vida.

Gil nos oferece, portanto, não apenas uma canção, mas uma metáfora poderosa sobre a urgência de reencontrar o sentido do tempo e o tempo do sentido. O mesmo tempo que nos envelhece é aquele que nos convida à sabedoria; o mesmo tempo que testemunha a degradação ambiental e social é também o que pode regenerar, se soubermos agir com consciência e responsabilidade.

Assim, “*Tempo Rei*” encerra simbolicamente o chamado que perpassa todo este livro: o chamado à gestão do não-retorno, à resiliência e à reinvenção de um modo de viver e produzir que respeite os limites críticos do planeta. Que o tempo — esse rei silencioso — nos inspire a transformar a crise em aprendizado e a inércia em ação.

É nesse espírito que se insere o livro **Tópicos em Gestão Ambiental – Volume IV**, que reúne reflexões, pesquisas e experiências voltadas à agroecologia, à agricultura familiar e à sustentabilidade. A obra busca ampliar o olhar dos leitores para além das fronteiras disciplinares, oferecendo instrumentos teóricos e práticos para decisões fundamentadas e conscientes. Em tempos de crise climática e incertezas globais, uma sociedade bem informada e ambientalmente educada é a condição mínima para qualquer transformação duradoura.

Autores como Acemoglu, Johnson e Robinson demonstram que a superação das desigualdades depende da construção de instituições inclusivas, capazes de distribuir oportunidades e fortalecer a cidadania. Do mesmo modo, a gestão ambiental contemporânea deve ser compreendida como um instrumento de justiça social — uma estratégia para proteger os ecossistemas e, simultaneamente, garantir dignidade e equidade às populações que deles dependem.

Assim, este livro é também um chamado à ação, um convite à reflexão crítica e à responsabilidade coletiva. A integração entre ciência, ética e sensibilidade humana é o caminho para transformar a constatação da crise em estratégia de resiliência, e o colapso iminente em oportunidade de reconstrução.

O momento histórico que vivemos é, ao mesmo tempo, um alerta e uma chance. O alerta vem dos limites críticos do planeta — já visíveis nas secas, enchentes, ondas de calor e perda de biodiversidade. A chance reside em nossa capacidade de aprender com o passado, como nos recorda Diamond, e de reinventar o futuro com base no conhecimento agroecológico, na cooperação e na solidariedade.

Que esta obra inspire uma nova forma de pensar e agir: uma Gestão Ambiental do Não-Retorno, pautada pela resiliência, pela justiça social e pela restauração dos ecossistemas. Que ela ajude a transformar a crise em consciência, a consciência em ação, e a ação em um futuro que não apenas sobreviva, mas prospere em um planeta restaurado.

Professor Maurício Novaes Souza

Guarapari, outubro de 2025.

EPÍGRAFE

“Tempo Rei”

Gilberto Gil

Ah, tantos são os caminhos
Tantos são os caminhos
Do tempo rei

Ah, tantos são os enganos
Tantos são os enganos
Do tempo rei

Tempo rei, ó tempo rei, ó tempo rei
Transforma o velho infante
Em rei de novo

Tempo rei, ó tempo rei, ó tempo rei
Ensina ao rei do tempo
O que ele ainda não viveu

Ah, tantos são os mistérios
Tantos são os mistérios
Do tempo rei

Ah, tantas são as muralhas
Tantas são as muralhas
Do tempo rei

Tempo rei, ó tempo rei, ó tempo rei
Transforma o velho infante
Em rei de novo

Tempo rei, ó tempo rei, ó tempo rei
Ensina ao rei do tempo
O que ele ainda não viveu

Ah, tantos são os caminhos
Tantos são os caminhos
Do tempo rei

Apresentação

Ao longo da história recente, testemunhamos o avanço de uma crise que transcende fronteiras geográficas, científicas e políticas: a crise climática e ambiental que ameaça o equilíbrio planetário. Em 2023, a superfície de água no Brasil atingiu o menor índice desde 1985, cobrindo apenas 18,3 milhões de hectares — cerca de 2% do território nacional —, segundo o levantamento do MapBiomas Água. Essa redução de 1,5% em relação à média histórica evidencia um processo contínuo de degradação, agravado por transformações climáticas e pela ação humana. O declínio é mais dramático nos corpos hídricos naturais, que perderam 30,8% de sua extensão em menos de quatro décadas.

Entre os exemplos mais alarmantes está a Bacia do Rio São Francisco, cuja vazão anual no centro-norte caiu mais de 60% nas últimas três décadas, conforme o Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS) da UFAL. A pesquisa aponta que as chamadas *secas-relâmpago* — episódios de queda abrupta na precipitação, acompanhados por elevação extrema das temperaturas — têm sido determinantes nesse colapso hídrico. A intensificação dessas secas rápidas e o desmatamento acelerado alteram o ciclo hidrológico, comprometendo a infiltração e a retenção de água nos solos. Assim, o desmatamento e o uso intensivo do solo tornam-se catalisadores de um fenômeno que ameaça atingir o ponto de não retorno em diversas regiões do país.

Esses dados revelam um quadro que ultrapassa o campo da estatística: trata-se de um sinal claro de que entramos na era dos limites críticos do planeta. A crise climática não é mais um tema de debate — é uma realidade que redefine a forma como compreendemos o tempo, o desenvolvimento e a própria existência humana. Vivemos, portanto, um momento em que a gestão ambiental deve ser reinterpretada como uma Gestão do Não-Retorno, orientada pela estratégia, resiliência e consciência ecológica.

Nessa perspectiva, a obra “Tópicos em Gestão Ambiental – Volume IV” representa um convite à reflexão e à ação. Ao integrar teoria, pesquisa e prática, o livro contribui para a construção de uma nova racionalidade ambiental — uma

que reconhece a interdependência entre sistemas ecológicos e sociais, e que busca alinhar justiça ambiental, equidade social e sustentabilidade econômica.

A obra oferece análises e caminhos para práticas de manejo sustentável, agroecologia, recuperação de ecossistemas e gestão participativa dos recursos naturais. É um instrumento para gestores, pesquisadores e cidadãos comprometidos com o futuro do planeta, em um tempo em que adiar decisões significa aprofundar as feridas da Terra. A recuperação das matas ciliares, a restauração de áreas degradadas e a proteção dos ecossistemas aquáticos e florestais são ações urgentes e inadiáveis para reconstruir a resiliência das bacias hidrográficas e mitigar os impactos da mudança climática.

Minha paixão pela Gestão Ambiental foi o ponto de partida para minha trajetória acadêmica e inspirou a criação de séries que dialogam entre si — *Tópicos em Cafeicultura*, *Tópicos em Agroecologia*, *Tópicos de Recuperação de Áreas Degradadas* e *Tópicos em Gestão Ambiental*. Essas publicações fortaleceram a visibilidade do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia (PPGA) do Ifes – campus de Alegre, ampliando a conexão entre a pesquisa científica e as demandas socioambientais regionais e globais.

A parceria com colegas, alunos e orientados consolidou uma rede de aprendizado e inovação, unindo saberes técnicos e empíricos em torno de um propósito comum: promover a sustentabilidade como eixo estruturante de um novo paradigma civilizatório. Projetos de recuperação de áreas degradadas, de sistemas agroflorestais e de gestão ambiental integrada reafirmam que o conhecimento deve servir à vida e ao bem comum, e não à exploração ilimitada.

Nesse ponto, a canção “Tempo Rei”, de Gilberto Gil, ecoa como metáfora profunda da condição humana diante dos limites planetários. O “rei” — símbolo do poder e do controle — é lembrado de que o tempo ensina o que ainda não se viveu, e transforma o velho infante em aprendiz de novo. Assim como o tempo, a natureza é soberana: corrige, adapta, ressignifica. “Tempo Rei” nos convida à humildade diante da finitude e à sabedoria diante da mudança — um chamado à reconstrução da relação entre humanidade e planeta antes que o relógio ecológico alcance o ponto irreversível.

Este prefácio, portanto, é mais que uma introdução — é um alerta, um manifesto e uma celebração do conhecimento comprometido com a vida. Que esta obra inspire novas práticas, novos olhares e novas esperanças. Que nos ensine, como o “Tempo Rei”, a transformar a crise em aprendizado, o limite em criação e a urgência em ação.

O Volume I de Tópicos em Gestão Ambiental destacou a importância do planejamento sustentável e das práticas agroecológicas conservacionistas frente aos desafios ambientais contemporâneos. Focando na recuperação e gestão de áreas degradadas, o texto enfatiza a integração de práticas que respeitem o equilíbrio dos ecossistemas, promovendo a biodiversidade e reduzindo impactos ambientais. Essa abordagem holística oferece uma base sólida para produtores e planejadores ambientais que buscam adotar práticas sustentáveis em suas atividades agropecuárias, visando resultados de longo prazo que beneficiem tanto a produção quanto a saúde dos ecossistemas. Em um cenário de desafios ambientais complexos, o compromisso com soluções sustentáveis torna-se indispensável.

É composto por dez (10) capítulos:

Capítulo I: “Degradação ambiental pelo fator antrópico e formas de mitigação: uma breve análise da agropecuária e seus impactos no meio ambiente”

Capítulo II: “Agricultura convencional, tradicional e agroecológica: gestão ambiental e as mudanças nos modelos de produção”

Capítulo III: “Agroecologia e sua importância no contexto da sustentabilidade”

Capítulo IV: “Aspectos fundamentais da transição agroecológica”

Capítulo V: “Limites do crescimento e gestão dos recursos naturais”

Capítulo VI: “Procedimentos e ferramentas de suporte à sustentabilidade agropecuária”

Capítulo VII: “Levantamento e planejamento conservacionista no sítio Cachoeira Alegre”

Capítulo VIII: “Sistemas agroflorestais como estratégia mitigadora: benefícios na atenuação do estresse térmico em bovinos”

Capítulo IX: “Incêndios nas Unidades de Conservação estaduais do Espírito Santo: formas de prevenção e combate”

Capítulo X: “Assistência técnica e extensão rural: relevância no processo do desenvolvimento rural capixaba”

O Volume I dos “Tópicos em Gestão Ambiental” está disponível em:

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

O Volume II de **Tópicos em Gestão Ambiental** enfatizou a integração da gestão ambiental nas operações empresariais e nos processos de recuperação de áreas degradadas, fundamental para prevenir a degradação em um cenário de desafios ambientais crescentes. Além da prevenção, o volume propôs soluções como sistemas de gestão modernos, compostagem, uso de óleos essenciais, investimentos em saneamento e o programa REFLORESTAR. Sugeriu também o uso de geotecnologias, Sistemas Agroflorestais (SAFs), e incentivo ao cooperativismo e associativismo, promovendo, assim, a sustentabilidade e a resiliência dos ecossistemas e das comunidades.

Para tratar desses temas, o livro é composto pelos seguintes dez (10) capítulos:

Capítulo I: “Sistemas de administração da produção e tecnologias apropriadas: agroecologia e sustentabilidade socioambiental”

Capítulo II: “Impactos e externalidades ambientais negativos das atividades agropecuárias”

Capítulo III: “Práticas Agroecológicas: contribuição ao saneamento ambiental e à recuperação de áreas degradadas”

Capítulo IV: “Agricultura familiar e agroecologia: recuperação de áreas degradadas e sustentabilidade”

Capítulo V: “Avaliação das contribuições do programa REFLORESTAR em propriedades rurais localizadas no município de Muniz Freire/ES

Capítulo VI: “Aspectos geográficos do município de Presidente Kennedy-ES e sua relação com o desenvolvimento sustentável”

Capítulo VII: “Contribuições da cultura da banana em Sistemas Agroflorestais no Espírito Santo”

Capítulo VIII: “Atuação de óleos essenciais no controle biológico da requeima (*Phytophthora infestans*) no cultivo de batata”

Capítulo IX: “Compostagem: processo de transformação de recursos endógenos em fertilizantes”

Capítulo X: “Cooperativismo e associativismo: importância para a sustentabilidade da agricultura familiar”.

O Volume II dos “Tópicos em Gestão Ambiental” está disponível em:

<https://www.meridapublishers.com/tga/2>

O **Volume III de Tópicos em Gestão Ambiental** enfatiza a importância de integrar práticas de gestão ambiental nas atividades diárias das empresas, visando tanto à prevenção quanto à recuperação de áreas degradadas. Em resposta aos complexos desafios ambientais atuais, o volume apresenta soluções sustentáveis, incluindo sistemas de gestão modernos e o uso de tecnologias adequadas para mitigar o impacto ambiental.

Para tratar desses temas, o livro é composto pelos seguintes dez (10) capítulos:

Capítulo I: “Diferenças entre agroecologia, agricultura orgânica e transição agroecológica”

Capítulo II: “Floresta Nacional de Pacotuba: histórico de criação, biodiversidade e atividades de uso público”

Capítulo III: “Floresta Nacional de Pacotuba: promoção da conservação por intermédio de ações de manejo”

Capítulo IV: “Horta pedagógica como estratégia de educação ambiental”

Capítulo V: “Educação ambiental como ferramenta de ensino da agroecologia e sustentabilidade”

Capítulo VI: “Uso de óleos essenciais e extrato de abacate no controle de ácaros-rajados em morangueiro”

Capítulo VII: “Abelhas nativas sem ferrão: biologia, importância econômica, meliponicultura e função ecológica na recuperação de ambientes”

Capítulo VIII: “A importância da mandioca para a agricultura familiar e dos saberes dos “Povos Indígenas” no reconhecimento de tecnologia ancestral no seu manejo”

Capítulo IX: “Manejo reprodutivo de bovinos leiteiros visando um sistema sustentável”

Capítulo X: “Pedagogias e gestão da sustentabilidade nas abordagens ensino-aprendizagem”.

O Volume III dos “Tópicos em Gestão Ambiental” está disponível em:

<https://www.meridapublishers.com/tga/3>

O **Volume IV de Tópicos em Gestão Ambiental** reforça a importância de incorporar práticas de gestão ambiental às rotinas das organizações, com foco tanto na prevenção quanto na recuperação de áreas degradadas. Diante dos complexos desafios ambientais da atualidade, a obra apresenta abordagens e soluções sustentáveis, destacando a adoção de sistemas de gestão modernos e o uso de tecnologias apropriadas voltadas à mitigação dos impactos ambientais e à promoção de um desenvolvimento mais responsável e equilibrado.

Para tratar desses temas, o livro é composto pelos seguintes dez (10) capítulos:

Capítulo I: “Agricultura sintrópica como estratégia de conservação ambiental e produtividade sustentável”, mostra que a **agricultura sintrópica** surge como uma abordagem sustentável capaz de conciliar produção, regeneração ambiental e segurança alimentar, especialmente em áreas degradadas. Desenvolvida por Ernst Götsch, baseia-se nos princípios naturais das florestas, organizando plantas em estratos e fases de crescimento para otimizar recursos e favorecer a biodiversidade, sem uso de agrotóxicos ou fertilizantes químicos. Experiências no Brasil mostram resultados positivos em produtividade e sustentabilidade, e a integração com as “Peace-Farming Technologies” possibilita mecanização adequada. No entanto, o sucesso do desenvolvimento rural sustentável depende também da valorização dos saberes locais e das condições de vida das comunidades, equilibrando produção e dignidade.

Capítulo II: “A multifuncionalidade dos quintais agroecológicos: perspectivas para educação ambiental e paisagismo sustentável”, sugere que diante dos desafios socioambientais atuais, os quintais agroecológicos surgem como alternativas inovadoras para integrar produção de alimentos, cuidado ambiental e educação. Esses espaços fortalecem modos de vida sustentáveis, promovendo sensibilização ambiental, segurança alimentar e valorização dos saberes locais. Ao diversificar espécies e ocupar diferentes nichos, seguem princípios ecológicos, como o de Gause, favorecendo coexistência e equilíbrio. Mais do que áreas de cultivo, os quintais agroecológicos se configuram como ferramentas transformadoras na construção de comunidades conscientes, resilientes e comprometidas com um futuro justo e sustentável.

Capítulo III: “Influência do Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra*) sobre o desempenho de Sistemas Silvipastoris” aponta que a Mata Atlântica no Espírito Santo perdeu grande parte de sua cobertura original, restando apenas 10,47%, devido à expansão agrícola, pecuária e urbanização. Nesse contexto, Sistemas Agroflorestais (SAFs) e Silvipastoris (SSPs) surgem como alternativas sustentáveis, promovendo restauração ecológica, conservação da biodiversidade e benefícios socioeconômicos. O uso de espécies nativas, como o jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra*), favorece a regeneração do solo e a qualidade das pastagens, oferecendo conforto térmico aos animais, maior valor nutritivo da forragem e redução da dependência de insumos externos. No sul capixaba, os SSPs se destacam como estratégia promissora para recuperar pastagens degradadas, sendo necessária pesquisa, políticas públicas e capacitação dos agricultores para consolidar essas práticas e fortalecer a conservação da Mata Atlântica e o desenvolvimento rural sustentável.

Capítulo IV: “Análise da viabilidade econômica de sistemas agroflorestais em áreas do Programa Reflorestar no Espírito Santo” avaliou a viabilidade econômica de um sistema agroflorestal no sul do Espírito Santo, considerando custos, receitas e rentabilidade. Buscando alternativas sustentáveis à agricultura convencional, o estudo estimou custos de implantação e manutenção, projetou receitas e comparou o desempenho com sistemas tradicionais. A metodologia envolveu dados de culturas como banana, pupunha, juçara, abacate, café, jabuticaba e pitanga. Os resultados indicaram que, apesar do investimento inicial elevado, o sistema apresenta rentabilidade atrativa em médio e longo prazo, com definição de ponto de equilíbrio financeiro. A diversificação de renda e os benefícios ambientais confirmam a viabilidade econômica e a sustentabilidade do modelo, que promove práticas agrícolas resilientes e integradas à conservação dos ecossistemas.

Capítulo V: “Análise integrada das práticas de manejo, cultivares e sistemas agroflorestais na Fazenda Experimental de Bananal do Norte (FEBN), Cachoeiro de Itapemirim, ES” analisa as práticas de manejo, cultivares e sistemas agroflorestais da Fazenda Experimental de Bananal do Norte (FEBN), em Pacotuba, Cachoeiro de Itapemirim, ES. A fazenda atua como centro de pesquisa em tecnologias sustentáveis, conciliando produtividade e equilíbrio ambiental. O estudo aborda estratégias de conservação do solo e da água, técnicas de cultivo adaptadas ao clima local e medidas de mitigação da degradação ambiental. Destacam-se cultivares de café, cacau e banana, além de espécies escolhidas segundo aptidão do solo e microclima. Os sistemas agroflorestais, integrando culturas agrícolas a árvores nativas e exóticas, promovem biodiversidade, fertilidade do solo e uso sustentável dos recursos, contribuindo para controle biológico de pragas, aumento da matéria orgânica e estabilidade socioeconômica, servindo como modelo replicável para pequenos e médios produtores.

Capítulo VI: “Bioindicação da qualidade do solo: papel ecológico e funcional da macrofauna edáfica” mostra que a macrofauna edáfica — incluindo minhocas, cupins e formigas — é fundamental para os ecossistemas terrestres, atuando na decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e melhoria da estrutura e fertilidade do solo. Por sua sensibilidade a alterações ambientais, esses organismos são reconhecidos como bioindicadores eficientes da qualidade do solo. Esta revisão destaca sua importância funcional, principais grupos, métodos de avaliação e potencial para monitoramento ambiental em diferentes biomas e sistemas agrícolas.

Capítulo VII: “Barraginhas e cochinchos em curva de nível: estratégias de conservação do solo e da água em Atílio Vivácqua-ES” afirma que a degradação do solo e a escassez de água doce estão entre os principais desafios ambientais do século XXI. Estima-se que cerca de 33% dos solos globais estejam degradados por erosão, compactação e perda de matéria orgânica, agravados pelas mudanças climáticas e eventos extremos. Práticas de baixo custo, como barraginhas e cochinchos em curva de nível, mostram-se eficazes no controle da erosão, aumento da infiltração e conservação hídrica. Em Atílio Vivácqua, ES, onde solos frágeis sofrem com manejo inadequado, essas técnicas fortalecem a resiliência das comunidades rurais, aumentam a produtividade agrícola e contribuem para a recuperação ambiental, sendo apoiadas por iniciativas como o Programa Reflorestar, que integra princípios agroecológicos e promove a sustentabilidade da agricultura familiar.

Capítulo VIII: “Bacia hidrográfica do rio Castelo, ES: integração entre conhecimento científico e educação para a sustentabilidade” aponta que a bacia hidrográfica do rio Castelo, no Espírito Santo, é de grande importância ambiental, social e educacional, motivando estudos sobre suas dinâmicas e gestão dos recursos hídricos. Este trabalho realiza uma revisão da literatura (2007–2024), abordando qualidade da água, morfometria e análise estrutural da bacia, identificando contribuições e lacunas no conhecimento. Propõe-se, ainda, uma reflexão educativa por meio de metodologias ativas, visando à conservação da bacia.

Capítulo IX: “Diversificação agrícola e comercialização de produtos vegetais em assentamentos e comunidades rurais do Sul do Espírito Santo” avaliou a diversidade de produção e comercialização de produtos vegetais em assentamentos de reforma agrária e comunidades rurais de Alegre, ES, focando na comunidade de Feliz Lembrança e no Projeto de Assentamento Paraíso (PA's). As famílias praticam agroecologia na produção de alimentos saudáveis. Foram levantadas quantidades produzidas e a renda obtida por meio da comercialização nos programas Compra Direta de Alimentos (CDA) e Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE). Hortaliças destacaram-se como o principal grupo

produzido e comercializado. A diversificação agrícola e a participação nos canais institucionais contribuíram para complementar a renda, fortalecer a segurança alimentar, ampliar a oferta de produtos e valorizar a agricultura familiar local.

Capítulo X: “Agroecologia e protagonismo feminino no cultivo de cafés especiais em Vila Pontões, Afonso Cláudio, ES” analisa a relevância histórica da Associação de Mulheres Empreendedoras de Vila Pontões, em Afonso Cláudio, ES, com base em revisão bibliográfica, análise documental e trabalho de campo. A associação, formada em um contexto de predominância masculina no cultivo do café, conquistou visibilidade, reconhecimento social e avanços significativos, como premiações com cafés especiais, reforçando o protagonismo feminino. As práticas agroecológicas adotadas impactaram positivamente a sustentabilidade ambiental, a qualidade da produção e a valorização territorial. Apesar de limitações estruturais e dificuldades em efetivar políticas públicas, a experiência da associação constitui exemplo de resistência, inovação e necessidade de práticas mais críticas e integradoras.

O **Volume IV dos “Tópicos em Gestão Ambiental”** está disponível em:

<https://www.meridapublishers.com/tga/4>

Nas **Considerações Finais**, evidencia-se a urgência de transformar os conceitos e práticas discutidos ao longo deste trabalho em ações concretas e eficazes. O modelo de produção agropecuária e urbano-industrial, historicamente marcado pela degradação ambiental, exploração intensiva dos recursos e desigualdades sociais, reforça a necessidade de uma mudança paradigmática. Nesse contexto, a produção agroecológica e os Sistemas Agroflorestais (SAFs), assim como os Sistemas Silvopastoris (SSPs) e a agricultura sintrópica, surgem como alternativas sustentáveis que conciliam produtividade, regeneração ambiental e segurança alimentar, promovendo resiliência ecológica e econômica.

A gestão ambiental integrada, incorporando os princípios de ESG (Ambiental, Social e Governança), mostra-se indispensável. Práticas como recuperação de áreas degradadas, manutenção de matas ciliares, diversificação de cultivos, uso de espécies nativas (como o jacarandá-da-Bahia) e incentivo a técnicas conservacionistas no manejo do solo e da água, como barraginhas e cochinchos,

fortalecem a sustentabilidade dos ecossistemas e mitigam impactos das mudanças climáticas. A crise hídrica recente, evidenciada pelo declínio da vazão de rios como o São Francisco e, localmente, o rio Castelo, e a redução da superfície de água no Brasil, reforça a necessidade de políticas e estratégias que integrem conservação hídrica, reflorestamento e uso sustentável do solo.

O trabalho destaca ainda a importância da valorização dos saberes locais e da inclusão social, como observado nas experiências de assentamentos rurais e na atuação de associações de mulheres empreendedoras de Vila Pontões, que, por meio da produção agroecológica e da comercialização integrada a programas institucionais (CDA e PNAE), promovem diversidade produtiva, segurança alimentar e fortalecimento da agricultura familiar. Essas iniciativas evidenciam que sustentabilidade e equidade caminham lado a lado, sendo a educação ambiental e a capacitação técnica fatores determinantes para a efetividade das ações.

Por fim, a análise aqui apresentada reforça que, embora tecnologias modernas e práticas inovadoras ofereçam soluções promissoras, desafios persistem: disseminação de conhecimento técnico, investimentos públicos adequados e ampliação da conscientização ambiental. A combinação de SAFs, SSPs, agricultura sintrópica, geotecnologias e estratégias de associativismo constitui um caminho viável para promover sistemas produtivos resilientes, proteger a biodiversidade, recuperar áreas degradadas e garantir a sustentabilidade socioambiental. Assim, este trabalho reforça a necessidade de uma atuação integrada e colaborativa, transformando a crise ambiental e social em oportunidades de inovação e desenvolvimento sustentável.

Professor Maurício Novaes Souza

Guarapari, outubro de 2025.

Autores

Alexandre José Firme Vieira

Professor Titular do Instituto Federal do Espírito Santo Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000. Alegre, ES. E-mail: alexandre.cristiano@ifes.edu.br.

Aldemar Polonini Moreli

Professor do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Venda Nova do Imigrante, Rua Elizabeth Minete Perim, 500, Bairro São Rafael, CEP: 29375-000, Venda Nova do Imigrante-ES. E-mail: aldemar.moreli@ifes.edu.br.

Ana Lúcia Chaves Gomes

Graduanda em Tecnologia de Cafeicultura do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: alcgomess@gmail.com.

Atanásio Alves do Amaral

Professor Titular do Instituto Federal do Espírito Santo Campus de Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000. Alegre, ES. E-mail: *atanasio.amaral@ifes.edu.br*.

Bianca Perciliano Fim

Licenciada e Bacharelada em Ciências Biológicas, Especialista em Ensino de Ciências e Biologia 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: percilianob@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

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

Elielton Almeida de Sousa

Bacharel em Arquitetura e Urbanismo, Licenciado em Pedagogia, Especialista em Educação Ambiental e Sustentabilidade e Mestrando em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Ifes - Campus Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre, ES. E-mail: eas.elielton@gmail.com

Esteffany Pereira da Silva

Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Espírito Santo campus de Alegre. Caixa Postal 16. CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: esteffanypereira067@gmail.com

Flávia Muniz

Licenciada e Bacharelada em Ciências Biológicas, Especialista em Ensino de Ciências e Biologia 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: flavia.proff@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

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

Jéferson Luiz Ferrari

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: ferrarijl@ifes.edu.br

José Salazar Zanuncio Junior

Bacharelado em Zootecnia, Especialista em Educação do Campo pela Universidade Federal do Espírito Santo, Mestrado e Doutorado em Entomologia pela Universidade Federal de Viçosa, Pesquisador do Incaper, Rua Afonso Sarlo, 160, Bento Ferreira, CDP: 29.052.010, Vitória, ES. E-mail: jose.zanuncio@incaper.es.gov.br

Luana Soares Egidio

Mestre 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.

Lucas Louzada Pereira

Dr. Professor do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Venda Nova do Imigrante, Rua Elizabeth Minete Perim, 500, Bairro São Rafael, CEP: 29375-000, Venda Nova do Imigrante, ES. E-mail: lucas.pereira@ifes.edu.br

Lucas de Brites Senra

Tecnólogo em Aquicultura Especialista em Educação Ambiental e Manejo de Recursos Naturais Mestrando em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Ifes – Campus Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: lucasbrites22@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 Angélica Alves da Silva Souza

Graduada em Pedagogia pela UFV, Mestrado em Extensão Rural pela UFV, Pós-graduação em Agroecologia pelo IFSUDESTE de Minas campus Rio Pomba, Pedagoga-Área do Ifes campus de Guarapari. Alameda Francisco Vieira Simões, 720, bairro Aeroporto, Guarapari, ES, CEP: 29.216-795. E-mail: maria.souza@ifes.edu.br.

Maria Aparecida Fernandes

Bacharelada em Engenharia Agrônômica, Técnica em Agroindústria, Técnico em Agronegócio, Especialista em Agroecologia e Mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Ifes campus Alegre, Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre, ES. E-mail: mferadic3@gmail.com

Marina Jordem Almança Possatti

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: marinajordem@hotmail.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.

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

Oseas de Almeida Lima

Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Espírito Santo campus de Alegre. Caixa Postal 16. CEP: 29.500-000, Alegre, ES. E-mail: 90oseas@gmail.com

Paola Delatorre Rodrigues

Engenheira Florestal pela Universidade Federal do Espírito Santo e mestranda em Agroecologia pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecologia do Ifes Campus Alegre, Caixa postal 47, CEP 29500-000, Alegre, ES. E-mail: paoladelatorre756@gmail.com

Roberta Cunha Vieira

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: robertasantesso@gmail.com

Thiara Azevedo Pancotto

Licenciada e Bacharelada em Ciências Biológicas, Especialista em Educação e Gestão Ambiental 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: thiarapancotto@gmail.com

Wagner Gonçalves de Sá

Licenciado em Ciências Biológicas, Especialista em Educação Ambiental e Recursos Naturais e Biologia 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: wagnersemma@gmail.com.

Willian Moreira da Costa

Mestre 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..... 41

Agricultura sintrópica como estratégia de conservação ambiental e produtividade sustentável

Oseas de Almeida Lima, Esteffany Pereira da Silva, Ana Lídia Chaves Gomes, Willian Moreira da Costa, Maria Angélica Alves da Silva Souza, Maurício Novaes Souza

CAPÍTULO 2..... 68

A multifuncionalidade dos quintais agroecológicos: perspectivas para educação ambiental e paisagismo sustentável

Elielton Almeida de Sousa, Monique Moreira Moulin, Alexandre José Firme Vieira, Atanásio Alves do Amaral, Maurício Novaes Souza

CAPÍTULO 3..... 99

Influência do Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra*) sobre o desempenho de Sistemas Silvipastoris

Lucas de Brites Senra, Maurício Novaes Souza, Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira

CAPÍTULO 4..... 128

Análise da viabilidade econômica de sistemas agroflorestais em áreas do Programa Reflorestar no Espírito Santo

Paola Delatorre Rodrigues, Maurício Novaes Souza

CAPÍTULO 5..... 149

Análise integrada das práticas de manejo, cultivares e sistemas agroflorestais na Fazenda Experimental de Bananal do Norte (FEBN), Cachoeiro de Itapemirim, ES

Marjorie Mezabarba Gonçalves, Luana Soares Egidio, Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira, Bianca Perciliano Fim, Willian Moreira da Costa, Maurício Novaes Souza

CAPÍTULO 6 173

Bioindicação da qualidade do solo: papel ecológico e funcional da macrofauna edáfica

Wagner Gonçalves de Sá, Márcio Menegussi Menon, Willian Moreira da Costa, Atanásio Alves do Amaral, Maurício Novaes Souza

CAPÍTULO 7 196

Barraginhas e cochinchos em curva de nível: estratégias de conservação do solo e da água em Atílio Vivácqua–ES

Márcio Menegussi Menon, Wagner Gonçalves de Sá, Roberta Cunha Vieira, Maurício Novaes Souza

CAPÍTULO 8 243

Bacia hidrográfica do rio Castelo, ES: integração entre conhecimento científico e educação para a sustentabilidade

Thiara Azevedo Pancotto, Flávia Muniz, Jéferson Luiz Ferrari, Atanásio Alves do Amaral, Maurício Novaes Souza

CAPÍTULO 9 272

Diversificação agrícola e comercialização de produtos vegetais em assentamentos e comunidades rurais do Sul do Espírito Santo

Maria Aparecida Fernandes, José Salazar Zanuncio Jr, Willian Moreira da Costa, Clarissa Alves de Novaes, Gabriela Alves de Novaes, Maurício Novaes Souza

CAPÍTULO 10 319

Agroecologia e protagonismo feminino no cultivo de cafés especiais em Vila Pontões, Afonso Cláudio, ES

Larissa Viana Bruneli, Bianca Perciliano Fim, Regiane Carla Bolzan Carvalho, Adriana Rezende Bighi, Graciandre Pereira Pinto, Clarissa Alves de Novaes, Gabriela Alves de Novaes, Maurício Novaes Souza

CONSIDERAÇÕES FINAIS 341

CAPÍTULO 1

Agricultura sintrópica como estratégia de conservação ambiental e produtividade sustentável

Oseas de Almeida Lima, Esteffany Pereira da Silva, Ana Lídia Chaves Gomes, Willian Moreira da Costa, Maria Angélica Alves da Silva Souza, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-36-7.c1>

Resumo

A agricultura sintrópica representa uma proposta sustentável para enfrentar os desafios da agricultura moderna, ao articular produção, regeneração ambiental e sustentabilidade. Essa abordagem mostra-se especialmente promissora em áreas degradadas, configurando-se como um caminho para a resiliência ecológica e a segurança alimentar. Diferentemente do modelo convencional, destaca-se pela capacidade de regenerar ecossistemas, favorecer a biodiversidade e promover a produção de alimentos sem o uso de agrotóxicos ou fertilizantes químicos. Desenvolvida pelo pesquisador-agricultor Ernst Götsch, a prática fundamenta-se nos princípios naturais da floresta, em que as plantas são organizadas em diferentes estratos e fases de desenvolvimento, aperfeiçoando o aproveitamento dos recursos naturais e promovendo equilíbrio ecológico. Experiências no Brasil evidenciam resultados positivos em produtividade e sustentabilidade, embora sua implantação demande adaptações às condições locais. Além disso, a integração entre agricultura sintrópica e tecnologia, por meio das “Peace-Farming Technologies”, propostas por Götsch, reforça a possibilidade de mecanização sustentável e acessível. Entretanto, o desenvolvimento rural sustentável não depende apenas de técnicas inovadoras e infraestrutura, mas também da valorização dos saberes locais e das condições de vida das comunidades rurais. Nesse equilíbrio entre produção e dignidade, vislumbra-se o futuro da agricultura no campo.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Regeneração ambiental. Agroecologia. Segurança alimentar. Tecnologia sustentável. Desenvolvimento rural.

1. Introdução

Ao longo da história, as sociedades alternaram períodos de crescimento e retração, frequentemente resultantes de um problema fundamental: a exploração insustentável dos recursos naturais, que não se regeneram na mesma proporção em que são utilizados. Esse desequilíbrio força a humanidade a confrontar, repetidas vezes, os limites ecológicos. Curiosamente, uma das principais atividades responsáveis pelas mudanças no uso da terra e nas condições climáticas é a agricultura, a qual também desempenhou papel significativo no colapso de diversas civilizações antigas (Montgomery, 2007; Egidio; Souza, 2025).

Entretanto, a agricultura e a preservação do meio ambiente podem e devem coexistir de maneira harmônica. A integração entre as ciências ecológicas e agronômicas oferece diretrizes para a criação de agroecossistemas biodiversos, resilientes, energeticamente eficientes e socialmente justos (Gliessman, 2001; Altieri, 2004). Arranjos como os sistemas agroflorestais (SAFs) e a agricultura sintrópica apresentam-se como alternativas capazes de prevenir a degradação do solo, ao mesmo tempo em que potencializam a produção agrícola (Miccolis *et al.*, 2016).

A dificuldade de preservar os ecossistemas enquanto se reduzem os impactos ambientais e climáticos associados à agricultura exige compreender que as perturbações humanas sobre o meio não são recentes. Desde os primórdios da agricultura, a ação antrópica influencia os ecossistemas globais. Assim, a discussão sobre a sustentabilidade dessa prática deve considerar que o uso da terra afeta a dinâmica ecológica há milênios, estabelecendo uma relação entre o crescimento populacional e a deterioração dos recursos naturais ao longo do tempo (Foster *et al.*, 2003; Montgomery, 2007; Ellis *et al.*, 2013; Steffen *et al.*, 2015; Gonçalves *et al.*, 2019).

Nesse contexto, a agricultura sintrópica desponta como uma proposta inovadora, com papel de destaque na recuperação de ecossistemas degradados e na promoção de uma agricultura mais sustentável. Trata-se de um SAF desenvolvido por Ernst Götsch, cuja força motriz advém da aliança com a sucessão natural — a tendência intrínseca da natureza de regenerar solos estéreis, tornando-os férteis e biodiversos.

A contribuição de Götsch consiste em desvendar e sistematizar os princípios pelos quais a natureza opera, alinhando-se ao conceito de “alfabetização ecológica”, proposto por Fritjof Capra, que se referem ao entendimento dos princípios de organização desenvolvidos pelos ecossistemas para sustentar a vida — um caminho essencial para a sustentabilidade.

Esse modelo de agrofloresta propõe uma estratégia que visa não apenas à recuperação dos ecossistemas, mas também à manutenção da saúde do solo e ao estímulo à biodiversidade. Fundamentada nos princípios da sucessão ecológica, a agricultura sintrópica procura replicar os processos naturais de regeneração, promovendo fertilidade duradoura e reduzindo a dependência de insumos externos (Zacarias; Souza, 2019).

Ao contrário dos sistemas tradicionais, que geralmente se baseia em fertilizantes químicos e pesticidas, a agricultura sintrópica valoriza a interação dinâmica entre espécies vegetais, estabelecendo uma rede de trocas naturais que aumentam a resiliência e a eficiência produtiva, ao mesmo tempo em que minimizam os impactos ambientais negativos.

A agricultura sintrópica inverte essa lógica da competição, ilustrada pelo Princípio de Gause (Princípio da Exclusão Competitiva). Enquanto a agricultura convencional se baseia na eliminação de outras espécies (ervas daninhas, pragas) para favorecer a monocultura, a sintropia promove a coexistência e a cooperação.

Por fim, cabe considerar que o desenvolvimento rural sustentável não se constrói apenas com técnicas modernas e infraestrutura, mas, sobretudo, com a valorização das pessoas, de seus saberes e de suas condições de vida. É no equilíbrio entre a produção e a dignidade que se planta o futuro no campo (Abramovay, 2003).

2. Ernst Götsch e a origem da agricultura sintrópica

O interesse em determinar o quadro teórico que direciona a agricultura sintrópica é relativamente recente. Embora Ernst Götsch tenha dedicado sua vida profissional ao desenvolvimento de teorias e métodos agrícolas, somente em 2013 o termo “agricultura sintrópica” foi oficialmente estabelecido. Até então,

sua contribuição era reconhecida principalmente como agrofloresta, agrofloresta sucessional (Peneiro, 1999) ou agrofloresta sucessional regenerativa análoga (Vaz da Silva, 2002).

Apesar disso, Götsch já utilizava o termo sintropia desde os anos da década de 1990, quando publicou o livreto *Homem e Natureza: cultura na agricultura*. No trecho “A vida e a Sintropia”, ele apresenta alguns dos princípios que norteiam sua prática:

“Os princípios em que a vida se baseia são processos que levam do simples para o complexo, onde cada uma das milhares de espécies, a humana entre elas, tem uma função dentro de um conceito maior. A vida neste planeta é uma só, é um macroorganismo cujo metabolismo gira num balanço energético positivo, em processos que vão do simples para o complexo, na sintropia.” (Götsch, 1992).

O criador deste modelo agrícola, além de agricultor, revelou-se um pesquisador nato. Ao chegar ao Brasil, no início dos anos da década de 1980, instalou-se em uma fazenda na Bahia, onde passou a desenvolver princípios e métodos que integrassem a produção de alimentos à dinâmica natural de regeneração das florestas (Figura 1). Para Götsch, a agricultura sustentável é vital para a sociedade, uma vez que dela provêm os alimentos que chegam à mesa de todos, sendo, portanto, essencial que a terra seja bem cuidada e utilizada de forma responsável.

A partir dos anos da década de 1990, Götsch consolidou a concepção de que a agricultura poderia constituir um sistema integrado e harmônico com os processos naturais, em contraste com o modelo convencional que frequentemente se mostra destrutivo aos ecossistemas. Esse pensamento foi fundamental para a formulação da agricultura sintrópica, prática que se distingue das abordagens tradicionais ao adotar um modelo baseado na sucessão ecológica e na regeneração do solo, promovendo assim uma produção mais sustentável e resiliente.

O reconhecimento desse modelo ocorreu gradualmente, à medida que Götsch sistematizou técnicas e teorizou sobre seus princípios, consolidando a agricultura sintrópica como uma proposta inovadora no campo da agroecologia. O sistema resulta de mais de 40 anos de vivência prática, durante os quais o

agricultor-pesquisador realizou inúmeros experimentos, em processos de tentativa e erro, até chegar às bases que fundamentam essa abordagem (Pasini, 2017).



Figura 1. Fazenda antes conhecida como “Fugidos da Terra Seca”, hoje, Fazenda Olhos D’Água. Fonte: <https://bio3consultoria.com.br/agroecologia/>.

3. Fundamentos da agricultura sintrópica

O conceito de sintropia, para Ernst Götsch, deriva da necessidade de nomear uma característica observada em suas experiências e que se tornou fundamento metodológico para qualquer intervenção dentro de sua prática agrícola. Essa característica diz respeito à tendência dos seres vivos ao aumento da organização e da complexidade, evidenciada pelo incremento de recursos como nutrientes, luz e água.

Segundo Götsch, a sintropia está diretamente associada à sucessão natural, sendo uma de suas formas de manifestação. O autor destaca que “as plantas são altamente sintrópicas, pois uma de suas principais características é a capacidade de transformar, organizar e aperfeiçoar elementos como água, minerais e luz solar em sistemas de vida”. Essa visão acerca das plantas se expande em seus escritos posteriores, abrangendo a compreensão do funcionamento da vida no planeta Terra.

Na perspectiva de Götsch (1995), “a vida é uma parte complementar de outra parte do universo que conhecemos, a qual opera com energia proveniente

de processos de desagregação, que vão do complexo para o simples, um fenômeno que chamamos de entropia”. Assim, a agricultura sintrópica surge como contraponto à agricultura convencional, historicamente associada à degradação ambiental e à perda da biodiversidade. Trata-se de uma forma de agricultura regenerativa — também chamada de sistema sucessional — que representa uma evolução dos SAFs, ao incorporar princípios de auto-organização e sintropia, tendo a sucessão natural como chave do processo (Pasini, 2017).

Essa abordagem propõe a recuperação de áreas agrícolas por meio de processos naturais, em substituição ao uso de insumos químicos. Nessa perspectiva, conceitos ecológicos como conservação do solo, sucessão natural, função ecológica e conversão de energia eletromagnética em biomassa são fundamentais. O adensamento e a estratificação das áreas plantadas tornam desnecessário o uso de insumos externos, priorizando os princípios da sucessão natural e resultando em maior fotossíntese, biodiversidade, estratificação e cobertura do solo (AGENDA GÖTSCH, 2022).

Após mais de 40 anos de estudo sobre florestas e suas dinâmicas, Götsch sistematizou um dos princípios mais relevantes: a estratificação. Cada espécie vegetal possui um tamanho potencial característico, atingido em sua fase adulta. Assim, quando alcançam o topo da floresta, as espécies são classificadas como emergentes — a exemplo da castanheira na Amazônia, do jequitibá na Mata Atlântica e do coco-da-praia no Nordeste.

Para simplificar a compreensão desse processo, Götsch condensou os 11 níveis ou camadas que identificou em quase todos os biomas em cinco estratos: raso, baixo, médio, alto e emergente. Cada nível superior apresenta uma porcentagem de sombra que permite a penetração de luz até o solo, onde se desenvolve o estrato raso, evidenciando o equilíbrio dinâmico que caracteriza os sistemas sintrópicos.

Embora a Figura 2 mostre que a distribuição da luz solar nos diferentes estratos seja cuidadosamente manejada, esse processo não entra em contradição com o princípio de Gause. Isso porque, nos SAFs, as espécies não competem exatamente pelo mesmo nicho ecológico, mas ocupam posições diferenciadas, adaptadas a níveis distintos de luminosidade, umidade e

nutrientes. Assim, quando Götsch ressalta que a porcentagem de sombra deve ser ajustada conforme o estrato, ele reforça justamente a ideia de que a convivência harmoniosa entre as plantas depende da diferenciação funcional entre elas. Ou seja, a regulação da luz não elimina a competição, mas a organiza de modo a favorecer complementariedades, permitindo que várias espécies coexistam de forma estável e produtiva no mesmo espaço.



Figura 2. Sucessão natural. Fonte: Medium.com, 2020.

A estratificação, nesse sentido, maximiza o aproveitamento da radiação solar e elimina a competição por luz, característica comum em sistemas convencionais. Além disso, contribui de forma significativa para o aperfeiçoamento da fotossíntese e para o aumento da produção de biomassa. Nesse arranjo, as espécies mais sensíveis à luminosidade tendem a ocupar posições mais elevadas no agroecossistema, enquanto aquelas adaptadas a ambientes sombreados são beneficiadas pela cobertura proporcionada pelas plantas situadas nos níveis superiores (Crespo; Souza; Silva, 2023).

Na Figura 3, observa-se a presença de capim nas entrelinhas de cultivo, o qual, ao atingir determinada altura, é cortado e disposto no solo, formando uma espécie de manta vegetal. Essa prática é essencial para a preservação da umidade, além de potencializar a fotossíntese e conferir maior vitalidade ao solo (Götsch, 1997). As plantas podadas atuam como fertilizante natural, enriquecendo a matéria orgânica disponível para as demais espécies. De forma

complementar, a madeira não utilizada pode ser triturada e aplicada nas entrelinhas, que apresentam largura de 3 a 6 metros (Altieri, 2012).



Figura 3. Exemplo de plantação nas entrelinhas na agricultura sintrópica. Fonte: agroecologia-reprodução-globo-rural, 2020.

Dessa maneira, a agricultura sintrópica favorece a maximização da fotossíntese ao mesmo tempo em que possibilita o plantio em alta densidade, impulsionado pela dinâmica da sucessão natural. Nesse arranjo, as plantas estabelecem relações de cooperação ao longo de todo o ano, reforçando a resiliência e a sustentabilidade do sistema (Altieri, 2004; Götsch, 2013).

4. Benefícios da agricultura sintrópica

O uso da terra é essencial para o desenvolvimento da agricultura, mas a exploração excessiva, como o desmatamento e práticas que desconsideram a conservação ambiental, causa sérios danos aos ecossistemas, quebrando o equilíbrio ecológico (Milaré, 2000; Silva *et al.*, 2023). Entre os problemas decorrentes, destacam-se a redução de áreas naturais, a diminuição do número de espécies, alterações na dinâmica populacional de plantas e animais e o comprometimento da regeneração natural (Dario, 2004; Silva *et al.*, 2023).

No Brasil, exemplos emblemáticos incluem a diminuição da Mata Atlântica, que atualmente representa apenas 7% de sua cobertura original desde o período colonial; o Cerrado, que perdeu mais de 50% de sua área desde a metade do

século XX; e a Amazônia, que, em apenas 12 anos de monitoramento, sofreu a perda de 108.318 km² devido ao desmatamento (INPE, 2017).

A perda de cobertura vegetal, associada à degradação da biodiversidade e do solo, também repercute nas alterações climáticas, não apenas pelo aumento de gases de efeito estufa. A teoria da bomba biológica sugere que áreas florestais menores captam menos água do oceano para o continente e retêm menos água localmente, provocando períodos de seca prolongados, aumento das temperaturas mínimas de inverno e distribuição reduzida das chuvas, impactando diretamente a produção agrícola (Makarieva *et al.*, 2013; Souza, 2015).

Diante desse cenário, torna-se necessária a implantação de estratégias de produção alimentar mais equilibradas com o ambiente natural. A agroecologia propõe alternativas que mitigam os impactos do uso da terra e fornecem produtos mais saudáveis. Entre os sistemas que a compõem, destacam-se os SAFs, popularizados pelo agricultor e pesquisador Ernst Götsch, referência no Sul da Bahia por sua experiência em SAFs (Götsch, 1995).

Götsch associou o conceito de sintropia às agroflorestas, uma forma de produção agrícola que simula os processos dos ecossistemas naturais. A sintropia caracteriza-se por um desenvolvimento que vai do simples para o complexo, com aumento da biomassa, da diversidade e da estabilidade do sistema, aproveitando de forma mais eficiente a energia solar e minimizando perdas energéticas (Götsch, 1995).

A sustentabilidade e a produtividade da agricultura sintrópica dependem da ciclagem de nutrientes, realizada por meio da renovação, mobilização e deposição de matéria orgânica (Baleiro, 2015). Grande parte desse material é fornecida por podas, dispostas em valas, onde é mineralizado pelos organismos do solo e disponibilizado às plantas na forma de nutrientes (Figura 4). Outros processos ecológicos, como relações entre predadores e herbívoros, parasitismo, decomposição e formação de húmus, também são enfatizados.

Segundo esse mesmo autor, a implantação da agricultura sintrópica deve ser adaptada às condições locais. Em áreas degradadas, nas fases iniciais, pode ser necessário o uso de insumos externos, como fósforo, micronutrientes,

cobertura vegetal protetora do solo e controle biológico utilizando organismos criados em laboratório.



Figura 4. Ernst Götsch poda árvores em sua agrofloresta em Piraí do Norte (BA).

Fonte: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-59269706>.

Entre os benefícios da prática se destacam a utilização de estratos verticais e o aperfeiçoamento das áreas de plantio, por meio de culturas com diferentes tamanhos e ciclos de vida, garantindo colheitas em distintos períodos. Essa disposição de plantas em estratos maximiza a interceptação da radiação solar e sua conversão em biomassa por fotossíntese, reduz a radiação que atinge o solo, diminui a temperatura e a evaporação, além de aumentar a cobertura do solo.

À medida que aumenta a diversidade de plantas e animais — incluindo anfíbios, aves, insetos, vírus, bactérias e fungos —, a proteção contra pragas e doenças também se eleva, uma vez que surtos de insetos herbívoros e patógenos são mais comuns em ambientes desequilibrados.

Os SAFs representam uma alternativa inovadora e sustentável para a produção agrícola, ao integrar árvores, cultivos e animais em um mesmo espaço (Figura 5). Essa estratégia permite diversificar a produção e, simultaneamente, aperfeiçoar o aproveitamento dos recursos naturais, como água e nutrientes do

solo, aumentando a eficiência produtiva (Gomes *et al.*, 2020; Lacerda; Hanisch; Nimmo, 2020; Crespo; Souza; Silva, 2023).



Figura 5. Alternativa sustentável para produção agrícola. Fonte: ChatGPT, OpenAI, 2025.

Além dos ganhos econômicos, os SAFs exercem um papel importante na conservação ambiental, contribuindo para a proteção do solo, a ciclagem de nutrientes e o sequestro de carbono, configurando-se como uma abordagem eficaz para enfrentar e se adaptar às mudanças climáticas (Camargo *et al.*, 2019).

Dessa forma, os SAFs podem se consolidar como estratégia para reinserir terras degradadas no sistema produtivo, aumentando a segurança alimentar por meio da oferta diversificada e consistente de alimentos quando adotados em larga escala (Götsch, 1995; Altieri, 2004; Silva *et al.*, 2023).

5. Agricultura Sintrópica: estudos de caso e benefícios práticos

A agricultura sintrópica, baseada em princípios de ecossistemas naturais, tem se mostrado uma ferramenta eficaz na restauração de solos degradados e no aumento da produtividade agrícola. Ao adotar essa abordagem, agricultores em todo o Brasil e no mundo têm obtido resultados notáveis, como maior

diversidade de culturas, melhoria da qualidade do solo e menor dependência de insumos externos, como fertilizantes e pesticidas.

✓ **Exemplos de sucesso e potencial de restauração**

Casos de sucesso demonstram o vasto potencial da agricultura sintrópica. O trabalho de Ernst Götsch em sua fazenda de 500 hectares no sul da Bahia é um dos exemplos mais emblemáticos, assim como os SAFs na Amazônia. No entanto, o método tem se expandido com sucesso para outras regiões, como o Nordeste, e novas iniciativas estão surgindo no Centro-Oeste e no Sudeste.

Os SAFs não apenas recriam ambientes naturais, mas também protegem os ecossistemas existentes e funcionam como corredores ecológicos, permitindo o fluxo gênico entre remanescentes de vegetação natural. Pesquisadores como Peneireiro (1999), Santos (2000), Armando *et al.* (2002) e Crespo, Souza e Silva (2023) destacam o papel dos SAFs na restauração de paisagens fragmentadas, garantindo que a biodiversidade seja mantida em áreas produtivas.

É importante notar que a implantação da agricultura sintrópica exige um investimento inicial de mão de obra e tempo. Os resultados não são imediatos e dependem das condições da terra. Para solos severamente degradados, o restabelecimento da fertilidade leva tempo. Com base em experiências práticas, um sistema pode se tornar altamente produtivo e diversificado em 5 a 8 anos (Egidio; Souza, 2025).

✓ **Manejo hídrico e desafios de implantação**

A água é um fator fundamental, assim como na agricultura convencional. Os sistemas sintrópicos de maior sucesso estão em áreas com alta pluviosidade, como a Mata Atlântica e a Amazônia. Contudo, em regiões com estacionalidade climática, como o Cerrado, a utilização de sistemas de irrigação torna a agricultura sintrópica viável, especialmente em perímetros irrigados com foco em fruticultura.

A estratégia da agricultura sintrópica é converter áreas degradadas em ambientes naturais, usando os SAFs como um processo intermediário. Para

essa transição, é essencial aproveitar os processos da natureza para reativar a regeneração natural. A disponibilidade de sementes e a presença de animais dispersores são fundamentais para iniciar esse processo (Puerta, 2002). Em áreas degradadas próximas a florestas, o custo de recuperação pode ser reduzido, já que basta eliminar obstáculos como gramíneas invasoras para permitir que a regeneração natural ocorra. No entanto, em ambientes severamente impactados, intervenções mais robustas e, conseqüentemente, mais custosas, são necessárias.

Para incentivar a recuperação de áreas rurais, a legislação, como a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, pode ser usada para a recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reserva Legal. No entanto, ainda faltam alternativas tecnológicas acessíveis e compatíveis com as particularidades ecológicas de cada local (Figura 6). Por isso, a experimentação com SAFs e a agricultura sintrópica se mostram promissoras, oferecendo ao produtor uma forma de recuperar suas terras em longo prazo, com a compensação financeira da produção de madeira, frutas, hortaliças e insumos para compostagem, que ajudam a amortizar os custos da recuperação ambiental (Silva *et al.*, 2023; Egidio; Souza, 2025).



Figura 6. Projeto agroflorestar realizado pela Cooperafloresta na região Amazônica: resultados animadores. Fonte: <https://www.ecodebate.com.br/2020/09/09/agrofloresta-e-alternativa-de-desenvolvimento-na-amazonia/>.

✓ **Estratificação e diversidade: a base da produtividade**

Pesquisas recentes têm comprovado a eficácia da agricultura sintrópica. Um estudo conduzido na fazenda experimental do Incaper, no Espírito Santo, comparou a produção de café (variedades Conilon e Arábica) em monocultivo e em consórcio com seringueira. Os resultados mostraram que os genótipos de café submetidos ao consórcio superaram a produção dos cultivados isoladamente (Crespo; Souza; Silva, 2023).

Outro estudo, realizado por Silva *et al.* (2020) em Roraima, avaliou a produção de fitomassa de *Gliricidia sepium* e a quantidade de nitrogênio que ela disponibilizou para um pomar orgânico de laranja e banana. A pesquisa mostrou que o nitrogênio fornecido supriu 55% da exigência nutricional das culturas. Os autores notaram uma redução na produção de biomassa verde entre a primeira e a segunda poda, que foi atribuída ao período de poda e à perda de algumas plantas.

Em Goiás, pesquisadores avaliaram um SAF que usou o princípio da maximização fotossintética, focando na produção comercial de alface em consórcio com hortaliças, frutas e componentes florestais. O estudo comprovou que o SAF foi mais eficaz que o cultivo tradicional em diversos aspectos, como massa da planta, tamanho da raiz e número de folhas. A produção de alface, couve, rúcula, tomate e alho puro nesse sistema superou em duas vezes a produção do cultivo convencional, reforçando a importância dos serviços agroflorestais (Figura 7).

Assim como na natureza, os consórcios na agricultura sintrópica devem ter uma grande variedade de espécies em diferentes fases de crescimento. Essa diversificação é a chave para o bom funcionamento do agroecossistema, permitindo aperfeiçoar o uso do espaço e intensificar as interações benéficas entre as espécies. Além disso, a diversidade é extremamente vantajosa para o controle biológico de pragas, pois diminui a população de insetos prejudiciais e estimula o crescimento de seus inimigos naturais (Risch *et al.*, 1983; Togni *et al.*, 2009)



Figura 7. Horta no sistema de estratificação na agricultura sintrópica. Fonte: nossofoco.eco.br, 2021.

✓ **A Lógica da cooperação na agricultura sintrópica**

Na agricultura sintrópica, as espécies vegetais não competem, mas sim se cooperam. Esse comportamento colaborativo é estimulado quando as plantas são cultivadas no momento e espaço corretos, seguindo as diretrizes da ecofisiologia de cada espécie.

Essa abordagem se baseia em dois princípios-chave:

- **Sucessão:** O momento ideal de plantio de cada espécie acompanha o princípio da sucessão natural, imitando a forma como as florestas evoluem.
- **Estratificação:** O espaçamento entre as plantas é definido pela sua necessidade de luz, garantindo que cada uma ocupe uma posição específica dentro do sistema, como ocorre nas florestas naturais.

Ao respeitar a **ecofisiologia** de cada planta, o sistema se fortalece, o que reduz significativamente a incidência de pragas e doenças, conforme apontado por Rebello (2018).

✓ **Um modelo sustentável e resiliente**

Em diversas partes do Brasil e em outros países tropicais, a implantação de SAFs sintrópicos tem demonstrado sua eficácia. Esses sistemas promovem

a regeneração de ecossistemas, tornando a produção agrícola não apenas mais sustentável, mas também mais resiliente às mudanças climáticas.

Esses exemplos práticos mostram que a agricultura sintrópica é uma alternativa viável para a agricultura convencional, especialmente em cenários de degradação ambiental e escassez de recursos naturais. Ela oferece um caminho para uma produção mais harmônica com a natureza, que beneficia o solo, a biodiversidade e o produtor.

6. "Peace-Farming Technologies" e a meta de produção em larga escala

Ernst buscou, por um período, incorporar tecnologias em seu sistema agrícola, visando apoiar o agricultor na gestão do solo e simplificar o preparo da terra para alcançar resultados mais rápidos e eficientes. Um exemplo dessa integração entre natureza e tecnologia é o preparador de canteiros para solos compactados, desenvolvido por Ernst em colaboração com os engenheiros suíços Mathias Wäckerlin e Patrick Specker, da RhenusTEK. O equipamento cria um leito arenoso com profundidade adequada ao plantio, favorecendo o desenvolvimento das raízes.

O dispositivo combina hastes de subsoladores com uma enxada rotativa: as hastes levantam a terra, permitindo que a rotativa quebre a camada superficial do solo, incorporando também as raízes presentes. O equipamento foi projetado especificamente para essa função, garantindo eficiência e preservação da estrutura do solo.

Até o momento, Ernst e sua equipe desenvolveram oito equipamentos voltados para o preparo do solo, abrangendo semeadura, poda, corte, cobertura vegetal e colheita. Essa série de tecnologias ficou conhecida como Peace-Farming Technologies (tecnologias de agricultura de paz), refletindo a busca por métodos que harmonizem produtividade, sustentabilidade e cuidado com o solo.

7. Princípio de Gause em sistemas agroflorestais

O Princípio de Gause, ou Princípio da Exclusão Competitiva, é um conceito-chave na Ecologia que explica como as espécies interagem em um ambiente.

Ele afirma que duas espécies que competem pelos mesmos recursos limitantes não podem coexistir no mesmo nicho ecológico por muito tempo. Eventualmente, uma delas vai se sair melhor e, conseqüentemente, irá eliminar ou deslocar a outra, que não conseguirá competir pelos mesmos recursos.

Esse princípio tem implicações diretas no planejamento e manejo de SAFs. Em vez de criar um ambiente de competição, o objetivo nos SAFs é promover a complementaridade de nichos. Isso significa que as espécies são selecionadas e dispostas de modo que não compitam pelos mesmos recursos (luz, água, nutrientes, etc.).

A diversificação de espécies em SAFs é um exemplo prático de como evitar a exclusão competitiva. Ao combinar árvores de grande porte, arbustos e culturas de ciclo curto, cada espécie pode explorar um recurso diferente no espaço (estratos de dossel e raízes) e no tempo (ciclos de vida variados). Essa estratégia aumenta a produtividade, a diversidade e a resiliência do sistema, transformando a competição em uma relação de cooperação, de acordo com: (Gause, 1934; Odum, 1988; Odum; Barrett, 2007; Ricklefs; Relyea, 2018; Altieri, 2020; Gomes *et al.*, 2020; Lacerda; Hanisch; Nimmo, 2020).

✓ **Diversificação de espécies e nichos**

Em um SAF, diferentes espécies vegetais — como árvores, arbustos, leguminosas e culturas anuais — são combinadas de forma planejada. Cada espécie ocupa um nicho ecológico específico em termos de:

- Exploração da luz (estratos superior, intermediário e inferior);
- Uso da água e nutrientes do solo (camadas superficiais e profundas);
- Crescimento temporal (ciclos vegetativos curtos e longos).

Segundo o princípio de Gause, espécies que tentam ocupar exatamente o mesmo nicho competem intensamente, o que pode reduzir a produtividade ou até eliminar uma delas. Assim, a diversidade funcional e estrutural dos SAFs é planejada para minimizar a sobreposição de nichos e permitir a coexistência.

✓ **Complementaridade e sinergia**

O manejo agroflorestal baseado no princípio de Gause busca espécies que utilizem recursos de forma complementar, evitando competição direta. Por exemplo:

- Árvores de copa alta fornecem sombra parcial, permitindo o crescimento de cultivos de baixo porte que requerem luz filtrada;
- Leguminosas fixadoras de nitrogênio enriquecem o solo, beneficiando plantas que exploram nutrientes diferentes;
- Espécies com raízes profundas acessam água e nutrientes de camadas não atingidas por plantas de raízes superficiais.

Essa complementaridade aumenta a produtividade global do sistema e mantém a diversidade biológica sem que ocorra exclusão competitiva.

✓ **Resiliência ecológica**

A diversidade de nichos em SAFs contribui para a resiliência ecológica: se uma espécie sofre estresse por pragas, seca ou doenças, outras que ocupam diferentes nichos podem sustentar a produtividade e a cobertura do solo, reduzindo o risco de falha total do sistema.

✓ **Aplicações práticas**

Para operacionalizar o princípio de Gause em SAFs, recomenda-se:

- Escolher espécies com diferentes taxas de crescimento, alturas e necessidades de luz para evitar competição direta;
- Alternar espécies anuais e perenes, ocupando nichos temporais distintos;
- Combinar culturas agrícolas com árvores de diferentes estratos, melhorando a eficiência no uso de recursos naturais.

O princípio de Gause fundamenta a importância de planejar SAFs de forma a reduzir a competição direta entre espécies, aproveitando a complementaridade funcional, promovendo resiliência ecológica e sustentando a produtividade do sistema (Figura 8).

Ou seja, o Princípio da Exclusão Competitiva é a chave para o planejamento e sucesso dos SAFs. Em vez de simplesmente reunir diferentes

espécies, a aplicação desse conceito busca a complementaridade de nichos ecológicos. Isso significa que as espécies são escolhidas e dispostas para que não compitam diretamente pelos mesmos recursos limitantes, como luz, água e nutrientes.

A organização inteligente do espaço e do tempo, em vez de promover a competição, cria uma sinergia entre as plantas, onde uma pode até beneficiar a outra. O resultado é um sistema mais diversificado, produtivo e ecologicamente resiliente, que garante a sustentabilidade em longo prazo.

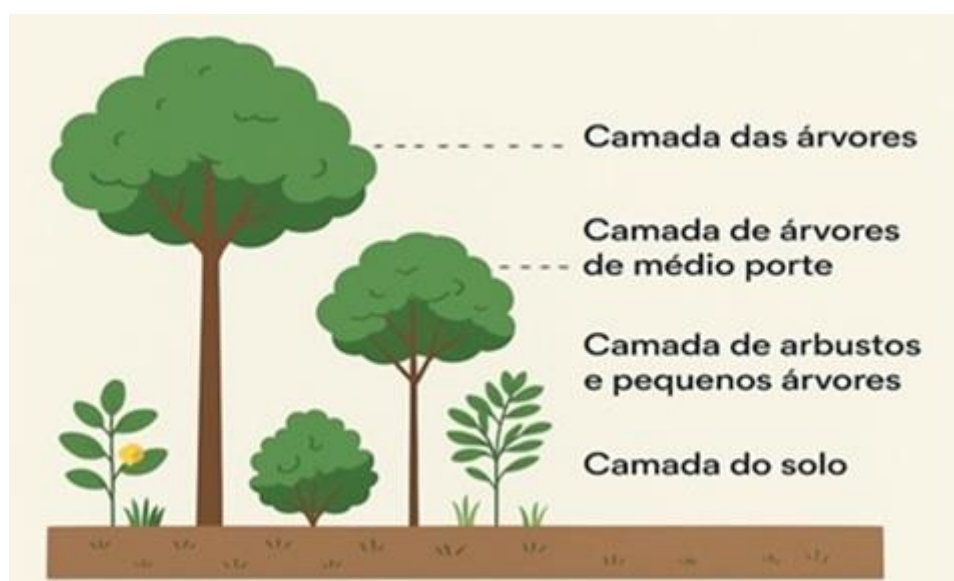


Figura 8. Princípio de Gause em sistemas agroflorestais. Fonte: <https://chatgpt.com/c/68d1af4e-e6c0-8321-90d7-e9f83aaf2c74>.

8. Princípio de Gause e Agricultura Sintrópica: uma relação de oposição e complementaridade

O Princípio de Gause, conceito é central na ecologia, enfatiza a competição por recursos escassos como força reguladora das populações. Em contraste, a agricultura sintrópica é um sistema de produção agrícola baseado na cooperação e na complementaridade entre espécies. Em vez de competir pelos mesmos recursos, as plantas são planejadas em consórcios que se beneficiam mutuamente, formando sistemas mais complexos, produtivos e resilientes. O termo “sintrópico” deriva de “sintropia”, conceito que descreve a tendência de um sistema em direção à ordem, organização e complexidade, em oposição à “entropia”, associada ao caos e à degradação, de acordo com: (Gause, 1934;

Odum, 1988; Odum; Barrett, 2007; Ricklefs; Relyea, 2018; Altieri, 2020; Gomes *et al.*, 2020; Lacerda; Hanisch; Nimmo, 2020).

✓ Relação entre o Princípio de Gause e a Agricultura Sintrópica

Embora à primeira vista pareçam conceitos opostos, o Princípio de Gause e a agricultura sintrópica se complementam de forma estratégica:

- Oposição: O princípio de Gause descreve cenários de competição intensa, nos quais uma espécie exclui a outra. A agricultura sintrópica evita a competição direta criando ambientes em que as espécies ocupam diferentes nichos ecológicos, tanto no espaço — como raízes superficiais e profundas ou plantas de dossel e sub-bosque — quanto no tempo, com ciclos vegetativos curtos e longos;
- Complementaridade: O planejamento sintrópico utiliza o Princípio de Gause como referência para organizar a diversidade de espécies de maneira eficiente. Reconhece-se que a competição existe na natureza, mas, ao combiná-la com estratégias de complementaridade, cria-se um sistema que aperfeiçoa o uso dos recursos. Por exemplo, plantas de ciclo curto preparam o solo para espécies de ciclo longo, enquanto leguminosas fixadoras de nitrogênio beneficiam culturas próximas, permitindo uma “superposição” de nichos que maximiza produtividade sem exclusão competitiva (Figura 9).



Figura 9. Área sendo preparada para estabelecimento de SAF sintrópico. Fonte: Dário Rodrigues, 2024.

Em resumo, a agricultura sintrópica não ignora o Princípio de Gause; ela o transcende. Enquanto o princípio enfatiza a competição por recursos, a sintropia prioriza cooperação, diversificação e complementação, promovendo sistemas agrícolas mais resilientes, produtivos e harmonizados com a natureza. Esse enfoque mostra que, em vez de competir pela sobrevivência, as espécies podem prosperar conjuntamente, gerando benefícios ecológicos e agrícolas simultaneamente (Figura 10).

Dessa forma, um SAF Sintrópico é uma abordagem de agricultura que vai além da simples combinação de árvores com culturas agrícolas. Ele se baseia no conceito de sintropia, que é o oposto da entropia:

- **Entropia** está ligada à degradação e desorganização de um sistema, ou seja, à perda de energia. É o que acontece, por exemplo, em um solo que perde fertilidade e se degrada com o tempo.
- **Sintropia**, por outro lado, significa a tendência de um sistema para a organização, integração e acumulação de energia e vitalidade.

Em um SAF sintrópico, o objetivo é criar um sistema que não apenas produza alimentos, mas também regenere e enriqueça o solo e o ambiente continuamente. Isso é feito imitando a dinâmica da sucessão natural de uma floresta. As plantas são organizadas de forma estratégica para cooperar entre si, e não competir.

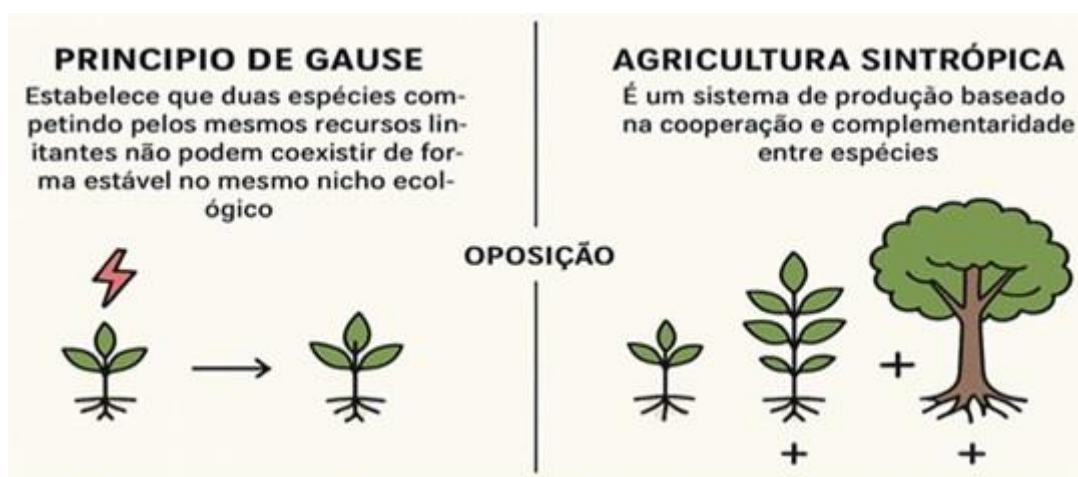


Figura 10. Princípio de Gause e agricultura sintrópica: uma relação de oposição e complementaridade. Fonte: <https://chatgpt.com/c/68d460e7-1cfc-8330-9258-29372d4c9741>.

9. Considerações

A agricultura sintrópica representa uma mudança de paradigma em relação aos métodos convencionais. Ao contrário da agricultura moderna, que depende de insumos externos e monoculturas, a abordagem sintrópica permite que o agricultor obtenha uma produção de alimentos sem desmatar, revolver o solo, usar fertilizantes sintéticos ou aplicar agrotóxicos. Essa autonomia e a redução da dependência de recursos externos criam um sistema produtivo mais equilibrado e resiliente.

A recuperação de áreas degradadas é central nesse processo, baseada nos princípios de estratificação e sucessão de espécies. Isso resulta em uma biodiversidade vegetal ampliada e no aumento de polinizadores, inimigos naturais de pragas e da vida no solo. A riqueza da microbiota assegura a fertilidade do solo e combate a erosão. A sintropia se destaca no contexto da agricultura sustentável por sua crença na fertilidade dos ecossistemas — tanto naturais quanto cultivados — e por suas práticas que têm sido estudadas, observadas e comprovadas cientificamente.

A agricultura sintrópica inverte a lógica da competição, ilustrada pelo Princípio de Gause (Princípio da Exclusão Competitiva). Enquanto a agricultura convencional se baseia na eliminação de outras espécies (ervas daninhas, pragas) para favorecer a monocultura, a sintropia promove a coexistência e a cooperação.

Em um sistema sintrópico, a sobreposição de nichos ecológicos não resulta em competição destrutiva, mas sim no aperfeiçoamento do espaço e dos recursos. A diversidade de plantas com diferentes necessidades de luz (estratificação) e de nutrientes (sucessão) permite que elas ocupem diferentes "camadas" no sistema. Isso faz com que as espécies não compitam diretamente pelo mesmo recurso limitado no mesmo momento. A natureza encontra formas de particionar os recursos, e a agricultura sintrópica mimetiza essa sabedoria, garantindo que o sistema como um todo prospere, em vez de uma única espécie.

A agricultura sintrópica emerge como uma solução promissora para os desafios ambientais e agrícolas de hoje. Ao adotar princípios de regeneração natural, diversidade e equilíbrio ecológico, ela não apenas aumenta a

produtividade, mas também promove a recuperação de ecossistemas. No entanto, seu potencial precisa ser amplamente explorado e disseminado, principalmente em áreas com solos degradados e em sistemas agrícolas convencionais.

O futuro da agricultura sintrópica aponta para uma integração com tecnologias sustentáveis e outras práticas regenerativas. Isso pode transformar fundamentalmente a produção de alimentos, tornando-a mais resiliente e em harmonia com os ciclos naturais. Com o aumento da sua adoção por mais agricultores, a agricultura sintrópica pode se estabelecer como uma solução fundamental para a sustentabilidade alimentar e ambiental do futuro, provando que a produção e a conservação podem — e devem — andar lado a lado.

10. Referências

ABRAMOVAY, R. ***O futuro das regiões rurais***. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.

AGENDA **GÖTSCH**. Disponível em: <https://agendagotsch.com/en/?s=sintropia>. Acesso: 10 ago. 2022.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. 3. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2012.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2020.

ALTIERI, M. A. **Agroecology**: the science of sustainable agriculture. 2. ed. Boulder: Westview Press, 2004.

ALTIERI, M. A. Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 2, n. 1, p. 35-42, 2004.

ARMANDO, M. S.; BUENO, Y. M.; ALVES, E. R. da S.; CAVALCANTE, C. H. **Agrofloresta para agricultura familiar**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2002. 11 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Circular Técnica, 16).

BALEEIRO, A. V. F. **Reconectando agricultura e resíduos orgânicos**: em busca de uma agricultura urbana sintrópica. 2015. 87 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

CAMARGO, G. M.; SCHLINDWEIN, M. M.; PADOVAN, M. P.; SILVA, L. F. da. SISTEMAS AGROFLORESTAIS BIODIVERSOS: UMA ALTERNATIVA PARA PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 15, n. 1, 2019. Disponível em: <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/4318>. Acesso em: 18 set. 2025.

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.p06.19.

DARIO, F. R. **A importância da fauna na dinâmica da floresta**. 2004. Disponível em: <http://port.pravda.ru/news/cplp/brasil/26-07-2004/5751-0/>. Acesso em: 3 abr. 2025.

EGIDIO, L. S.; SOUZA, M. N. Recuperação de áreas degradadas na Mata Atlântica: 23 anos de restauração ecológica e agrofloresta na Estância São Lucas, Guaçuí – ES. Restoration of degraded areas in the Atlantic Forest: 23 years of ecological restoration and agroforestry in the Estância São Lucas, Guaçuí - ES. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 14, p. 230-241, 2025. Home page: <https://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/7988>. DOI: 10.21664/2238-8869.2025v14i3.7988.

ELLIS, E. C. *et al.* Used planet: A global history. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 110, n. 20, p. 7978–7985, 2013.

FOSTER, D. *et al.* The importance of land-use legacies to ecology and conservation. **BioScience**, v. 53, n. 77, 2003.

GAUSE, G. F. **The struggle for existence**. Baltimore: The Williams & Wilkins Company, 1934.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Ed. Da Univ. Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, 2001.

GOMES, F. R.; LACERDA, C. F.; HANISCH, J. P.; NIMMO, J. R. Sistemas agroflorestais e diversidade funcional: integração de espécies e resiliência. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 15, n. 2, p. 45-60, 2020.

GOMES, L. C.; BIANCHI, F. J. J. A.; CARDOSO, I. M.; FERNANDES, R. B. A.; FILHO, E. I. F.; SCHULTE, R. P. O. Agroforestry systems can mitigate the impacts of climate change on coffee production: A spatially explicit assessment in Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 294, p. 106858, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880920300438>. Acesso em: 22 set. 2025.

GONCALVES, D. C.; CRESPO, A. M.; FERREIRA, C. C.; CARRICO, I. G. H.; SOUZA, M. N.; RIBEIRO, W. R. A agroecologia como ferramenta ao fortalecimento da agricultura familiar. **REVISTA DA UNIVAP**, v. 1, p. 342-357, 2019. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2018/index.html.

GÖTSCH, E. Bases para a agricultura sintrópica. **Revista Agriculturas**, v. 10, n. 2, p. 8-13, 2013.

GÖTSCH, E. **Break:** through in agriculture. Rio de Janeiro: AS-PTA, 22 p. 1995.

GÖTSCH, E. **Break-through in agriculture**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1997.

GOTSCH, E. **O Renascer da Agricultura**. Centro Sabiá, Recife, 1995.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Inpe estima 6.624 km² de desmatamento por corte raso na Amazônia em 2017**. São José dos Campos, 2017.

LACERDA, A. E. B.; HANISCH, A. L.; NIMMO, E. R. Leveraging Traditional Agroforestry Practices to Support Sustainable and Agrobiodiverse Landscapes in Southern Brazil. **Land**, v. 9, n. 6, p. 176, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-445X/9/6/176>. Acesso em: 22 set. 2025.

LACERDA, C. F.; HANISCH, J. P.; NIMMO, J. R. Estratégias de manejo e coexistência em sistemas agrofloreais. **Agroforestry Systems**, v. 25, p. 101-115, 2020.

MAKARIEVA, A. M.; GORSHKOV, V. G.; LI, B. L. Revisiting forest impact on atmospheric water vapor transport and precipitation. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 111, p. 79-96, 2013.

MICCOLIS, A.; ARCO-VERDE, M. F. **Restauração ecológica com sistemas agrofloreais opções para cerrado e caatinga restauração ecológica com sistemas agrofloreais como conciliar conservação com produção**. 2016.

MILARÉ, E. Direito do ambiente. São Paulo: **Revista dos Tribunais**, 2000.

MONTGOMERY, D. R. **Dirt:** The erosion of civilization. 2007.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434 p.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de Ecologia**. 5. ed. Rio de Janeiro: Thomson Learning, 2007.

OLIVEIRA, R. F.; SOUZA, M. N.; TRIVELLATO, M. D. Revegetação de taludes e áreas ciliares da represa do horto e da nascente do IF Sudeste MG – CAMPUS RIO POMBA. **Revista Eletrônica do IBEAS**. , v.1, p.58 - 64, 2015.

OPENAI. **ChatGPT** [software de inteligência artificial]. Disponível em: <https://chat.openai.com>. Acesso em: 24 set. 2025.

PASINI, F. S. A. **Agricultura Sintrópica de Ernst Götsch:** história, fundamentos e seu nicho no universo da Agricultura Sustentável. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Conservação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

PENEIREIRO, F. M. **Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso.** 1999. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1999.

PUERTA, R. Regeneração arbórea em pastagem abandonada na região de Manaus em função da distância da floresta contínua. **Scientia Florestalis**, n. 62, p. 32-39, 2002.

REBELLO, J. F. S. **Princípios de agricultura sintrópica segundo Ernst Götsch.** 53 p. 2018.

RICKLEFS, R. E.; RELYEA, R. **A Economia da Natureza.** 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

RISCH, S. J.; ALTIERI, M. A. Agroecosystem diversity and pest control: Data, tentative conclusions, and new research directions. **Environmental Entomology**, v. 12, n. 3, p. 625-629, 1983.

SANTOS, M. J. C. **Avaliação econômica de quatro modelos agroflorestais em áreas degradadas por pastagens na Amazônia Ocidental.** Piracicaba, 2000. 75 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2000.

SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. **Nature**, London, v. 404, n. 6773, p. 72-74, 2000.

SILVA, M. M. da; SILVA, M. M. da; LOUBACK, G. C.; SOUZA, M. N.; RANGEL, O. J. P.; FERRARI, J. L.; CARDOZO, L. G. C.; PRETO, B. de L.; OLIVEIRA, A. F. M. de; CALABIANQUI, T. N.; BERILLI, A. P. C. G.; BERILLI, S. da S. Uso e cobertura da terra na fazenda São José, município de Muniz Freire, ES. OBSERVATORIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA. , v.21, p.20818 - 20833, 2023. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/1386/1461>. DOI: 10.55905/oelv21n11-121.

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.

STEFFEN, W. *et al.* Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. **Science**, v. 347, n. 6223, p. 1259855, 2015.

TOGNI, O. C. **Diversidade de vespas sociais (*Hymenoptera*, *Vespidae*) na Mata Atlântica do litoral norte do estado de São Paulo,** 2009.

VAZ DA SILVA, P. P. **Sistemas agroflorestais para recuperação de matas ciliares em Piracicaba,** SP. 98 p. 2002.

ZACARIAS, A. J.; SOUZA, M. N. Recuperação de área degradada de monocultura intensiva no estado do Espírito Santo. **REVISTA DA UNIVAP**, v.1, n. 87, p. 234-242, 2019. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2018/index.html

CAPÍTULO 2

A multifuncionalidade dos quintais agroecológicos: perspectivas para educação ambiental e paisagismo sustentável

Elielton Almeida de Sousa, Monique Moreira Moulin, Alexandre José Firme
Vieira, Atanásio Alves do Amaral, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-36-7.c2>

Resumo

Diante dos desafios ambientais e sociais contemporâneos, os quintais agroecológicos configuram-se como alternativas promissoras para integrar a produção de alimentos, o cuidado com o meio ambiente e as práticas educativas. Este capítulo reflete sobre a relevância desses espaços no fortalecimento de modos de vida sustentáveis, evidenciando suas contribuições para a sensibilização ambiental, a segurança alimentar e a valorização dos saberes populares. A análise destaca as múltiplas dimensões que permeiam os quintais — ecológica, social, econômica e educativa —, ressaltando seu papel na construção de comunidades mais conscientes, resilientes e integradas à natureza. Observa-se ainda que, ao diversificar espécies e ocuparem diferentes nichos, os quintais seguem princípios ecológicos como o de Gause, promovendo coexistência e equilíbrio entre plantas e recursos disponíveis. Mais do que espaços de cultivo, os quintais agroecológicos são apresentados como ferramentas transformadoras na promoção de um futuro mais justo e sustentável.

Palavras-chave: Agroecologia. Segurança alimentar. Sustentabilidade. Biodiversidade. Comunidades locais.

1. Introdução

A crescente preocupação com a sustentabilidade ambiental e a segurança alimentar tem intensificado o interesse por práticas agrícolas que respeitam os limites ecológicos. Conforme destacado por Altieri (2012) e Souza *et al.* (2025), a intensificação da produção agrícola, impulsionada pelo crescimento populacional e pela expansão da fronteira agrícola, entra em conflito com a disponibilidade limitada de recursos como água e energia, além de trazer à tona desafios como a degradação ambiental, a perda de biodiversidade e o uso intensivo de insumos químicos.

No Brasil, a Revolução Verde, ocorrida na segunda metade do século XX, promoveu a modernização da agricultura com foco na industrialização, nas exportações e no aumento da produção (Carneiro *et al.*, 2013). Entretanto, esse processo trouxe impactos sociais e ambientais significativos, sobretudo no desmatamento, na expansão das fronteiras agrícolas e na intensificação das monoculturas (Moreira, 2000; Souza *et al.*, 2025).

Nesse contexto, a agroecologia emerge como uma abordagem que não apenas visa a produção de alimentos, mas também a saúde dos ecossistemas e das comunidades que deles dependem (Francis *et al.*, 2003; Caporal; Costabeber, 2004; Altieri; Nicholls, 2013; Souza *et al.*, 2025b). Ao combinar conhecimentos tradicionais e científicos, a agroecologia busca construir sistemas agrícolas mais resilientes e sustentáveis, aspecto fundamental em tempos de mudanças climáticas e de degradação ambiental (Wezel *et al.*, 2009; Altieri, 2012; Souza *et al.*, 2025b).

Importa destacar que a agroecologia fundamenta-se em princípios que valorizam a diversidade biológica e as interações entre os elementos do ecossistema (Wezel *et al.*, 2020; Hawes; Iannetta; Squire, 2021; Souza *et al.*, 2025b). Ao contrário da agricultura convencional, frequentemente dependente de insumos químicos e monoculturas, a agroecologia promove sistemas de cultivo baseados nos processos naturais, favorecendo a qualidade do solo, a resiliência das culturas e a conservação da biodiversidade, essencial à manutenção dos serviços ecossistêmicos (Tittone, 2020; Wezel *et al.*, 2020; Hawes; Iannetta; Squire, 2021).

A adaptabilidade da agroecologia a diferentes contextos, abrangendo áreas urbanas e rurais, também é um aspecto de destaque (Snapp; Pound, 2017; Artmann; Sartison, 2018). Nesse âmbito, os quintais agroecológicos surgem como espaços estratégicos para promover a segurança alimentar e nutricional, ao mesmo tempo em que contribuem para a conservação da agrobiodiversidade (Santos *et al.*, 2013; Ferreira-Alves *et al.*, 2023). Além disso, funcionam como laboratórios vivos que estimulam a educação ambiental e a sensibilização para a sustentabilidade (Souza; Cadete, 2017; Leme Mundo; Rezende, 2020).

A criação de quintais agroecológicos mostra-se, assim, uma solução viável frente aos desafios impostos pela urbanização, pelos monocultivos em áreas rurais e pela degradação ambiental (Artmann; Sartison, 2018). Esses espaços permitem o cultivo de hortaliças e plantas medicinais, fomentam hábitos alimentares saudáveis e diversificados e contribuem para a redução de problemas como a obesidade infantil e a desnutrição, questões críticas na sociedade contemporânea (Souza; Cadete, 2017).

Para além dos benefícios ambientais e nutricionais, os quintais agroecológicos possuem expressivo impacto social. Sua implantação em escolas, comunidades, praças e residências possibilita o envolvimento de crianças, jovens e adultos em práticas que promovem o sentimento de pertencimento e a responsabilidade socioambiental (Silva; Tabosa, 2024). Esses espaços configuram-se como locais de lazer, interação social e troca de saberes tradicionais, fortalecendo vínculos comunitários e incentivando o engajamento em práticas sustentáveis (Silva; Tabosa, 2024).

Dessa forma, os quintais agroecológicos não apenas desempenham um papel central na educação ambiental, como também enriquecem o espaço urbano e rural, fortalecendo a sustentabilidade econômica e a resiliência comunitária (Souza; Cadete, 2017; Artmann; Sartison, 2018; Ferreira-Alves *et al.*, 2023). Trata-se, portanto, de uma abordagem integrada que transforma a relação das pessoas com a produção de alimentos, estimulando estilos de vida mais conscientes e responsáveis.

2. Quintal agroecológico

Os quintais agroecológicos constituem espaços produtivos localizados no entorno das residências, caracterizados pela integração de práticas sustentáveis de cultivo e manejo ambiental (Figura 1). Esses ambientes exercem papel fundamental na promoção da segurança alimentar, na conservação da biodiversidade e no fortalecimento das dinâmicas socioculturais das comunidades.



Figura 1. Quintal agroecológico em implantação no Polo de Educação Ambiental da Mata Atlântica (Peama), Ifes, Alegre, ES. Fonte: Acervo Elielton Almeida, 2025.

Segundo Miranda (2011), os quintais agroecológicos podem ser compreendidos como sistemas agroecossistêmicos multifuncionais, capazes de atender de forma integrada e eficiente às demandas alimentares e ambientais. Além disso, segundo Santos, Oliveira e Oliveira (2014) e Silva e Tabosa (2024), estudos recentes reforçam seu potencial como estratégia de educação ambiental, inclusão social e geração de renda, evidenciando sua relevância tanto em áreas rurais quanto urbanas.

Etimologicamente, a palavra “quintal” deriva do latim *quintanale*, que significa pequena quinta ou propriedade rural. Historicamente, os quintais surgiram como extensões das residências, destinados ao cultivo de alimentos, à

criação de animais e à realização de atividades domésticas. Com o avanço da urbanização, esses espaços foram perdendo protagonismo nas zonas urbanas, mas mantiveram-se como elementos centrais nas comunidades rurais, especialmente em regiões semiáridas (Nascimento; Alves; Molina, 2005; Ferreira-Alves *et al.*, 2023).

Os quintais agroecológicos se destacam pela incorporação dos princípios da agroecologia, que buscam promover a sustentabilidade por meio da interação harmônica entre os elementos do ecossistema. Essas práticas incluem o cultivo de hortaliças, frutíferas, plantas medicinais e ornamentais, bem como a criação de pequenos animais (Dourado, 2004; Nascimento; Alves; Molina, 2005; Brolese, 2013; Silva *et al.*, 2023). Nesse sentido, Silva *et al.* (2023) ressaltam que, além de suprirem as necessidades alimentares das famílias, esses espaços também contribuem para a conservação da biodiversidade e para a geração de renda adicional.

Do ponto de vista ambiental, os quintais agroecológicos desempenham papel essencial na conservação de sementes crioulas e na manutenção de espécies nativas (Vieira, 2009; Lima, 2019). Vieira (2009) acrescenta ainda que esses espaços colaboram para a regulação do microclima, oferecem abrigo à fauna local e favorecem a ciclagem de nutrientes. Assim, os quintais se configuram como ferramentas estratégicas para a preservação ambiental e a promoção da sustentabilidade (Figura 2).



Figura 2. Quintal agroecológico em propriedade no P.A. Santa Rosa, município de Paracatu, MG. Fonte: Embrapa, 2022.

Destaca-se ainda que a gestão dos quintais agroecológicos é frequentemente liderada por mulheres, que assumem papel central no planejamento e na execução das atividades nesses espaços. Segundo Ferreira-Alves *et al.* (2023) e Silva *et al.* (2023), essa dinâmica fortalece a autonomia feminina e promove a transmissão intergeracional de saberes, assegurando a continuidade das práticas sustentáveis e o fortalecimento dos laços familiares.

Além de sua função produtiva, os quintais agroecológicos possuem valor educacional e cultural. Maria *et al.* (2017) ressaltam que esses espaços podem ser utilizados como laboratórios vivos para a educação ambiental, aproximando as comunidades do conhecimento científico e ampliando a compreensão sobre as relações entre sociedade e natureza.

A diversidade de espécies cultivadas constitui uma das principais características dos quintais agroecológicos. Além de enriquecer a dieta alimentar das famílias, essa variedade contribui para a conservação da agrobiodiversidade e para o fortalecimento da soberania alimentar (Lima, 2019). O mesmo autor enfatiza que tais espaços também podem fortalecer as redes de agricultores familiares, promovendo trocas de conhecimentos e experiências.

Outro aspecto relevante dos quintais agroecológicos é a comercialização dos excedentes. Embora a maior parte da produção seja destinada ao consumo próprio, a venda dos produtos cultivados pode complementar a renda das famílias, contribuindo para sua autonomia econômica (Santos *et al.*, 2007; Ferreira-Alves *et al.*, 2023).

A relevância desses quintais também se alinha aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)¹ da ONU, em especial à erradicação da fome e à promoção da agricultura sustentável. Nesse sentido, representam soluções locais para desafios globais, ao integrarem dimensões ecológicas, sociais e econômicas (ONU, 2015).

¹ Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são uma agenda global da Organização das Nações Unidas (ONU) adotada em 2015 para acabar com a pobreza, proteger o planeta e garantir paz e prosperidade para todos até 2030. Contêm 17 objetivos e 169 metas que abordam as dimensões social, econômica e ambiental do desenvolvimento, e que exigem o engajamento de governos, empresas, sociedade civil e cidadãos para serem alcançados.

Dessa forma, ressalta-se que a implantação de projetos voltados à criação de quintais agroecológicos é essencial para fomentar a educação ambiental, estimular práticas sustentáveis e fortalecer a relação entre moradores, estudantes e o ambiente natural.

3. Educação ambiental e práticas sustentáveis

A educação ambiental tem se consolidado como um campo essencial para a formação de cidadãos conscientes e responsáveis em relação ao meio ambiente. Nesse contexto, a utilização de quintais agroecológicos como ferramentas educativas demonstra grande potencial para promover a conscientização ecológica entre estudantes (Figura 3). Essa abordagem não apenas integra conceitos teóricos de sustentabilidade, mas também proporciona experiências práticas fundamentais para a formação de uma nova geração de cidadãos críticos e comprometidos com a transformação socioambiental (Leite; Mininini, 2001; Jacobi; Tristão; Franco, 2009; Francischetto *et al.*, 2023).



Figura 3. Visita de alunos do ensino fundamental do município de Alegre ao quintal agroecológico em implantação no Polo de Educação Ambiental da Mata Atlântica (Peama), no Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) Campus Alegre, ES. Fonte: Acervo Elielton Almeida, 2025.

As metodologias de ensino que incorporam quintais agroecológicos variam amplamente; em sua maioria, baseiam-se em princípios ativos de aprendizagem, nos quais os alunos são incentivados a participar de forma efetiva no processo

educativo. Conforme destacado por Mantovanelli (2019), abordagens como a aprendizagem baseada em projetos têm se mostrado eficazes, pois permitem que os estudantes desenvolvam habilidades práticas enquanto trabalham em atividades de cultivo. Essa metodologia não apenas facilita a assimilação de conteúdos teóricos, como também promove a colaboração e o trabalho em equipe.

Nesse contexto, Procópio *et al.* (2021) e Souza Neta *et al.* (2024) ressaltam a relevância da interdisciplinaridade nas práticas de educação ambiental. Ao integrar disciplinas como ciências, matemática e artes, os quintais agroecológicos constituem espaços ricos para o aprendizado holístico. Os alunos podem aplicar conceitos matemáticos ao calcular áreas de plantio, explorar a biologia ao observar o ciclo de vida das plantas e expressar suas experiências por meio da arte (Soares *et al.*, 2024). Essa abordagem multidimensional enriquece a experiência educativa, tornando o aprendizado mais dinâmico e significativo.

Diversas experiências educacionais confirmam a relevância dos jardins escolares como ferramentas eficazes para o desenvolvimento sustentável e a educação ambiental. Um exemplo notável é apresentado por Papadopoulos, Kazana e Armakolas (2020), que destacam os múltiplos benefícios da implantação de jardins em escolas. Segundo os autores, tais espaços favorecem a aprendizagem experiencial, possibilitando aos alunos compreender de maneira concreta os ciclos da natureza e os princípios da sustentabilidade.

Os resultados obtidos demonstram que os estudantes envolvidos em atividades de jardinagem apresentaram melhorias significativas em suas habilidades cognitivas, comportamentais e sociais. A pesquisa também evidenciou que esses alunos desenvolveram maior consciência ecológica ao aprenderem sobre práticas sustentáveis, como compostagem, controle biológico de pragas e cultivo agroecológico.

Além disso, a implantação de jardins escolares contribuiu para impactos positivos na saúde física e mental dos alunos. O estudo mostrou que atividades ao ar livre, como a jardinagem, reduziram sintomas de ansiedade e aumentaram a autoestima das crianças, conforme corroborado por Wells e Evans (2003) e

Maller (2005). Outro aspecto relevante foi a melhoria dos hábitos alimentares, uma vez que os estudantes passaram a consumir mais frutas e vegetais, ampliando a compreensão sobre a importância de uma alimentação saudável (Morris; Neustadter; Zidenberg-Cherr, 2001; Souza Neta *et al.*, 2024).

Os impactos da implantação de jardins escolares na formação da consciência ecológica dos alunos também são evidenciados por Papadopoulou, Kazana e Armakolas (2020), que destacam a contribuição dessas experiências para o desenvolvimento da empatia pelos seres vivos e para a compreensão das interações ecológicas. A participação ativa no cultivo e no cuidado com as hortas permite que os estudantes compreendam o ciclo de vida das plantas, a importância da biodiversidade e os impactos das práticas humanas sobre o meio ambiente.

Ademais, atividades como a compostagem e o manejo sustentável de resíduos auxiliam na internalização de conceitos de sustentabilidade de maneira mais eficaz do que métodos puramente teóricos. Nesse sentido, Skelly e Zajicek (1998) demonstraram que alunos envolvidos em experiências de jardinagem escolar apresentaram maior interesse e preocupação com questões ambientais, desenvolvendo comportamentos sustentáveis, como a redução da produção de lixo e a valorização de produtos locais e orgânicos (Figura 4).



Figura 4. Alunos do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) – Campus Alegre realizando o plantio de mudas no quintal agroecológico em implantação no Polo de Educação Ambiental da Mata Atlântica (Peama), Alegre-ES. Fonte: Acervo Elielton Almeida, 2025.

Papadopoulos, Kazana e Armakolas (2020) ainda destacam que a educação ambiental prática, realizada nos jardins escolares, não apenas fortalece a conexão dos alunos com a natureza, mas também contribui para mudanças culturais dentro da escola, incentivando hábitos sustentáveis e uma visão mais responsável em relação ao meio ambiente. Essa abordagem evidencia a importância da implantação de espaços verdes educativos como instrumentos eficazes na formação da consciência ecológica e no desenvolvimento de valores ambientais nos estudantes.

Apesar dos benefícios evidentes, a implantação de quintais agroecológicos nas escolas enfrenta desafios, como a falta de recursos financeiros, infraestrutura adequada e resistência a mudanças nas práticas pedagógicas tradicionais (Medeiros Junior *et al.*, 2023). Parcerias com organizações não governamentais e iniciativas comunitárias podem oferecer suporte material, técnico e pedagógico, enquanto programas de formação que enfatizam a educação ambiental práticas contribuem para criar um ambiente escolar mais receptivo à inovação.

A utilização de quintais agroecológicos em escolas públicas configura-se, portanto, como uma abordagem promissora para a formação de consciência ecológica. A integração de práticas sustentáveis ao currículo escolar, aliada à participação da comunidade e ao desenvolvimento profissional dos educadores, pode transformar a relação dos alunos com o meio ambiente, promovendo cidadãos mais conscientes, críticos e comprometidos com a sustentabilidade.

4. Agroecologia e segurança alimentar

A agroecologia tem se consolidado como uma abordagem estratégica para enfrentar os desafios da segurança alimentar, especialmente em contextos de urbanização crescente e degradação ambiental (Weid, 2004). Os quintais agroecológicos, que incorporam práticas sustentáveis de cultivo e manejo, desempenham papel fundamental na promoção da produção local de alimentos saudáveis e acessíveis. Essa prática contribui não apenas para a segurança alimentar, mas também fortalece a resiliência de comunidades urbanas e rurais,

incentivando hábitos alimentares mais saudáveis e sustentáveis (Kuhn; Schmitt; Fassina, 2021).

Os quintais agroecológicos vão além da simples produção de alimentos, representando um modelo de interação entre o ser humano e a natureza que prioriza a biodiversidade e a sustentabilidade. De acordo com Leme Mundo e Resende (2020), esses espaços aumentam a disponibilidade de alimentos frescos e nutritivos, reduzindo a dependência de produtos industrializados e processados (Figura 5). Além disso, a diversificação de culturas nos quintais agroecológicos contribui para a mitigação de riscos associados a pragas e doenças, promovendo uma produção mais resiliente e sustentável.



Figura 5. Canteiro com diversidade de alface na horta agroecológica/orgânica da Vitrine Tecnológica da Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG. Fonte: Embrapa, 2016.

A segurança alimentar está intrinsecamente relacionada à capacidade das comunidades de produzir e acessar alimentos de qualidade. Rodrigues e Silva (2017) destacam que os quintais agroecológicos podem constituir uma resposta eficaz às desigualdades alimentares, especialmente em áreas urbanas onde o acesso a alimentos frescos é limitado. Ao incentivar a produção local, essas práticas não apenas melhoram a qualidade da dieta das famílias, mas também promovem a autossuficiência e a soberania alimentar. A produção em quintais agroecológicos possibilita que as comunidades tenham maior controle sobre os

alimentos consumidos, priorizando produtos livres de agrotóxicos e mais nutritivos.

Além do aspecto nutricional, os quintais agroecológicos exercem impacto significativo na economia local. Silva *et al.* (2020) indicam que a implementação de hortas comunitárias e quintais produtivos pode gerar renda adicional para as famílias, contribuindo para a redução da pobreza e da insegurança alimentar. A comercialização dos excedentes em feiras locais fortalece a economia circular e os vínculos comunitários, transformando os quintais em fontes de alimento e motores de desenvolvimento econômico local. Ferreira-Alves *et al.* (2023) também evidenciam experiências agroecológicas bem-sucedidas desenvolvidas por mulheres ribeirinhas, destacando o potencial dos quintais para promover autonomia econômica e social em comunidades tradicionais.

A educação desempenha papel central na promoção da agroecologia e da segurança alimentar. Altieri *et al.* (2018) ressaltam que os quintais produtivos favorecem a diversidade vegetal e práticas de manejo alinhadas aos princípios agroecológicos. A formação em práticas agroecológicas não apenas aumenta a capacidade produtiva, mas também fortalece a conscientização sobre a importância de uma alimentação saudável e sustentável (Fraga *et al.*, 2022).

A relação entre agroecologia e segurança alimentar é reforçada pela promoção da biodiversidade. Bezerra-Silva *et al.* (2024) destacam que os quintais agroecológicos, ao diversificarem os cultivos, contribuem para a conservação de variedades locais e para a resiliência dos sistemas alimentares. Essa diversidade enriquece a dieta familiar e fortalece a capacidade das comunidades de enfrentar desafios como mudanças climáticas e crises alimentares, garantindo a sustentabilidade em longo prazo.

Além disso, os quintais agroecológicos desempenham papel relevante na mitigação dos impactos ambientais da agricultura convencional. Práticas como compostagem, rotação de culturas e controle biológico de pragas, frequentemente adotadas nesses espaços, reduzem a necessidade de insumos químicos e promovem a saúde do solo (Bezerra-Silva *et al.*, 2024).

Portanto, a educação e a participação comunitária são fundamentais para o fortalecimento da agroecologia e da segurança alimentar. Os quintais

produtivos servem não apenas como fonte de alimentos, mas também como espaços de aprendizado e troca de saberes. A superação dos desafios na implantação dessas práticas depende de esforços integrados entre comunidade, políticas públicas e iniciativas educativas. A promoção da biodiversidade e a adoção de práticas sustentáveis são essenciais para garantir a segurança alimentar e a preservação ambiental em longo prazo.

Assim, os quintais agroecológicos emergem como estratégia poderosa para promover a segurança alimentar em contextos urbanos e rurais. Ao integrar práticas de cultivo sustentável, educação e mobilização comunitária, essas iniciativas não apenas asseguram o acesso a alimentos saudáveis, mas também fortalecem a resiliência econômica e social das comunidades. Apesar dos desafios existentes, as oportunidades para expandir a agroecologia e aprimorar a segurança alimentar são amplas, tornando imprescindível a implantação de políticas públicas de apoio a essas práticas para um futuro sustentável (Figura 6).



Figura 6. Quintais agroecológicos como estratégia poderosa para promover a segurança alimentar em contextos urbanos e rurais. Fonte: ChatGPT, OpenAI, 2025.

5. Impacto social e comunitário dos quintais agroecológicos

A implantação de quintais agroecológicos vai além da produção de alimentos, desempenhando papel essencial no fortalecimento dos laços sociais, na promoção da sustentabilidade e na construção de comunidades resilientes.

Estudos indicam que esses espaços, ao envolver diferentes segmentos da população em atividades coletivas, transformam-se em ferramentas poderosas para a inclusão social e a educação ambiental (Chan; Pennisi; Francis, 2016; Papadopoulou; Kazana; Armakolas, 2020).

Os quintais agroecológicos contribuem para o fortalecimento das relações interpessoais e o engajamento comunitário. A interação entre diversos grupos sociais favorece a criação de redes de apoio e solidariedade. Em experiências com jardins escolares, a participação ativa de alunos e comunidades no cultivo de hortas promoveu melhorias significativas nas habilidades sociais e na comunicação entre os envolvidos (Papadopoulou; Kazana; Armakolas, 2020).

A educação ambiental proporcionada pelos quintais se mostra eficaz na mudança de comportamentos e atitudes. Atividades práticas, como o cultivo de alimentos, permitem aos participantes compreender melhor as interações ecológicas e os impactos de suas ações no meio ambiente. Estudos evidenciam que alunos que vivenciam o processo de plantar e cuidar de hortas demonstram maior interesse por questões ambientais (Lieberman; Hoody, 1998; Skelly; Zajicek, 1998; Souza Neta *et al.*, 2024).

Outro impacto relevante dos quintais agroecológicos é a promoção da saúde mental e do bem-estar. O contato frequente com a natureza contribui para a redução do estresse, a melhoria da autoestima e o aumento do sentimento de pertencimento. A jardinagem em grupo cria um ambiente acolhedor e seguro, favorecendo conexões sociais e fortalecendo amizades (Wells; Evans, 2003; Maller, 2005; Francischetto *et al.*, 2024).

A implantação de quintais em escolas também exerce efeito transformador na cultura escolar. A integração de práticas sustentáveis aos currículos acadêmicos enriquece o aprendizado e cria uma atmosfera mais inclusiva e participativa. Alunos envolvidos em projetos coletivos desse tipo tendem a melhorar seu desempenho acadêmico, desenvolvendo habilidades como trabalho em equipe e liderança (Graham; Zidenberg-Cherr, 2005; Papadopoulou; Kazana; Armakolas, 2020; Francischetto *et al.*, 2024).

A mobilização comunitária em torno desses quintais incentiva a cidadania ativa. Participantes relatam que a jardinagem facilita a compreensão dos

desafios da comunidade e promove ações coletivas para enfrentá-los. Esses espaços funcionam ainda como locais de discussão sobre questões públicas, como segurança alimentar e políticas ambientais, fortalecendo a capacidade da comunidade de se organizar (Krasny; Tidball, 2009; Chan; Pennisi; Francis, 2016; Bighi *et al.*, 2024).

No campo da segurança alimentar, os quintais agroecológicos oferecem uma solução prática para a produção de alimentos saudáveis e acessíveis. Em contextos de insegurança alimentar, esses espaços permitem que famílias produzam parte de seu próprio sustento, promovendo maior autonomia. Estudos indicam que participantes de projetos de quintais comunitários reduzem sua dependência de programas de assistência e podem gerar renda com o excedente da produção (Morris; Neustadter; Zidenberg-Cherr, 2001; Chan; Pennisi; Francis, 2016; Ferreira-Alves *et al.*, 2023; Bighi *et al.*, 2024).

Além disso, os quintais agroecológicos ajudam a mitigar problemas urbanos, como a escassez de áreas verdes. A transformação de espaços abandonados em locais produtivos e acolhedores contribuem para a melhoria da qualidade de vida nas cidades, influenciando positivamente o bem-estar físico e emocional dos participantes (Boldemann *et al.*, 2006; Ferreira-Alves *et al.*, 2023; Bighi *et al.*, 2024).

Um aspecto particularmente relevante é o impacto intergeracional desses quintais. Ao integrar crianças, jovens, adultos e idosos em atividades conjuntas, esses espaços promovem o intercâmbio de saberes e fortalecem os laços familiares e comunitários. Essa interação é fundamental para transmitir valores e conhecimentos que poderiam se perder no contexto urbano (Chan; Pennisi; Francis, 2016; Papadopoulou; Kazana; Armakolas, 2020) (Figura 7).

Além dos benefícios diretos aos participantes, os quintais agroecológicos contribuem para o fortalecimento das escolas como centros de transformação social. Ao incorporarem a jardinagem em suas atividades, as escolas promovem o engajamento de pais, professores e membros da comunidade em torno de objetivos comuns, fortalecendo os vínculos entre esses grupos e incentivando uma cultura de colaboração (Maller, 2005; Graham; Zidenberg-Cherr, 2005; Francischetto *et al.*, 2024).



Figura 7. Crianças conhecendo experimentos de produção orgânica de hortaliças, em Seropédica, RJ. Fonte: Embrapa, 2017.

Por fim, é importante destacar os desafios enfrentados na implantação dessas iniciativas. A escassez de recursos financeiros e a falta de apoio institucional ainda constituem obstáculos relevantes. Para superá-los, parcerias entre escolas, organizações não governamentais e governos locais têm se mostrado estratégias eficazes para criar ambientes mais propícios ao desenvolvimento e à sustentabilidade dos quintais agroecológicos (Chan; Pennisi; Francis, 2016; Papadopoulou; Kazana; Armakolas, 2020).

6. Aspectos econômicos da agroecologia em espaços urbanos

A agroecologia urbana representa uma abordagem que vai além da sustentabilidade ambiental, proporcionando benefícios econômicos capazes de transformar a dinâmica das comunidades urbanas. Os quintais agroecológicos exemplificam como a integração de práticas agrícolas em áreas residenciais pode impulsionar economias locais (Zimmerer *et al.*, 2019).

Um dos efeitos mais evidentes da agroecologia urbana é a redução de custos com alimentos. Famílias que cultivam seus próprios alimentos em quintais agroecológicos conseguem economizar até 30% do orçamento destinado à alimentação, sendo essa economia especialmente relevante em cidades com elevado custo de vida (Biasi; Brunori, 2023).

Além da redução de gastos, esses espaços promovem a autonomia alimentar. Em situações de crise, como a pandemia de COVID-19, a capacidade de produzir alimentos localmente mostrou-se uma solução eficaz para garantir segurança alimentar e resiliência comunitária (FAO, 2020).

A troca de produtos entre vizinhos fortalece ainda mais a economia local. Comunidades que adotam essa economia colaborativa reduzem o desperdício, promovem relações sociais mais próximas e aumentam a coesão comunitária (Brunori; Rossi; D'Amico, 2018).

Quintais agroecológicos também influenciam a valorização imobiliária. Áreas urbanas com maior presença de espaços verdes se tornam mais atrativas para compradores e investidores, promovendo a revitalização de bairros e o aumento do valor das propriedades (Biasi; Brunori, 2023).

Do ponto de vista da saúde pública, a agroecologia urbana contribui para a redução de custos associados a doenças relacionadas a dietas inadequadas. O acesso a alimentos frescos e nutritivos diminui a incidência de doenças crônicas, aliviando os sistemas de saúde e promovendo melhor qualidade de vida (Azevedo; Pelicioni, 2011; Francischetto *et al.*, 2024).

Portanto, os aspectos econômicos da agroecologia em espaços urbanos são multifacetados e interconectados, abrangendo a redução de custos com alimentos, a autonomia alimentar, o fortalecimento da economia local e a promoção de práticas sustentáveis.

7. Funções educativas, paisagísticas e econômicas dos quintais agroecológicos

Os quintais agroecológicos desempenham múltiplas funções que vão além da simples produção de alimentos, atuando também como espaços de educação ambiental, valorização paisagística e promoção de benefícios econômicos para as comunidades.

Ao serem implantados, esses quintais não apenas transformam a relação das pessoas com a produção de alimentos, mas também geram impactos positivos em diversas esferas da vida urbana. Dessa forma, a construção de

idades mais sustentáveis e resilientes passa necessariamente pela valorização e incentivo às práticas agroecológicas, que se mostram essenciais para a promoção da saúde econômica, social e ambiental das comunidades urbanas.

7.1. Função educativa

No contexto educacional, os quintais agroecológicos funcionam como laboratórios vivos, proporcionando experiências práticas que complementam o aprendizado teórico e fortalecem a consciência ecológica (Leite; Mininini, 2001; Jacobi; Tristão; Franco, 2009). A participação ativa dos alunos em atividades de plantio, manejo e colheita permite o desenvolvimento de habilidades cognitivas, comportamentais e sociais, ao mesmo tempo em que incentiva hábitos sustentáveis (Skelly; Zajicek, 1998; Papadopoulou; Kazana; Armakolas, 2020).

Metodologias baseadas em projetos e aprendizagem ativa contribuem para o desenvolvimento da interdisciplinaridade, integrando ciências, matemática, artes e cidadania (Mantovanelli, 2019; Procópio *et al.*, 2021; Soares *et al.*, 2024). Além disso, a educação prática em quintais escolares reforça a conexão dos estudantes com a natureza, promove empatia pelos seres vivos e incentiva a adoção de comportamentos sustentáveis (Papadopoulou; Kazana; Armakolas, 2020; Medeiros Junior *et al.*, 2023).

7.2. Função paisagística

Os quintais agroecológicos também contribuem significativamente para a valorização estética e funcional dos espaços urbanos e rurais. A diversidade de espécies cultivadas, que inclui hortaliças, frutíferas, plantas medicinais e ornamentais, transforma o ambiente em um espaço visualmente atrativo e ecologicamente equilibrado (Dourado, 2004; Nascimento; Alves; Molina, 2005; Silva *et al.*, 2023).

Além do impacto visual, esses quintais desempenham funções ecológicas importantes, como a regulação do microclima, a conservação de sementes crioulas, o abrigo da fauna local e a ciclagem de nutrientes, promovendo a sustentabilidade ambiental dos espaços em que estão inseridos (Vieira, 2009;

Brolese, 2013; Lima, 2019). A integração entre estética e funcionalidade faz dos quintais agroecológicos ferramentas de educação ambiental indireta, ao sensibilizar a comunidade para a importância da biodiversidade e do cuidado com o meio ambiente.

7.3. Função econômica

Do ponto de vista econômico, os quintais agroecológicos promovem autonomia alimentar e reduzem gastos com alimentos, representando uma estratégia de segurança alimentar para famílias urbanas e rurais (Weid, 2004; Kuhn; Schmitt; Leme Mundo; Resende, 2020; Fassina, 2021). A comercialização de excedentes possibilita geração de renda adicional e fortalece a economia local, estimulando a economia circular e a valorização de produtos frescos e nutritivos (Silva *et al.*, 2020; Ferreira-Alves *et al.*, 2023; Bezerra-Silva *et al.*, 2024).



Figura 8. Funções educativas, paisagísticas e econômicas dos quintais agroecológicos. Fonte: ChatGPT, OpenAI, 2025.

A agroecologia urbana, quando aplicada aos quintais, também impacta positivamente o valor imobiliário e a revitalização de bairros, além de reduzir custos com saúde pública ao incentivar o consumo de alimentos mais saudáveis (Azevedo; Pelicioni, 2011; Brunori; Rossi; D'amico, 2018; Biasi; Brunori, 2023).

Assim, os quintais agroecológicos se consolidam como ferramentas multifuncionais que aliam sustentabilidade ambiental, educação e desenvolvimento econômico local, promovendo comunidades mais resilientes e integradas (Figura 8).

8. Princípio de Gause e quintais agroecológicos: como conciliar?

O Princípio de Gause, também conhecido como Lei da Exclusão Competitiva, afirma que duas espécies que competem pelo mesmo recurso limitado não podem coexistir indefinidamente no mesmo nicho ecológico; eventualmente, uma se estabelece e a outra é eliminada ou é obrigada a ocupar um nicho diferente. Esse princípio é clássico na ecologia e se aplica a qualquer sistema com recursos limitados (Gause, 1934; Nair, 2011; Silva, 2020).

Para conciliar o Princípio de Gause com quintais agroecológicos, é preciso entender que esses espaços buscam justamente a diversidade e a complementaridade de espécies, em vez da competição direta por um mesmo recurso. Eis como isso funciona na prática (Gause, 1934; Nair, 2011; Ranganathan, Ved; Bawa, 2011; Souza, 2019; Silva, 2020):

✓ Diversificação de espécies

Em um quintal agroecológico, plantas alimentícias, medicinais e ornamentais são cultivadas em arranjos consorciados, evitando que duas espécies ocupem exatamente o mesmo nicho. Por exemplo:

- Plantas de raízes profundas (como a mandioca) convivem com hortaliças de raízes superficiais (como a alface), usando diferentes camadas do solo.
- Plantas de sombra parcial (como coentro) podem crescer próximas às árvores frutíferas, aproveitando luz filtrada.

Isso reduz a competição direta e permite que mais espécies coexistam produtivamente no mesmo espaço.

✓ **Uso de funções ecológicas complementares**

Cada espécie desempenha funções diferentes no ecossistema: algumas fixam nitrogênio (leguminosas), outras atraem polinizadores, enquanto outras fornecem cobertura do solo ou proteção contra pragas. Esse arranjo cria nichos funcionais distintos, alinhando-se com o Princípio de Gause sem prejudicar a diversidade.

✓ **Rotação e sucessão**

O manejo agroecológico dos quintais também aplica rotatividade e sucessão de culturas, evitando que qualquer espécie domine permanentemente o espaço e permitindo a coexistência temporal de várias plantas.

✓ **Controle de recursos e planejamento**

O planejamento do quintal considera disponibilidade de luz, água e nutrientes, de modo que cada espécie tenha acesso ao que precisa sem competir diretamente com outra. Isso exige conhecimento sobre o comportamento ecológico das plantas e das interações entre elas.

Ou seja, conciliar o Princípio de Gause com quintais agroecológicos significa promover diversidade com complementaridade, garantindo que as espécies ocupem nichos diferentes ou se complementem funcionalmente. Dessa forma, é possível coexistência harmoniosa, produção diversificada e resiliência do sistema, sem violar a lei ecológica da competição.

9. Quintais agroecológicos e a recuperação de áreas degradadas

Os quintais agroecológicos configuram-se como instrumentos multifuncionais, capazes de conciliar a produção de alimentos com a recuperação de áreas degradadas. A implementação desses sistemas em solos afetados por práticas agrícolas intensivas contribui para a restauração da fertilidade, da biodiversidade e da estrutura do solo, criando condições favoráveis

ao estabelecimento de espécies vegetais e à promoção da resiliência ecológica (Souza *et al.*, 2025c).

Além disso, os quintais agroecológicos podem integrar técnicas de remediação, como a fitorremediação, que utilizam plantas específicas para absorver ou estabilizar contaminantes presentes no solo, incluindo agroquímicos e metais pesados. Essa abordagem combina práticas de manejo sustentável com soluções de engenharia ambiental, resultando em impactos positivos tanto para a saúde do solo quanto para a qualidade ambiental das áreas urbanas ou periurbanas (Souza *et al.*, 2025d; Saraiva *et al.*, 2025).

Outro aspecto relevante é a capacidade desses sistemas de promover a transição para modelos produtivos mais sustentáveis. Ao integrar diversidade de culturas, cobertura vegetal e manejo orgânico, os quintais agroecológicos favorecem a construção de sistemas resilientes, capazes de resistir a distúrbios ambientais e reduzir a dependência de insumos externos. Essa abordagem contribui para um equilíbrio entre produtividade agrícola e preservação ambiental, ampliando o potencial de segurança alimentar e sustentabilidade urbana (Souza *et al.*, 2025e).

Por fim, os quintais agroecológicos também funcionam como espaços educativos e comunitários, sensibilizando os produtores e moradores para práticas ambientalmente responsáveis. A participação da comunidade no manejo desses espaços reforça valores de cuidado ambiental e promove a difusão de conhecimentos sobre recuperação de áreas degradadas. Dessa forma, esses sistemas não apenas restauram ecossistemas degradados, mas também fortalecem vínculos sociais e fomentam a consciência ambiental em contextos urbanos e rurais (Souza *et al.*, 2025c; Souza *et al.*, 2025e).

10. Considerações

Os quintais agroecológicos revelam-se como instrumentos multifuncionais, capazes de integrar dimensões ambientais, sociais, culturais, econômicas e pedagógicas de forma orgânica e eficaz. Ao longo do capítulo, evidenciou-se que tais espaços vão muito além da simples produção de alimentos, representando

um elo entre o ser humano e a natureza, entre o saber tradicional e o científico, e entre o presente e um futuro desejável pautado na sustentabilidade.

O cultivo em quintais, orientado por princípios agroecológicos, permite a produção diversificada de alimentos, promovendo o acesso a produtos frescos, nutritivos e isentos de insumos químicos. Essa prática favorece a soberania alimentar, reduz a dependência de alimentos industrializados e potencializa a autonomia das famílias quanto às suas escolhas alimentares.

A dimensão educativa dos quintais agroecológicos é particularmente relevante. Eles funcionam como espaços de aprendizagem experiencial, integrando conteúdos teóricos e práticas cotidianas, despertando o interesse pelo cuidado com a natureza, pela sustentabilidade e pela responsabilidade coletiva frente aos desafios socioambientais contemporâneos. Nessas experiências, crianças, jovens e adultos podem vivenciar conceitos de ecologia, ciclos produtivos e manejo sustentável, tornando-se agentes de transformação social.

Além disso, a organização dos quintais agroecológicos pode ser compreendida à luz do princípio de Gause, ou princípio da exclusão competitiva, que estabelece que duas espécies competindo pelo mesmo recurso não podem coexistir indefinidamente no mesmo nicho ecológico. Nos quintais, essa lógica orienta o planejamento da diversidade de plantas e culturas, promovendo a ocupação de diferentes nichos e a utilização eficiente dos recursos disponíveis, como luz, água e nutrientes do solo. Ao diversificar espécies e práticas, é possível reduzir a competição direta, favorecer a coexistência e aumentar a resiliência do sistema. Assim, o princípio de Gause não apenas explica a dinâmica ecológica observada, mas também fundamenta decisões de manejo que garantem produtividade, sustentabilidade e equilíbrio ecológico nos quintais agroecológicos.

Além de sua função pedagógica, os quintais exercem papel paisagístico significativo. A diversidade de plantas, flores, hortaliças e árvores frutíferas contribuem para a valorização estética do espaço, promovendo bem-estar psicológico e fortalecendo vínculos afetivos com o ambiente natural. Essa dimensão simbólica e cultural aproxima o ser humano dos ciclos da natureza,

resgata práticas tradicionais e fortalece a identidade territorial e os saberes populares.

No plano econômico, os quintais agroecológicos representam alternativas viáveis para a redução de gastos com alimentação, a geração de renda complementar e o fortalecimento das economias locais. Estratégias como a troca de alimentos entre vizinhos, o uso de sementes crioulas, o reaproveitamento de resíduos orgânicos e a comercialização de produtos excedentes contribuem para uma lógica de produção e consumo mais sustentável, promovendo autonomia financeira e resiliência comunitária.

A importância desses espaços também se articula com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, especialmente no que se refere à erradicação da fome, à promoção da saúde e bem-estar, à educação de qualidade, à recuperação de áreas degradadas e ao combate às mudanças climáticas. Assim, os quintais agroecológicos consolidam-se como respostas locais a desafios de escala global.

Entretanto, a ampliação dessas práticas ainda demanda atenção. Barreiras como a escassez de recursos, a ausência de políticas públicas específicas e a desvalorização de abordagens interdisciplinares no ambiente escolar precisam ser superadas por meio de articulações institucionais, formação de educadores e sensibilização das comunidades.

Conclui-se, portanto, que os quintais agroecológicos são muito mais do que espaços produtivos. Eles configuram-se como territórios educativos, paisagísticos, econômicos e sociais, capazes de transformar a relação entre o ser humano e o meio ambiente, promovendo sustentabilidade, aprendizado e qualidade de vida.

10. Referências

ALTIERI, M. A. **Agroecology**: the science of sustainable agriculture. CrC press, 2018.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate. **Climatic Change**, v. 140, n. 1, p. 33-45, 2013.

ALTIERI, M. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. 3. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2012.

ARTMANN, M.; SARTISON, K. The role of urban agriculture as a nature-based solution: a review for developing a Systemic Assessment Framework. **Sustainability**, v. 10, n. 6, p. 1937, 2018.

AZEVEDO, E. de; PELICIONI, M. C. F. Promoção da Saúde, Sustentabilidade e Agroecologia: uma discussão intersectorial. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 715-729, 2011.

BEZERRA-SILVA, A. *et al.* When are cacti found with flowers and fruits? Estimation of the reproductive phenology of the Genus *Xiquexique* based on Herbarium Data. **Diversity**, v. 16, n. 2, p. 1-15, 2024.

BIASI, R.; BRUNORI, E. Agrobiodiversity-Based Landscape Design in Urban Areas. **Plants**, v. 12, n. 24, p. 1-13, 2023.

BIGHI, A. R.; CARVALHO, R. C. B.; SARTORIO, C. R.; SOUZA, M. N. Hortas urbanas: desafios e potencialidades para o desenvolvimento sustentável de Cachoeiro de Itapemirim – ES. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. VIII. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2024. p. 268-287. **ISBN**: 978-65-84548-25-1. DOI: <https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-25-1.c9>

BOLDEMANN, C. *et al.* Impact of preschool environment upon children's physical activity and sun exposure. **Preventive Medicine**, v. 42, n. 4, p. 301-308, abr. 2006.

BROLESE, L. Quintais Agroflorestais, ampliando conceitos e perspectivas no sul do Brasil. **Cadernos de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 1-5, 2013.

BRUNORI, G.; ROSSI, A.; D'AMICO, S. A Comprehensive and Participatory Approach to the Valorisation of Biodiverse Products. **Lites - Legal Issues In Transdisciplinary Environmental Studies**, p. 3-22, 2018.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia**: alguns conceitos e princípios. 24 p. Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA, 2004.

CARNEIRO, M. G. R. *et al.* Quintais Produtivos: contribuição à segurança alimentar e ao desenvolvimento sustentável local na perspectiva da agricultura familiar (O caso do Assentamento Alegre, município de Quixeramobim/CE). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 8, p. 135-147, 2013.

CHAN, J.; PENNISI, L.; FRANCIS, C. A. Social-Ecological Refuges: reconnecting in community gardens in lincoln, nebraska. **Journal Of Ethnobiology**, v. 36, n. 4, p. 842-860, 2016.

DOURADO, G. M. Vegetação e quintais da casa brasileira. Paisagem Ambiente: **Ensaio**s, São Paulo, n.19, p. 83-102, 2004.

FERREIRA-ALVES, E. S.; RAYOL, B. P.; SOUZA, J. R. M. de; AMBROSIM, J. F.; NOVAES SOUZA, M. Levantamento socioeconômico e experiências agroecológicas das mulheres ribeirinhas nos quintais da Ilha Saracá, Limoeiro do Ajuru, estado do Pará. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. VI. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. p. 226-244. **ISBN**: 978-65-84548-14-5. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-14-5.c8>

FRAGA, L. K. de *et al.* Sistemas agroalimentares sustentáveis e saudáveis: reflexões a partir da perspectiva agroecológica. **Colóquio - Revista do Desenvolvimento Regional**, Taquara, v. 19, n. 1, p. 120-142, 2022.

FRANCIS, C. *et al.* Agroecology: the ecology of food systems. **Journal Of Sustainable Agriculture**, v. 22, n. 3, p. 99-118, 2003.

FRANCISCHETTO, B. de M.; SOUZA, M. N.; PELUZIO, T. M. O.; OLIVEIRA, C. H. R.; SOUZA NETA, Q. F.; BIGHI, A. R. In: SOUZA, M. N. (Org.). Horta pedagógica como estratégia de educação ambiental. In: SOUZA, M. N. **Tópicos em gestão ambiental**. Vol. III. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2024. p. 138-163. **ISBN**: 978-65-84548-27-5. DOI: <https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-27-5.c4>

GAUSE, G. F. **The Struggle for Existence**. Baltimore: The Williams & Wilkins Company, 1934.

GRAHAM, H.; ZIDENBERG-CHERR, Si. California Teachers Perceive School Gardens as an Effective Nutritional Tool to Promote Healthful Eating Habits. **Journal Of The American Dietetic Association**, [S.L.], v. 105, n. 11, p. 1797-1800, 2005.

HAWES, C.; IANNETTA, P. P.M.; SQUIRE, G. R. Agroecological practices for whole-system sustainability. **CAB Reviews**, v. 16, n. 5, p. 1-19, 2021.

JACOBI, P. R.; TRISTÃO, M.; FRANCO, M. I. G. C. A função social da educação ambiental nas práticas colaborativas: participação e engajamento. **Cadernos Cedes**, Campinas, v. 29, n. 77, p. 63-79, 2009.

KRASNY, M. E.; TIDBALL, K. G. Applying a resilience systems framework to urban environmental education. **Environmental Education Research**, v. 15, n. 4, p. 465-482, 2009.

KUHN, G. D.; SCHMITT, M.; FASSINA, P. Consumo alimentar, estado nutricional e segurança alimentar e nutricional dos beneficiários do programa bolsa família. **Revista Destaques Acadêmicos**, Lajeado, v. 13, n. 3, p. 132-148, 2021.

LEITE, A. L. T. de A.; MININNI-MEDINA, N. **Educação Ambiental (Curso básico à distância) Questões Ambientais – Conceitos, História, Problemas e Alternativa**. 2. ed, v. 5. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2001.

LEME MUNDO, J. A.; REZENDE, M. O. de O. Quintal Agroecológico na Escola: relatos de alunos sobre a experiência fora da sala de aula. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

LIEBERMAN, G. A.; HOODY, L. L. **Closing the Achievement Gap**. Using the Environment as an Integrating Context for Learning. Results of a Nationwide Study. 1998.

LIMA, R. S. de. **Quintais agroflorestais: estudo de caso da comunidade Boa Esperança**, município de Presidente Figueiredo, Amazonas. 2019. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Agricultura no Trópico Úmido, Quintais Agroflorestais: Estudo de Caso da Comunidade Boa Esperança, Município de Presidente Figueiredo, Amazonas, Manaus, 2019.

MALLER, C. Hands-on contact with nature in primary schools as a catalyst for developing a sense of community and cultivating mental health and wellbeing. **Eingana**, S.L, v. 28, n. 3, p. 16-21, 2005.

MANTOVANELI, A. **Observatório de sustentabilidade-aprendizagem e inovação para a gestão urbana**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

MARIA, F. S. *et al.* Quintais Agroecológicos: um Canteiro Fértil para a Germinação e Crescimento do Aprendizado. **Rev. Ens. Educ. Cienc. Human.**, Londrina, v. 18, n. 4, p. 382-387, 2017.

MEDEIROS JUNIOR, E. F. de *et al.* Educação em agroecologia: percurso histórico, iniciativas e práticas no sertão do São Francisco (BA/PE). **Fruticultura Irrigada: vulnerabilidades e perspectiva de produção sustentável**, p. 155-178, 2023.

MIRANDA, S. B. **Contribuição de Quintais Agroflorestais para a Segurança Alimentar de Agricultores Familiares no Baixo Irituia, Nordeste Paraense**. 2011. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável, Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

MOREIRA, R. J. Críticas ambientalistas à Revolução Verde. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p. 39-52, out. 2000.

MORRIS, J. L.; NEUSTADTER, A.; ZIDENBERG-CHERR, S. First-grade gardeners more likely to taste vegetables. **California Agriculture**, Califórnia, v. 55, n. 1, p. 43-46, 2001.

NAIR, P. K. R. **An Introduction to Agroforestry**. Dordrecht: Springer, 2011.

NASCIMENTO, A. P. B. do; ALVES, M. C.; MOLINA, S. M. G. Quintais domésticos e sua relação com estado nutricional de crianças rurais, migrantes e urbanas. **Multiciência**, 2005.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. [Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável]. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-odesenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 21 set. 2024.

OPENAI. **ChatGPT** [software de inteligência artificial]. Disponível em: <https://chat.openai.com>. Acesso em: 24 set. 2025.

PAPADOPOULOU, A.; KAZANA, A.; ARMAKOLAS, S. Education for sustainability development via school garden. **European Journal of Education Studies**, [S.L.], v. 7, n. 9, p. 194-206, 2020.

PROCÓPIO, J. C. *et al.* A interdisciplinaridade da Educação Ambiental nas práticas educacionais de uma escola de ensino fundamental em Contagem (MG). **Revista Brasileira de Educação Ambiental (Revbea)**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 301-315, 2021.

RANGANATHAN, J.; VED, D.; BAWA, K. S. Biodiversity and agroforestry: ecological principles and practices. **Current Science**, v. 101, n. 10, p. 1308-1317, 2011.

RODRIGUES, S. F. M.; SILVA, S. A. S. da. Quintais produtivos como estratégia de segurança alimentar urbana. **Cadernos de Agroecologia**, [S. l.], v. 13, n. 1, 2017.

SANTOS, A. da S. dos *et al.* Caracterização e desenvolvimento de quintais produtivos agroecológicos na comunidade Mem de Sá, Itaporanga d'Ajuda-Sergipe. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 8, p. 100-111, 2013.

SANTOS, L. A.; OLIVEIRA, A. C. de; OLIVEIRA, R. M. Quintais agroecológicos: diversidade, segurança alimentar e renda. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 112-123, 2014.

SANTOS, R., L. dos *et al.* Os quintais agroflorestais em áreas de agricultores familiares no município de Bragança-PA: composição florística, uso de espécies e divisão de trabalho familiar. **Rev. Bras. de Agroecologia**, v. 2, n. 2, 2007.

SARAIVA, U.; OLIVEIRA, K. P. de; SÁ, W. G. de; AMARAL, A. A. do; SOUZA, M. A. A. da S. S.; SOUZA, M. N. Entre a produção e o prejuízo: a dualidade dos agrotóxicos na saúde humana. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas Vol. X**. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2025. p. 245-275. DOI: <https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-34-3.c9>

SILVA, F. M. C. da; TABOSA, W. A. F. Horta escolar como instrumento de promoção da Educação Ambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v.19, n.5, p. 452–59, 2024.

SILVA, J. S. A resiliência dos sistemas agroflorestais sintrópicos em diferentes biomas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 15, n. 2, p. 45-60, 2020.

SILVA, M. J.; TABOSA, A. Quintais agroecológicos e sustentabilidade: práticas de educação ambiental e fortalecimento comunitário. **Cadernos de Agroecologia**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 45-58, 2024.

SILVA, M. L. G. da *et al.* Quintais produtivos: uma alternativa agroecológica de produção sustentável para o desenvolvimento da agricultura familiar. **Cadernos de Agroecologia**, Sergipe, v. 15, n. 2, p. 1-5, 2020.

SILVA, M. R. F. da *et al.* Tradição, saberes agroecológicos e quintais produtivos em comunidades rurais do Semiárido Potiguar do Rio Grande do Norte, Brasil. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [S.L.], v. 19, n. 6, p. 210-225, 2023.

SKELLY, S. M.; ZAJICEK, J. M. The Effect of an Interdisciplinary Garden Program on the Environmental Attitudes of Elementary School Students. **Horttechnology**, v. 8, n. 4, p. 579-583, 1998.

SNAPP, S.; POUND, B. **Agricultural Systems: Agroecology and Rural Innovation for Development**. Second edition, Academic Press, 2017.

SOARES, G. B. *et al.* A horta escolar como ferramenta pedagógica no ensino e aprendizado interdisciplinar de uma escola do campo no município de Porto Nacional – TO. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 12, n. 2, p. 1-16, 2024.

SOUZA NETA, Q. F. de; SOUZA, M. N.; OLIVEIRA, C. H. R.; PEREIRA, I. M. C.; FRANCISCHETTO, B. de M.; BIGHI, A. R.. In: SOUZA, M. N. (Org.). Educação ambiental como ferramenta de ensino da agroecologia e sustentabilidade. **Tópicos em gestão ambiental. Vol. III**. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2024. p. 164-183. ISBN: 978-65-84548-27-5. DOI: <https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-27-5.c5>

SOUZA, A. A.; CADETE, M. M. M. O papel das famílias e da escola na formação de hábitos alimentares saudáveis de crianças escolares. **Revista Pedagógica**, v. 19, n. 40, 2017.

SOUZA, A. C. **A lógica da sintropia: uma análise dos princípios de Ernst Götsch em sistemas agrícolas**. 2019. 120 f. Tese (Doutorado em Agroecologia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

SOUZA, M. N.; MAGALHÃES, M. V. D. de; LOPES, L. B.; AMARAL, A. A. do; MUNIZ, F.; PANCOTTO, T. A. Transição sustentável: caminhos para a construção de sistemas produtivos resilientes. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas Vol. X**. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2025b. p. 68-111. DOI: <https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-34-3.c2>

SOUZA, M. N.; MAGALHÃES, M. V. D. de; LOPES, L. B.; AMARAL, A. A. do; MUNIZ, F.; PANCOTTO, T. A. Transição sustentável: caminhos para a construção de sistemas produtivos resilientes. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas Vol. X**. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2025d. p. 68-111. DOI: <https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-34-3.c2>

SOUZA, M. N.; NASCIMENTO, L. M.; BIGHI, A. R.; FIM, B. P.; PIMENTA, C. D.; CARVALHO, R. C. B.; PINTO, G. P.; SARAIVA, U.; MASSARIOL, B. P.; MORELI, R. C.; AMARAL, A. A. do Recuperação de áreas degradadas: fundamentos e objetivos da reabilitação ambiental. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas Vol. X**. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2025. p. 44-67. DOI: <https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-34-3.c1>

SOUZA, M. N.; REZENDE, N. de S.; AMARAL, A. A. do; LIMA, O. de A. L.; SILVA, E. P. da; SOUSA, D. S. M. de; BRUNELI, L. V. Estratégias de recuperação ambiental em solos contaminados por agroquímicos e metais pesados: técnicas de engenharia e fitorremediação. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas Vol. X**. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2025e. p. 140-162. DOI: <https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-34-3.c4>

SOUZA, M. N.; REZENDE, N. de S.; AMARAL, A. A. do; LIMA, O. de A. L.; SILVA, E. P. da; SOUSA, D. S. M. de; BRUNELI, L. V. Estratégias de recuperação ambiental em solos contaminados por agroquímicos e metais pesados: técnicas de engenharia e fitorremediação. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas Vol. X**. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2025c. p. 140-162. DOI: <https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-34-3.c4>

TITTONELL, P. et al. Agroecology in large scale farming - A research agenda. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, p. 1-18, 2020.

VIEIRA, F. R. *et al.* **Valoração econômica de quintais rurais – o caso dos agricultores associados à COOPERAFI (Cooperativa de Agricultura**

Familiar de Itapuranga-GO). 2009. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

WEID, J. M. V. D. Agroecologia: condição para a segurança alimentar. **Revista Agriculturas: experiências em agroecologia**, v. 1, p. 4-7, 2004.

WELLS, N. M.; EVANS, G. W. Nearby nature: A buffer of life stress among rural children. **Environment and behavior**, v. 35, n. 3, p. 311-330, 2003.

WEZEL, A. *et al.* Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 40, p. 1-13, 2020.

WEZEL, A. *et al.* Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. **Agronomy For Sustainable Development**, [S.L.], v. 29, n. 4, p. 503-515, dez. 2009.

ZIMMERER, K. S. *et al.* The biodiversity of food and agriculture (Agrobiodiversity) in the anthropocene: research advances and conceptual framework. **Anthropocene**, [S.L.], v. 25, p. 100192, 2019.

CAPÍTULO 3

Influência do Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra*) sobre o desempenho de Sistemas Silvipastoris

Lucas de Brites Senra, Maurício Novaes Souza, Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-36-7.c3>

Resumo

A Mata Atlântica no Espírito Santo sofreu forte degradação devido à expansão agrícola, pecuária e urbanização, restando apenas 10,47% de sua cobertura original. Nesse cenário, torna-se essencial adotar estratégias que integrem conservação ambiental e produção agropecuária. Os Sistemas Agroflorestais (SAF's) e Silvipastoris (SSP's) destacam-se como alternativas sustentáveis, promovendo restauração ecológica, conservação da biodiversidade e benefícios socioeconômicos. O uso de espécies nativas, como o jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra*), é estratégico na recuperação de áreas degradadas, devido à rusticidade, adaptabilidade, fixação de nitrogênio e potencial de sombreamento, fatores que favorecem a regeneração do solo e a qualidade das pastagens. Estudos apontam que o manejo de árvores nativas em SAF's e SSP's gera múltiplos ganhos, como conforto térmico para os animais, maior valor nutritivo da forragem e conservação dos recursos naturais, além de reduzir a dependência de insumos externos e integrar viabilidade econômica à restauração ambiental. No sul capixaba, onde as pastagens apresentam elevado grau de degradação, os SSP's configuram-se como estratégia promissora para reverter esse quadro. Conclui-se que a consolidação dessas práticas sustentáveis baseadas na biodiversidade local depende de aprofundamento científico, apoio de políticas públicas e capacitação dos agricultores, podendo contribuir significativamente para o desenvolvimento rural sustentável e para a conservação da Mata Atlântica no Espírito Santo.

Palavras-chave: Mata Atlântica. Espécies nativas. Sistemas silvipastoris. Recuperação. Pastagens.

1. Introdução

A vegetação do Espírito Santo passou por intensas modificações devidas, principalmente, à agricultura, pecuária e urbanização. A Mata Atlântica, que originalmente cobria todo o estado, hoje ocupa apenas 10,47% da sua área total. O desmatamento foi significativo nos últimos 30 anos, com a perda de mais de 60 mil hectares desse bioma (SOS MATA ATLÂNTICA, 2021; Silva *et al.*, 2023).

Para reverter esse cenário, é necessário compreender a evolução da paisagem e adotar estratégias de conservação e recuperação. Isso implica considerar alternativas socioeconômicas voltadas à agricultura familiar e promover paisagens multifuncionais que integrem produção de alimentos, conservação da biodiversidade, funções ecológicas e demandas culturais e recreativas da sociedade (O'Farrell; Anderson, 2010; Egidio; Souza, 2025). Nesse contexto, a análise em nível de paisagem torna-se fundamental para integrar diferentes características e setores, propondo soluções em múltiplas escalas (Souza *et al.*, 2025).

No estado, muitos agricultores familiares têm adotado Sistemas Agroflorestais (SAF's), especialmente em função de programas de pagamento por serviços ambientais, como o Reflorestar, que representam alternativa para adequação ambiental, geração de renda e segurança alimentar (Gonçalves *et al.*, 2019). Esses sistemas também respondem aos impactos ambientais do modelo agrícola convencional, marcado pela degradação de nascentes e matas ciliares (Crespo; Souza; Silva, 2023).

Nos SAF's, as árvores fornecem insumos orgânicos de forma natural, como folhas, frutos, flores e galhos, seja pela queda espontânea ou por intervenções de poda. Esses resíduos exercem papel central na melhoria da qualidade do solo, aumentando o aporte de matéria orgânica e fortalecendo práticas de restauração (Duarte, 2011; Souza *et al.*, 2025). Além disso, atuam como quebra-ventos, reduzem a erosão, contribuem para a ciclagem de nutrientes, sequestram carbono e promovem a conservação da biodiversidade, o que torna os SAF's ecologicamente sustentáveis (Crespo; Souza; Silva, 2023).

Estudos em diferentes regiões apontam estratégias diversas para a implantação desses sistemas. Em Mato Grosso do Sul, Pereira, Padovan e

Serrano (2021) constataram que a forma mais comum de estabelecimento de SAF's biodiversos consiste na preservação de espécies arbóreas já existentes, complementada pelo plantio de mudas e manejo seletivo de árvores em regeneração natural. Essa prática foi adotada por 53,4% dos agricultores. Já em áreas sem cobertura arbórea, prevalece o plantio de mudas de espécies arbustivas e arbóreas em densidade média, complementado pelo enriquecimento com sementes, estratégia utilizada por 35,7% dos produtores.

Para viabilizar a recuperação do solo e aumentar a resiliência produtiva, os sistemas integrados de produção agropecuária, como a integração lavoura-pecuária e os sistemas silvipastoris (SSP's), têm se mostrado altamente eficazes (Sartor *et al.*, 2020). Os SSP's, modalidade específica dos SAF's, caracterizam-se pelo manejo conjunto de árvores, espécies forrageiras e animais em uma mesma área (Silva *et al.*, 2020). Sua implantação pode ocorrer tanto pelo estabelecimento simultâneo dos componentes arbóreo e forrageiro quanto pela introdução gradual de árvores em pastagens já existentes, incluindo também a inserção de pastagens em fragmentos remanescentes de vegetação nativa (Martinkoski *et al.*, 2017).

A presença de árvores em áreas de pastagem reduz a radiação térmica incidente sobre o solo e os animais, regulando a temperatura corporal e favorecendo o bem-estar dos rebanhos (Zanin; Bichel; Mangilli, 2016). Além disso, promove uso sustentável da terra e dos recursos naturais, possibilitando aumento ou manutenção da produtividade, conservação dos recursos e redução do uso de insumos externos (Brun; Monteiro; Rodrigues, 2017; Crespo; Souza; Silva, 2023).

Compreender os processos e as funções ecossistêmicas nos SSP's é fundamental para articular restauração ambiental e viabilidade econômica. Como o uso de espécies nativas da Mata Atlântica nesses sistemas ainda é uma prática recente, torna-se imprescindível o avanço de pesquisas voltadas à seleção de espécies adequadas ao cultivo consorciado e à avaliação dos impactos que diferentes componentes arbóreos exercem sobre a produção (Fonseca, 2018; Egidio; Souza, 2025).

2. Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra*)

O jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra*) é uma espécie arbórea perenifólia a semicaducifólia, que atinge entre 15 e 25 m de altura e de 15 a 45 cm de diâmetro à altura do peito (DAP). Apresenta tronco tortuoso e irregular, com fuste de até 10 m; folhas compostas, alternadas, paripenadas, com 10 a 20 folíolos glabrescentes. É classificada como secundária tardia a clímax, exclusiva da Floresta Ombrófila Densa da Mata Atlântica nos estados da Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo. Trata-se de uma espécie semi-heliófila, tolerante ao sombreamento leve a moderado na fase juvenil (Lorenzi, 1992).

Na floresta, ocorre em terrenos ondulados e montanhosos, especialmente em topos e encostas com solos argilosos ou argiloarenosos, profundos e bem drenados. A floração e frutificação ocorrem em intervalos de dois a três anos, com produção variável de sementes. O sul da Bahia e o norte do Espírito Santo, entre 30 e 1700 m de altitude, constituem sua principal área de ocorrência natural, com frequência média de 0,8 árvores/ha e volume de 1,4 m³/ha. O desenvolvimento ideal ocorre em ambientes com temperaturas médias entre 19 °C e 25 °C e precipitação anual superior a 2000 mm, geralmente em solos profundos, de baixa fertilidade natural e relevo acidentado. Contudo, apresenta crescimento acelerado em solos férteis da Mata Atlântica (Lorenzi, 1992; Carvalho, 1994).

A espécie possui elevado potencial para o manejo florestal sustentável, destacando-se pela madeira de alta qualidade, facilidade de comercialização, alta taxa de regeneração em florestas alteradas e adaptação a solos pobres. Apesar disso, encontra-se na lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção, classificada como vulnerável, devido à exploração predatória e à ausência de programas de reposição (Piña-Rodrigues; Piratelli, 1993; Oliveira Filho, 1994).

É uma espécie endêmica da Mata Atlântica, apresenta grande potencial para a reabilitação de áreas degradadas devido à sua rusticidade, ampla adaptabilidade edafoclimática e elevada produção de sementes, características que favorecem a dispersão e o estabelecimento em áreas comprometidas (EMBRAPA; PROGRAMA ARBORETUM; Santos *et al.*, 2017). Além disso, *D. nigra* é capaz de estabelecer associações com microrganismos fixadores de

nitrogênio, contribuindo para o enriquecimento nutricional do solo e incrementando o potencial de uso em sistemas agroflorestais e silvipastoris (Santiago *et al.*, 2002; Ataíde *et al.*, 2016) (Figura 1).



Figura 1. Locais identificados de ocorrência natural de Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra*), no Brasil. Fonte: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1140088/1/Especies-Arboreas-Brasileiras-vol-1-Jacaranda-da-Bahia.pdf>.

Do ponto de vista econômico, a madeira do jacarandá-da-Bahia é altamente valorizada — historicamente usada em mobiliário fino e na construção de instrumentos musicais — o que explica a intensa exploração que sofreu no passado e que ainda fomenta mercados ilegais e fluxos de madeira “pré-convention” (TRAFFIC, 2012; BGCI, 2013).

Em razão do declínio populacional e da sobre-exploração, a espécie foi listada no Apêndice I da CITES (11 jun. 1992), limite que restringe o comércio internacional de espécimes silvestres. Na esfera de conservação, *D. nigra* figura como espécie ameaçada nas listas nacionais e internacionais (IUCN — Vulnerável; CNCFlora — Vulnerável / lista nacional), e sua ocorrência atual é

fragmentada em pequenas subpopulações com baixa frequência de indivíduos de grande porte (Varty, 1998; Ribeiro *et al.*, 2011; CNCFlora, 2012/2019).

As principais ameaças identificadas são: perda e fragmentação de habitat, exploração madeireira histórica e contemporânea (ilegal), e regeneração natural limitada — possivelmente agravada por predação de sementes por roedores e por fatores demográficos nas populações remanescentes (Ribeiro *et al.*, 2011; TRAFFIC, 2012; BGCI, 2013). Estudos genéticos indicam estruturação espacial e necessidade de manejo que considere unidades de conservação genética distintas, o que orienta prioridades para a conservação *ex situ* e *in situ* (Ribeiro *et al.*, 2011; Barreto *et al.*, 2023) (Figura 2).



Figura 2. Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra*). Fonte: <https://campoenegocios.com/jacaranda-a-arvore-da-sabedoria-e-do-lucro/>, 2023.

Entre as ações de conservação e recuperação já em curso destacam-se: proteção de remanescentes em Unidades de Conservação, programas de plantio e viveiros para recompor populações e gerar material de restauração, iniciativas locais de recuperação com pequenas plantações de *D. nigra* e esforços de fiscalização para coibir extração ilegal (BGCI; TRAFFIC; iniciativas locais como “Dalbergia Preservation”). Para integrar *D. nigra* a sistemas silvipastoris e SAFs é necessário combinar medidas de conservação (proteção de genótipos remanescentes, bancos de sementes e viveiros), protocolos de

manejo (plantio, inoculação micorrízica e com *Bradyrhizobium*²), e políticas públicas que articulem recuperação florestal, geração de renda e controle do comércio (Santiago *et al.*; Ribeiro *et al.*, 2011; TRAFFIC, 2012).

Em suma, o jacarandá-da-Bahia é uma espécie com elevado potencial para restauração e sistemas produtivos consorciados, mas a sua adoção em SAF's e SSP's deve ser acompanhada de estratégias conservacionistas (unidades de manejo, programas de multiplicação de material genético, monitoramento e fiscalização) para conciliar uso sustentável, recuperação ecológica e proteção das populações remanescentes. Sua relevância nos projetos de restauração ecológica se deve a várias características:

- Espécie nativa apropriada: como uma espécie nativa e característica da Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica), seu uso é crucial para restabelecer a composição e a funcionalidade original do ecossistema (Lorenzi, 1992).
- Fixação de nitrogênio: o jacarandá-da-Bahia pertence à família Fabaceae (Leguminosas), e muitas espécies dessa família têm a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico no solo através de simbiose com bactérias em suas raízes. Isso é um benefício enorme em solos empobrecidos e degradados, pois enriquece o solo naturalmente para si e para as outras plantas (Lorenzi, 2000).
- Adaptação a solos com baixa fertilidade: a espécie é encontrada naturalmente em solos profundos, por vezes de baixa fertilidade natural, e tem demonstrado boa adaptação em terrenos de baixa fertilidade e topografia acidentada (Carvalho, 2003). A compreensão de suas exigências ecofisiológicas (como luz, água e nutrientes) é essencial para o sucesso de sua regeneração (Kageyama; Castro, 1989; Larcher, 2000).
- Alto potencial de regeneração: apresenta alta taxa de regeneração em florestas alteradas, o que é um indicador positivo para a sustentabilidade da restauração (Carvalho, 2003).
- Espécie de valor ecológico e econômico: além do valor ecológico para a restauração da biodiversidade, sua madeira (muito valiosa e cobiçada, mas

² A principal função do *Bradyrhizobium* é a fixação biológica de nitrogênio (FBN), onde, por intermédio de uma relação simbiótica com plantas leguminosas, converte o nitrogênio gasoso (N₂) da atmosfera em formas absorvíveis pela planta, como a amônia (NH₃).

protegida legalmente por estar ameaçada de extinção) agrega valor ao manejo florestal sustentável ou a sistemas agroflorestais (SAFs), ajudando a diversificar a renda do produtor rural e incentivando o plantio e a conservação da espécie.

Portanto, ao ser incluído em projetos de reflorestamento, como SAFs e recuperação de pastagens degradadas, ela atua como uma aliada fundamental na reconstituição das condições ambientais e na promoção da biodiversidade local.

Vale ressaltar que, por ser uma espécie classificada como ameaçada de extinção, o uso do jacarandá-da-Bahia em reflorestamento também é uma importante estratégia de conservação *ex situ* e *in situ*, ajudando a manter sua variabilidade genética e a garantir sua sobrevivência.

3. Impactos positivos dos Sistemas Silvopastoris

Os SSP's constituem uma estratégia relevante para o desenvolvimento sustentável, ao integrar de forma sinérgica benefícios sociais, econômicos e ambientais, além de ampliar a área de cobertura florestal em propriedades rurais. A adoção desse sistema influencia positivamente a disponibilidade e o valor nutritivo das pastagens, uma vez que combina espécies arbóreas adequadas com regimes de manejo compatíveis, representando uma alternativa eficiente para a otimização do uso da terra (Paciullo *et al.*, 2009) (Figura 3).

Na região sul do Espírito Santo, as pastagens se encontram em avançado estágio de degradação. A predominância da pecuária extensiva e das bacias leiteiras, associada à escassez de forragem no período de inverno, agrava os impactos ambientais e limita a produtividade. A arborização das pastagens, por meio da implantação de sistemas silvipastoris, desponta como alternativa promissora para reverter esse quadro. O uso de espécies leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio, em particular, contribui de forma significativa para a persistência e a recuperação das áreas de pastagem (Dias Filho, 2006).

A presença de árvores nas pastagens, especialmente leguminosas, tem demonstrado diversos benefícios ao sistema. Áreas sob o dossel arbóreo apresentam melhor qualidade nutricional da forragem, refletindo o aumento do teor de nitrogênio na matéria seca, além de maior umidade e melhor aeração do

solo (Dias Filho, 2006; Paciullo *et al.*, 2009; Crespo; Souza; Silva, 2023). O sombreamento proporcionado pelas árvores também tem contribuído para o conforto térmico dos animais, reduzindo o estresse térmico e melhorando o desempenho zootécnico (Zanin; Bichel; Mangilli, 2016; Crespo; Souza; Silva, 2023).



Figura 3. Representação de um sistema silvipastoril. Fonte: Produzido pela Inteligência Artificial (<https://gemini.google.com/>).

Estudos realizados com o jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra*) evidenciam que sua inserção em pastagens de braquiária promove aumento da produção de biomassa e melhorias na qualidade nutricional da forragem, especialmente em função da densidade de árvores e do sombreamento proporcionado (Silva Júnior; Souza; Rangel, 2020; Silva, 2020; Silva Júnior *et al.*, 2020b). Comparativamente, as pastagens consorciadas com jacarandá-da-Bahia apresentam desempenho superior às pastagens convencionais em monocultivo, tanto em termos de produtividade quanto de sustentabilidade do sistema.

Esses resultados demonstram que os sistemas silvipastoris contribuem significativamente para a redução da degradação das pastagens, aumento da infiltração de água no solo e diversificação da produção agrícola com espécies florestais de alto valor econômico. Além disso, tais sistemas oferecem benefícios ecológicos duradouros, promovendo conservação do solo, incremento da

biodiversidade e estabilidade do ecossistema (Montagnini; Jordan, 2005; Brun; Monteiro; Rodrigues, 2017; Souza *et al.*, 2023).

Por essas razões, os SSP's consolidam-se como referências tecnológicas para produtores rurais, empresas e profissionais de assistência e extensão, fornecendo diretrizes práticas para o manejo adequado do componente arbóreo, a melhoria das pastagens e a mitigação dos impactos e externalidades ambientais negativos da agropecuária extensiva.

4. Sistemas silvipastoris e a recuperação de áreas degradadas

Os SSP's configuram-se como alternativas promissoras para a recuperação de áreas degradadas, sobretudo em regiões tropicais. Esses arranjos produtivos integram árvores, pastagens e animais em uma mesma unidade de manejo, favorecendo interações ecológicas e econômicas que resultam em benefícios múltiplos (Montagnini; Jordan, 2005).

A degradação das terras constitui um dos principais desafios da agropecuária brasileira, manifestando-se na perda de fertilidade dos solos, erosão, compactação e redução da biodiversidade. Nesse contexto, os SSP's apresentam potencial expressivo ao promover a ciclagem de nutrientes, a melhoria da estrutura e da cobertura do solo, além de reduzir impactos erosivos e aumentar a infiltração de água (Macedo, 2005) (Figura 4).

Outro aspecto relevante é a introdução de espécies arbóreas nativas ou adaptadas, que contribuem para a recomposição da biodiversidade local e a criação de microclimas favoráveis ao desenvolvimento das pastagens e ao bem-estar animal (Veiga *et al.*, 2012). A presença de árvores proporciona sombra e conforto térmico, reduzindo o estresse e elevando o desempenho zootécnico dos rebanhos, especialmente em condições tropicais (Kiehl, 2010).

Do ponto de vista econômico, os SSP's diversificam as fontes de renda dos produtores ao possibilitar a exploração de madeira, frutos, sementes e produtos medicinais, em paralelo à pecuária. Essa multifuncionalidade aumenta a resiliência econômica das propriedades e fortalece a sustentabilidade dos sistemas produtivos (Porfírio-da-Silva; Moraes, 2010; Trugilho, 2023).



Figura 4. Ciclagem de nutrientes e melhoria da estrutura e da cobertura do solo pelos SSP's. Fonte: Produzido pela Inteligência Artificial (<https://gemini.google.com/>).

Pesquisas também indicam que áreas degradadas convertidas em SSP's apresentam ganhos consistentes em matéria orgânica do solo, incremento da biomassa aérea e radicular, além de maior estabilidade ecológica em comparação a áreas mantidas exclusivamente com pastagens (Silva *et al.*, 2017; Crespo; Souza; Silva, 2023).

No Espírito Santo, experiências concretas têm reforçado esses resultados. Em municípios como Alegre, Iúna e Domingos Martins, agricultores familiares vêm implantando SSP's com apoio técnico da Incaper e de programas de extensão universitária. Um exemplo emblemático é o projeto Crescer e Multiplicar, desenvolvido na ARIE Laerth Paiva Gama, em Alegre, que utiliza arranjos silvipastoris em sistemas agroflorestais voltados tanto à recuperação ecológica quanto à geração de renda, articulados a ações de capacitação de agricultores locais (Figura 5).

Assentamentos da reforma agrária vêm incorporando práticas silvipastoris como alternativas sustentáveis à pecuária extensiva e ao uso intensivo de insumos externos, fortalecendo a transição agroecológica e promovendo maior

resiliência socioambiental. Esses sistemas permitem integrar árvores, pastagens e animais em um mesmo espaço produtivo, diversificando fontes de renda e aumentando a oferta de serviços ecossistêmicos, como sombreamento, ciclagem de nutrientes e melhoria da qualidade do solo.



Figura 5. Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) "Laerth Paiva Gama" (Horto Municipal de Alegre, ES). Foto: Thaíza de Paula.

Nesse contexto, o jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra*) pode ser citado como exemplo de espécie de alto valor ecológico e econômico para sistemas silvipastoris. Além de contribuir para a recuperação da paisagem e o aumento da biodiversidade da Mata Atlântica, apresenta madeira de alta qualidade e boa adaptação a solos de baixa fertilidade, características que reforçam seu potencial no manejo florestal sustentável (Lorenzi, 1992; Carvalho, 1994). Sua inserção em áreas de assentamento pode unir a conservação da biodiversidade ao fortalecimento da produção agroecológica, ampliando as oportunidades de acesso a mercados diferenciados, como o de madeiras nobres certificadas e iniciativas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA).

Políticas públicas, como o Plano Estadual de Agroecologia e Produção Orgânica do Espírito Santo (PEAPO-ES), e programas de incentivo como os de PSA, têm oferecido suporte institucional para a adoção e expansão de práticas integradas que conciliam conservação ambiental e produção agropecuária. Assim, a inclusão de espécies nativas ameaçadas, como o jacarandá-da-Bahia,

pode se tornar um caminho estratégico para agregar valor econômico e ambiental aos projetos de reforma agrária, promovendo uma transição agroecológica mais consistente.

5. Relações e benefícios dos sistemas silvipastoris e a agroecologia

Os SSP's, por integrarem árvores, pastagens e animais em uma mesma unidade de produção, apresentam forte convergência com os princípios da agroecologia. Essa integração favorece a sustentabilidade ecológica, a eficiência no uso dos recursos naturais e a diversificação produtiva, fundamentos centrais da agroecologia (Altieri, 2012; Caporal; Costabeber, 2002).

Do ponto de vista ecológico, os SSP's promovem a ciclagem de nutrientes, aumentam a matéria orgânica do solo e reduzem a erosão, contribuindo para o equilíbrio dos ecossistemas agrícolas (Porfírio-da-Silva; Moraes, 2010). A presença de árvores proporciona sombreamento, abrigo para a fauna nativa e incremento da biodiversidade funcional, favorecendo o controle biológico de pragas e a polinização, alinhando-se às práticas de manejo ecológico preconizadas pela agroecologia (Altieri; Toledo, 2011) (Figura 6).



Figura 6. Sombreamento, abrigo para a fauna nativa e incremento da biodiversidade funcional: alguns dos benefícios dos SSP's. Fonte: Produzido pela IA (<https://gemini.google.com/>).

Na dimensão socioeconômica, os SSP's aumentam a resiliência do agricultor familiar ao fornecer múltiplas fontes de produção e renda — incluindo madeira, frutos, forragem e produtos animais — além de fortalecer a autonomia local e valorizar saberes tradicionais (Figura 7). Esse caráter multifuncional reforça o papel da agroecologia na consolidação de sistemas alimentares sustentáveis e na manutenção das práticas culturais camponesas (Gliessman, 2001).



Figura 7. Pastagem degradada recuperada com a implantação de um SSP: mogno e braquiária, Mimoso do Sul, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2023.

A implantação de SSP em bases agroecológicas demanda planejamento participativo, respeito aos saberes tradicionais e adaptação às condições locais. Experiências em assentamentos da reforma agrária e projetos de extensão rural no Brasil demonstram que esses sistemas contribuem significativamente para a recuperação ambiental, a produção de alimentos saudáveis e a geração de trabalho e renda (Schmitt; Franke; Bartholo, 2019).

Portanto, a relação entre os SSP's e a agroecologia é marcada pela complementaridade e sinergia. Ambos priorizam a sustentabilidade, a diversidade, a autonomia e a valorização dos conhecimentos tradicionais. A adoção de SSP guiada por princípios agroecológicos representa um caminho efetivo para a transição de modelos agrícolas convencionais para práticas mais

sustentáveis de produção e uso da terra. Deve ser priorizado o uso de espécies nativas na implantação dos SSP's – a inclusão de espécies arbóreas nativas de alto valor agregado, como o Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra*), confere ao sistema uma dupla função: recuperação ambiental e diversificação econômica de longo prazo (Henkes, 2013; Silva, 2020).

6. Sistemas silvipastoris e a agroecologia: experiências práticas no Espírito Santo com espécies arbóreas diversas

No Espírito Santo, diversas experiências têm evidenciado o potencial dos SSP's como ferramenta estratégica na transição agroecológica e na recuperação de áreas degradadas, especialmente em propriedades da agricultura familiar e em assentamentos da reforma agrária. Essas iniciativas reforçam a sinergia entre os princípios da agroecologia e os benefícios socioambientais proporcionados pelos SSP (Figura 8).



Figura 8. Implantação de SSP em pastagem degradada. Fonte: Trugilho, 2023.

No município de Alegre, na região do Caparaó capixaba, projetos de extensão rural em parceria com universidades e movimentos sociais têm promovido a implantação de SAFs e SSP em áreas previamente degradadas. Essas ações estão inseridas em programas de recuperação ambiental e produção sustentável, com ampla participação das comunidades locais. Integram práticas agroflorestais a atividades pastoris em pequena escala,

promovendo regeneração do solo, sequestro de carbono e melhoria das condições socioeconômicas das famílias (IFES, 2023).

Em Afonso Cláudio, a Associação de Mulheres Empreendedoras de Vila Pontões incorporou os SSP em suas práticas de manejo, combinando o cultivo de cafés especiais com espécies nativas e frutíferas, além da criação de animais em sistemas rotacionados. Essas estratégias têm promovido diversificação produtiva, segurança alimentar e fortalecimento da autonomia feminina, valorizando conhecimentos tradicionais e reforçando princípios centrais da agroecologia (Souza *et al.*, 2024).

No âmbito das políticas públicas, o Espírito Santo conta com o Programa Estadual de Agricultura Familiar e Agroecologia (PEAF-ES), que oferece apoio técnico e financeiro a projetos sustentáveis em propriedades familiares, considerando os SSP como práticas elegíveis para financiamento e assistência (Figuras 9 e 10). Esses incentivos têm sido fundamentais para ampliar a adoção desses sistemas e favorecer a recuperação de áreas degradadas ou mal utilizadas (SEAG, 2022).



Figuras 9 e 10. Implantação de SSP em pastagem degradada: antes e depois.
Fonte: MV Gestão Integrada, 2022.

A integração dos SSP's às práticas agroecológicas no estado dialoga com o esforço nacional de transição ecológica da agricultura, promovido pelo Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PLANAPO), reconhece a importância de modelos produtivos integrados e sustentáveis como os SSP's (Figuras 11 e 12).



Figuras 11 e 12. Implantação de SSP em pastagem degradada: antes e depois. Fonte: MV Gestão Integrada, 2022.

Esses exemplos demonstram que a adoção de SSP's, pautadas nos princípios da agroecologia, é viável e eficaz na realidade capixaba. Além de promover a recuperação ambiental, os SSP's contribuem para a geração de renda, a soberania alimentar e a inclusão social, especialmente de grupos historicamente marginalizados, como mulheres, assentados e povos tradicionais (Figura 13).



Figura 13. Implantação de SSP em pastagem degradada: antes e depois. Fonte: MV Gestão Integrada, 2023.

O SSP integra de forma permanente árvores e pastagens em um mesmo espaço, favorecendo a conservação dos solos e microbacias, além de possibilitar a diversificação da produção. De acordo com a Portaria nº 13, de 15 de junho de 2018, os arranjos devem incluir pelo menos 300 indivíduos arbóreos por hectare,

sendo no mínimo 40% de espécies não madeiráveis (ESPÍRITO SANTO, 2018). O Programa Reflorestar apoia a implantação de até cinco hectares dessa modalidade por projeto, por meio de PSA de curto prazo destinado à aquisição de insumos.

A literatura especializada oferece materiais de apoio para a elaboração de projetos de SSP, como a cartilha “Arborização de Pastagens com Espécies Florestais Madeireiras: Implantação e Manejo”, publicada pela Embrapa. No planejamento das áreas, podem ser adotadas duas estratégias: a recuperação da pastagem com a retirada temporária do gado ou o piqueteamento, mantendo os animais, desde que as mudas estejam protegidas com cercas convencionais ou elétricas (Porfírio-da-Silva *et al.*, 2009). As Figuras 14 e 15 ilustram exemplos de implantação em ambos os modelos.



Figuras 14 e 15. Modelos de implantação de SSP. A) Remoção do gado do interior da área para o plantio de mudas. B) Cercamento no entorno das mudas para proteção com presença de gado na área. Fonte: Trugilho, 2023.

7. Fundamentos agroecológicos para a inclusão de *Dalbergia nigra* no SSP

A integração do Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.) em SSP's é justificados por seus múltiplos benefícios ecológicos, que contribuem para a sustentabilidade produtiva e para a recuperação de ecossistemas degradados. A espécie apresenta atributos agroecológicos relevantes, como a melhoria da fertilidade do solo, a Fixação Biológica de

Nitrogênio (FBN) e o potencial de sequestro de carbono, tornando-se um elemento-chave para conciliar pecuária e conservação ambiental (Carvalho, 2003; Leles *et al.*, 1997).

✓ **O papel dos SSP's na recuperação ambiental e hídrica**

O SSP integra árvores, forrageiras e animais em uma mesma área, favorecendo a conservação dos solos, a infiltração de água e a resiliência hídrica. No Espírito Santo, sua adoção tem sido considerada estratégica diante da degradação da Mata Atlântica e da crise hídrica (ESPÍRITO SANTO, 2018). O uso de espécies nativas, como o Jacarandá-da-Bahia, é especialmente indicado em áreas de pastagens degradadas, devido à sua capacidade de recuperação da estrutura do solo e à sua plasticidade para desenvolver-se em ambientes empobrecidos (Oliveira; Godinho, 2011).

✓ **Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)**

Por ser uma leguminosa arbórea, *D. nigra* contribui para o aporte de nitrogênio ao sistema solo-planta, reduzindo a dependência de adubos químicos e promovendo maior sustentabilidade econômica. Estudos demonstram que a inoculação com *Bradyrhizobium* sp. e fungos micorrízicos potencializa o crescimento inicial da espécie em solos tropicais (Santiago; Garcia; Scotti, 2002). Esse processo é fundamental em SSP's, pois o nitrogênio é frequentemente um fator limitante para a produtividade das forrageiras tropicais.

✓ **Potencial de sequestro de carbono e mitigação de GEE**

A pecuária é uma das principais fontes de emissões de metano (CH₄). A integração de árvores nativas em SSP's, como o Jacarandá-da-Bahia, contribui para o sequestro de carbono na biomassa e na matéria orgânica do solo, podendo neutralizar as emissões da atividade pecuária (Henkes, 2013; Resende *et al.*, 2020). Esse saldo positivo de carbono fortalece o acesso a créditos ambientais e abre oportunidades de financiamento por meio de mercados voluntários de carbono.

✓ Planejamento silvicultural e interação com a pecuária

A implantação de SSP's com *D. nigra* requer planejamento cuidadoso do espaçamento e da adubação inicial. Experimentos em Cachoeiro de Itapemirim-ES, utilizando espaçamento 6 x 2 m (833 árvores/ha), comprovaram a viabilidade da espécie em pastagens degradadas de *Brachiaria brizantha* (Oliveira; Godinho; Gomes *et al.*, 2011).

Além disso, o sombreamento moderado proporcionado pelo jacarandá melhora a qualidade bromatológica das forrageiras, elevando o teor de proteína bruta e a digestibilidade, mesmo com menor produção volumétrica (Silva *et al.*, 2011). Isso resulta em maior eficiência alimentar e em benefícios ao conforto térmico animal, que se traduzem em ganhos de produtividade pecuária (Paciullo; Castro *et al.*, 2007).

✓ Viabilidade econômica e barreiras regulatórias

Apesar dos custos de implantação mais elevados — relacionados à correção do solo e ao plantio de mudas —, o SSP com *D. nigra* apresenta atratividade econômica de longo prazo, sustentada pela renda pecuária, pelo valor da madeira nobre e pelos serviços ambientais (Freire; Kato; Azevedo, 2013). Contudo, a restrição legal imposta pela inclusão da espécie no Apêndice I da CITES exige rastreabilidade certificada e conformidade legal, o que pode valorizar ainda mais a madeira certificada no mercado interno (IBAMA, 2017).

8. Considerações

A degradação da Mata Atlântica no Espírito Santo evidencia os impactos profundos das atividades antrópicas, em especial a expansão agrícola, a pecuária extensiva e a urbanização desordenada. Esse quadro reforça a necessidade de estratégias que conciliem produção agropecuária e conservação ambiental, reconhecendo a complexidade da paisagem e a relevância dos serviços ecossistêmicos para a sustentabilidade regional.

Nesse contexto, os Sistemas Agroflorestais (SAFs) e os Sistemas Silvopastoris (SSP's) se destacam como abordagens inovadoras, capazes de

integrar objetivos ecológicos, produtivos e sociais. A introdução de espécies nativas da Mata Atlântica, como o jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra*), apresenta vantagens significativas: rusticidade, ampla adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas, capacidade de fixação biológica de nitrogênio, fornecimento de sombra e incremento da cobertura vegetal. Esses atributos contribuem diretamente para a regeneração dos solos, a melhoria da fertilidade e o aumento da qualidade das pastagens, sobretudo em áreas degradadas do sul capixaba.

Os benefícios ambientais caminham lado a lado com os ganhos produtivos e zootécnicos. O sombreamento natural, a diversidade vegetal e o manejo integrado reduzem o estresse térmico dos animais, melhoram a qualidade nutricional das forrageiras e ampliam a longevidade das pastagens, demonstrando a viabilidade técnica e econômica dos SSP's. Além disso, esses sistemas ampliam a resiliência da agricultura familiar, criando condições para a sustentabilidade das propriedades rurais frente às mudanças climáticas e às pressões de mercado.

Do ponto de vista socioeconômico e cultural, a adoção de SSP's associados a princípios agroecológicos fortalece a autonomia produtiva, diversifica fontes de renda e valoriza os saberes locais. Experiências como o Projeto Crescer e Multiplicar e iniciativas de associações de mulheres rurais comprovam que é possível articular produção sustentável, recuperação ambiental e inclusão social, ao mesmo tempo em que se promove o empoderamento feminino, a segurança alimentar e a geração de trabalho digno no campo.

Contudo, a consolidação desses sistemas depende de esforços contínuos em pesquisa aplicada, capacitação técnica e governança participativa. São fundamentais políticas públicas consistentes que combinem incentivos financeiros, assistência técnica de qualidade, monitoramento ambiental e mecanismos de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). Da mesma forma, é necessário estimular cadeias de valor sustentáveis, assegurando canais de comercialização que valorizem produtos oriundos de sistemas regenerativos, como cafés especiais, mel de abelhas nativas e madeira certificada.

Outro aspecto central é o papel da inovação tecnológica. Ferramentas digitais de monitoramento ambiental, modelos de previsão climática, aplicativos de gestão de propriedades e metodologias participativas de extensão rural podem acelerar a adoção dos SSP's e facilitar o acompanhamento de resultados em termos de produtividade, conservação e benefícios sociais.

Em síntese, a integração entre SSP's, agroecologia e políticas públicas estruturantes desponta como um caminho sólido para a revitalização da agropecuária capixaba. Trata-se de um modelo multifuncional que alia ciência e tradição, produção e conservação, inovação e justiça social. A consolidação dessa trajetória depende de investimentos de longo prazo e da construção de uma governança ambiental inclusiva, que envolva agricultores familiares, pesquisadores, gestores públicos e sociedade civil. Assim, será possível avançar para uma agricultura mais resiliente, regenerativa e equitativa, capaz de reconciliar a produção de alimentos e a conservação da Mata Atlântica com o bem-estar humano.

Além disso, é fundamental destacar que as pesquisas com o jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra*) ainda são incipientes e precisam ser intensificadas. Embora haja avanços no conhecimento sobre seu crescimento em SSP's, interações com forrageiras e papel ecológico, ainda carecemos de estudos de longo prazo que avaliem sua produtividade, dinâmica de regeneração, potencial de sequestro de carbono e impactos sobre a biodiversidade. Investimentos em pesquisa aplicada e em programas de melhoramento genético são essenciais para garantir a adaptação da espécie a diferentes contextos produtivos, reduzir riscos associados ao plantio e consolidar seu uso como componente estratégico em modelos agroecológicos sustentáveis.

9. Referências

ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 5. ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2012.

ALTIERI, M. A.; TOLEDO, V. M. The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. **The Journal of Peasant Studies**, v. 38, n. 3, p. 587–612, 2011. DOI: 10.1080/03066150.2011.582947.

ATAÍDE, G. da M. *et al.* Alterações fisiológicas durante a hidratação de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 615-625, abr./jun. 2016.

BARRETO, M. A. *et al.* **Genetic structure and diversity of *Dalbergia nigra* from Forests**. 2023.

BGCI. BOTANIC GARDENS CONSERVATION INTERNATIONAL. **Brazilian Rosewood — *Dalbergia nigra***. Global Trees Campaign / BGCI. 2013 (perfil atualizado). Disponível em: <https://www.bgci.org/resource/brazilian-rosewood-dalbergia-nigra/>. Acesso em: 29 set. 2025.

BRUN, L. M.; MONTEIRO, J. C.; RODRIGUES, J. M. Sistemas silvipastoris: sustentabilidade e produtividade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 10, p. 843–854, 2017.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia: enfoques teóricos e suas implicações metodológicas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 201-225, 2002.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. (Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, v.1).

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 640 p.

CNCFLORA / JBRJ – CENTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA FLORA. *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth. **Perfil de espécie — Proflora / JBRJ. 2019.** Disponível em: https://proflora.jbrj.gov.br/html/Dalbergia%20nigra_2019.html. Acesso em: 29 set. 2025.

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. Home page: <https://editora.incaper.es.gov.br/incaper-em-revista>. DOI:10.54682/ier.v.13e14.p06.19.

DIAS FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. Brasília: Embrapa, 2006.

DIAS-FILHO, MOACYR BERNARDINO. **Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens degradadas**. Embrapa Amazônia Oriental- Documentos (INFOTECA-E), 2006.

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.

EGIDIO, L. S.; SOUZA, M. N. Recuperação de áreas degradadas na Mata

Atlântica: 23 anos de restauração ecológica e agrofloresta na Estância São Lucas, Guaçuí – ES. Restoration of degraded areas in the Atlantic Forest: 23 years of ecological restoration and agroforestry in the Estância São Lucas, Guaçuí - ES. Fronteiras: **Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 14, p. 230-241, 2025. Home page: <https://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/7988>. DOI: 10.21664/2238-8869.2025v14i3.7988.

EMBRAPA / PROGRAMA ALICE / PROGRAMA ARBORETUM. **Jacarandá-da-Bahia — *Dalbergia nigra* (ficha técnica / espécie)**. Embrapa (Alice / repositório). Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1140088/1/Especies-Arboreas-Brasileiras-vol-1-Jacaranda-da-Bahia.pdf>. Acesso em: 29 set. 2025.

ESPÍRITO SANTO. **Plano Estadual de Agroecologia e Produção Orgânica – PEAPO/ES**. Vitória: Seag, 2021.

ESPÍRITO SANTO. **Portaria nº 013-R, de 15 de junho de 2018**. Diário Oficial dos Poderes do Estado, Vitória, ES, 20 de junho de 2018, p. 16-18.

ESPÍRITO SANTO. **Portaria nº 13, de 15 de junho de 2018**. Dispõe sobre critérios técnicos para implantação de sistemas agroflorestais e silvipastoris no âmbito do Programa Reflorestar. Vitória: SEAMA, 2018.

FONSECA, R. A. **Crescimento de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* Vellozo) em sistemas silvipastoris submetido a diferentes métodos de plantio com polímero-hidroretentor (gel)**. 2018. 46 f. Monografia (Especialização em Educação Ambiental e Sustentabilidade) – Instituto Federal do Espírito Santo, Ibatiba, 2018.

FREIRE, J. F.; KATO, O. R.; AZEVEDO, C. M. B. C. de. **Viabilidade econômica de um sistema silvipastoril para agricultura familiar do nordeste paraense**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2013.

FREIRE, J. M.; AZEVEDO, M. C. de; CUNHA, C. F. da; SILVA, T. F. da; RESENDE, A. S. de. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em área fragmentada de Mata Atlântica em Itaboraí, RJ. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 33, n. 75, p. 243–252, 2013. DOI: 10.4336/2013.pfb.33.75.454. Disponível em: <https://pfb.sede.embrapa.br/pfb/article/view/454>. Acesso em: 25 maio 2025.

FREIRE, J. M.; AZEVEDO, M. C.; CUNHA, C. F.; SILVA, T. F.; RESENDE, A. S. **Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em área fragmentada de Mata Atlântica em Itaboraí, RJ**. In: Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v. 33, n. 75, p. 2.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica** – período 2018-2019. São Paulo: SOS Mata Atlântica/INPE, 2020. n. 61 p.43-252, 2013.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 2001.

GONCALVES, D. C.; CRESPO, A. M.; FERREIRA, C. C.; CARRICO, I. G. H.; SOUZA, M. N.; RIBEIRO, W. R. A agroecologia como ferramenta ao fortalecimento da agricultura familiar. **REVISTA DA UNIVAP**, v. 1, p. 342-357, 2019. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2018/index.html.

HENKES, J. A. O sequestro de carbono (CO₂) proporcionado pelo sistema silvipastoril com ênfase no aumento da renda familiar com integração das atividades de lavouras e pecuária e a produção da madeira, carne e leite. **Revista de Gestão Sustentável Ambiental**, Florianópolis, v. 2, n. 1, p. 222-249, 2013.

IBAMA. **Inclusão da espécie no Apêndice II da CITES muda normas de importação e exportação a partir desta segunda-feira, 2 de janeiro**. Brasília: IBAMA, 2017.

IFES. INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. **Projeto Crescer e Multiplicar**. Alegre: IFES, 2023. Disponível em: <https://www.ifes.edu.br>. Acesso em: 28 maio 2025.

INCAPER. **Projeto Crescer e Multiplicar**. Alegre: Incaper, 2022. (relatório técnico, não publicado).

KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. C. Fatores ecológicos e genéticos envolvidos na regeneração natural de espécies arbóreas em florestas. **I.P.E.F. Série Técnica**, Piracicaba, v. 6, n. 18, p. 1-13, 1989.

KIEHL, E. J. **Manejo do solo: fundamentos e práticas**. 6. ed. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2010.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2000.

LELES, P. S. S.; REIS, M. das G. F.; REIS, G. G. dos; NEVES, J. C. L.; GARCIA, N. C. P. **Exigências nutricionais de mudas de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem (Jacarandá-da-Bahia) produzidas em dois níveis de sombreamento**. Revista Árvore, Viçosa, v. 21, n. 4, p. 463-471, 1997.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1992. 352 p.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura-pecuária: uma estratégia conservacionista de uso da terra. **Pasturas Tropicais**, v. 27, n. 1, p. 66-72, 2005.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema dos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 22, 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 157-192.

MARTINKOSKI, L. *et al.* Qualidade física do solo sob manejo silvipastoril e floresta secundária. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

MONTAGNINI, F.; JORDAN, C. **Ecological Silviculture: the science and practice of sustainable forest management**. 2. ed. Washington: Island Press, 2005.

O'FARRELL, P. J.; ANDERSON, P. M. L. Positive effects of plant diversity on carbon sequestration in grassland ecosystems. **Ecology**, v. 91, n. 12, p. 3711-3720, 2010.

OLIVEIRA FILHO, A. T. de. Estudos ecológicos da vegetação como subsídios para programas de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica. **Cerne**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 64-72, 1994.

OLIVEIRA, C. H. R. de; GODINHO, T. de O. **Crescimento de *Dalbergia nigra* (Vell.) estabelecido em sistema silvipastoril, em resposta à adubação fosfatada**. Incaper, 2011.

PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T. et al. **Arranjos e modelos de sistemas silvipastoris**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007.

PACIULLO, D. S. C.; ROCHA, L. P.; FERREIRA, C. G. et al. Produção de pastagem consorciada com árvores: efeitos sobre produtividade e qualidade nutricional. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 5, p. 1027–1035, 2009.

PACIULLO, D.S.C.; LOPES, F.C.F.; MALAQUIAS JUNIOR, J.D.; VIANA FILHO, A.; RODRIGUEZ, N.M.; MORENZ, M.J.F.; AROEIRA, L.J.M. Características do pasto e desempenho de novilhas em sistema Silvopastoril e pastagem de Braquiária em monocultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 11, p. 1528-1535, 2009.

PADOVAN, M. P.; PEREIRA, Z. V.; SERRANO, M. R.. Panorama dos sistemas agroflorestais biodiversos em Mato Grosso do Sul. **Revista GeoPantanal**, v. 16, n. 30, p. 102-112, 2021.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; PIRATELLI, A. J. Sementes florestais: qualidade e utilização em viveiros. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (org.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p. 195-224.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M. J. S.; NICODEMO, M. L. F.; DERETI, R. M. **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo**. Colombo: Embrapa Florestas, 2009.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A. de. Sistemas silvipastoris no Brasil: uma perspectiva de integração lavoura-pecuária-floresta. **Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo**, n. 60, p. 91–100, jul./dez. 2010.

RESENDE, L. et al. **Estudo de mestre da ESCAS comprova benefício de sistema silvipastoril para sequestro de carbono**. Nazaré Paulista: IPÊ, 2020.

RIBEIRO, R. A.; LEMOS-FILHO, J. P.; RAMOS, A. C. S.; LOVATO, M. B. Phylogeography of the endangered rosewood *Dalbergia nigra* (Fabaceae): insights into the evolutionary history and conservation of the Brazilian Atlantic

Forest. **Heredity**, v. 106, n. 1, p. 46–57, 2011. DOI: 10.1038/hdy.2010.64. Acesso (PubMed/PMC): 29 set. 2025.

SANTIAGO, G. M.; GARCIA, Q.; SCOTTI, M. R. Effect of post planting inoculation with *Bradyrhizobium* sp. and mycorrhizal fungi on the growth of Brazilian rosewood, *Dalbergia nigra* Allem. ex Benth., in two tropical soils. **New Forests**, v. 24, p. 15-25, 2002.

SANTOS, R. L. et al. Levantamento fitogeográfico de *Dalbergia* L. f. (*Leguminosae Papilionoideae*) com potencial produtivo para própolis vermelha no Estado do Pará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 12, n. 3, p. 590-595, 2017.

SARTOR, L. S. et al. Resistência mecânica do solo à penetração em sistema silvipastoril após onze anos de implantação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 231-241, jan./mar. 2020.

SCHMITT, J. L.; FRANKE, I. L.; BARTHOLO, R. Agroecologia e sistemas agroflorestais: contribuições à sustentabilidade e à soberania alimentar. **Revista Nera**, Presidente Prudente, v. 22, n. 48, p. 67-85, 2019. DOI: 10.47946/rnera.v0i48.5836.

SEAG. SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA, ABASTECIMENTO, AQUICULTURA E PESCA. **Programa Estadual de Agricultura Familiar e Agroecologia do Espírito Santo – PEAf-ES**. Vitória: SEAG, 2022.

SILVA JÚNIOR, A. A.; SOUZA, M. N.; RANGEL, O. J. P. Uso de espécies nativas em sistemas silvipastoris: impacto sobre produtividade de braquiária. **Revista Agropecuária Tropical**, v. 53, n. 2, p. 215–228, 2020.

SILVA JÚNIOR, A. L. da et al. Evaluation of diversity and genetic structure as strategies for conservation of natural populations of *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth. **Cerne**, Lavras, v. 26, n. 4, p. 435-443, 2020b.

SILVA, E. C. **Desenvolvimento inicial de mudas de Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* Vellozo) submetidas a diferentes doses de adubação fosfatada em sistema silvipastoril**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal do Espírito Santo, Alegre, 2020.

SILVA, E. C. et al. Efeito do sombreamento no crescimento inicial de gramíneas forrageiras tropicais. **Revista PAGE**, Seropédica, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2011.

SILVA, M. M. da; SILVA, M. M. da; LOUBACK, G. C.; SOUZA, M. N.; RANGEL, O. J. P.; FERRARI, J. L.; CARDOZO, L. G. C.; PRETO, B. de L.; OLIVEIRA, A. F. M. de; CALABIANQUI, T. N.; BERILLI, A. P. C. G.; BERILLI, S. da S. Uso e cobertura da terra na fazenda São José, município de Muniz Freire, ES. **OBSERVATORIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 21, p. 20818-20833, 2023. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/1386/1461>. DOI: 10.55905/oelv21n11-121.

SILVA, R. G. da *et al.* Recuperação de áreas degradadas por meio da implantação de sistemas silvipastoris. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 12, n. 3, p. 213–222, 2017.

SOUZA, M. N. *et al.* Mulheres e cafés especiais: a experiência agroecológica em Vila Pontões, ES. In: OLIVEIRA, A. F. M. de; MENDONÇA, P. P. (Orgs.). **Tópicos em Gestão Ambiental – Volume III**. Alegre: PPGA/UFES, 2024. p. 121–140.

SOUZA, M. N.; NASCIMENTO, L. M.; BIGHI, A. R.; FIM, B. P.; PIMENTA, C. D.; CARVALHO, R. C. B.; PINTO, G. P.; SARAIVA, U.; MASSARIOL, B. P.; MORELI, R. C.; AMARAL, A. A. do Recuperação de áreas degradadas: fundamentos e objetivos da reabilitação ambiental. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas Vol. X**. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2025. p. 44-67. DOI: <https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-34-3.c1>

SOUZA, M. N.; NASCIMENTO, P. de O.; MONTEIRO, R. J.; TRUGILHO, G. A.; MOREIRA, M. F.; LOUBACK, G. C.; CRESPO, A. M.; PERON, I. B.; COSTA, W. M. da; FIGUEIREDO, J. S. M. Revegetação, matéria orgânica e a sustentabilidade nos procedimentos de recuperação de solos degradados. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. VI. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. p. 72-93. ISBN: 978-65-84548-14-5. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-14-5.c2>

TAYLOR, V.; KECSE-NAGY, K.; OSBORN, T. **Trade in Dalbergia nigra and the European Union**. TRAFFIC — report prepared for the European Commission. June 2012. ISBN 978-1-85850-355-4. Disponível em: <https://www.traffic.org/site/assets/files/7566/dalbergia-nigra-and-eu.pdf>. Acesso em: 29 set. 2025.

TRAFFIC / IUCN / DOCUMENTOS SOBRE COMÉRCIO E CITES. **Dados e análises sobre comércio e apreensões de Dalbergia nigra**. (relatórios e notas técnicas). Disponível em iniciativas TRAFFIC e CITES. Acesso em: 29 set. 2025.

TRUGILHO, G. A. **Contribuições do “Programa Reflorestar” para intervenções conservacionistas e produtivas em propriedades rurais do Espírito Santo**. Dissertação (Mestrado em Agroecologia do Ifes campus de Alegre). 2023. 70 p.

VEIGA, J. B. da *et al.* Impactos ambientais da pecuária: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável. **Agronomia Sustentável**, Viçosa: UFV, v. 1, n. 2, p. 45–63, 2012.

VEIGA, J. B. da *et al.* Sustentabilidade de sistemas de produção de leite com base em indicadores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 5, p. 621–630, 2012.

ZANIN, E.; BICHEL, A.; MANGILLI, L. G. Bem estar de vacas leiteiras em sistema silvipastoril. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 10, n. 5, p. 381-387, mai. 2016.

ZANIN, G.; BICHEL, A. R.; MANGILLI, L. Benefícios do sombreamento em pastagens: conforto térmico e desempenho animal. **Ciência Animal Brasileira**, v. 17, n. 3, p. 421-432, 2016.

CAPÍTULO 4

Análise da viabilidade econômica de sistemas agroflorestais em áreas do Programa Reflorestar no Espírito Santo

Paola Delatorre Rodrigues, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-36-7.c4>

Resumo

Este estudo avaliou a viabilidade econômica de um sistema agroflorestal implantado na região sul do Espírito Santo, com base na análise de custos, receitas e rentabilidade. A pesquisa foi motivada pela busca por alternativas sustentáveis à agricultura convencional, com ênfase na diversificação produtiva e na conservação ambiental. Os objetivos incluíram a estimativa dos custos de implantação e manutenção do sistema, a projeção das receitas geradas e a comparação com sistemas agrícolas tradicionais. A metodologia consistiu na coleta de dados sobre os custos iniciais e operacionais relacionados às culturas de banana, pupunha, juçara, abacate, café, jabuticaba e pitanga, além da avaliação das receitas associadas a esses produtos. Os resultados indicaram que, embora os investimentos iniciais sejam elevados, o sistema agroflorestal apresenta rentabilidade atrativa em médio e longo prazo, com definição de um ponto de equilíbrio financeiro. A diversificação das fontes de renda, aliada aos benefícios ambientais gerados, contribuiu de forma significativa para a viabilidade econômica do modelo. Conclui-se que o sistema agroflorestal analisado representa uma alternativa economicamente viável e ambientalmente sustentável à agricultura convencional, evidenciando seu potencial na promoção de práticas agrícolas resilientes e integradas à conservação dos ecossistemas.

Palavras-chave: Viabilidade econômica. Sistemas agroflorestais. Custos de implantação. Arranjos de culturas.

1. Introdução

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) são abordagens integrativas de produção agrícola com ênfase na restauração ambiental, sendo construídos com base na sucessão ecológica e na preservação dos ecossistemas naturais. Esses sistemas combinam o cultivo simultâneo de árvores exóticas ou nativas com culturas agrícolas, trepadeiras, forrageiras e arbustos, por meio de um planejamento espacial e temporal que favorece uma ampla diversidade de espécies e interações entre elas. Nos SAFs, tanto sementes quanto mudas são utilizadas para garantir uma produção contínua em diferentes estratos do sistema (EMBRAPA 2021).

De acordo com esse mesmo autor, a diversidade e adaptabilidade permitem que SAFs sejam implantados em locais como Reservas Legais, Áreas de Preservação Permanente (APPs) em pequenas propriedades e Áreas de Uso Restrito (AUR) com topografia específica. É fundamental que o plantio de espécies exóticas não ultrapasse 50% da área a ser recuperada, priorizando as espécies nativas para fortalecer os ecossistemas locais.

No Brasil, a adoção de SAFs tem aumentado consideravelmente, impulsionada por políticas públicas voltadas para o desenvolvimento rural. Embora essas políticas não estejam direcionadas especificamente aos SAFs, elas têm contribuído para promover essa prática, conforme mencionado por Gonçalves e Vivan (2012) e Souza (2021).

Como meio de implantação no estado do Espírito Santo, foi criado pelo governo o programa Reflorestar - uma iniciativa governamental voltada para a restauração e conservação de áreas degradadas e de importância ambiental. O programa visa promover o reflorestamento por meio de SAFs e outras técnicas sustentáveis, incentivando a participação de produtores rurais, comunidades locais e organizações ambientais.

Existem políticas com estímulos diretos aos SAFs, como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), que tem como objetivo principal o desenvolvimento rural para que produtores se beneficiem de suas próprias práticas. O Pronaf oferece linhas de crédito e apoio técnico para os agricultores familiares, incluindo aqueles que adotam os SAFs. Essa iniciativa impulsiona a adoção de práticas sustentáveis e diversificadas de produção,

promovendo a conservação dos recursos naturais e a geração de renda no meio rural (BRASIL, 2024a; 2024b).

Outro programa que atua indiretamente na promoção de SAFs e na conservação de recursos hídricos, da biodiversidade e da produção agroflorestal sustentável é o Programa Reflorestar, que ocorre no Espírito Santo. Este programa estadual oferece incentivos financeiros aos produtores rurais para promover o plantio de florestas que combinam conservação ambiental com geração de renda, incluindo a implementação de sistemas agroflorestais (SEAMA, 2011; Egidio, Souza, 2025).

Essas políticas governamentais, direta ou indiretamente relacionadas aos SAFs, desempenham um papel fundamental no estímulo e no fortalecimento desses sistemas no Brasil. Elas contribuem para a valorização dos produtos agroflorestais, estimulam a geração de renda no meio rural, promovem a segurança alimentar e nutricional, além de incentivar a conservação dos recursos naturais. Ao adotar práticas agroflorestais, os agricultores familiares e demais produtores rurais podem obter benefícios econômicos que seria objetivo desta pesquisa, sociais e ambientais também já que o Brasil vem cada vez mais tornando seus recursos exauríveis.

Os SAFs, de maneira geral, são sistemas promissores na agricultura e setor florestal no Brasil. Com isso, a realização de análises econômicas nesses sistemas é fundamental para avaliar a viabilidade econômica, a rentabilidade e os impactos socioambientais. Essas análises fornecem informações essenciais para os produtores e investidores tomarem decisões embasadas em dados concretos, aperfeiçoarem os recursos disponíveis e maximizarem os resultados econômicos e ambientais dos sistemas agroflorestais.

O objetivo geral foi realizar levantamento de custos de produção de empreendimentos agroflorestais localizados principalmente nas mesorregiões do Sul e Central Espírito-Santenses e desenvolver análises destes custos para os diferentes modelos produtivos agroflorestais estabelecidos. Como objetivos específicos:

- ✓ Desenvolver modelos de estruturas de custos de sistemas agroflorestais mais aderentes aos sistemas produtivos utilizados;

- ✓ Propor ajustes e melhorias para que os produtores possam obter ganhos de rentabilidade real de seus investimentos agroflorestais;
- ✓ Criar uma base de dados de custos e preços dos mercados e projetos agroflorestais da região;
- ✓ Gerar recomendações para o desenvolvimento de políticas públicas de promoção do setor agroflorestal no estado.

2. Coleta de dados

A estrutura metodológica adotada para avaliar a viabilidade de sistemas agroflorestais foi composta por três etapas principais:

- ✓ **Levantamento de Dados sobre SAFs da Região Sul do Espírito Santo:**

Nesta fase inicial, foi realizado um levantamento abrangente para identificar e caracterizar os SAFs na região Sul do Espírito Santo. Foram realizadas pesquisas com produtores rurais participantes do programa Reforestar do estado do Espírito Santo, com parceria da empresa MV Gestão integrada. As pesquisas buscaram identificar os custos e benefícios associados aos SAFs, com foco em aspectos como diversificação de culturas, integração entre árvores nativas e cultivos agrícolas incluindo práticas de manejo sustentável.

- ✓ **Compilação e Processamento dos Dados Coletados**

Após a coleta de dados, a etapa seguinte consistiu em organizar e consolidar as informações obtidas para formar uma base de dados. Foram criadas planilhas no *software Excel* para classificar e armazenar os dados, tanto primários quanto secundários. Os dados foram organizados em categorias técnicas e produtivas, bem como financeiras, incluindo custos de implantação, manutenção e rendimentos dos sistemas agroflorestais. A organização dos dados envolveu a categorização das práticas de manejo, tipos de cultivos intercalados e custos associados.

✓ **Análise dos Dados**

A análise dos dados coletados e organizados visou transformar as informações em insights úteis para a avaliação da viabilidade dos sistemas agroflorestais. Esta análise foi dividida em três partes principais:

- **Definição de Modelos Produtivos:** com base nos dados coletados e na revisão da literatura, foram identificados e descritos os modelos produtivos de SAFs aplicados na região. Esses modelos incluíram diferentes combinações de árvores e cultivos, práticas de manejo e estratégias de rotação.
- **Estrutura de Custos e Benefícios:** para cada modelo produtivo identificado, foi elaborada uma estrutura detalhada de custos e benefícios. Esta análise considerou os custos de implantação, manutenção, colheita e transporte, bem como a receita esperada de cada sistema agroflorestal. A relação entre os custos e os rendimentos foi analisada para avaliar a viabilidade econômica de cada modelo.
- **Análise Econômica Detalhada:** a análise econômica envolveu a avaliação dos custos totais de produção por rotação e o cálculo do Custo Médio de Produção (CMP). Os custos foram classificados em fases distintas, como implantação e manutenção, colheita e transporte, e despesas gerais e administrativas. O CMP foi calculado utilizando a seguinte fórmula:

$$CMP = \frac{\sum_{j=0}^n CT}{\sum_{j=0}^n QT}$$

CMP = Custo Médio de Produção;

CT = Custo total atualizado, a valor presente;

QT = Produção estimada total equivalente, a valor presente.

Também foi construída em parceria com MV Gestão integrada uma tabela de *Excel* completa com viabilidade financeira dos principais arranjos com maior retorno financeiro, com insumos, serviços, custo total de produção, receita bruta e fluxo de caixa livre e acumulado, dividido anualmente e por cultura.

Os dados e informações secundárias foram levantados em pesquisas em *sites* de buscas acadêmicas. As plataformas de busca foram:

- ✓ SciELO (<http://www.scielo.br/>)
- ✓ Portal de periódicos da Capes (<http://www.periodicos.capes.gov.br/>)
- ✓ Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (<https://teses.usp.br/>)
- ✓ Lume (www.lume.ufrgs.br)
- ✓ Google acadêmico (<https://scholar.google.com.br/>)

Foram utilizadas as palavras-chaves a seguir, em diversas combinações: Sistema Agroflorestal, Viabilidade Financeira, Consórcio de Culturas, Sistemas Integrados, Agrofloresta Espírito Santo, Ferramentas financeiras para produtores agroflorestais. Nessa primeira etapa, o objetivo foi entender como o tema de avaliação econômica de projetos agroflorestais é tratado na literatura.

Na segunda etapa, estão sendo coletados dados com produtores do estado para viabilizar as análises econômicas. Para tal, este trabalho conta com a parceria da empresa MV Gestão Integrada LTDA, encarregada da gestão do Programa Reflorestar, que ocorre no Espírito Santo. A MV Gestão Integrada foi fundada em 2018 e possui sede nas cidades de Alegre (ES) e Castelo (ES), atuando na implantação de projetos de pagamentos por serviços ambientais (PSA) como consultora do Programa Reflorestar no estado. Por meio dessa colaboração, foram obtidos e desenvolvidos diversos dados e informações, tais como as culturas agrícolas e arbóreas mais implantadas no sul do estado, levantamento de custos de implantação de sistemas agroflorestais com espécies nativas, entre outros.

Na seleção dos produtores, foram selecionados produtores que tivessem maior grau de informações disponíveis, para melhorar a visualização sobre seus empreendimentos agroflorestais, bem como outras variáveis relevantes, como utilização de espécies e adaptação a clima e solo. Portanto, é fundamental montar com precisão os dados base, a fim de realizar cálculos de maneira precisa para apresentação posterior aos produtores.

3. Alguns resultados

Os resultados obtidos evidenciam a diversidade de culturas presentes na região sul do Espírito Santo, destacando-se tanto espécies nativas quanto exóticas em consórcio. Conforme observado pelos produtores e respaldado por estudos, as espécies nativas apresentam características que as tornam vantajosas em SAFs, sendo as principais:

✓ **Menor Exigência de Recursos:** Espécies nativas são adaptadas às condições edáficas e climáticas locais, demandando menos insumos externos, como fertilizantes e defensivos agrícolas. Isso contribui para a redução dos custos de produção e menor impacto ambiental. Segundo Radomski *et al.* (2018), as espécies nativas para SAFs da Floresta Ombrófila Densa são consideradas alternativas de uso dos recursos naturais que causam pouca ou nenhuma degradação ao meio ambiente, principalmente por respeitarem princípios básicos de manejo sustentável dos agroecossistemas (EMBRAPA, 2018).

✓ **Menor Demanda de Mão de Obra:** Devido à sua adaptação ao ambiente local, as espécies nativas geralmente requerem menos intervenções, como irrigação e controle de pragas, resultando em menor necessidade de mão de obra. A cartilha da Emater-MG destaca que a inclusão de espécies florestais nativas e/ou exóticas adaptadas ao local escolhido para a composição de SAFs pode reduzir a demanda de mão-de-obra devido à menor intensidade nas atividades de manutenção das espécies frutíferas e madeiráveis (EMATER MG, 2021).

✓ **Provisão de Sombra Benéfica:** O porte arbóreo das espécies nativas proporciona sombra que beneficia outras culturas, especialmente aquelas sensíveis à radiação solar intensa. A Embrapa Acre (2005) menciona que o crescimento consorciado com culturas agrícolas e em espaçamentos maiores do que nos sistemas de monocultivos resulta em uma menor competição entre árvores, beneficiando as culturas agrícolas (EMBRAPA ACRE, 2005).

Portanto, a inclusão de espécies nativas em SAFs não apenas promove a sustentabilidade ambiental, mas também oferece vantagens econômicas e operacionais, alinhando-se aos princípios da agroecologia e da agricultura familiar.

Na Figura 1 se apresentam os resultados da coleta de dados realizada com produtores do sul do estado em diferentes cidades onde foi implantado SAFs com variedades de culturas consorciadas.

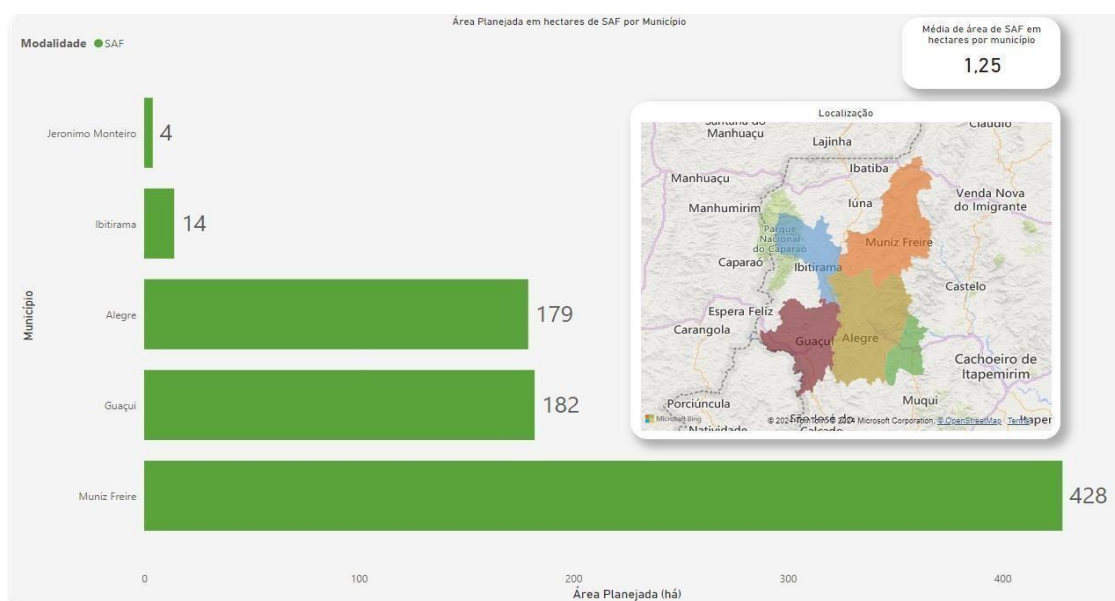


Figura 1. Resultados da coleta de dados realizada com produtores do sul do estado em diferentes cidades. Fonte: Elaboração em conjunto com a MV Gestão integrada.

Durante a avaliação, identificaram-se as culturas mais adaptáveis ao ambiente local, que incluem o abacate, o café e outras espécies. Na Figura 2 se encontram as culturas consorciadas em suas atuais posições no *ranking* de plantio.

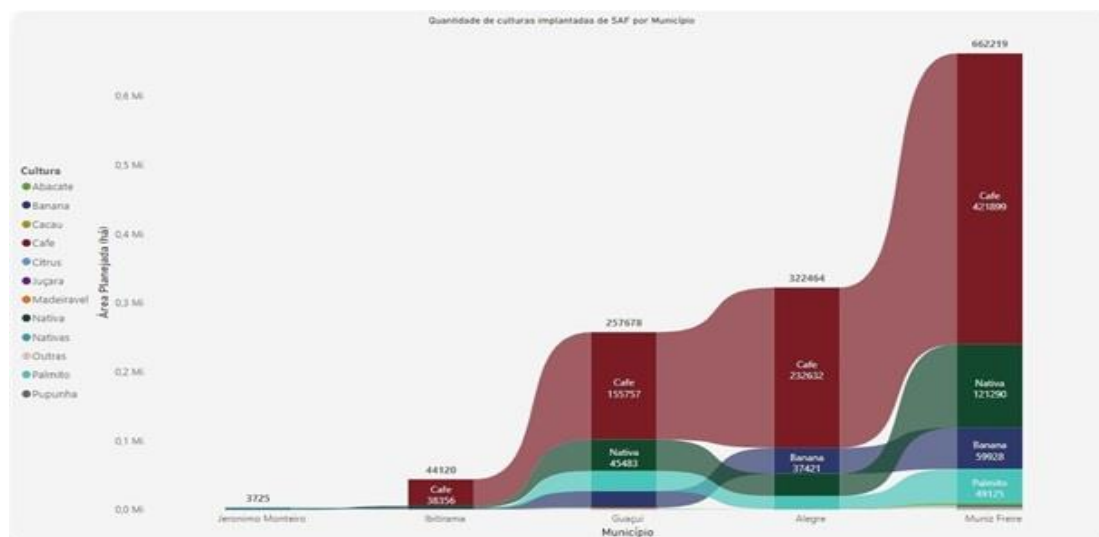


Figura 2. Quantidade de culturas implantadas de SAFs por município. Fonte: Elaboração em conjunto com a MV Gestão integrada, 2024.

Os principais consórcios encontrados foram:

- ✓ Café, Banana, Espécies Arbóreas Nativas;
- ✓ Café, Palmito, Espécies Arbóreas Nativas;
- ✓ Café, Banana, Abacate, Espécies Arbóreas Nativas;
- ✓ Café, Banana, Espécies Arbóreas com potencial madeireiro, Espécies Arbóreas Nativas.

Os consórcios identificados no estudo refletem estratégias típicas de diversificação produtiva em SAFs na região sul do Espírito Santo. Observa-se que o café está presente em todos os arranjos, confirmando sua relevância econômica como cultura base. A inclusão de frutíferas como banana e abacate contribui para a distribuição de receitas ao longo do ano, fortalecendo a segurança alimentar e promovendo maior estabilidade econômica das unidades produtivas.

A integração de espécies arbóreas nativas oferece múltiplos benefícios ambientais, incluindo sombreamento das culturas agrícolas, conservação do solo e da água, aumento da biodiversidade e sequestro de carbono, elementos que reforçam a sustentabilidade ecológica dos SAFs. Já a presença de espécies arbóreas com potencial madeireiro indica uma estratégia de valorização de

produtos de médio e longo prazo, combinando rentabilidade imediata das culturas agrícolas com retorno florestal futuro, fortalecendo o fluxo de caixa acumulado e a viabilidade econômica do sistema.

Analizando os dados financeiros, os consórcios mais diversificados, como Café, Banana, Abacate e Espécies Arbóreas Nativas, apresentaram maior rentabilidade, devido à sinergia entre culturas anuais e perenes, redução de custos com insumos e aumento progressivo do fluxo de caixa livre. Esse comportamento corrobora estudos que destacam que a diversificação de culturas em SAFs aumenta a resiliência econômica, minimiza riscos associados à monocultura e potencializa os serviços ecossistêmicos (Silva; Souza, 2021; Souza *et al.*, 2022).

Dessa forma, os consórcios analisados no presente estudo pretende demonstrar que é possível alcançar simultaneamente objetivos econômicos e ambientais, fortalecendo a sustentabilidade dos SAFs e destacando-os como uma alternativa viável e estratégica frente à agricultura convencional, especialmente em regiões com desafios ambientais e necessidade de diversificação produtiva.

Nas Figuras 3, 4 e 5 são apresentados exemplos de implantação bem-sucedida de SAFs, de um dos produtores escolhidos, na qual ele implantou café, banana e algumas nativas.



Figura 3. Exemplo de implantação bem-sucedida de SAFs. Fonte: MV Gestão integrada, 2024.



Figura 4. Exemplo de implantação bem-sucedida de SAF. Fonte: MV Gestão integrada, 2024.



Figura 5. Exemplo de implantação bem-sucedida de SAF. Fonte: MV Gestão integrada, 2024.

Os principais custos com SAFs se dividem em (Costa; Yared, 2006; Porro; Vasconcelos; Cruz, 2011; Gonçalves; Alves; Gava, 2014; Silva; Rodrigues; Vieira, 2017; Santos; Carvalho; Macedo, 2018; Macedo; Venturin; Oliveira, 2019):

✓ **Implantação:**

Engloba as atividades relacionadas ao preparo da área bem como o controle de formigas, a construção de cercas, a roçada pré-plantio, o transporte de mourões, a construção de estrada, a aquisição de herbicida pré-plantio e a capina química pré-plantio.

✓ **Plantio:**

A fase de plantio inclui o coveamento, alinhamento e marcação de covas, a aquisição de insumos para adubo de cova, a aplicação do adubo de cova, o enchimento de covas, a aquisição de mudas, transporte de mudas e água, plantio e replantio, retirada das mudas dos tubetes e transporte para a cova.

✓ **Manutenção:**

A fase de manutenção inclui o coroamento, a aquisição de insumos para formicidas, aplicação de formicidas, aquisição de insumos para adubo de cobertura, adubo de manutenção e calcário, transporte de adubo e aplicação de adubos.

✓ **Colheita:**

As atividades de colheita incluem os custos com a colheita mecanizada e custos da colheita manual.

✓ **Transporte:**

O frete rodoviário é a única atividade de transporte considerada.

Os resultados obtidos na avaliação da viabilidade financeira dos SAFs indicaram em sua maioria panoramas promissores, mas com nuances importantes que devem ser consideradas para uma implantação bem-sucedida e sustentável. Será demonstrada a viabilidade dos principais arranjos estudados e demonstrados nos gráficos acima.

Na Tabela 2 se encontram os dados obtidos pelos produtores de todas as regiões citadas para ter bom desempenho em cada cultura incluindo altitude, pluviometria e temperatura média.

Tabela 2. Dados obtidos pelos produtores de todas as regiões citadas

Condições ideais de plantio					
Variedade	Altitude (m)		Pluviometria (mm)		Temp. média (°C)
	Min	Max	Min	Max	
Prata	0	1000	1200	1900	25
Conilon	0	500	600	1500	24
Jucara	0	1100	1400	2300	20
Pupunha	0	850	2000	2000	22
Jabuticaba	0	1200	100	1500	22,5
Jucara	0	1100	1400	2300	20
Abacate	0	2000	1200	1300	21,5

Fonte: MV Gestão integrada, 2024.

Os dados obtidos sobre o valor médio pago na implantação e manutenção de SAFs que revelam *insights* importantes sobre a viabilidade financeira desses sistemas. As análises dos custos e retornos financeiros são fundamentais para avaliar a sustentabilidade econômica e a eficácia em longo prazo desses sistemas integrados.

A Tabela 2 foi elaborada com valores médios de cada cultura dentro do SAF analisado, tendo em vista mercado atual.

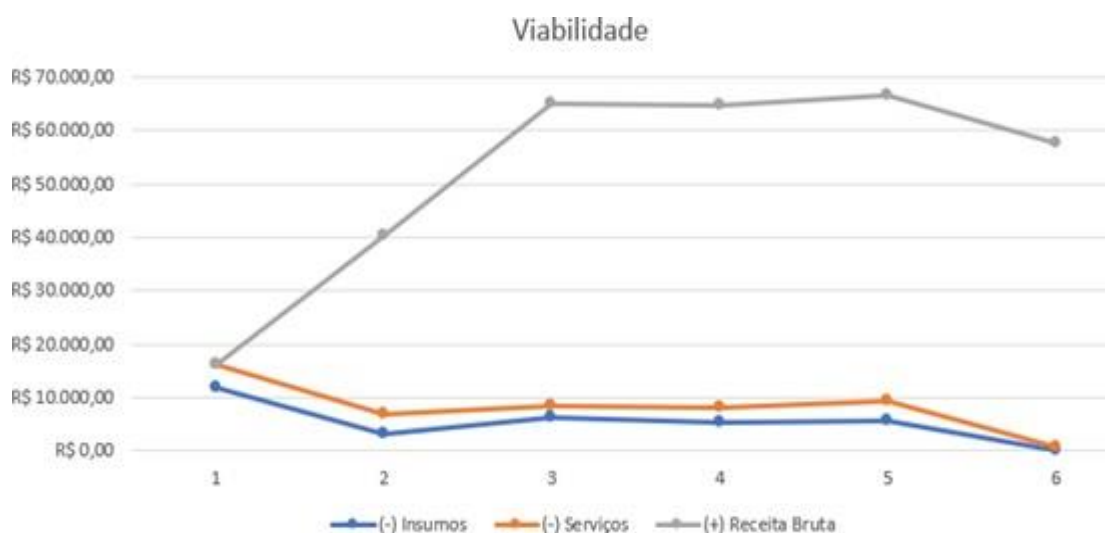
Na Tabela 3 (Arranjo 1 – Café, banana e espécies nativas) estão os resultados da viabilidade nos anos 1 até o 6. A Figura 6 representa os resultados da Tabela 3.

A Tabela 3 e a Figura 6 são complementares: ambas mostram os mesmos dados, com viabilidade financeira geral das culturas utilizadas, em diferentes arranjos de SAF, demonstrando assim de forma explícita em números a evolução de lucros por ano e o crescimento do lucro com a colheita ano após ano, além de um fluxo de caixa livre com o passar de o tempo ser cada vez melhor, principalmente pela redução de gastos e dos anos anteriores auxiliarem o rendimento do lucro com o fluxo de caixa acumulado.

Tabela 3. Resultados da viabilidade nos anos 1 até o 6

Ano	1	2	3	4	5	6
(-) Insumos	R\$ 11.809,94	R\$ 3.276,95	R\$ 6.260,48	R\$ 5.443,80	R\$ 5.736,50	R\$ 3,46
(-) Serviços	R\$ 4.441,63	R\$ 3.702,84	R\$ 2.140,97	R\$ 2.628,06	R\$ 3.551,60	R\$ 580,86
(=) Custo total de produção	R\$ 16.251,58	R\$ 6.979,79	R\$ 8.401,45	R\$ 8.071,86	R\$ 9.288,10	R\$ 584,33
(+) Receita Bruta	R\$ 0,00	R\$ 33.442,54	R\$ 56.662,86	R\$ 56.662,86	R\$ 57.203,40	R\$ 57.203,40
(=) Fluxo de caixa livre	-R\$ 16.251,58	R\$ 26.462,75	R\$ 48.261,41	R\$ 48.590,99	R\$ 47.915,29	R\$ 56.619,07
(=) FC Acumulado	-R\$ 16.251,58	R\$ 10.211,17	R\$ 58.472,59	R\$ 107.063,58	R\$ 154.978,87	R\$ 211.597,94

Fonte: MV Gestão integrada, 2024.

**Figura 6.** Referente aos resultados da Tabela 3. Fonte: MV Gestão integrada, 2024.

A Tabela 4 representa a viabilidade econômica do arranjo 3 (Café, Banana, Abacate e espécies nativas), foi visto que com este consórcio de culturas com o manejo correto apresentou maior rentabilidade.

A Tabela 4 e a Figura 7 são complementares, pois apresentam os mesmos dados referentes à viabilidade financeira das culturas utilizadas em diferentes arranjos de Sistemas Agroflorestais (SAFs). Ambas demonstram, de forma quantitativa, a evolução positiva da rentabilidade ao longo dos anos, evidenciando o potencial desses sistemas em conciliar sustentabilidade ambiental e estabilidade econômica. Observa-se um aumento gradual dos lucros

anuais e uma melhoria contínua do fluxo de caixa livre, resultado da redução progressiva dos custos de produção e da acumulação de resultados financeiros favoráveis nos ciclos anteriores. Esse comportamento é coerente com estudos que apontam os SAFs como sistemas capazes de gerar retorno econômico crescente, à medida que se consolidam ecologicamente e reduzem a dependência de insumos externos (Souza; Oliveira; Santos, 2022).

Tabela 4. Viabilidade econômica do arranjo 3

Viabilidade								
Ano	1		2		3		4	
R\$/ Insumo	R\$ 763.448,06	R\$	206.543,88	R\$	327.228,66	R\$	232.743,49	R\$ 81.215,04
R\$/ Serviço	R\$ 155.315,52	R\$	142.672,92	R\$	52.870,21	R\$	52.605,79	R\$ 3.189,50
Investimento necessário	R\$ 918.763,58	R\$	349.216,81	R\$	380.098,87	R\$	285.349,28	R\$ 84.404,54
Rentabilidade	R\$ -	R\$	1.324.416,96	R\$	3.995.296,14	R\$	2.967.049,78	R\$ 3.553.272,00
Lucro Líquido	-R\$ 918.763,58	R\$	975.200,15	R\$	3.615.197,27	R\$	2.681.700,50	R\$ 3.468.867,46

Fonte: MV Gestão integrada, 2024.

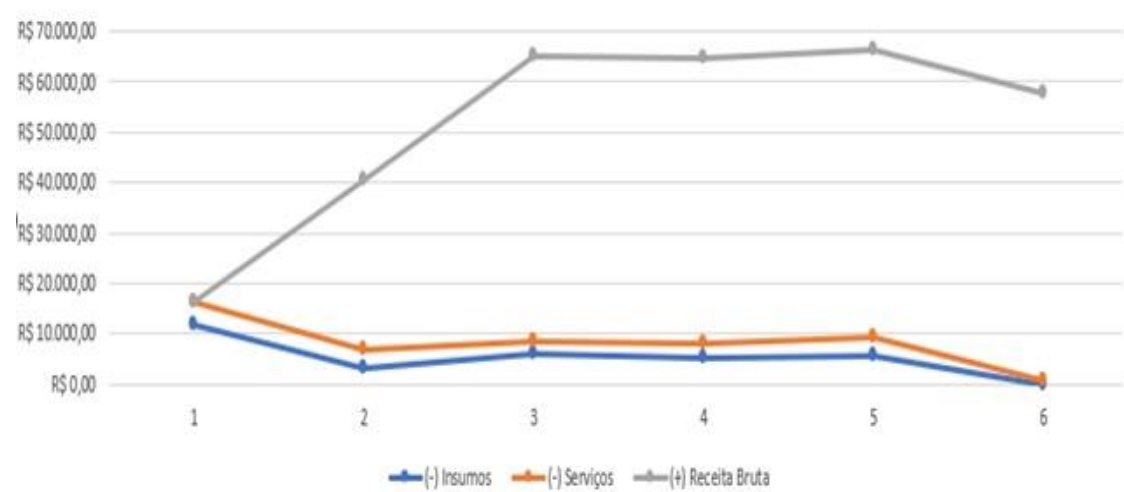


Figura 7. Representação dos resultados da Tabela 4. Fonte: MV Gestão integrada.

A Tabela 4 apresenta, de modo específico, a viabilidade econômica do arranjo 3, composto por café, banana, abacate e espécies nativas, que se

destacou por apresentar maior rentabilidade entre os modelos analisados. Esse resultado reforça o que indicam Fontoura Júnior *et al.* (2020) e Silva e Souza (2021), ao salientarem que a diversificação de espécies perenes e frutíferas em SAFs, associada a um manejo agroecológico adequado, potencializa tanto o rendimento econômico quanto a resiliência produtiva dos sistemas, além de promover serviços ecossistêmicos essenciais, como a conservação do solo e o aumento da matéria orgânica. Assim, o desempenho superior desse arranjo demonstra a sinergia entre diversidade biológica, eficiência produtiva e sustentabilidade econômica.

4. Considerações

O presente estudo avaliou a viabilidade econômica de um sistema agroflorestal (SAF) implantado na região sul do Espírito Santo, considerando custos, receitas e rentabilidade das culturas de banana, pupunha, juçara, abacate, café, jabuticaba e pitanga. Os dados financeiros analisados confirmam que, apesar dos investimentos iniciais relativamente elevados, especialmente nos arranjos mais diversificados, os SAFs apresentam retornos econômicos crescentes ao longo do tempo, sustentados pela redução progressiva de custos operacionais, pelo acúmulo de resultados positivos e pela resiliência produtiva proporcionada pela diversidade de cultivos.

A diversificação de espécies desempenha um papel central, não apenas na redução do risco econômico associado à dependência de uma única cultura, mas também na ampliação das fontes de renda e na possibilidade de inserção em nichos de mercado diferenciados, que valorizam produtos agroecológicos e sustentáveis. Além disso, os benefícios ambientais associados aos SAFs — conservação do solo e da água, aumento da biodiversidade, sequestro de carbono, melhoria da ciclagem de nutrientes e incremento da matéria orgânica — reforçam a importância desses sistemas como estratégias de agricultura regenerativa e multifuncional, capazes de integrar produção e serviços ecossistêmicos.

Os resultados do estudo também indicam que o ponto de equilíbrio financeiro dos SAFs é atingido em médio prazo, mostrando que, embora os

custos iniciais sejam mais elevados em comparação aos sistemas agrícolas convencionais, a rentabilidade acumulada tende a superar essas despesas, tornando o sistema economicamente competitivo. Diversos estudos apontam a capacidade dos SAFs de gerar retornos consistentes quando associados a práticas de manejo agroecológico adequado.

Para consolidar e ampliar a adoção desses sistemas torna-se essencial o fortalecimento de políticas públicas de incentivo, a facilitação do acesso a crédito rural específico para SAFs, a criação de mercados dedicados a produtos agroflorestais e o investimento contínuo em pesquisa, extensão e capacitação técnica. Tais medidas permitem que os agricultores enfrentem os desafios iniciais de implantação, melhorem a eficiência produtiva e promovam a difusão de modelos integrados, sustentáveis e socialmente inclusivos.

Dessa forma, os SAFs analisados não apenas se mostram viáveis economicamente, como também oferecem soluções concretas para desafios ambientais e sociais, ao integrar produtividade, conservação ambiental e segurança alimentar. O fortalecimento desses sistemas contribui para a construção de uma agricultura resiliente, regenerativa e alinhada aos princípios do desenvolvimento sustentável, destacando-se como alternativa promissora frente à agricultura convencional, tanto no contexto econômico quanto ecológico.

Além disso, a experiência estudada evidencia que a sinergia entre múltiplas espécies, manejo adequado e diversificação de culturas não apenas potencializa os lucros, mas também aumenta a capacidade de adaptação do sistema a variações climáticas e de mercado, reforçando a relevância dos SAFs como estratégia de mitigação de riscos e promoção da sustentabilidade rural.

5. Referências

BARRIOS, E. *et al.* Soil quality and crop productivity in agroforestry systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 119, n. 1-2, p. 183-192, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.07.016>

BRASIL. **Ministério da Fazenda.** Integração do novo Pronaf ao Plano de Transformação Ecológica prioriza sustentabilidade e desenvolvimento rural. Brasília, DF: MF, 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/assuntos/noticias/2024/julho/integracao-do-novo-pronaf-ao-plano-de>

transformacao-ecologica-prioriza-sustentabilidade-e-desenvolvimento-rural. Acesso em: 5 out. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar. **Pronaf: 10 linhas de financiamento tiveram redução – duas de custeio e oito de investimento.** Brasília, DF: MDA, 2024a. Disponível em: <https://www.gov.br/mda/pt-br/noticias/2024/07/pronaf-10-linhas-de-financiamento-tiveram-reducao-duas-de-custeio-e-oito-de-investimento>. Acesso em: 5 out. 2025.

CACAU, F. V. *et al.* Decepa de plantas jovens de eucalipto e manejo de brotações, em um sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 43, n. 11, p. 1457-1465, 2008.

COSTA, F. A. de O.; YARED, J. A. G. **Sistemas agroflorestais: alternativas de sustentabilidade para a Amazônia.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 132 p.

DAMODARAN, A. **Avaliação de Investimentos: ferramentas e técnicas para a determinação do valor de qualquer ativo.** 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Quality Mark, 2014.

DAMODARAN, A. **Damodaran on Valuation: security analysis for investment and corporate finance.** 2nd. ed. John Wiley & Sons, 2006.

EGIDIO, L. S.; SOUZA, M. N. Recuperação de áreas degradadas na Mata Atlântica: 23 anos de restauração ecológica e agrofloresta na Estância São Lucas, Guaçuí – ES. Restoration of degraded areas in the Atlantic Forest: 23 years of ecological restoration and agroforestry in the Estância São Lucas, Guaçuí - ES. Fronteiras: **Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 14, p. 230-241, 2025. Home page: <https://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/7988>. DOI: 10.21664/2238-8869.2025v14i3.7988.

EMATER-MG. **Cartilha de Sistemas Agroflorestais (SAFs) para produção familiar.** Belo Horizonte: Emater-MG, 2021. Disponível em: <https://www.emater.mg.gov.br/download.do?id=87833>. Acesso em: 5 out. 2025.

EMBRAPA ACRE. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cartilha de Sistemas Agroflorestais: integração de árvores e culturas agrícolas.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2005. Disponível em: <https://ideflorbio.pa.gov.br/wp-content/uploads/2023/11/CARTILHA-DE-SAFS-DDF-2021.pdf>. Acesso em: 5 out. 2025.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Espécies nativas para sistemas agroflorestais na Floresta Ombrófila Densa: alternativas de uso e manejo sustentável.** RADOMSKI, L. *et al.* Brasília: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1104154/1/CT4251614final.pdf>. Acesso em: 5 out. 2025.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas Agroflorestais (SAFs)**. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/codigo-florestal/sistemas-agroflorestais-safs>>.

FONTOURA JÚNIOR, J. A. S.; MENEZES, L. de M.; CORRÊA, M. N.; DIONELLO, N. J. L. Utilização de modelos de simulação em sistemas de produção de bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, e20190215, 2020.

GARRITY, D. P. *et al.* The future of agroforestry in the tropics. **Agroforestry Systems**, v. 80, n. 3, p. 163-169, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-010-9292-3>.

GONÇALVES, A. L. R; VIVAN, J. L. **Agroforestry and conservation projects in Brazil: carbon, biodiversity, climate, and people**. 2012. Disponível em: <<http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/cases/case-detail/en/c/320158/>>. Acesso em: 8 jun. 2016.

GONÇALVES, J. C. *et al.* Análise econômica da rotação florestal de povoamentos de eucalipto utilizando a simulação de Monte Carlo. **Ciencia Florestal**, v. 27, n. 4, p. 1339–1347, 2017.

GONÇALVES, J. L. de M. *et al.* Produtividade de plantações de eucalipto manejadas nos sistemas de alto fuste e talhadia, em função de fatores edafoclimáticos. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, v. 42, n. 103, p. 411-419, 2014.

GONÇALVES, J. L. de M.; ALVES, C. J. S.; GAVA, J. L. **Sistemas agroflorestais: manejo e avaliação econômica**. Piracicaba: IPEF, 2014. 198 p.

GONÇALVES, T. P.; VIVAN, J. L. A influência das políticas públicas no desenvolvimento dos sistemas agroflorestais no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 21, n. 1, p. 44-55, 2012.

GONZÁLEZ, L. R.; GORGENS, E. B.; RODRIGUEZ, L. C. E. Avaliação econômica não determinística pelo método de Monte Carlo de plantios de *Eucalyptus* spp. para a produção de celulose no sudoeste paulista. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 113, p. 31-38, 1 mar. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2021 (base 2020)**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/quadros/brasil/2021>>. Acesso em: 20 mar. 2023.

JOAQUIM, M. S. *et al.* Aplicação da teoria das opções reais na análise de investimentos em sistemas Agroflorestais. **Cerne**, v. 21, n. 3, p. 439-447, 2015.

JORGESSEN, M. S. *et al.* Economic viability of agroforestry systems: a case study. **Sustainability**, v. 10, n. 12, p. 45-67, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10124567>

JOSINO, M. N. *et al.* Financial impact of silviculture management regime flexibilization under risk conditions. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 125, p. 1-11, 2020.

KALLIO, M.; KUULA, M.; OINONEN, S. Real options valuation of forest plantation investments in Brazil. **European Journal of Operational Research**, v. 217, n. 2, p. 428-438, 2012.

LAWASON, F. *et al.* Cost-benefit analysis of agroforestry systems. **Environmental Management**, v. 64, n. 3, p. 274-286, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00267-019-01181-6>

LEITÃO, A. M.; GIMENES, R. M. T.; PADOVAN, M. P. Arranjo de sistema agroflorestal biodiverso com viabilidade econômica proposto para a agricultura de base familiar. **Custos e Agronegócio Online**, v. 18, Edição Especial, Embrapa Agropecuária Oeste, Agosto - 2022.

LIMAEI, S. M. Mixed strategy game theory, application in forest industry. **Forest Policy and Economics**, v. 12, n. 7, p. 527-531, 2010.

MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; OLIVEIRA, T. K. de. **Sistemas agroflorestais: princípios e aplicações**. Lavras: UFLA, 2019. 284 p.

MIRANDA, M. A. da S. *et al.* Análise da rentabilidade de um projeto florestal considerando variação anual no preço do carvão vegetal. **Revista Agrogeoambiental**, v. 6, n. 3, p. 45-54, 2014.

NAIR, P. K. R. **An Introduction to Agroforestry**. Kluwer Academic Publishers. 1993.

PORRO, R.; VASCONCELOS, S. S.; CRUZ, M. A. S. **Análise econômica de sistemas agroflorestais na Amazônia brasileira**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. 76 p.

ROSS, S. A. *et al.* **Administração Financeira: versão brasileira de corporate finance**. 10. ed. Porto Alegre: AMGH, 2015.

SANTOS, F. M. dos; CARVALHO, A. F. de; MACEDO, R. L. G. Custos de implantação e viabilidade econômica de sistemas agroflorestais em Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 42, n. 5, e420506, 2018.

SCHROT, G. *et al.* **Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes**. Island Press. 2004.

SCHWERZ, F. *et al.* Yield and qualitative traits of sugarcane cultivated in agroforestry systems: Toward sustainable production systems. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 34, n. 04, p. 280-292, 20 ago. 2019.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Guia de Financiamento Florestal**: 2016. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2016.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Inventário Florestal Nacional: principais resultados: Espírito Santo.** Brasília, DF.

SHEMBERGUE, A.; CUNHA, D. A. da.; CARLOS, S. de M.; PIRES, M. V.; FARIA, R. M. Sistemas Agroflorestais como Estratégia de Adaptação aos Desafios das Mudanças Climáticas no Brasil 2. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, n. 1, p. 9-30, 2017.

SILVA, J. M. V. O.; SOUZA, M. N. **Produção de café orgânico: práticas agroecológicas conservacionistas e novas tecnologias disponíveis ao produtor rural.** 1. ed. Meidrum Street, Mauritius: Novas Edições Acadêmicas, 2021. 72 p.

SILVA, M. L. DA; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia florestal.** 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005.

SILVA, R. R. da; RODRIGUES, E.; VIEIRA, D. L. M. Custos e benefícios de sistemas agroflorestais na recuperação de áreas degradadas. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 60, n. 2, p. 202–211, 2017.

SOUZA, M. N. Recuperação ambiental ou recuperação de áreas degradadas: conceitos e procedimentos. In: SOUZA, M. N. (Org.). **Tópicos em recuperação de áreas degradadas.** Vol. I. Canoas: Mérida Publishers, 2021, p. 11-57.

SOUZA, M. N.; OLIVEIRA, T. M.; SANTOS, J. B.; FRAGA, T. A. C.; CARVALHO, E. A. Agricultura familiar e conservação do solo: desafios e caminhos no Sul do Espírito Santo. **Revista de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 3, n. 1, p. 87–101, 2022.

TEIXEIRA, V. P. M.; CUNHA, M. F. Aplicabilidade dos Modelos CAPM Local, CAPM Local Ajustado e CAPM Ajustado Híbrido ao Mercado Brasileiro. XIV Congresso USP de Iniciação Científica em Contabilidade. **Anais...** São Paulo, p. 1-16, 2017.

WESTON, J. F.; BRIGHAM, E. F. **Fundamentos da Administração Financeira.** 10. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2004.

CAPÍTULO 5

Análise integrada das práticas de manejo, cultivares e sistemas agroflorestais na Fazenda Experimental de Bananal do Norte (FEBN), Cachoeiro de Itapemirim, ES

Marjorie Mezabarba Gonçalves, Luana Soares Egidio, Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira, Bianca Perciliano Fim, Willian Moreira da Costa, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-36-7.c5>

Resumo

Este capítulo apresenta uma análise integrada das práticas de manejo, das variedades cultivadas e dos sistemas agroflorestais implantados na Fazenda Experimental de Bananal do Norte (FEBN), localizada em Pacotuba, distrito de Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo. A FEBN se destaca como um importante centro de pesquisa e inovação voltado ao desenvolvimento de tecnologias sustentáveis e ao aprimoramento de sistemas produtivos que conciliam equilíbrio ambiental e eficiência agrícola. O estudo descreve as estratégias de manejo adotadas na fazenda, incluindo práticas de conservação do solo e da água, técnicas de cultivo adaptadas às condições edafoclimáticas locais e métodos voltados à mitigação da degradação ambiental. São apresentadas também as principais cultivares utilizadas, com ênfase em espécies como café, cacau e banana, além de outras variedades selecionadas de acordo com a aptidão do solo e o microclima da região. Adicionalmente, o capítulo aborda a implantação e o desenvolvimento dos sistemas agroflorestais, que integram culturas agrícolas a espécies arbóreas nativas e exóticas, promovendo biodiversidade, melhoria da fertilidade do solo e uso sustentável dos recursos naturais. Esses sistemas têm se mostrado fundamentais para o controle biológico de pragas, o incremento da matéria orgânica e a estabilidade socioeconômica da produção agrícola, configurando-se como modelos replicáveis para pequenos e médios produtores. O conteúdo oferece uma visão abrangente e aplicada das práticas sustentáveis desenvolvidas na FEBN, destacando sua relevância para a pesquisa agroecológica, a inovação tecnológica e a conservação ambiental no contexto capixaba.

Palavras-chave: Manejo sustentável. Produção integrada. Agroecologia. Conservação do Solo e da água. Biodiversidade agrícola. Desenvolvimento regional.

1. Introdução

No dia 22 de março de 2024, um grupo de estudantes do curso de Mestrado em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) realizou uma visita técnica a uma área de cultivo agroflorestal, com o objetivo de estudar e compreender as práticas de manejo, as variedades cultivadas e os sistemas agroflorestais adotados na região.

A visita ocorreu na Fazenda Experimental de Bananal do Norte (FEBN) sob responsabilidade do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), localizada no distrito de Pacotuba, município de Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo. A FEBN se destaca como o principal centro de pesquisa do Incaper voltado à região Sul e Caparaó capixaba. Atualmente, ocupa uma área de 232 hectares destinados a atividades de pesquisa e desenvolvimento (Incaper, 2016). Em suas proximidades, encontra-se a Floresta Nacional de Pacotuba, que abrange aproximadamente 450 hectares de Floresta Estacional Semidecidual, uma das tipologias da Mata Atlântica (Moreira-Costa *et al.*, 2024).

A fazenda é reconhecida pela diversidade de pesquisas realizadas nas áreas de café conilon, fruticultura, silvicultura, pastagem e pecuária leiteira. Os visitantes têm a oportunidade de conhecer plantações de coco, goiaba, figo, cajueiro, abacaxi e parreirais de uvas, além de variedades de banana — como *Japira*, *Vitória* e *Maçã Tropical*. A FEBN também comercializa estacas (clones) de café conilon destinadas a produtores e viveiristas, e oferece treinamentos em inseminação artificial de bovinos (INCAPER, 2016).

De acordo com esse mesmo autor, as principais linhas de pesquisa concentram-se em café conilon, pecuária, fruticultura tropical e subtropical, silvicultura, sistemas agroflorestais e silvipastoris, além de culturas alimentares e manejo da floresta no bioma Mata Atlântica.

Durante a visita, os estudantes puderam observar de forma prática as técnicas de manejo sustentável, a integração entre diferentes cultivos e a utilização de tecnologias aplicadas à agricultura e à silvicultura, como sistemas de irrigação de precisão, georreferenciamento de parcelas e monitoramento do solo com *drones*. Essa abordagem proporcionou uma compreensão aprofundada das interações entre os componentes do sistema agroflorestal,

reforçando a importância da pesquisa aplicada para a conservação ambiental, a produtividade e a sustentabilidade socioeconômica da região. Além disso, a experiência permitiu aos estudantes vivenciar a realidade do campo e compreender os desafios e oportunidades na implantação de sistemas agroecológicos, promovendo a formação crítica e prática necessária para futuros profissionais do setor.

2. Área experimental I: consórcio de cultivos de cacau (*Theobroma cacao* L.) e seringueira (*Hevea brasiliensis* Mull. Arg.)

Inicialmente, a visita técnica ocorreu em uma área experimental composta pelo consórcio de cultivos de cacau (*Theobroma cacao* L.) e seringueira (*Hevea brasiliensis* Mull. Arg.). O cacaueiro é uma espécie perene que se desenvolve bem em ambientes de sub-bosque e matas pouco densas, apresentando elevada tolerância à sombra. Essa característica permite seu cultivo consorciado com diversas outras espécies, permanentes ou temporárias, em sistemas agroflorestais. A propagação pode ocorrer por sementes — com início de produção em torno de três anos e estabilidade a partir do oitavo, podendo se estender por até trinta anos — ou por estaquia e enxertia, possibilitando colheitas já no segundo ano e estabilidade a partir do sexto. Trata-se de uma cultura perene, exposta continuamente às condições ambientais, com diferentes exigências nas fases de estabelecimento, desenvolvimento e produção (Brainer, 2021).

A seringueira (*Hevea brasiliensis* Mull. Arg.) pertence à família Euphorbiaceae e é originária do centro do Brasil e do Paraguai, especialmente da região do Vale do Rio Amazonas. É uma árvore produtora de látex que pode atingir entre 20 e 30 metros de altura e apresentar troncos de 30 a 60 centímetros de diâmetro. Espécie típica de florestas amazônicas de terra firme e várzeas, prefere solos argilosos e férteis, geralmente próximos a cursos d'água. Estima-se que existam mais de 11 espécies do gênero *Hevea* na Amazônia, todas morfologicamente semelhantes (Lorenzi, 2014).

Na área experimental visitada, observou-se a presença de diferentes clones de seringueira e variedades de cacau, o que permitiu discutir a

diversidade genética das plantações e suas características específicas — como resistência a doenças, produção foliar e qualidade dos frutos. Foi ressaltado que os clones possuem a mesma idade, fator que garante uniformidade experimental e favorece análises comparativas precisas.

O técnico do Incaper explicou que as plantas apresentam distintas características morfológicas, como o formato da copa e a densidade foliar, e detalhou o processo de enxertia, destacando os termos usuais: *cavaleiro* (enxerto) e *porta-enxerto* (cavalinho). O enxerto corresponde à parte da planta selecionada para a produção dos frutos desejados (neste caso, o cacau), enquanto o porta-enxerto fornece suporte e nutrição, conferindo robustez, resistência e produtividade ao conjunto.

Durante a visita, destacou-se que o cacau é uma espécie tipicamente de sub-bosque, adaptada a crescer sob a sombra de árvores mais altas. Essa característica ecológica fundamenta o uso do cacau em sistemas agroflorestais, que reproduzem as condições sombreadas do seu habitat natural.

Foram utilizadas duas espécies de seringueira oriundas da Amazônia, enquanto o cacau se destaca como cultura de importância econômica e alimentar, e o látex da seringueira é amplamente empregado na indústria, sobretudo na fabricação de borracha natural, preservativos e pneus de alto desempenho. A combinação dessas culturas representa uma estratégia eficiente de diversificação produtiva, com aplicações econômicas e industriais relevantes.

Durante as observações, notou-se na base do caule da seringueira uma cicatriz característica indicativa de enxertia, dividida em três partes: a via seminal (onde se encontra a raiz pivotante), o painel clonal (região produtora de látex) e a porção superior resistente a doenças foliares, como o *mal-das-folhas*. O uso de clones resistentes é essencial para evitar perdas econômicas e garantir produtividade, considerando o histórico de doenças que afetaram culturas estratégicas, como o cacau e a seringueira, no Brasil.

O consórcio entre cacau e seringueira surge, portanto, como alternativa promissora para reduzir a incidência de doenças, como a vassoura-de-bruxa, causada pelo fungo *Moniliophthora perniciosa* (Bahia de Aguiar; Pires, 2019). Essa enfermidade compromete severamente a produtividade do cacau,

provocando deformações em frutos, brotações anormais e morte de ramos (Gramacho *et al.*, 1992). O tema, inclusive, foi retratado na novela *Renascer*, na qual se destacou que apenas os produtores que utilizavam sistemas agroflorestais (SAFs) conseguiram manter a produtividade frente à doença — evidenciando o papel desses sistemas na resiliência fitossanitária e econômica da cultura.

Outro aspecto abordado durante a visita foi a biologia reprodutiva do cacaueiro, uma espécie alógama, ou seja, que depende da polinização cruzada entre flores de plantas diferentes. Suas flores são hermafroditas, e a compatibilidade entre clones e variedades define o sucesso da fecundação (Serra; Sodré, 2021) (Figura 1).



Figura 1. Área experimental com o consórcio de cultivos de cacau e seringueira, nas imagens A a D. Fonte: Os autores, 2024.

Por fim, discutiu-se a importância do sistema cabruca para a conservação da floresta ciliar e a manutenção da biodiversidade local. O técnico explicou que essa prática consiste no corte seletivo da vegetação nativa, preservando árvores

de grande porte sob as quais se cultiva o cacau. A cabruca, apesar de críticas relacionadas à alteração da estrutura original da floresta, é considerada uma estratégia relevante para a preservação de espécies nativas, sombreamento natural e diversificação agroflorestal, especialmente quando associada ao uso de espécies exóticas de interesse econômico.

3. Área experimental II: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e sistemas agroflorestais na FEBN

Na segunda área de estudo visitada, observou-se uma importante zona de colaboração entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). Essa parceria, consolidada ao longo dos anos, tem se destacado por desenvolver pesquisas e práticas voltadas à sustentabilidade e à eficiência dos sistemas produtivos.

A área visitada apresenta duas seções principais: em uma extremidade, encontram-se as chamadas “vitrines de forragens”, compostas por uma coleção diversificada de culturas forrageiras voltadas à alimentação de bovinos. Contudo, o foco da visita concentrou-se nas áreas destinadas aos Sistemas Agroflorestais (SAFs) e aos sistemas integrados de produção, onde se observou a interação entre lavoura, pecuária e floresta.

Nesse contexto, foram identificadas três configurações distintas de cultivo, sendo a primeira caracterizada pelo consórcio entre sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e capim braquiária ruzizienses (*Brachiaria ruziziensis*). O sorgo tem ganhado relevância na agricultura brasileira por suas propriedades agrônômicas — trata-se de uma gramínea altamente energética, de elevada digestibilidade e adaptabilidade a ambientes secos e quentes, condições nas quais outras culturas apresentam dificuldades de desenvolvimento. Além disso, é uma espécie versátil, utilizada na produção de silagem, corte verde, pastejo e até mesmo para consumo humano por meio de seus grãos (Buso, 2011).

A utilização de pastagens cultivadas de estação quente constitui uma alternativa viável para elevar a produtividade da bovinocultura durante o verão. Diante do crescente processo de intensificação da atividade pecuária no Brasil,

tais pastagens tornam-se uma estratégia fundamental para promover a sustentabilidade e eficiência no uso da terra, especialmente em sistemas de recria e engorda de bovinos em pastejo (Neumann *et al.*, 2005; Souza, 2018; Zacarias; Gonçalves *et al.*, 2019; Souza, 2019).

Esse arranjo é conhecido como Integração Lavoura-Pecuária (ILP), que, sob a ótica da agroecologia, se insere em um sistema de produção integrado denominado Sistema Agropastoril. De forma mais ampla, a sigla ILPF (Integração Lavoura-Pecuária-Floresta) abrange diferentes combinações produtivas que integram aspectos agrícolas, pecuários, silviculturais e agroflorestais, configurando-se como uma abordagem abrangente e multifuncional (Crespo; Souza; Silva, 2023; Silva *et al.*, 2023; Egidio; Souza, 2025).

No sistema observado, o sorgo é cultivado nas entrelinhas da *Brachiaria ruziziensis*, estratégia voltada à produção de silagem — um recurso alimentar fundamental em períodos de estiagem. O sorgo possui a vantagem de permitir até três cortes em uma única semeadura, além de demonstrar maior tolerância à seca e ao estresse climático em comparação ao milho, tradicionalmente utilizado na região para esse fim. A alta demanda hídrica e o manejo mais intensivo exigido pelo milho justificam a substituição parcial por sorgo em consórcio com braquiária, promovendo eficiência produtiva e sustentabilidade no contexto capixaba.

Destaca-se que a escolha das espécies forrageiras deve considerar fatores como resistência a pragas, tolerância à seca, adaptação a solos ácidos e capacidade de rebrota, sendo fundamental adequar as combinações às condições edafoclimáticas de cada área.

Na prática, observou-se a aplicação de herbicidas em baixas dosagens, com o objetivo de controlar parcialmente o crescimento da gramínea e favorecer a formação de uma cobertura vegetal permanente, viabilizando o plantio direto na palha. Essa técnica, também conhecida como cultivo mínimo, constitui uma abordagem agroecológica que preserva a estrutura do solo, mantém a matéria orgânica superficial e reduz a necessidade de aração e gradagem — operações que, além de demandarem implementos pesados, podem provocar compactação e erosão. A presença dessa cobertura vegetal contribui para proteger o solo

contra intempéries, aumentar o teor de carbono orgânico e melhorar sua fertilidade e capacidade produtiva.

Essas observações evidenciam a complexidade e a eficiência dos sistemas integrados de produção agropecuária, que buscam aliar produtividade, conservação ambiental e sustentabilidade socioeconômica. A adoção de práticas agroecológicas, como o cultivo mínimo e a integração de culturas, desempenha um papel essencial na promoção de sistemas agrícolas resilientes, equilibrados e ambientalmente responsáveis.

Na porção superior da área de estudo, observou-se um arranjo de eucaliptos plantados em linhas paralelas, configurando, na verdade, um traçado curvilíneo ajustado ao relevo, de acordo com o padrão de linha mestra. Essa técnica garante distância uniforme entre as árvores, o que facilita o manejo florestal e as operações de colheita, otimizando a derrubada, transporte e processamento da madeira.

A adaptação do plantio à topografia local é essencial, uma vez que o alinhamento das linhas deve acompanhar as curvas de nível, reduzindo o risco de erosão e melhorando a eficiência operacional. No local visitado, observou-se espaçamento médio de 20 metros entre linhas, o que assegura uma distribuição homogênea das árvores e favorece a entrada de luz solar. A poda das árvores na base dos troncos é realizada com o objetivo de melhorar a qualidade da madeira e otimizar o microclima do sistema.

A presença de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, espécie com boa tolerância ao sombreamento, reforça o caráter agroflorestal do arranjo. Em terrenos planos, recomenda-se o alinhamento Leste-Oeste, enquanto em áreas declivosas o plantio em linha mestra é preferido por minimizar a erosão e favorecer o manejo.

A espécie de eucalipto utilizada é um híbrido entre *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*, reconhecido pelo rápido crescimento, alta produtividade e resistência a doenças, sendo amplamente empregado tanto para a produção de madeira sólida quanto para celulose.

Ao avançar na visita, observou-se uma transição para uma área com menor espaçamento entre eucaliptos, refletindo uma mudança na estratégia de

manejo florestal. Nessa seção, encontravam-se dois grupos de fêmeas da raça Nelore, selecionadas para fins educacionais e práticos, como o curso de inseminação artificial. Todos os animais atendiam aos padrões de peso e idade estabelecidos pela equipe técnica da FEBN, assegurando a padronização necessária aos objetivos pedagógicos e experimentais.

A disposição dos eucaliptos, associada à presença dos animais, demonstra um modelo de manejo integrado que concilia ensino, pesquisa e produção, permitindo explorar diferentes configurações espaciais e densidades de plantio. Esse sistema contribui não apenas para a otimização do uso do solo, mas também para a geração de conhecimento aplicado sobre práticas de silvicultura integrada e agroecologia tropical, consolidando a Fazenda Experimental de Bananal do Norte como referência em inovação agroecológica e sustentabilidade (Figuras 2).



Figuras 2. Área experimental Integração Lavoura-Pecuária (ILP). Fonte: Os autores, 2024.

4. Área experimental III: Sistemas agroflorestais orgânicos e estratégias de consorciação com café conilon

Durante a visita técnica ao terceiro campo experimental de Sistemas Agroflorestais (SAFs), implantado em 2013, foram observados cinco sistemas de plantio consorciados, todos apresentando o café conilon associado a diferentes culturas. Um aspecto distintivo desses sistemas é o manejo integralmente

orgânico, no qual nunca foram utilizados adubos químicos industriais, recorrendo-se exclusivamente a fosfato natural, calagem, adubações orgânicas, capim Capiáu (*Cenchrus purpureus*), esterco de aves e bovinos, entre outros insumos permitidos na agricultura orgânica. Apesar da adoção rigorosa desses princípios, é importante ressaltar que as áreas ainda não possuem certificação formal como sistemas orgânicos. Durante a visita, observou-se que as plantas se encontravam em pleno estágio de frutificação, e foi informado que um livro sobre essas áreas será lançado na Expo Agro deste ano, destacando os resultados obtidos.

Além do café conilon, identificou-se o cultivo de pupunha (*Bactris gasipaes*) com presença expressiva do capim-colonião (*Panicum maximum*). O primeiro talhão dessa área foi inicialmente concebido como uma unidade observacional, mas, em razão de seu bom desempenho, evoluiu para a realização de avaliações experimentais. Entre os arranjos mais promissores, destaca-se o consórcio entre café conilon, pupunha e palmeira amazônica, implantado com espaçamento de 1,5 m na linha e 2,5 m entre plantas. O manejo das pupunheiras é realizado por meio de cortes regulares para a colheita do palmito, estimulando o perfilhamento lateral e garantindo produção contínua a partir dos dois anos de idade.

Esse sistema demonstrou alta eficiência produtiva, com a palmeira amazônica contribuindo para o sombreamento moderado e controle da incidência luminosa sobre os cafeeiros. Inicialmente, o sistema foi irrigado durante o estabelecimento das culturas; entretanto, atualmente mantém-se estável sem necessidade de irrigação, evidenciando autossuficiência hídrica e resiliência ecológica.

Outro destaque da área experimental é a gliricídia (*Gliricidia sepium*), leguminosa originária da América Central, ainda pouco difundida no Brasil. Trata-se de uma árvore de porte médio, atingindo até 15 m de altura, com diâmetro do caule entre 30 e 40 cm. Suas flores rosadas surgem no início da primavera, antes da emissão das folhas, e seus frutos são vagens típicas da família Fabaceae. O nome “gliricídia” tem origem no latim glis (rato) e caedo (matar), devido ao uso tradicional do pó de sua casca como veneno para roedores.

A gliricídia é uma espécie multifuncional, amplamente empregada em sistemas agroflorestais e silvipastoris. Seu manejo permite a formação de copas

em forma de taça, com podas regulares de galhos de até 5 cm de diâmetro, que são picados e incorporados ao solo como fonte de matéria orgânica e fixação biológica de nitrogênio. Suas folhas são não tóxicas aos ruminantes e podem ser utilizadas como forragem, enquanto sua madeira possui usos múltiplos, inclusive na construção rural.

Durante a visita, observaram-se diferenças morfológicas significativas entre os cafeeiros consorciados e os solteiros. As plantas cultivadas sob maior sombreamento apresentaram coloração verde intensa e maior altura, enquanto as expostas ao sol pleno mostraram-se menores e com tonalidade amarelada, indicando diferentes estágios de maturação e adaptação. Essas variações refletem as complexas interações ecológicas nos SAFs, que afetam diretamente o microclima e o desenvolvimento das plantas.

Um exemplo relevante foi o consórcio entre a cultivar de banana Prata Vitória (Incaper) e o café conilon, no qual foram identificadas adaptações de manejo para otimização do sistema. As folhas largas da bananeira provocaram sombreamento excessivo, reduzindo o crescimento de plantas vizinhas, enquanto a alta demanda hídrica da espécie intensificou a competição por água. Essa competição mais acentuada exigiu ajustes no espaçamento e manejo hídrico, incluindo maior distanciamento entre as bananeiras e os cafeeiros, para restabelecer o equilíbrio do sistema. A cultivar Prata Vitória apresenta frutos e folhas de grande porte, o que requer poda e controle rigoroso de crescimento a fim de preservar a produtividade e a saúde das plantas consorciadas.

Outra espécie observada foi o ingá-metro (*Inga edulis*), uma árvore perenifólia que pode atingir até 28 metros de altura e 90 cm de diâmetro, embora, em geral, permaneça entre 5 e 10 metros (Carvalho, 2014; Monteiro *et al.*, 2007 *apud* Carvalho, 2014). O ingá ocorre naturalmente em solos úmidos e argilosos, sendo comum em áreas da Amazônia e da Mata Atlântica (Souza *et al.*, 1994 *apud* Carvalho, 2014).

Em SAFs, o sombreamento proporcionado pelo ingá é benéfico para culturas como o café e o cacau (Castro; Krug, 1951 *apud* Carvalho, 2014). Além disso, a espécie é comestível, fixadora de nitrogênio e produtora de serapilheira lignificada, que protege o solo, mantém a umidade e reduz o crescimento de plantas espontâneas. Sua copa aberta, quando manejada por podas regulares,

permite maior penetração de luz, tornando-a uma excelente opção de consorciação com espécies perenes como o café e a gliricídia.

Em contraste, o café solteiro apresentou o menor vigor vegetativo, folhagem amarelada e baixa produtividade. A ausência de adubação orgânica e a exposição direta ao sol, sem a proteção da serapilheira, explicam essa diferença de desempenho. Estudos realizados ao longo de dois anos demonstraram que as plantas infestantes, principalmente colômbio e braquiária, contribuíram expressivamente para a produção de biomassa na área, reforçando a importância da cobertura vegetal espontânea como componente essencial da dinâmica ecológica dos SAFs (Figuras 3).



Figuras 3. Área experimental de Sistemas Agroflorestais (SAFs). Fonte: Os autores, 2024.

Essas observações reforçam a complexidade e a eficiência ecológica dos sistemas agroflorestais, que conciliam produtividade agrícola, conservação do solo, ciclagem de nutrientes e resiliência ambiental, configurando-se como um modelo sustentável e promissor para o desenvolvimento rural capixaba. Além disso, a diversidade de espécies cultivadas e a integração entre culturas anuais,

perenes e árvores nativas demonstram como os SAFs podem potencializar serviços ecossistêmicos, como polinização, controle biológico de pragas, fixação de nitrogênio e sequestro de carbono.

Esses benefícios contribuem para a redução da dependência de insumos químicos e fortalecem a sustentabilidade econômica e ambiental das propriedades rurais. A adoção de práticas agroecológicas nesse contexto também promove oportunidades educacionais e de capacitação técnica, permitindo que produtores, pesquisadores e estudantes compreendam as interações ecológicas e os mecanismos de manejo que sustentam a produtividade em longo prazo.

5. Campo Experimental IV: Cultivo de Jacarandá e Avaliação de Técnicas de Estabelecimento e Crescimento

No quarto campo experimental, desenvolveu-se um projeto em parceria com o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) e o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes). Nesse contexto, o jacarandá — espécie nativa da Mata Atlântica e leguminosa fixadora de nitrogênio — foi selecionado como objeto de estudo. As árvores, com aproximadamente sete anos de idade, foram implantadas em sistema adensado, com espaçamento de 6 x 2 m. Uma característica marcante dessa espécie é a deciduidade foliar no inverno, contrastando com a copa perene do eucalipto.

O principal objetivo do experimento foi favorecer o crescimento retilíneo e a formação de fustes sem galhos e nós, agregando maior valor à madeira. Para isso, adotou-se o plantio adensado, que promove autodesrama natural e reduz a necessidade de intervenções manuais. Assim, não foram realizadas desramas artificiais nem desbastes, buscando também acelerar o crescimento das árvores.

Foram avaliadas diferentes condições de plantio com o uso de polímero hidrorretentor (gel):

- ✓ Gel em pó;
- ✓ Gel hidratado aplicado ao lado da muda; e
- ✓ Ausência de gel.

Observou-se que o uso do gel elevou a taxa de pegamento para 100% nos primeiros 60 dias, em comparação a 60% sem o insumo. Apesar da aparente fragilidade inicial do jacarandá, algumas plantas consideradas mortas apresentaram regeneração e retomaram o crescimento. Contudo, não houve diferença significativa no crescimento entre plantas com e sem gel, indicando que o polímero favoreceu a sobrevivência inicial, mas não acelerou o desenvolvimento vegetativo.

Outra estratégia testada foi a adubação fosfatada em diferentes doses, com a hipótese de que maiores teores de fósforo promoveriam crescimento mais rápido, possibilitando o uso da área para pastagem consorciada. Os resultados iniciais foram positivos, mas a partir do terceiro ano a tendência de incremento no crescimento se estabilizou. Ainda assim, a adubação mostrou-se eficiente para impulsionar o crescimento inicial, refletindo em maiores teores de fósforo e nitrogênio no sistema.

A área experimental, composta por 2 ha de jacarandá consorciado com pastagem, não recebeu aplicação de herbicidas, sendo o controle de plantas espontâneas realizado exclusivamente por roçadas. A partir desse experimento, dois trabalhos de conclusão de curso de pós-graduação foram desenvolvidos — um na área de Engenharia Florestal, abordando o uso do gel, e outro voltado à aplicação de fósforo. Mais recentemente, uma dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agroquímica da UFES utilizou drones para o georreferenciamento de amostras de solo, investigando se o maior vigor das árvores poderia estar associado à melhoria da qualidade do solo (Figura 4).



Figura 4. Área experimental jacarandá e pastagem. Fonte: Os autores, 2024.

De forma geral, os resultados obtidos neste campo experimental evidenciam a viabilidade do jacarandá como alternativa promissora para sistemas silvipastoris e reflorestamentos com espécies nativas, especialmente em solos de média fertilidade. As práticas testadas — uso de polímeros hidrorretentores e adubação fosfatada — mostraram potencial para otimizar o estabelecimento das mudas e o crescimento inicial, reduzindo perdas e favorecendo a sustentabilidade do manejo. O estudo reforça a importância de integração entre pesquisa, conservação e uso racional dos recursos naturais, contribuindo para o desenvolvimento de modelos produtivos ambientalmente equilibrados e economicamente viáveis.

6. Campo experimental V: sistemas agroflorestais (SAFs) sucessionais e seleção de clones de café conilon sob sombreamento

Na última área experimental visitada, o espaço foi inicialmente destinado à implantação de um sistema agroflorestal sucessional biodiverso, fundamentado nos princípios da agricultura sintrópica. O solo recebeu adubação orgânica com esterco de avicultura, e eucaliptos (*Eucalyptus urograndis*) — híbrido entre *E. grandis* e *E. urophylla* — foram plantados com o propósito de gerar biomassa e enriquecer o solo por meio da deposição de folhas e ramos. A altura ideal almejada para os eucaliptos era de aproximadamente cinco metros; contudo, após a primeira poda, as árvores retomaram o crescimento vertical, seguindo o comportamento natural da espécie. Durante essa fase inicial, também foram cultivadas hortaliças, mandioca e inhame, compondo um arranjo produtivo diversificado.

Com o encerramento das atividades da pesquisadora Lorena, o SAF permaneceu ativo. Posteriormente, sob a coordenação do pesquisador João, especialista em melhoramento genético, foi realizada uma avaliação detalhada do desempenho das espécies inseridas no sistema. Observou-se que plantas de café conilon apresentaram melhor desenvolvimento sob o sombreamento parcial proporcionado pela cobertura arbórea, evidenciando a compatibilidade entre a cultura do café e o ambiente agroflorestal.

Esse experimento destacou-se como um dos pioneiros no Brasil voltados à seleção de clones de café conilon adaptados a condições sombreadas. Os clones com melhor desempenho foram multiplicados e reavaliados em um sistema agroflorestal consorciado, que incluía bananeiras-prata (plantadas originalmente) e eucaliptos, mantidos de forma natural. O arranjo espacial consistia em fileiras de eucaliptos a um metro de distância entre si, dispostos em alinhamento com as bananeiras, proporcionando sombreamento moderado e microclima favorável ao café.

A dinâmica desse sistema evidencia a complexidade e a interdependência dos componentes agroflorestais. Ao avaliar o desempenho do conjunto, torna-se essencial considerar não apenas as entradas de energia e recursos, como a biomassa gerada pelas bananeiras e os resíduos provenientes dos eucaliptos e do café, mas também as saídas produtivas, como a colheita de laranjas e outras culturas associadas, que contribuem para a sustentabilidade econômica e ecológica do sistema. Essa abordagem holística e sistêmica permite compreender de forma mais profunda os ciclos de nutrientes, a eficiência energética e os fluxos de recursos dentro do sistema agroflorestal, fornecendo subsídios para tomadas de decisão mais embasadas e eficazes voltadas ao manejo e aprimoramento contínuo desses modelos produtivos sustentáveis (Figuras 5).



Figuras 5. Área experimental - sistema agroflorestal sucessional biodiverso.

Fonte: Os autores, 2024.

7. Outros Projetos: Estudos com o Maracujá-Amarelo (*Passiflora edulis*)

Na Fazenda Experimental de Bananal do Norte (FEBN), também são desenvolvidos estudos voltados ao cultivo do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*), conhecido popularmente como maracujá-azedo. Esta espécie pertence à família Passifloraceae, composta por doze gêneros, sendo *Passiflora* o mais representativo em número de espécies e em importância econômica (EMBRAPA, 2022).

O maracujazeiro é uma trepadeira de flores hermafroditas, grandes, solitárias, de coloração atrativa, aromáticas e ricas em néctar (Freitas *et al.*, 2001). Cada flor apresenta pétalas, sépalas e filamentos coloridos de violeta na base (corona), além de um androginóforo — prolongamento do eixo floral que eleva as partes reprodutivas acima do nível das pétalas e sépalas. A parte masculina é formada pelos estames, inseridos abaixo do ovário e terminados por anteras que contêm os grãos de pólen; já a parte feminina possui os estigmas, local onde o pólen deve ser depositado durante o processo de polinização (Ruggiero, 1973).

Embora seja hermafrodita, a flor do maracujazeiro não se autofecunda, necessitando de polinização cruzada. Isso ocorre porque a disposição dos órgãos reprodutivos impede a autopolinização: as anteras situam-se abaixo dos estigmas, o que inviabiliza a deposição natural do pólen sobre estes (Freitas; Oliveira-Filho, 2001; Siqueira *et al.*, 2009). Além disso, segundo esses mesmos autores, a autoincompatibilidade floral e o descompasso temporal entre a liberação do pólen e a receptividade dos estigmas tornam essencial a presença de agentes polinizadores bióticos, reforçando a dependência dessa cultura de abelhas nativas.

A produção brasileira de maracujá é de aproximadamente 700 mil toneladas anuais, cultivadas em uma área de cerca de 46 mil ha, o que corresponde a 70% da produção mundial — consolidando o Brasil como o maior produtor e consumidor global. A quase totalidade da produção é destinada ao mercado interno, embora o país também exporte suco concentrado, frutas frescas e produtos processados, ainda que de forma incipiente (EMBRAPA, 2022).

O cultivo do maracujá possui grande relevância socioeconômica, gerando empregos diretos e indiretos nas áreas rurais, na cadeia de insumos agrícolas, nas agroindústrias e no comércio urbano. Trata-se de uma importante fonte de renda contínua, com colheitas semanais e diversas possibilidades de agregação de valor (EMBRAPA, 2022). Segundo o IBGE (2021), o Brasil produziu mais de 600 mil toneladas, com rendimento médio de 15.259 kg ha⁻¹, destacando-se a região Nordeste, responsável por 64,5% da produção nacional. Entre os estados, Bahia e Ceará são os maiores produtores.

O valor da produção de maracujá no Espírito Santo em 2021 foi de aproximadamente R\$ 56,8 milhões, com uma produção de 12.597 toneladas. O rendimento médio foi de 22,3 toneladas por hectare, conforme dados do IBGE. Nesse mesmo ano, as exportações de frutas do Nordeste brasileiro totalizaram aproximadamente US\$ 793 milhões, conforme dados do Banco do Nordeste. É importante observar que, embora o Brasil seja o maior produtor mundial de maracujá, a maior parte da produção é consumida internamente, com uma porcentagem menor destinada à exportação.

Na Fazenda Experimental de Bananal do Norte, um estudo com o maracujá-amarelo foi conduzido entre 2021 e 2022, com o objetivo de avaliar a eficiência da polinização cruzada em diferentes genótipos. Foram testados cinco genótipos, destacando-se as cultivares BRS Gigante Amarelo e BRS Rubi do Cerrado, que apresentaram as maiores taxas de polinização. Tais resultados estão relacionados a fatores determinantes, como a morfologia sexual das flores e a disposição do néctar (Zacarias *et al.*, 2022).

A polinização do maracujá-amarelo é realizada principalmente por mamangavas — abelhas robustas do gênero *Xylocopa*, conhecidas como abelhas-carpinteiras ou mamangavas-de-toco, que constroem seus ninhos escavando na madeira. Essas abelhas são polinizadores-chave para a cultura, garantindo o sucesso reprodutivo das flores e, consequentemente, a produtividade das lavouras (Figura 6).



Figura 6. Abelhas-carpinteiras (*Xylocopa frontalis*) polinizando maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*). Fonte: Os autores, 2024.

As mamangavas-de-chão (*Bombus* spp.) apresentam elevada eficiência na polinização do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims), assim como algumas abelhas coletoras de óleo dos gêneros *Centris* e *Epicharis*. Outro grupo com reconhecido potencial polinizador é o das abelhas do gênero *Eulaema*, popularmente conhecidas como abelhas-de-orquídeas. Esses grupos reúnem espécies que possuem morfologia e comportamento adequados à polinização efetiva do maracujá-amarelo.

Um estudo realizado no Ifes – Campus de Alegre, com o cultivo de maracujá-amarelo, identificou sete espécies de abelhas visitantes florais, das quais cinco eram mamangavas com potencial polinizador. Cerca de 60% dos indivíduos observados pertenciam à espécie *Xylocopa frontalis* (Apidae: Xylocopini) (Moreira-Costa *et al.*, 2023).

8. Sustentabilidade e impactos ambientais

As práticas sustentáveis adotadas pela Fazenda Experimental de Bananal do Norte (FEBN) têm como objetivo reduzir o uso de insumos químicos e preservar o ecossistema local, contribuindo para uma agricultura mais sustentável. Diversas estratégias são implantadas para minimizar a dependência

de fertilizantes e pesticidas sintéticos, promovendo a saúde do solo e a conservação da biodiversidade regional (Altieri, 2012).

Entre essas estratégias, de acordo com esse mesmo autor, destaca-se a irrigação de precisão, que permite o uso eficiente da água, reduzindo desperdícios e mitigando impactos ambientais. Essa prática é especialmente relevante em regiões com disponibilidade hídrica limitada, garantindo o manejo sustentável dos recursos e prevenindo a degradação do solo.

Outro aspecto importante da sustentabilidade na FEBN é a substituição de defensivos químicos por biopesticidas, alternativas menos agressivas ao ecossistema. Esses produtos naturais oferecem soluções eficazes no controle de pragas, diminuindo os riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Além disso, a pesquisa e inovação na criação de variedades de plantas mais resistentes permitem reduzir ainda mais a aplicação de insumos químicos, promovendo um uso equilibrado dos recursos naturais (Silva; Matos, 2014).

A conservação do solo é reforçada por práticas como o plantio direto e a cobertura do solo com vegetação, que auxiliam na prevenção da erosão, aumentam a retenção de umidade e melhoram a fertilidade. O uso de culturas de cobertura contribui também para a estruturação do solo, evitando a compactação e favorecendo a atividade da microbiota benéfica (Pereira, 2014; Crespo; Souza; Silva, 2023).

O aumento da biodiversidade na FEBN é observado na variedade de culturas cultivadas, incluindo espécies nativas e exóticas. Essa diversidade vegetal promove o equilíbrio ecológico, facilita o controle natural de pragas e doenças e fortalece a resiliência do ecossistema. A integração de árvores e culturas agrícolas em sistemas agroflorestais oferece habitat para diversos organismos, consolidando a FEBN como um modelo de manejo agrícola ecologicamente responsável (Altieri, 2012; Silva; Matos, 2014; Egídio; Souza, 2025).

9. Considerações

A visita à Fazenda Experimental de Bananal do Norte (FEBN) proporcionou uma compreensão abrangente das práticas agrícolas inovadoras e dos sistemas

agroflorestais em desenvolvimento na região de Pacotuba, sob a coordenação do Incaper. A diversidade de culturas presentes, como cacau, seringueira, café conilon e eucalipto, evidencia a relevância do manejo diferenciado e da pesquisa aplicada para o aumento da produtividade agrícola de forma sustentável.

Os estudos conduzidos em sistemas agroflorestais, incluindo o georreferenciamento do solo por meio de drones, demonstram o compromisso da FEBN com a aplicação de tecnologias modernas e práticas de manejo sustentável. Tais iniciativas contribuem para a melhoria da qualidade do solo, para o aumento da produtividade agrícola e para a conservação dos recursos naturais, reforçando o papel da pesquisa na construção de soluções agroecológicas eficazes.

A FEBN destaca-se como um centro de excelência em pesquisa agroflorestal, promovendo a inovação, a sustentabilidade e a resiliência dos sistemas produtivos. A diversificação de culturas e a integração de práticas agroecológicas, orgânicas e de manejo integrado demonstram a viabilidade de sistemas agrícolas que conciliam produtividade, preservação ambiental e bem-estar social. A adoção de estratégias como cultivo mínimo, uso de biopesticidas, integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e consórcios de culturas reforça a capacidade da fazenda em desenvolver modelos adaptáveis às condições locais, promovendo sistemas mais equilibrados e sustentáveis.

Ademais, a abordagem holística da FEBN, que integra aspectos ambientais, econômicos e sociais, evidencia seu compromisso com a responsabilidade socioambiental. A promoção da biodiversidade, o manejo sustentável da água e do solo e a utilização de espécies adaptadas ao contexto regional constituem práticas que fortalecem a resiliência ecológica e econômica do território.

Finalmente, a FEBN se consolida como um importante espaço de aprendizado e difusão de conhecimento. Estudantes, profissionais e produtores rurais têm a oportunidade de vivenciar inovações e desafios da agricultura sustentável, participando da construção de soluções que possam ser replicadas em diferentes contextos. A troca de experiências entre pesquisadores e praticantes do campo reforça o potencial da fazenda como polo de referência na

integração entre pesquisa, ensino e extensão agroflorestal, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e a sustentabilidade regional.

10. Referências

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Rio de Janeiro: Editora Expressão Popular, 2012.

BAHIA de AGUIAR, P. C.; PIRES, M. de M. A região cacauueira do sul do estado da Bahia (Brasil): crise e transformação. Cuadernos de Geografía: **Revista Colombiana de Geografía**, v. 28, n. 1, p. 192, 2019. Universidad Nacional de Colombia. 2019. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-215X2019000100192>. Acesso em: 01 mar. 2024.

BRAINER, M. S. de C. P. **Produção de cacau**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 6, n.149, 2021. (Caderno Setorial ETENE, n.149). Disponível em: <https://g20mais20.bnb.gov.br/s482-dspace/bits_tream/123456789/650/3/2021_CDS_149.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2024.

BUSO, W.H.D.; MORGADO, H. S.; BORGES e SILVA, L.; FRANÇA, A. F. de S. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. **PUBVET**, Londrina, v. 5, n. 23, Ed. 170, Art. 1145, 2011. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1140499>>. Acesso em: 03 mar. 2024.

CARVALHO, P. E. R. Ingá-cipó: *Inga edulis*. In: CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2014. v. 5, p. 297-305. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1140499>>. Acesso em: 03 de mar. 2024.

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. Home page: <https://editora.incaper.es.gov.br/incaper-em-revista>. DOI:10.54682/ier.v.13e14.p06.19.

EGIDIO, L. S.; SOUZA, M. N. Recuperação de áreas degradadas na Mata Atlântica: 23 anos de restauração ecológica e agrofloresta na Estância São Lucas, Guaçuí – ES. Restoration of degraded areas in the Atlantic Forest: 23 years of ecological restoration and agroforestry in the Estância São Lucas, Guaçuí - ES. Fronteiras: **Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 14, p. 230-241, 2025. Home page: <https://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/7988>. DOI: 10.21664/2238-8869.2025v14i3.7988.

EMBRAPA. **Polinização** (2022). Disponível em: <https://www.embrapa.br/meio-norte/polinizacao>. Acesso em: 24 set. 2025.

FREITAS, B. M. **Potencial da caatinga para a produção de pólen e néctar para a exploração apícola.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1991.

GONCALVES, D. C.; CRESPO, A. M.; FERREIRA, C. C.; CARRICO, I. G. H.; SOUZA, M. N.; RIBEIRO, W. R. A agroecologia como ferramenta ao fortalecimento da agricultura familiar. **REVISTA DA UNIVAP**, v. 1, p. 342-357, 2019. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2018/index.html.

GRAMACHO, I. C. P; MAGNO, A. E. S.; MANDARINO, E. P.; MATOS, A. **Cultivo e Beneficiamento do Cacau na Bahia**, (1 ed.) Ilhéus: CEPLAC. 1992. 124 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agropecuária.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/>. Acesso em: 06 out. 2025.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Fazendas Experimentais.** 2016. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/fazendas#:~:text=Possui%20uma%20%C3%A1rea%20de%20682,atividades%20de%20pesquisa%20e%20desenvolvimento.>>. Acesso em: 31 mar. 2024.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras.** Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil - Volume 1. Janeiro, 2014. 384 p.

MOREIRA-COSTA, W; MOTA, A. P; GONÇALVES, A. R; SOUZA, M. N. Floresta Nacional de Pacotuba: histórico de criação, biodiversidade e atividades de uso público. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em Gestão Ambiental. Volume III** cap. 02, p. 87-111, 2024.

MOREIRA-COSTA, W; SILVA-DE-AMORIM, M; FERNANDES-NASCIMENTO, E. S; MADELLA-DE-OLIVEIRA, A. F. **Abelhas polinizadoras do maracujá-amarelo em um sistema de produção convencional.** In: V Encontro Anual de Agroecologia “Cenário da Agroecologia no Desenvolvimento do Estado do Espírito Santo”, 2023.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; FILHO, D. C. A.; MACCARI, M.; PELLEGRINI, L. G.; SOUZA, A. N. M.; PEIXOTO, L. A. O. Produção de forragem e custo de produção da pastejo contínuo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 2, p. 215-220, 2005.

NUNES, R. S. **Glicírdia - (*Gliricidia sepium*).** 17 de junho de 2019. Fundação Joaquim Nabuco – FUNDAJ. Disponível em: [https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/plantas-xerofilas/glicirdia-glicirdia-sepium#:~:text=A%20glicir%C3%ADdia%20\(Gliricidia%20sepium\)%20%C3%A9, suporte%20em%20planta%C3%A7%C3%B5es%20de%20baunilha.>](https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/plantas-xerofilas/glicirdia-glicirdia-sepium#:~:text=A%20glicir%C3%ADdia%20(Gliricidia%20sepium)%20%C3%A9, suporte%20em%20planta%C3%A7%C3%B5es%20de%20baunilha.>). Acesso em: 02 mar. 2024.

PEREIRA, P. R. V.; TELLES, T. S. **Conservação do Solo e da Água.** São Paulo: Ed. Senac São Paulo. 2014.

RUGGIERO, C. **Estudos sobre floração e polinização do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.)**. 1973. Tese de Doutorado. Jaboticabal: Faculdade de Medicina Veterinária e Agronomia FCAV, 1973.

SERRA, W. S.; SODRÉ, G. A. **Manual do cacauicultor: perguntas e respostas**. Brasil. Ilhéus, BA, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico, nº 221. 2021. 190p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/publicacoes/boletins-tecnicos-bahia/boletim-tecnico-no-221-2021_compressed.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2024.

SILVA, J. H. da; MATOS, Â. de L. **Sistemas Agroflorestais: alternativas de recuperação de áreas degradadas**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2014, p. 58-72.

SILVA, M. M. da; SILVA, M. M. da; LOUBACK, G. C.; SOUZA, M. N.; RANGEL, O. J. P.; FERRARI, J. L.; CARDOZO, L. G. C.; PRETO, B. de L.; OLIVEIRA, A. F. M. de; CALABIANQUI, T. N.; BERILLI, A. P. C. G.; BERILLI, S. da S. Uso e cobertura da terra na fazenda São José, município de Muniz Freire, ES. **OBSERVATORIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 21, p. 20818-20833, 2023. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/1386/1461>. DOI: 10.55905/oelv21n11-121.

SIQUEIRA, K. M. M. Estudo comparativo da polinização em variedades de aceroleiras (*Malpighia emarginata* DC, *Malpighiaceae*). **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, p. 1825, 2011.

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

ZACARIAS, A. J.; SOUZA, M. N. Recuperação de área degradada de monocultura intensiva no estado do Espírito Santo. **REVISTA DA UNIVAP**, v.1, n. 87, p. 234-242, 2019. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2018/index.html

ZACARIAS, A. J.; CAETANO, L. C. S.; ESPOSTI, M. D. D.; CONCEIÇÃO, A. O.; SILVA, J. A.; SILVA, F. G.; MILHEIROS, I. S. **Avaliação da polinização natural em maracujazeiro no sul do Espírito Santo**. In. XVII Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica, p. 1-5, 2022.

CAPÍTULO 6

Bioindicação da qualidade do solo: papel ecológico e funcional da macrofauna edáfica

Wagner Gonçalves de Sá, Márcio Menegussi Menon, Willian Moreira da Costa, Atanásio Alves do Amaral, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-36-7.c6>

Resumo

A macrofauna edáfica, composta por invertebrados com tamanho corporal superior a 2 mm — como minhocas, cupins e formigas —, constitui um componente essencial dos ecossistemas terrestres. Esses organismos exercem funções ecológicas fundamentais, como a decomposição da matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes e a engenharia do solo, promovendo melhorias em sua estrutura física e fertilidade. Devido à sua sensibilidade a alterações ambientais e à capacidade de responder rapidamente às mudanças no uso e manejo do solo, a macrofauna edáfica tem sido amplamente reconhecida como bioindicadora eficiente da qualidade do solo. Esta revisão bibliográfica aborda a importância funcional da macrofauna, caracteriza seus principais grupos taxonômicos, descreve os métodos tradicionais e inovadores de avaliação, analisa seu papel na detecção de impactos antrópicos e discute as perspectivas para o uso desses organismos no monitoramento ambiental em distintos biomas e sistemas agrícolas, contribuindo para a sustentabilidade e conservação dos recursos edáficos.

Palavras-chave: Macrofauna edáfica. Bioindicadores ambientais. Qualidade do solo. Monitoramento ecológico. Conservação do solo.

1. Introdução

A qualidade do solo é um conceito dinâmico e multifacetado, fundamental para a sustentabilidade dos ecossistemas. Ela reflete a capacidade de um solo em funcionar como um sistema vivo, sustentando a produtividade vegetal e animal, mantendo a qualidade da água e do ar, e promovendo a saúde humana e ambiental (Doran; Parkin, 1994; Karlen *et al.*, 1997; Crespo; Souza, 2018; 2023).

Cabe considerar que a biologia do solo compreende o conjunto de organismos que vivem total ou parcialmente nesse ambiente, incluindo bactérias, fungos, nematoides, artrópodes e minhocas. Esses organismos integram uma rede trófica complexa e funcional, responsável pela manutenção da dinâmica e da produtividade dos ecossistemas terrestres (Siqueira *et al.*, 2004).

A diversidade biológica do solo está intimamente relacionada à estabilidade ecológica e à prestação de serviços ecossistêmicos essenciais, como a ciclagem de nutrientes, a formação e estruturação do solo, o controle biológico natural de pragas e doenças e o sequestro de carbono, contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas e naturais (Figura 1).



Figura 1. Principais processos e funções dos organismos do solo. Fonte: Siqueira *et al.*, 2004.

Em um cenário global de crescente demanda por alimentos, fibras e energia, aliado às pressões ambientais decorrentes das mudanças climáticas e da degradação da terra, o monitoramento e a avaliação da qualidade do solo se tornam imperativos. Métodos tradicionais, baseados principalmente em análises físico-químicas, fornecem dados essenciais, mas muitas vezes são insuficientes para capturar a complexidade e a dinâmica dos processos biológicos que regem a fertilidade e a resiliência do solo (Chapman *et al.*, 2018; Souza, 2018).

Nesse contexto, a utilização de bioindicadores tem ganhado proeminência como uma abordagem mais holística e sensível às alterações ambientais. Bioindicadores são organismos ou comunidades que, por sua presença, ausência, abundância ou comportamento, fornecem informações sobre o estado do ambiente (Pankhurst *et al.*, 1997; Bünemann *et al.*, 2018; Rangel, 2023).

Entre os diversos grupos de organismos que habitam o solo, a macrofauna edáfica se destaca por sua relevância ecológica e sua clara resposta a distúrbios. Esses invertebrados — incluindo minhocas (Annelida), cupins (Isoptera), formigas (Hymenoptera), besouros (Coleoptera) e suas larvas — são componentes-chave da teia alimentar do solo e desempenham funções vitais que impactam diretamente os serviços ecossistêmicos, como a ciclagem de nutrientes, a formação de agregados e a regulação hídrica (Lavelle *et al.*, 2006; Brown *et al.*, 2021).

A sensibilidade da macrofauna às mudanças no manejo do solo, como a conversão de uso da terra, a intensidade do revolvimento e a aplicação de insumos agrícolas, faz dela um termômetro eficaz da saúde do solo, permitindo diagnósticos precisos sobre o impacto de diferentes práticas e a eficácia de estratégias de recuperação (Baretta *et al.*, 2011; Tsiafouli *et al.*, 2015; Rangel, 2023).

Dessa forma, a análise da macrofauna edáfica permite verificar, por meio de bioindicadores, os estágios de recuperação ambiental, uma vez que a composição, a abundância e a atividade das comunidades edáficas refletem o grau de restabelecimento das funções ecológicas do solo. De maneira geral, solos com maior teor de matéria orgânica tendem a abrigar comunidades mais diversificadas e abundantes, evidenciando relações diretas entre a qualidade da

matéria orgânica, a estrutura trófica da macrofauna e o funcionamento ecossistêmico (Faria, 2021; Souza; Fonseca, 2023).

Assim, compreender a dinâmica desses organismos e sua interação com os atributos físicos e químicos do solo é essencial para o manejo sustentável e para a avaliação da recuperação e conservação dos ecossistemas edáficos.

2. A macrofauna edáfica e suas funções na qualidade do solo

A macrofauna edáfica compreende uma ampla variedade de invertebrados que vivem total ou parcialmente no solo, desempenhando papéis fundamentais nos processos ecossistêmicos e na manutenção da qualidade edáfica (Figura 2).



Figura 2. Macrofauna edáfica do solo. Fonte: gerada por IA - https://gemini.google.com/app/b840864e06d398c9?is_sa=1&is, 2025.

Esses organismos influenciam diretamente a estrutura física, a fertilidade e a dinâmica biogeoquímica do solo, sendo considerados componentes-chave dos serviços ecossistêmicos. Os principais grupos incluem:

- **Anelídeos (Minhocas)** – consideradas os “engenheiros do ecossistema” mais proeminentes, as minhocas exercem profunda influência na estrutura e fertilidade do solo (Edwards; Bohlen, 1996; Jouquet *et al.*, 2016). Elas

fragmentam e incorporam a matéria orgânica, formando galerias que aumentam a porosidade, a aeração e a infiltração de água. Seus coprólitos³, ricos em nutrientes, favorecem a formação de agregados estáveis, elevando a capacidade de retenção hídrica e a resistência à erosão (Blanchart *et al.*, 2004; Scheu, 2015). Por esses motivos, a biomassa e a diversidade de minhocas são frequentemente utilizadas como indicadores diretos da qualidade do solo.

- **Isoptera (Cupins)** – de particular relevância em regiões tropicais e subtropicais, os cupins são engenheiros de ecossistemas essenciais. Suas estruturas de ninhos e galerias influenciam de maneira expressiva a estrutura do solo, a ciclagem de nutrientes e a dinâmica hídrica. Além disso, atuam como importantes decompositores de lignina e celulose, contribuindo para a ciclagem de carbono e nitrogênio (Bignell; Eggleton, 2000; Jouquet *et al.*, 2016). Entretanto, determinadas espécies podem comportar-se como pragas agrícolas ou florestais, demandando manejo integrado.

- **Hymenoptera (Formigas)** – as formigas exercem funções ecológicas múltiplas. Suas extensas redes de túneis e câmaras promovem a aeração e a mistura do solo. Muitas espécies são predadoras, desempenhando papel relevante no controle biológico de pragas, enquanto outras são dispersoras de sementes (mirmecocoria⁴), influenciando a regeneração natural e a dinâmica da vegetação (Folgarait, 1998; Rangel, 2023).

- **Coleoptera (Besouros)** – diversas famílias de besouros, como *Scarabaeidae* e *Tenebrionidae*, participam ativamente do funcionamento do ecossistema edáfico. As larvas de escarabeídeos, em especial, são detritívoras ou rizófagas⁵, enquanto muitos adultos atuam como predadores ou saprófagos. Sua presença, abundância e diversidade podem refletir a saúde ecológica do solo e a disponibilidade de recursos alimentares (Baretta *et al.*, 2014).

- **Diplopoda (Miriápodes – Piolhos-de-cobra)** – esses organismos são detritívoros eficientes, contribuindo para a fragmentação da matéria orgânica e

³ São aglomerados de solo e matéria orgânica digeridos e excretados por minhocas: em outras palavras, são as fezes das minhocas.

⁴ Tipo de dispersão de sementes realizada por formigas: um fenômeno ecológico fascinante e bastante importante para muitos ecossistemas, especialmente florestais.

⁵ Designa organismos que se alimentam de raízes.

para a ciclagem de nutrientes, especialmente em solos com elevada quantidade de serapilheira (Bradford *et al.*, 2021).

2.1. Funções ecológicas

As funções ecológicas da macrofauna edáfica estão intimamente ligadas à qualidade e sustentabilidade do solo, impactando diversos processos fundamentais (Figura 3).



Figura 3. Efeito do manejo antrópico na população e diversidade de meso e macrofauna do solo (modificado de Edwards e Lofty, 1969). Fonte: Brown *et al.*, 2015. In: <https://agroadvance.com.br/blog-macrofauna-edafica-do-solo/>.

Destacam-se, principalmente:

- **Processamento da matéria orgânica:** a fragmentação e incorporação da matéria orgânica pela macrofauna aceleram a decomposição, promovendo a liberação de nutrientes e a formação de húmus, com reflexos diretos na fertilidade (Tian *et al.*, 1997; Lavelle *et al.*, 2006).
- **Melhoria da estrutura do solo:** a atividade de organismos engenheiros, como minhocas e cupins, cria macroporos que favorecem a infiltração de água, aumentam a aeração e reduzem a compactação e a erosão, resultando em solos mais estáveis e resilientes (Jones *et al.*, 1990; Blanchart *et al.*, 2004).

- **Ciclagem de nutrientes:** ao digerirem a matéria orgânica, esses organismos mineralizam elementos essenciais como nitrogênio, fósforo e enxofre, tornando-os disponíveis para as plantas e demais microrganismos do solo (Lavelle *et al.*, 2006).

- **Regulação biológica:** muitos grupos da macrofauna, como aranhas e alguns besouros, exercem papel de predadores, controlando populações de pragas e contribuindo para o equilíbrio trófico e a estabilidade ecológica do solo (Bardgett; van der Putten, 2014).

Em síntese, a macrofauna edáfica atua como um elo vital entre os processos físicos, químicos e biológicos do solo, sendo indispensável para a manutenção da fertilidade, o funcionamento dos ecossistemas e o monitoramento da sustentabilidade ambiental.

A macrofauna do solo desempenha papéis ecológicos fundamentais, influenciando diretamente a estrutura, a fertilidade e a funcionalidade dos ecossistemas terrestres. Esses organismos estão envolvidos em processos como a decomposição da matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes, a bioturbação e o controle biológico de pragas e doenças, sendo, portanto, indicadores sensíveis da qualidade do solo e da sustentabilidade dos agroecossistemas (Figura 4).



Figura 4. Macrofauna edáfica e o manejo sustentável do solo: Fonte: <https://agroadvance.com.br/blog-macrofauna-edafica-do-solo/>. Foto: Mateos, 2016.

A função específica desempenhada por cada organismo, ou os processos ecológicos mediados por ele, podem alocá-lo em uma ou mais dessas categorias. De maneira geral, a produtividade dos ecossistemas é fortemente influenciada pela qualidade e pela saúde do solo — atributos que, por sua vez, são determinados pela ação integrada desses grupos funcionais (Kibblewhite; Ritz; Swift, 2008).

3. Métodos de avaliação da macrofauna edáfica

A avaliação da macrofauna edáfica envolve a quantificação e qualificação de organismos por meio de diferentes técnicas de amostragem, cuja escolha depende dos objetivos da pesquisa, dos grupos taxonômicos de interesse e das características do ambiente estudado. Entre os principais métodos, destacam-se:

- **Armadilhas de Queda (*Pitfall Traps*):** utilizadas para capturar organismos que se movem na superfície do solo, como besouros carábídeos, aranhas e formigas (Southwood; Henderson, 2000). Essas armadilhas fornecem informações sobre a atividade e diversidade da fauna epigeica, complementando dados obtidos por escavação.
- **Armadilhas de Isca:** empregam materiais orgânicos específicos (ex.: papelão ondulado para minhocas, madeira para cupins) para atrair determinados grupos da fauna (Satchell, 1969; Jones; Espey, 1999). São métodos seletivos e úteis para avaliar a atividade funcional de grupos específicos.
- **Extração por Termo-fototropismo (*Berlese-Tullgren*):** embora tradicionalmente aplicada à mesofauna, pode ser adaptada com funis maiores para extrair certos grupos da macrofauna de amostras de serapilheira e solo (Crossley; Blair, 1991).
- **Coleta por Repelentes Químicos/Irrigação:** a aplicação de soluções de formol ou mostarda na superfície do solo estimula a emergência de invertebrados, especialmente minhocas, facilitando a coleta e quantificação (Raw, 1962).

- **Método Monolítico (TSBF – *Tropical Soil Biology and Fertility*):** consiste na escavação de blocos de solo de dimensões padronizadas (geralmente 25 × 25 × 30 cm) e na triagem manual dos organismos *in situ* ou em laboratório (Anderson; Ingram, 1993; Brown *et al.*, 2004). Esse método, amplamente adotado em estudos comparativos, fornece dados robustos de abundância, biomassa e riqueza taxonômica de todos os grupos da macrofauna. Embora trabalhoso, é considerado o mais representativo da comunidade edáfica (Figura 6).



Figura 6. Metodologia TSBF. A – Introdução do monólito no solo por ação mecânica; B – Remoção da serapilheira para extração com sacos de Winkler; C – Organização da área para extração do monólito; D – Extração do monólito; E – Limpeza e organização do monólito; F – Estratificação do monólito, em que o estrato mais profundo (20–30 cm) foi removido; G – Revisão manual do estrato superficial (= A); H – Revisão manual do estrato B. Fonte: <https://www.researchgate.net/journal/Biodiversity-Data-Journal-1314>.

Após a coleta, os organismos são identificados até o nível taxonômico mais prático (ordem, família ou espécie), contados e pesados para determinação da biomassa úmida ou seca. A análise de dados permite estimar parâmetros como abundância (número de indivíduos por área), riqueza taxonômica (número de táxons), biomassa (massa total por área) e índices de diversidade (Shannon-Wiener, Simpson) (Magurran, 2004).

A integração dessas informações com atributos físico-químicos e microbiológicos do solo fornece uma visão abrangente da qualidade edáfica e do funcionamento ecológico. Assim, a macrofauna edáfica, quando avaliada de forma sistemática, constitui uma ferramenta poderosa de diagnóstico ambiental, capaz de refletir o estado de conservação, degradação ou recuperação de ecossistemas sob diferentes sistemas de uso e manejo.

4. A macrofauna edáfica como indicadora de impactos antrópicos

A macrofauna edáfica, devido à sua alta sensibilidade a distúrbios ambientais, constitui um biomarcador robusto para a avaliação da sustentabilidade dos sistemas de uso e manejo do solo. As variações em sua abundância, composição e diversidade refletem rapidamente alterações físicas, químicas e biológicas do ambiente edáfico.

- **Uso e manejo do solo:**

A conversão de florestas nativas em áreas agrícolas e a intensificação do manejo — com práticas como aração convencional, uso intensivo de fertilizantes sintéticos e pesticidas — resultam em expressiva redução da abundância e diversidade da macrofauna (Paoletti *et al.*, 1991; Baretta *et al.*, 2008; Tsiafouli *et al.*, 2015) (Figura 7). Em contrapartida, sistemas de manejo conservacionistas, como o plantio direto, os sistemas agroflorestais e a agricultura orgânica, promovem o restabelecimento de comunidades mais diversas e abundantes, evidenciando uma melhor qualidade e estabilidade do solo (Brown *et al.*, 2004; Pelosi *et al.*, 2014; Crespo; Souza, 2023) (Figura 8).

- **Contaminação do Solo:**

A presença de contaminantes tais como metais pesados, pesticidas e hidrocarbonetos, pode causar efeitos letais e subletais na macrofauna, afetando parâmetros como sobrevivência, reprodução, crescimento e comportamento (Frampton; van Gestel, 2010; Vasseur *et al.*, 2020). As minhocas, em especial, são amplamente utilizadas em ensaios ecotoxicológicos para determinar a toxicidade de substâncias química e resídua no solo, sendo reconhecidas como organismos modelo para esse tipo de avaliação.



Figuras 7 e 8. Área de pastagem degradada (Baixa diversidade); e Área recuperada com SAFs (Alta diversidade). Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2024.

- **Degradação do Solo e Desertificação:**

Solos degradados, caracterizados por baixa matéria orgânica, compactação e perda de estrutura, abrigam comunidades de macrofauna empobrecidas. O monitoramento desses organismos pode indicar áreas sob risco de desertificação e avaliar a eficácia de práticas de recuperação e restauração edáfica (Lavelle *et al.*, 2006; Egidio; Souza, 2025).

- **Mudanças Climáticas:**

Variações nos regimes de temperatura e precipitação afetam a fenologia, distribuição e atividade da macrofauna, influenciando processos fundamentais do solo, como a decomposição da matéria orgânica e a ciclagem de carbono (Bradford *et al.*, 2011; Crespo; Souza, 2023.). A macrofauna, portanto, também desempenha papel relevante na mitigação e adaptação aos efeitos das mudanças climáticas.

5. Fatores que influenciam a macrofauna edáfica

A camada superficial do solo abriga a maior parte dos organismos que compõem a macrofauna edáfica, sendo, portanto, a região mais sensível às práticas de manejo agrícola. A agricultura intensiva, caracterizada pelo uso

expressivo de insumos externos, tem potencial para provocar alterações significativas na estrutura das comunidades de macroinvertebrados do solo, modificando sua biomassa e abundância (Marchão *et al.*, 2009; Baretta *et al.*, 2011).

Diversos fatores influenciam a diversidade e a abundância da macrofauna edáfica, incluindo a cobertura e o tipo de vegetação, a topografia (como declividade e posição fisiográfica), as condições climáticas (temperatura, umidade relativa, vento e precipitação), além de características edáficas, como teor de matéria orgânica, umidade, estrutura, textura e tipo de solo (Louback *et al.*, 2023). Fatores históricos, de origem geológica ou antrópica, também exercem influência significativa sobre essas comunidades (Melo *et al.*, 2009).

As modificações na macrofauna podem resultar de mudanças no habitat, da disponibilidade de recursos alimentares, da formação de microclimas e das práticas de manejo adotadas (Merlim *et al.*, 2005). A interação entre fatores abióticos e bióticos é determinante na composição e distribuição da macrofauna, podendo inclusive provocar seu deslocamento ou redução populacional (Oliveira, 2013; Souza, 2023).

Diante de pressões ambientais, os organismos bioindicadores tendem a responder de forma previsível a distúrbios, apresentando alterações nos padrões de diversidade, crescimento, reprodução e distribuição das espécies. Essas mudanças constituem importantes indicadores da qualidade ambiental e da integridade dos ecossistemas (Chapman *et al.*, 2018; Hoffmann *et al.*, 2019).

A exploração inadequada da vegetação, especialmente pela remoção de espécies florestais, representa uma ameaça direta à macrofauna, acarretando modificações estruturais no ecossistema (Córdova; Chaves; Manfredi-Coimbra, 2009; Souza, 2015). Pesquisas conduzidas por Caproni *et al.* (2011) e Pasqualin *et al.* (2012) reforçam que as atividades antrópicas, sobretudo o manejo inadequado do solo, impactam significativamente a composição e funcionalidade da fauna edáfica. Por outro lado, a manutenção da cobertura vegetal na superfície do solo favorece a sobrevivência e o equilíbrio desses organismos, uma vez que os chamados “engenheiros do ecossistema” intensificam sua atividade, promovendo a aeração e a heterogeneidade do ambiente (Barros *et al.*, 2003; Rangel, 2023).

Estudos de Baretta *et al.* (2011) demonstram que o sistema de plantio direto tende a apresentar maior diversidade de grupos da macrofauna, resultado da rotação de culturas e da ampliação da diversidade vegetal. Além disso, observa-se maior densidade de predadores das ordens *Arachnida* e *Chilopoda*, o que contribui para o controle biológico de pragas agrícolas. Em comparação com sistemas de sucessão de culturas, segundo Baretta *et al.* (2014), a rotação proporciona maior diversidade biológica do solo, independentemente do período de amostragem (inverno ou verão).

Sistemas agrícolas alternativos, fundamentados em princípios ecológicos, oferecem abrigo e alta disponibilidade de matéria orgânica para micro e macrorganismos, reduzindo perturbações intensivas e favorecendo a recuperação da fauna edáfica (Lima *et al.*, 2010). Assim, compreender a interação entre as propriedades do solo e os organismos que nele habitam é essencial para orientar práticas de manejo sustentáveis e promover o uso racional dos recursos naturais na produção agrícola (Silva *et al.*, 2011) (Figura 9).



Figura 9. Sítio Jaqueira Agroecologia, Alegre, ES: área degradada há 30 anos e nos dias atuais – elevada biodiversidade. Fonte: Acervo Sítio Jaqueira, 2023.

Embora ainda haja escassez de estudos brasileiros que investiguem os fatores responsáveis pelo desequilíbrio das comunidades de macrofauna

edáfica, a literatura existente indica que as práticas de manejo inadequado do solo e a remoção de espécies florestais estão entre os principais agentes de impacto (Baretta *et al.*, 2014; Rangel, 2023).

6. Perspectivas futuras

O uso da macrofauna edáfica como bioindicadora vem ganhando destaque, impulsionado pela necessidade global de monitoramento ambiental e de manejo sustentável dos solos. As tendências atuais de pesquisa e aplicação apontam para abordagens mais integradas e tecnológicas:

- **Integração de Múltiplos Bioindicadores:**

A combinação da macrofauna com outros indicadores biológicos (microrganismos, mesofauna), além de parâmetros físicos e químicos do solo, é essencial para uma avaliação mais holística da saúde edáfica (Rutgers *et al.*, 2009; Bünemann *et al.*, 2018).

- **Abordagens Funcionais:**

O enfoque na diversidade funcional — que considera os papéis ecológicos, grupos tróficos e funções de engenharia do ecossistema — amplia o potencial preditivo sobre a capacidade do solo de fornecer serviços ecossistêmicos, como decomposição, estruturação e regulação hídrica (Cardoso *et al.*, 2013).

- **Ferramentas moleculares e ômicas⁶:**

Avanços em técnicas moleculares, como DNA barcoding, metagenômica e metabarcoding, permitem identificar com alta precisão a diversidade da macrofauna, incluindo espécies crípticas, e compreender suas interações ecológicas e funções genéticas (Wall *et al.*, 2015).

- **Monitoramento em longo prazo e redes globais:**

⁶ Referem-se a um conjunto de áreas da biologia moderna que estudam, de forma ampla e integrada, os componentes moleculares de um organismo — como genes, proteínas, metabólitos e microrganismos — buscando compreender como eles interagem e funcionam em conjunto.

A criação de redes de monitoramento contínuo em diferentes biomas e sistemas produtivos é essencial para detectar tendências temporais da macrofauna e avaliar a eficácia de práticas de manejo sustentável. Iniciativas internacionais, como a *Global Soil Biodiversity Initiative* (GSBI), têm promovido a padronização de metodologias e o intercâmbio global de dados (Orgiazzi *et al.*, 2016).

- **Aplicação em políticas públicas e extensão rural:**

A tradução do conhecimento científico sobre a macrofauna edáfica em políticas públicas e programas de extensão é fundamental para incentivar práticas agrícolas e florestais que conservem a biodiversidade do solo e fortaleçam a sustentabilidade dos sistemas produtivos (FAO, 2020).

Em síntese, a macrofauna edáfica constitui um dos pilares da saúde e funcionalidade dos ecossistemas terrestres. Sua utilização como bioindicadora oferece uma perspectiva abrangente e sensível para compreender a qualidade do solo e os impactos das atividades humanas. O fortalecimento das pesquisas nesse campo e sua integração às práticas de manejo e políticas ambientais são fundamentais para garantir a conservação dos solos e a manutenção dos serviços ecossistêmicos essenciais à vida.

As perspectivas futuras para o estudo e a aplicação da macrofauna edáfica como bioindicadora de qualidade do solo apontam para um avanço significativo na integração entre ecologia do solo, manejo sustentável e monitoramento ambiental. A crescente demanda por sistemas produtivos menos dependentes de insumos externos e ambientalmente equilibrados tem impulsionado o interesse científico e prático por abordagens que incorporem indicadores biológicos como ferramentas de gestão territorial (Baretta *et al.*, 2014; Lavelle *et al.*, 2016).

Nos próximos anos, espera-se uma ampliação do uso de métodos padronizados e georreferenciados para o monitoramento da macrofauna, permitindo comparações entre biomas e sistemas de manejo. O desenvolvimento de protocolos simplificados e economicamente acessíveis poderá favorecer a adoção desses indicadores por produtores rurais, técnicos e

instituições de extensão, fortalecendo políticas públicas voltadas à conservação do solo e da biodiversidade (Decaëns *et al.*, 2018).

Outro campo promissor diz respeito à integração entre os dados biológicos e tecnológicos, por meio do uso de ferramentas de sensoriamento remoto, modelagem espacial e inteligência artificial. Essas tecnologias podem aprimorar a compreensão das relações entre a macrofauna e variáveis ambientais, auxiliando na identificação precoce de processos de degradação e na avaliação da eficiência de práticas conservacionistas (Silva *et al.*, 2020).

Além disso, a incorporação da macrofauna edáfica em programas de pagamento por serviços ecossistêmicos e em estratégias de certificação agroecológica representa uma oportunidade de valorização econômica e ambiental desses organismos. Ao reconhecer a importância ecológica de grupos funcionais como minhocas, formigas e cupins — engenheiros do ecossistema que influenciam a estrutura e a fertilidade do solo —, amplia-se a compreensão do solo não apenas como um substrato físico, mas como um sistema vivo e dinâmico essencial à sustentabilidade agrícola (Swift *et al.*, 2010; Bignell *et al.*, 2011; Rangel, 2023).

Por fim, a formação de redes de pesquisa interdisciplinares e a inclusão de comunidades locais em projetos participativos de monitoramento podem fortalecer a educação ambiental e a gestão compartilhada dos recursos naturais. Essa aproximação entre ciência, sociedade e práticas agroecológicas reforça a necessidade de conservar a biodiversidade subterrânea como fundamento para a resiliência ecológica e a segurança alimentar em longo prazo.

6. Considerações

Considerando a importância da macrofauna do solo para o funcionamento dos ecossistemas terrestres, é possível afirmar que esses organismos representam um componente-chave na manutenção da fertilidade e na regulação dos processos biogeoquímicos do solo. A partir das informações abordadas neste capítulo, percebe-se que a macrofauna do solo desempenha uma ampla variedade de funções ecológicas, incluindo a fragmentação e incorporação da matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes, a aeração, a

melhoria da drenagem e da estrutura do solo, o aumento da biodiversidade e o controle populacional de outros organismos edáficos.

Sua composição, abundância e diversidade refletem de forma sensível as condições ambientais e as práticas de manejo, tornando a macrofauna indicadores valiosos da saúde do ecossistema terrestre. A influência de fatores abióticos, bióticos e antrópicos evidencia a complexidade dos sistemas edáficos e reforça a necessidade de abordagens integradas para monitoramento e conservação.

Práticas de manejo sustentável, como sistemas agroflorestais, rotação de culturas, plantio direto e manutenção de cobertura vegetal, favorecem a diversidade funcional e a resiliência da macrofauna, contribuindo para a sustentabilidade agrícola e a preservação dos serviços ecossistêmicos. Apesar de sua importância, a macrofauna do solo ainda é frequentemente negligenciada em estudos ecológicos, o que limita a compreensão dos processos que ocorrem no solo e suas consequências para o meio ambiente.

O avanço das pesquisas em monitoramento biológico, incluindo métodos funcionais, moleculares e de longo prazo, amplia a capacidade de avaliação da qualidade do solo, permitindo diagnósticos mais precisos sobre impactos antrópicos e estratégias de recuperação. Além disso, a incorporação da macrofauna em políticas públicas, programas de extensão rural e estratégias de valorização ambiental reforça sua relevância prática, social e ecológica.

Em síntese, a macrofauna edáfica constitui um pilar essencial para a compreensão da dinâmica do solo, sendo indispensável para garantir a conservação da biodiversidade subterrânea, a produtividade sustentável e a resiliência dos ecossistemas frente às pressões ambientais e às demandas humanas. Portanto, é fundamental intensificar pesquisas para aprofundar o conhecimento sobre sua ecologia e seu papel central na manutenção dos ecossistemas terrestres, promovendo práticas de manejo e conservação mais eficientes e sustentáveis.

7. Referências

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. (Eds.). **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. CAB International. 1993.

BARDGETT, R. D.; van der PUTTEN, W. H. Belowground biodiversity and ecosystem functioning. **Nature**, v. 515, n. 7528, p. 505-511, 2014.

BARETTA, D. *et al.* Fauna edáfica e qualidade do solo. **Tópicos em ciência do solo**, v. 7, p. 119-170, 2011.

BARETTA, D. *et al.* Soil fauna and its relation with environmental variables in soil management systems. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 871-879, 2014.

BARETTA, D.; BROWN, G. G.; CARDOSO, E. J. B. N.; FREITAS, S. S. de. Macrofauna do solo em diferentes biomas e sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 11, p. 1475-1484, 2008.

BARROS, E. *et al.* Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, v. 47, n. 3, p. 273-280, 2003.

BIGNELL, D. E.; EGGLETON, P. Termites in ecosystems. In: ABE, T.; BIGNELL, D.; HIGASHI, M. (Eds.). **Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology**, p. 363-387. Kluwer Academic Publishers. 2000.

BLANCHART, E.; ALEGRE, J.; ALBRECHT, A.; DUBOIS, P. Impact of earthworms on the physical properties of soils in humid tropical ecosystems. In: EDWARDS, C. A. (Ed.). **Earthworm ecology** (2nd ed., p. 313-339). CRC Press. 2004.

BRADFORD, M. A. *et al.* Decomposers. In: WALL, D. H.; BARDGETT, R. D.; BEHAN-PELLETIER, V.; BRUSSAARD, L.; GRIFFITHS, B. S.; LOEPPMANN, S. H.; WALL, R. T.; BOHLEN, P. J. (Eds.) **Soil ecology and management: a global perspective**. p. 165-190. Cambridge University Press. 2021.

BRADFORD, M. A.; WALL, D. H.; MAESTRE, F. T. The role of soil biota in linking climate change with ecosystem functioning. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 9, n. 4, p. 213-220, 2011.

BROWN, G. G. *et al.* Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. **Acta zoológica mexicana (nueva serie)**, n. Especial 1, p. 79-110, 2001.

BROWN, G. G. *et al.* Earthworms as soil engineers and bioindicators. In: LAL, R. (Ed.) **Encyclopedia of Soils in the Environment** (2nd ed.). Elsevier (in press). 2021.

BROWN, G. G. *et al.* Soil macrofauna in the Brazilian Atlantic forest: effects of forest type, altitude and land use. **Forest Ecology and Management**, v. 191, n. 1-3, p. 95-108, 2004.

BÜNEMANN, E. K., BONGIORNO, G., BAI, Z., CREAMER, R. E., DE DEYN, G. B., DE GOEDE, R., FLESKENS, L., GEISSEN, V., KUYPER, T. W., MÄDER, P., PULLEMAN, M., SUKKE, W., VAN DER PLOEG, R., VAN GROENIGEN, J. W., & BRUSSAARD, L. Soil quality – A review of the current state of knowledge and future research priorities. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, n. 264, p. 214-228, 2018.

CAPRONI, A. L. et al. Diversidade da macrofauna do solo em ecossistemas no município de Rolim de Moura, RO. **Global Science and Technology**, v. 4, n. 3, 2011.

CARDOSO, E. J. B. N. *et al.* Soil fauna as an indicator of soil quality and ecosystem health. **Applied Soil Ecology**, 71, 1-10, 2013.

CHAPMAN, P. M. et al. Contrasting impacts of land-use change on phylogenetic and functional diversity of tropical forest birds. **Journal of Applied Ecology**, v. 55, n. 4, p. 1604-1614, 2018.

CÓRDOVA, M.; CHAVES, C. L.; MANFREDI-COIMBRA, S. Fauna do solo x vegetação: estudo comparativo da diversidade edáfica em áreas de vegetação nativa e povoamentos de Pinus sp. **Geoambiente on-line**, n. 12, p. 01-12, 2009.

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. Home page: <https://editora.incaper.es.gov.br/incaper-em-revista>. DOI:10.54682/ier.v.13e14.p06.19.

CROSSLEY, D. A. JR.; BLAIR, J. M. A new method for soil arthropod extraction from litter samples. **Pedobiologia**, v. 35, n. 2, p. 105-108, 1991.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZIDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.). **Defining Soil Quality for a Sustainable Environment** (p. 3-21, 1994). SSSA Special Publication 35. Soil Science Society of America.

EDWARDS, C. A.; BOHLEN, P. J. **Biology and ecology of earthworms** (3rd ed.). Chapman & Hall. 1996.

EGIDIO, L. S.; SOUZA, M. N. Recuperação de áreas degradadas na Mata Atlântica: 23 anos de restauração ecológica e agrofloresta na Estância São Lucas, Guaçuí – ES. Restoration of degraded areas in the Atlantic Forest: 23 years of ecological restoration and agroforestry in the Estância São Lucas, Guaçuí - ES. Fronteiras: **Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 14, p. 230-241, 2025. Home page: <https://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/7988>. DOI: 10.21664/2238-8869.2025v14i3.7988.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of the world's land and water resources for food and agriculture – systems at breaking point**. 2020.

FARIA, A. **Diversidade da fauna edáfica em sistemas integrados com milho e braquiária**. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

FOLGARAIT, P. J. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: A review. **Biodiversity and Conservation**, v. 7, n. 9, p. 1221-1244, 1998.

FRAMPTON, G. K.; VAN GESTEL, C. A. M. Earthworms as bioindicators of ecotoxicological risk. In: CAPINERA, J. M. (Ed.). **Encyclopedia of Entomology**. Springer, 2010. p. 1297-1300.

HOFFMANN, A. A. *et al.* Impacts of recent climate change on terrestrial flora and fauna: Some emerging Australian examples. **Austral Ecology**, v. 44, n. 1, p. 3-27, 2019.

JONES, C. G.; LAWTON, J. H.; SHACHAK, M. Organisms as ecosystem engineers. **Oikos**, v. 57, n. 3, p. 373-386, 1990.

JONES, R. G.; ESPEY, E. E. An evaluation of techniques for sampling termites (Isoptera: Termitidae) in grasslands. **Sociobiology**, v. 34, n. 2, p. 405-412, 1999.

JOUQUET, P.; DAUBER, J.; LAGERLÖF, J.; LAVELLE, P.; LEPAGE, M. Soil invertebrates as ecosystem engineers: a review of concepts and current knowledge. **Pedobiologia**, v. 59, n. 6, p. 289-301, 2016.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, N. C.; DORAN, J. W.; FRANZLUEBBERS, R. G.; HARRIS, R. F. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, n. 1, p. 4-10, 1997.

KIBBLEWHITE, M. G.; RITZ, K.; SWIFT, M. J. Soil health in agricultural systems. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1492, p. 685-701, 2008.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J. P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, suplemento 1, p. S3-S15, 2006.

LIMA, S. S. D. *et al.* Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 322-331, 2010.

LOUBACK, G. C.; SOUZA, M. N.; VARDIERO, L. G. G.; CAMPOS, L. G. C.; SOUZA, E. A.; BASTOS, C. S. M. Análise da Sustentabilidade no Sítio Jaqueira Agroecologia, utilizando a ferramenta APOIA-NovoRural. **OBSERVATORIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 21, p. 3875-3900, 2023. DOI: 10.55905/oelv21n6-043.

MAGURRAN, A. E. **Measuring biological diversity**. Oxford: Blackwell Publishing, 2004.

MARCHÃO, R. L. et al. Soil macrofauna under integrated crop-livestock systems in a Brazilian Cerrado Ferralsol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1011-1020, 2009.

MELO, F. V. de. et al. **A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores**. 2009.

MERLIM, A. D. O. et al. Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management. **Scientia Agricola**, v. 62, p. 57-61, 2005.

OLIVEIRA, D. **Efeitos das variáveis ambientais locais sobre a abundância, a riqueza e a biomassa da macrofauna de solo em um ecossistema semiárido no Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2013.

ORGIAZZI, A. et al. **Global soil biodiversity atlas**. Luxembourg: European Commission, Publications Office of the European Union, 2016.

PANKHURST, C. E.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R. (Eds.). **Biological indicators of soil health**. Wallingford: CAB International, 1997.

PAOLETTI, M. G.; FOISSNER, W.; COLEMAN, D. C. (Eds.). **Soil biota, nutrient cycling and farming systems**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1991.

PASQUALIN, L. A. et al. Macrofauna edáfica em lavouras de cana-de-açúcar e mata no noroeste do Paraná-Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 7-18, 2012.

PELOSI, C.; BERTRAND, M.; CAPOWIEZ, Y.; CHOISI, O.; VIALLATOUX, P. Earthworm communities in agroecosystems: a review. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 185, p. 223-231, 2014.

RANGEL, S. S. **Formigas do solo e seu papel como bioindicadoras de restauração de ecossistemas degradados**. Dissertação (Mestrado em Agroecologia). Programa de Pós-graduação em Agroecologia. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, campus de Alegre. Alegre, 2023. 54 p.

RAW, F. Studies on earthworm populations in orchards. I. Leaf burial in apple orchards. **Annals of Applied Biology**, v. 50, n. 2, p. 389-404, 1962.

RUTGERS, M.; MULDER, C.; SCHOUTEN, A. J.; VAN DER POEL, L. W. Biological soil quality: state of the art in the Netherlands. **Environmental Management**, v. 44, n. 4, p. 817-827, 2009.

SATCHELL, J. E. Methods of sampling earthworm populations. In: PHILLIPSON, J. (Ed.). **Methods of study in soil ecology: proceedings of the Paris symposium**. Paris: UNESCO, 1969. p. 209-216.

SCHEU, S. The ecology of earthworms: from individual behavior to ecosystem functioning. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 82, p. 19-32, 2015.

SILVA, R. F. D. *et al.* Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1277-1283, 2011.

SIQUEIRA, J. O.; TRANNIN, I. C. de B.; RAMALHO, M. A. P.; FONTES, E. M. G. **Interferências no agrossistema e riscos ambientais de culturas transgênicas tolerantes a herbicidas e protegidas contra insetos**. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, DF, v. 21, n. 1, p. 11-81, 2004. DOI: 10.35977/0104-1096.cct2004.v21.8718.

SOUTHWOOD, T. R. E.; HENDERSON, P. A. **Ecological methods**. 3. ed. Oxford: Blackwell Science, 2000.

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.; FONSECA, R. A. A evolução dos movimentos ambientais e o surgimento da AIA. 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.c1>

SWIFT, M. J. *et al.* O inventário da diversidade biológica do solo: conceitos e orientações gerais. **Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade**. Lavras: Editora da UFLA, p. 23-41.2010.

TIAN, G.; KANG, B. T.; BRUSSAARD, L. Effect of litter quality on the decomposition and release of nutrients by soil fauna. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, n. 1, p. 1603-1613, 1997.

TSIAFOULI, M. A. *et al.* Soil biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes: an overview. **Applied Soil Ecology**, v. 97, p. 1-12, 2015.

VASSEUR, P.; COSSU-LEGUILLE, C. Earthworms in ecotoxicology. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 10, p. 10587-10603, 2020.

WALL, D. H. *et al.* Soil biodiversity and human health. **Nature Reviews Microbiology**, v. 13, n. 7, p. 407-414, 2015.

CAPÍTULO 7

Barraginhas e cochinchos em curva de nível: estratégias de conservação do solo e da água em Atílio Vivácqua–ES

Márcio Menegussi Menon, Wagner Gonçalves de Sá, Roberta Cunha Vieira, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-36-7.c7>

Resumo

A degradação dos solos e a escassez de água doce figuram entre os maiores desafios ambientais do século XXI. Estimativas da FAO indicam que cerca de 33% dos solos do planeta encontram-se degradados devido à erosão, compactação e perda de matéria orgânica. As mudanças climáticas intensificam eventos extremos, como secas e chuvas intensas, reforçando a necessidade de práticas conservacionistas que promovam a sustentabilidade agrícola. Nesse contexto, técnicas de baixo custo, como as barraginhas e os cochinchos em curvas de nível, configuram soluções eficazes para o controle da erosão, aumento da infiltração de água e conservação hídrica. No município de Atílio Vivácqua, ES, onde solos frágeis e o manejo inadequado da terra aceleram processos erosivos, a adoção dessas práticas representa uma alternativa técnica e socialmente viável, fortalecendo a resiliência das comunidades rurais, melhorando a produtividade agrícola e contribuindo para a recuperação ambiental. Iniciativas recentes, como o Programa Reflorestar, têm apoiado a implantação e manutenção dessas estruturas, ampliando seu alcance e os impactos positivos no território, integrando princípios agroecológicos e promovendo a sustentabilidade da agricultura familiar.

Palavras-chave: Conservação do solo. Recursos hídricos. Barraginhas. Cochinhos em nível. Agricultura sustentável. Atílio Vivácqua.

1. Introdução

A conservação do solo e da água constitui uma preocupação global crescente, especialmente diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas e pela intensificação do uso agrícola das terras. Estima-se que mais de um terço dos solos do planeta já esteja degradado, principalmente em função da erosão, salinização, compactação e perdas de matéria orgânica (FAO, 2021). Esse processo compromete não apenas a produção agrícola, mas também a segurança alimentar, os recursos hídricos e a biodiversidade, colocando em risco a sustentabilidade dos ecossistemas e das comunidades humanas.

No Brasil, esse cenário é igualmente preocupante. A expansão da agricultura convencional, muitas vezes conduzida sem planejamento técnico adequado, tem acelerado a degradação do solo, sobretudo em regiões com relevo acidentado e elevada pluviosidade, como ocorre no Espírito Santo. Segundo Lepsch (2011), a erosão hídrica é a principal forma de degradação dos solos no país, resultando em perda de nutrientes, assoreamento dos corpos d'água e queda da produtividade agrícola. O município de Atílio Vivácqua, situado no sul capixaba, exemplifica esse quadro: solos argilosos e frágeis sofrem constante ameaça da erosão causada por chuvas intensas associadas ao manejo inadequado da terra.

A Mata Atlântica, bioma onde o município está inserido, ocupa atualmente cerca de 15% do território brasileiro, abrangendo 17 estados. Esse ecossistema abriga aproximadamente 72% da população nacional e concentra cerca de 80% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, fornecendo serviços ambientais essenciais como abastecimento de água, regulação climática, suporte à agricultura, geração de energia e turismo. Entretanto, restam apenas 12,4% de sua cobertura original, o que reforça sua vulnerabilidade e a urgência de ações voltadas à conservação e restauração (INPE, 2019).

Diversas iniciativas têm buscado reverter esse processo, a exemplo de experiências de recuperação ecológica e agroflorestal no Espírito Santo, que demonstram a viabilidade técnica e social de práticas conservacionistas de uso e manejo do solo (Zacarias; Souza, 2019; Crespo; Souza; Silva, 2023; Silva *et al.*, 2023; Egidio; Souza, 2025).

Nesse contexto, a adoção de técnicas de baixo custo e fácil aplicação torna-se estratégica para conter a degradação ambiental. Entre as mais relevantes destacam-se as barraginhas e os cochinchos em curva de nível (Figuras 1). As barraginhas são pequenas bacias escavadas no solo com a finalidade de reter a enxurrada e favorecer a infiltração de água, reduzindo o escoamento superficial e a erosão (EMBRAPA, 2009). Já os cochinchos em nível consistem em sulcos ou pequenos terraços construídos de acordo com o relevo do terreno, funcionando como barreiras físicas que diminuem a velocidade da água da chuva e aumentam sua infiltração (Oliveira *et al.*, 2019).



Figuras 1. Barraginha e cochincho em curva de nível no município de Atílio Vivácqua, ES. Fonte: Acervo Márcio Menon, 2024.

Estudos destacam que essas técnicas não apenas contribuem para a redução da erosão, mas também aumentam a disponibilidade hídrica no solo, promovem a recarga de aquíferos e podem auxiliar na recuperação de nascentes (EMBRAPA, 2007; Oliveira; Souza; Trivellato, 2015). Além disso, seu caráter acessível as tornam particularmente importantes para a agricultura familiar, em que a limitação de recursos financeiros impede o acesso a tecnologias de maior custo (Gonçalves *et al.*, 2019; Souza *et al.*, 2022).

Nos últimos anos, políticas públicas também vêm incorporando tais práticas em seus programas de fomento. O Programa Reflorestar, por exemplo, passou a apoiar a construção e manutenção de barraginhas, cochinchos, caixas secas e fossas sépticas em propriedades rurais participantes, ampliando a retenção de

águas pluviais, mitigando os impactos das cheias e das secas prolongadas, e promovendo melhorias socioambientais (Sossai; Pedroza; Lovatti, 2024).

No município de Atílio Vivácqua, experiências com a adoção dessas práticas têm sido implantadas em parceria com órgãos de extensão rural, associações e sindicatos locais. Souza *et al.* (2022) apontam que a conjugação de barraginhas com cochinchos em curva de nível potencializa os efeitos dessas estruturas, favorecendo a captação de água em pontos estratégicos do terreno e aumentando a resiliência hídrica das propriedades (Figura 2).



Figura 2. Barraginhas associadas a cochinchos em curva de nível: ampliam a captação de água e fortalecem a resiliência hídrica das propriedades. Fonte: Acervo Márcio Menon, 2024.

Portanto, ao investigar os princípios, benefícios, resultados e processos construtivos dessas tecnologias no contexto de Atílio Vivácqua, este capítulo busca valorizar o conhecimento técnico e prático em conservação do solo e da água. A partir da análise de dados técnicos, referências bibliográficas e experiências locais, pretende-se demonstrar que práticas simples e acessíveis podem gerar impactos significativos para a sustentabilidade ambiental, produtiva e social das comunidades rurais da região. Além disso, reforça-se a importância do engajamento comunitário e das políticas públicas como vetores de difusão dessas práticas. Assim, contribui-se para a construção de um modelo agrícola mais resiliente, inclusivo e adaptado às condições locais.

2. Fundamentos das práticas conservacionistas

A conservação do solo compreende um conjunto de estratégias voltadas para preservar sua capacidade produtiva, controlar processos erosivos e promover o uso sustentável dos recursos naturais. Lepsch (2011) e Souza (2018) ressaltam que a manutenção da estrutura física, química e biológica do solo é essencial para assegurar sua fertilidade e a estabilidade dos ecossistemas. Além disso, práticas conservacionistas contribuem para a melhoria da infiltração da água, redução do assoreamento dos cursos d'água e aumento da biodiversidade edáfica. Tais medidas são fundamentais para garantir a resiliência dos sistemas agrícolas frente às mudanças climáticas.

Sendo um recurso não renovável em escalas humanas, o solo exige práticas que considerem suas limitações naturais, como declividade, textura e capacidade de retenção de água. Nesse sentido, as técnicas mecânicas — entre elas, as curvas de nível e as barraginhas — assumem papel fundamental em regiões com relevo acidentado e uso agrícola intenso, como ocorre no sul do Espírito Santo (Pinheiro; Nascimento; Souza, 2022; Pinheiro *et al.*, 2022) (Figura 3).



Figura 3. Barraginhas e cochinchos em curva de nível com água de chuva armazenada: recarga de aquíferos favorecida. Fonte: Acervo Márcio Menon, 2024.

As barraginhas, segundo a EMBRAPA (2009), consistem em pequenas bacias escavadas manualmente ou com auxílio de máquinas em pontos estratégicos das propriedades rurais. Seu objetivo principal é captar a enxurrada das chuvas, diminuindo a velocidade do escoamento superficial e favorecendo a infiltração da água no solo. Essa prática contribui para a recarga dos lençóis freáticos, podendo inclusive alimentar nascentes próximas (Figura 4).

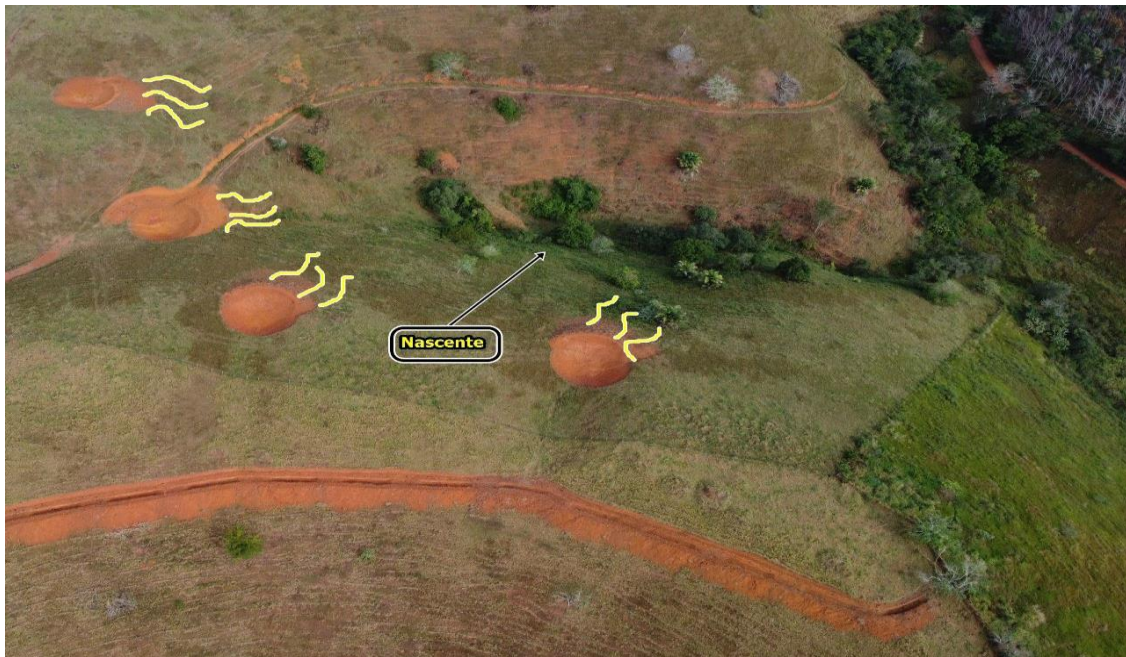


Figura 4. Favorecimento da infiltração de água no solo: recarga dos lençóis freáticos e alimentação de nascentes próximas. Fonte: Acervo Márcio Menon, 2024.

Além disso, ao reter sedimentos, as barraginhas reduzem o assoreamento de cursos d'água e protegem áreas de cultivo contra a perda de nutrientes. Estudos como o de Pereira *et al.* (2014) demonstram que áreas com barraginhas apresentaram aumento significativo na taxa de infiltração, reduzindo a erosão e ampliando a disponibilidade hídrica.

Já as curvas de nível com cochinchos são estruturas lineares escavadas ao longo das cotas altimétricas, acompanhando o relevo natural do terreno. Funcionam como barreiras físicas que desaceleram o escoamento superficial, favorecem a infiltração de água e minimizam o transporte de sedimentos. Oliveira *et al.* (2019) destacam que essa prática não apenas reduz a erosão laminar e em sulcos, mas também aumenta a retenção de umidade nas áreas cultivadas.

A marcação das curvas pode ser realizada com ferramentas simples, como o nível A, o que reforça seu caráter acessível ao produtor. Além disso, a técnica possibilita o cultivo em faixas alternadas, otimizando o uso da terra e reduzindo os impactos ambientais (Figura 5).



Figura 5. Cultivo em faixas alternadas: aperfeiçoamento do uso da terra – ganho em produtividade e redução dos impactos ambientais. Fonte: Acervo Márcio Menon, 2024.

A adoção dessas práticas vai além da conservação física do solo, pois se conecta a princípios mais amplos da agroecologia e da sustentabilidade (Odum; Barrett, 2007; Ricklefs; Relyea, 2018; Altieri, 2020). Experiências de restauração ecológica na Mata Atlântica, por exemplo, evidenciam que intervenções de manejo adequado da água e do solo favorecem não apenas a regeneração florestal, mas também a recuperação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos (Oliveira; Souza; Trivellato, 2015; Zacarias; Souza, 2019; Egidio; Souza, 2025). A integração dessas práticas com sistemas agroflorestais também se mostra estratégica para a sustentabilidade da produção agrícola, por equilibrar a conservação ambiental com a geração de renda (Crespo; Souza; Silva, 2023; Silva *et al.*, 2023).

No contexto da agricultura familiar em Atílio Vivácqua, essas práticas conservacionistas se destacam por sua viabilidade econômica e por sua compatibilidade com as condições locais. Souza (2015; 2018) enfatiza que a

degradação antrópica e as mudanças no uso do solo exigem procedimentos de recuperação adaptados às realidades socioprodutivas regionais. Assim, barraginhas e curvas de nível com cochinchos tornam-se soluções práticas, de baixo custo e tecnicamente viáveis, sobretudo diante dos desafios enfrentados pelos agricultores familiares, como o acesso limitado a assistência técnica e recursos financeiros (Gonçalves *et al.*, 2019; Souza *et al.*, 2022) (Figura 6).



Figura 6. Cultivo de milho em faixas alternadas à cultura do café: procedimento de recuperação e geração de renda adaptado às realidades socioprodutivas regionais. Fonte: Acervo Márcio Menon, 2024.

Portanto, além de conservarem os recursos naturais, essas práticas fortalecem a resiliência produtiva e social das comunidades rurais, promovendo um modelo de desenvolvimento mais sustentável e inclusivo para o sul do Espírito Santo.

3. Barraginhas: princípios, técnicas e aplicações

As barraginhas constituem uma tecnologia social e ambiental desenvolvida no Brasil como resposta aos desafios da erosão, da escassez hídrica e da degradação do solo. Trata-se de pequenas bacias escavadas no solo, em formato circular ou semicircular, destinadas à captação de enxurradas provenientes das chuvas. O desenvolvimento sistematizado da técnica ocorreu

a partir da década de 1990, por meio da EMBRAPA Milho e Sorgo, em Sete Lagoas (MG), no contexto de ações voltadas à agricultura familiar e ao combate à desertificação (EMBRAPA, 2007). Desde então, sua adoção se expandiu para diferentes estados brasileiros, entre eles o Espírito Santo, onde o relevo e os padrões pluviométricos favorecem sua aplicação (EMBRAPA, 2009).

Do ponto de vista técnico, as barraginhas operam a partir de princípios hidráulicos simples e eficazes: interceptam o escoamento superficial das chuvas, sobretudo em áreas de declive, e promovem sua infiltração gradual no solo. Esse processo garante tanto o armazenamento temporário da água quanto sua absorção pelas camadas mais profundas, contribuindo para a recarga dos lençóis freáticos (Pereira *et al.*, 2014). Além disso, exercem um papel ecológico relevante ao reter sedimentos e nutrientes que, de outro modo, seriam carregados, diminuindo o assoreamento de córregos e reservatórios e protegendo a fertilidade das áreas produtivas (Figura 7).



Figura 7. Barraginha consolidada e incorporada à paisagem. Fonte: Acervo Márcio Menon, 2024.

A construção de uma barraginha envolve etapas específicas. Primeiramente, realiza-se o dimensionamento, considerando a área de contribuição (bacia de captação), a intensidade pluviométrica local e a capacidade de infiltração do solo. Em seguida, seleciona-se o local de instalação, priorizando pontos estratégicos onde a enxurrada se concentra —

frequentemente associados aos chamados *cochinchos*, pequenos canais escavados nas curvas de nível (EMBRAPA, 2007; Oliveira *et al.*, 2019).

De acordo com esses mesmos autores, a escavação pode ser feita manualmente ou com maquinário (retroescavadeiras, escavadeiras ou pás carregadeiras), adequando-se ao tipo de solo e à declividade do terreno. O formato recomendado varia, em geral, entre 16 e 30 metros de diâmetro e 1,2 a 2,0 metros de profundidade. A manutenção periódica é fundamental: exige a retirada do excesso de sedimentos acumulados, a reparação de eventuais erosões nas bordas e a preservação de vegetação no entorno, que auxilia na estabilização das margens (Figura 8).



Figura 8. Escolha do local e início da demarcação para a construção de uma barraginha. Fonte: Acervo Márcio Menon, 2024.

Os solos e relevos mais indicados para a implantação de barraginhas são aqueles de declividade suave à moderada, com textura argilosa ou franco-argilosa, que permitem infiltração adequada sem escoamento excessivo. Em contrapartida, solos arenosos ou pedregosos apresentam menor eficiência, pois a infiltração ocorre de maneira muito rápida, dificultando a retenção de água e sedimentos (Lepsch, 2011).

Entre os principais benefícios dessa técnica destacam-se a redução da erosão, o controle das enxurradas, a recarga do lençol freático e o aumento da

disponibilidade hídrica para lavouras e pastagens (Figura 9). No município de Atílio Vivácqua, onde predomina a agricultura familiar em áreas de relevo acidentado, as barraginhas configuram uma alternativa acessível e de elevada eficácia. Além dos ganhos ambientais, a prática fortalece a resiliência produtiva das comunidades rurais, reduzindo a dependência de irrigação artificial e ampliando a sustentabilidade das atividades agrícolas ao longo do ano (Souza *et al.*, 2022).



Figura 9. Barraginha recém-construída: primeira carga e recarga de água de chuva em área de pastagem. Fonte: Acervo Márcio Menon, 2024.

4. Curvas de nível com cochinchos: fundamentos e implantação

As curvas de nível com cochinchos são práticas conservacionistas fundamentais no manejo sustentável do solo, especialmente em áreas de relevo ondulado ou montanhoso, como ocorre no município de Atílio Vivácqua. Essas estruturas consistem em linhas traçadas ao longo das cotas altimétricas do terreno, ou seja, contornos de mesma elevação. Os sulcos escavados no seu interior, com profundidade entre 0,60 e 0,80 m, largura média de 1,20 m e separados por travesseiros de 4 a 5 m, têm como principal objetivo hidrológico interromper e desacelerar o fluxo superficial da água da chuva, favorecendo sua infiltração e evitando a formação de sulcos erosivos (Bremenkamp *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2019) (Figura 10).



Figura 10. Cochinho com travesseiros em construção em área de pastagem degradada. Fonte: Acervo Márcio Menon, 2024.

Integrado ao traçado das curvas, o uso dos chamados cochinchos representa um avanço importante. Esses pequenos reservatórios escavados sequencialmente ao longo da curva de nível aumentam o tempo de permanência da água no solo, promovendo recarga hídrica e reduzindo a erosão (Francisquetti *et al.*, 2023; EMBRAPA MILHO e SORGO, 2024). Essa técnica é especialmente útil em terrenos com declividade acentuada, pois reduz a erosão laminar e em sulcos, além de favorecer a absorção de água pelas raízes das plantas — aspecto crucial para culturas perenes e pastagens.

A implantação correta exige precisão no traçado, que pode ser realizada por meio do nível de mangueira, do nível tipo A (A-frame) ou, mais recentemente, por GPS agrícola. Métodos simples, como o A-frame, são amplamente utilizados por agricultores familiares devido à praticidade, enquanto o GPS oferece maior exatidão, sobretudo em áreas extensas (Peixoto *et al.*, 2022).

Quando bem manejadas, as curvas de nível com cochinchos se integram a sistemas produtivos sustentáveis, convivendo com culturas como café, banana e pastagens, comuns em Atílio Vivácqua. A técnica contribui para a regeneração de áreas degradadas, reduz a necessidade de irrigação e fortalece a resiliência climática, especialmente diante de secas prolongadas ou chuvas intensas (Silva *et al.*, 2024; Sousa *et al.*, 2023) (Figura 11).



Figura 11. Cochinho com travesseiros: água de chuva armazenada. Fonte: Acervo Márcio Menon, 2024.

5. Integração entre barraginhas e curvas de nível

A integração entre barraginhas e curvas de nível constitui uma estratégia eficaz no enfrentamento dos desafios ambientais e produtivos em áreas de relevo acidentado, como ocorre no município de Atilio Vivácqua, ES. Quando aplicadas de forma articulada, essas técnicas atuam de maneira sinérgica no controle da erosão, na retenção da água da chuva e na promoção da infiltração no solo, contribuindo tanto para a sustentabilidade da agricultura familiar quanto para a resiliência ambiental das microbacias hidrográficas (EMBRAPA, 2009; Oliveira *et al.*, 2019; Bremenkamp *et al.*, 2021).

Enquanto as curvas de nível ordenam e distribuem o escoamento superficial, reduzindo sua velocidade e evitando a formação de sulcos erosivos, as barraginhas, instaladas em pontos estratégicos de concentração da enxurrada, funcionam como reservatórios temporários. Essa complementaridade garante maior eficiência na infiltração, amplia a recarga dos lençóis freáticos e reduz significativamente o transporte de sedimentos e nutrientes (Pereira *et al.*, 2014; Peixoto *et al.*, 2022).

Estudos demonstram que a adoção conjunta dessas práticas pode reduzir em até 90% o escoamento superficial e aumentar em mais de 40% a retenção de água no solo, evidenciando sua relevância em sistemas produtivos de base

familiar (Pereira *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2024). Além disso, modelos de arranjos agroecológicos baseados nessa integração têm sido amplamente difundidos por instituições como a EMBRAPA, o INCAPER, prefeituras e cooperativas rurais no Espírito Santo, consolidando-se como práticas de baixo custo e de alta eficiência (Figura 12).



Figura 12. Curvas de nível reduzem a velocidade do escoamento e evitam sulcos erosivos, enquanto barraginhas em pontos estratégicos atuam como reservatórios temporários. Fonte: Acervo Márcio Menon, 2024.

Nas propriedades agrícolas, as barraginhas são construídas em pontos de maior acúmulo de enxurrada, enquanto os cochinchos, associados às curvas de nível, são escavados nas áreas mais declivosas, potencializando a retenção de água. Em cultivos perenes, como café e frutíferas, e em pastagens rotacionadas, essa integração proporciona maior estabilidade do solo, prolonga a umidade durante os períodos secos e reduz a necessidade de irrigação artificial (Souza *et al.*, 2022).

Em Atílio Vivácqua, experiências recentes conduzidas junto a comunidades rurais demonstram o potencial dessas técnicas para a recuperação de áreas degradadas, a conservação de nascentes e a estabilização da produção agrícola, mesmo diante de eventos climáticos extremos. Assim, a combinação de barraginhas e curvas de nível, quando aliada ao conhecimento tradicional e

ao suporte técnico, configuram-se como um modelo adaptável e eficiente de manejo sustentável da terra (Figuras 13).



Figuras 13. Cochinho em curva de nível: reduz a velocidade do escoamento e atua como reservatório de água, mantendo umidade mesmo no período seco. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2023.

6. Estudos de caso: iniciativas conservacionistas em Atílio Vivácqua e região

O município de Atílio Vivácqua, localizado no sul do Espírito Santo, tem se destacado na implantação de práticas conservacionistas voltadas à retenção de água e ao controle da erosão, especialmente por meio da integração de barraginhas, curvas de nível e cochinhos. Essas iniciativas têm sido coordenadas pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente, em parceria com instituições como a Embrapa e o Incaper, reforçando a importância da cooperação entre órgãos públicos e instituições de pesquisa para promover o desenvolvimento sustentável (EMBRAPA, 2007; Oliveira *et al.*, 2019).

Um caso relevante é o da propriedade do Sr. Antônio Moreira, em Atílio Vivácqua. Seu filho, Tiago Moreira, ao retornar para a gestão da propriedade familiar, buscou alternativas para recuperar áreas de pastagens degradadas. Com o apoio do Projeto Barraginhas, da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, foram implantadas curvas de nível associadas a cochinhos nas encostas da propriedade (Figura 14). A adoção dessas práticas resultou na recuperação das pastagens, no aumento da produtividade leiteira e na diversificação das

atividades com a introdução da apicultura, demonstrando a multifuncionalidade dessas estratégias conservacionistas (Souza *et al.*, 2022).



Figura 14. Curvas de nível associadas a cochinchos nas encostas da propriedade do Sr. Antônio Moreira e seu filho Tiago Moreira em Atílio Vivácqua, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2023.

Esses estudos de caso demonstram a efetividade das técnicas conservacionistas na região, promovendo não apenas benefícios ambientais, como a redução da erosão e o aumento da umidade do solo, mas também melhorias socioeconômicas para os produtores rurais locais. A replicação dessas práticas em outras propriedades do município e da região tem potencial para fortalecer a sustentabilidade da agricultura familiar e a resiliência dos sistemas produtivos frente às mudanças climáticas (Lepsch, 2011; Pereira *et al.*, 2014).

7. Limitações, desafios e oportunidades

Apesar dos comprovados benefícios ambientais, hídricos e produtivos proporcionados pelas barraginhas e curvas de nível com cochinchos, a adoção dessas práticas conservacionistas ainda enfrenta diversos desafios estruturais, técnicos, econômicos e socioculturais. No município de Atílio Vivácqua, por

exemplo, grande parte dos agricultores familiares possui recursos financeiros limitados, o que dificulta a contratação de mão de obra especializada ou o uso de equipamentos adequados para a escavação das estruturas. A ausência de políticas públicas mais robustas voltadas à conservação do solo também contribui para a descontinuidade de ações bem-sucedidas.

No aspecto técnico, ainda são frequentes as dificuldades na escolha correta dos locais para implantação, no dimensionamento das estruturas e na manutenção periódica, especialmente quando não há suporte técnico contínuo. A topografia acidentada, comum em muitas propriedades da região, exige adaptações específicas que muitas vezes não são compreendidas pelos agricultores sem orientação adequada (EMBRAPA, 2007; Lepsch, 2011). Além disso, algumas comunidades rurais apresentam resistência cultural à adoção de novas práticas, preferindo manter métodos tradicionais, mesmo que menos eficientes, o que reforça a importância de processos formativos contínuos. A superação desses entraves exige investimentos em capacitação técnica, tanto para os produtores quanto para os técnicos de campo (Figura 15).



Figura 15. Programa de extensão e qualificação executado pela Secretaria de Meio Ambiente de Atílio Vivácqua, ES. Fonte: Acervo Márcio Menon, 2024.

Programas de extensão rural promovidos por instituições como o Incaper e as Prefeituras Municipais são fundamentais para a difusão do conhecimento, assim como o fortalecimento de políticas públicas que ofereçam subsídios,

crédito rural acessível e estímulo à adoção de práticas sustentáveis. Incentivos fiscais e premiações para propriedades que adotam práticas conservacionistas podem ser ferramentas estratégicas para ampliar o alcance dessas tecnologias.

Por outro lado, as oportunidades são promissoras. As experiências bem-sucedidas já implantadas em Atílio Vivácqua e municípios vizinhos indicam um alto potencial de replicação e escalonamento, principalmente quando há envolvimento comunitário e articulação com associações de produtores e órgãos ambientais. As barraginhas e curvas de nível com cochinchos não apenas melhoram a produtividade e a segurança hídrica, mas também contribuem para a adaptação às mudanças climáticas, tornando-se instrumentos estratégicos para o desenvolvimento rural sustentável (Pereira *et al.*, 2014; Souza *et al.*, 2022).

Nesse contexto, a valorização da agricultura familiar por meio de práticas conservacionistas integradas pode transformar os desafios atuais em oportunidades para consolidar um modelo de produção mais resiliente, inclusivo e equilibrado com o meio ambiente (Figura 16).



Figura 16. Barrinha instalada em propriedade do modelo de produção familiar: ganho de produtividade e diversificação de culturas - Secretaria de Meio Ambiente de Atílio Vivácqua, ES. Fonte: Acervo Márcio Menon, 2024.

8. Agroecologia e as práticas conservacionistas do solo

A agroecologia se apresenta como uma resposta crítica ao modelo agrícola difundido pela Revolução Verde, consolidado por meio do uso intensivo de insumos químicos, mecanização e monocultivos. Embora esse modelo tenha gerado ganhos expressivos de produtividade, seus impactos e externalidades negativos foram significativos, especialmente no âmbito social e ambiental. Entre os principais efeitos destacam-se a marginalização de pequenos agricultores — que muitas vezes não tiveram acesso aos recursos demandados —, a degradação dos ecossistemas, a erosão e a compactação do solo, a contaminação hídrica e a perda da biodiversidade (Altieri, 2008; Machado; Filho, 2014; Massariol *et al.*, 2025).

O termo agroecologia surgiu nos anos da década de 1920, inicialmente vinculado ao campo da Ecologia. No entanto, foi apenas a partir das iniciativas de agricultura alternativa nos anos 1970 que o conceito se consolidou, sobretudo no Brasil. Esse período coincidiu com o fortalecimento de movimentos ecológicos, que tiveram papel fundamental na construção da agroecologia como proposta de produção agrícola fundamentada na sustentabilidade ambiental, na valorização dos saberes locais e na justiça social (Vailate; Carvalho, 2021).

No contexto brasileiro, a agroecologia consolidou-se como um movimento que articula práticas ecológicas e ativismo social, em contraposição à crise agrária marcada pela concentração fundiária, difícil acesso à terra e ausência de políticas públicas específicas. Ao expor as limitações do modelo agroindustrial, a agroecologia emergiu como alternativa para integrar conservação ambiental, inclusão social e justiça econômica. Entre suas práticas, destacam-se o manejo agroflorestal, a rotação de culturas, o uso de adubação verde e a valorização da biodiversidade (Gliessman, 2015).

Diante dos impactos negativos do modelo agrícola convencional, como erosão, compactação e empobrecimento do solo, a agroecologia propõe uma abordagem que integra práticas agrícolas aos processos ecológicos naturais, mitigando os efeitos deletérios da agricultura convencional (Paterniani, 2001; Teixeira *et al.*, 2023).

Assim, a agroecologia assume papel estratégico na construção de sistemas agroalimentares sustentáveis, integrando dimensões ecológicas, sociais e econômicas. Essa abordagem fortalece comunidades rurais, promove a justiça social, reduz a dependência de insumos químicos e contribui para a produção de alimentos saudáveis. Conforme Pinto *et al.* (2020), trata-se de um paradigma alternativo de desenvolvimento rural, que ultrapassa a técnica agrícola ao propor a transformação dos sistemas de produção em bases sustentáveis (Figura 17).



Figura 17. Produção agroecológica com diversas culturas em Sistema Agroflorestal (SAF), Atílio Vivácqua, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2023.

No Brasil, a agroecologia é também um caminho para a valorização da agricultura familiar, promovendo manejos adaptados às condições climáticas e às demandas contemporâneas do mercado, sem desconsiderar os saberes tradicionais (Camargo *et al.*, 2018; Xavier *et al.*, 2023). Entretanto, a expansão agroecológica enfrenta desafios, como a limitação de infraestrutura, a carência de assistência técnica e a resistência de produtores ao investimento inicial em práticas de retorno a médio e longo prazo (IBGE, 2024; MAPA, 2024).

Nesse sentido, a consolidação da agroecologia depende do fortalecimento de políticas públicas que ampliem o suporte técnico e financeiro aos agricultores. Programas como o Reflorestar, no Espírito Santo, são exemplos de como a integração da agroecologia pode promover resultados positivos, unindo conservação do ciclo hidrológico, recuperação florestal e geração de renda. A adesão crescente aos Sistemas Agroflorestais (SAFs) comprova seus múltiplos benefícios, como diversificação da produção, manutenção da biodiversidade e sustentabilidade econômica (Almeida *et al.*, 2023) (Figura 18).



Figura 18. Visita técnica de estudantes do Mestrado em Agroecologia do Ifes – Campus de Alegre a propriedade com produção agroecológica em SAFs, Atílio Vivácqua, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2023.

Portanto, a agroecologia, aliada às práticas conservacionistas como barraginhas e curvas de nível, constitui um caminho viável para a transição a um modelo agrícola mais resiliente, justo e ambientalmente equilibrado.

9. Integração da agroecologia às práticas conservacionistas do solo

As práticas conservacionistas do solo, como barraginhas e curvas de nível com cochinchos, constituem elementos fundamentais para a implantação de sistemas agroecológicos, sobretudo em áreas de relevo acidentado, como ocorre no município de Atílio Vivácqua, Espírito Santo (Figura 19). A

agroecologia, ao valorizar os processos ecológicos naturais, os saberes tradicionais e a diversidade biológica, encontra nessas técnicas uma expressão prática de seus princípios, promovendo simultaneamente a conservação ambiental, a produtividade e a resiliência das comunidades rurais (Altieri, 2008; Gliessman, 2015).



Figura 19. Barraginhas e curvas de nível com cochinheiros: fundamentais para a implantação de sistemas agroecológicos. Fonte: Acervo Márcio Menon, 2024.

Do ponto de vista ecológico, as barraginhas interceptam o escoamento superficial da água das chuvas, favorecendo a infiltração e a recarga dos lençóis freáticos, além de reter sedimentos e nutrientes essenciais para a fertilidade do solo (Pereira *et al.*, 2014; Oliveira *et al.*, 2019). Esse manejo da água e dos sedimentos reduz impactos negativos sobre os ecossistemas aquáticos e aumenta a capacidade produtiva da terra, ao mesmo tempo em que promove a regeneração de áreas degradadas (Zacarias; Souza, 2019; Egidio; Souza, 2025).

As curvas de nível com cochinheiros, por sua vez, desaceleram o escoamento da água e favorecem sua distribuição homogênea pelo terreno, permitindo que o solo retenha mais umidade e nutrientes (Bremenkamp *et al.*, 2021; Francisquetti *et al.*, 2023). Esse processo beneficia o desenvolvimento de

culturas perenes, pastagens e sistemas agroflorestais, além de contribuir para a prevenção da erosão, reduzindo a perda de solo fértil durante períodos de chuvas intensas e evitando o assoreamento de corpos d'água próximos. Ao promover uma infiltração mais eficiente, essas práticas favorecem também a recarga dos lençóis freáticos e fortalecem a resiliência hídrica da propriedade. Dessa forma, essa técnica não apenas melhora a produtividade das culturas, mas reforça a sustentabilidade e a conservação ambiental, evidenciando uma abordagem integrada e sistêmica de manejo da paisagem agrícola.



Figura 20. Construção de cochinchos em curva de nível em plantio de seringueira.
Fonte: Acervo Márcio Menon, 2024.

Quando essas práticas são combinadas, observa-se uma sinergia operacional e ambiental: as curvas de nível controlam o fluxo superficial da água, enquanto as barraginhas captam o excesso, promovendo maior infiltração e redução da erosão (Souza *et al.*, 2022; Peixoto *et al.*, 2022) (Figura 21).

Além do aspecto técnico, a integração com a agroecologia envolve também a dimensão social: o engajamento das comunidades rurais na implantação e manutenção dessas práticas reforça o compartilhamento de saberes tradicionais, a autonomia dos produtores e a valorização da agricultura familiar. Por meio dessa abordagem, as técnicas conservacionistas deixam de ser apenas medidas de manejo do solo e passam a constituir instrumentos de

Prática Conservacionista	Princípio Agroecológico	Benefícios Ecosistêmicos e Sociais
Barraginhas	Manejo sustentável da água	Captam enxurradas, favorecem infiltração, recarga de lençóis freáticos, reduzem erosão e assoreamento
	Conservação e fertilidade do solo	Retêm sedimentos e nutrientes, protegem áreas de cultivo, aumentam produtividade
	Resiliência ambiental	Reduzem impacto de chuvas intensas e períodos de seca, fortalecem microbacias hidrográficas
	Participação comunitária	Envolvem produtores no planejamento e manutenção, fortalecendo saberes locais
Curvas de nível com cochinhas	Manejo do relevo e água	Reduzem velocidade do escoamento, distribuem água no solo, evitam sulcos erosivos
	Diversidade e integração	Facilitam cultivo de culturas perenes, pastagens e SAFs integrados
	Resiliência ambiental	Melhoram retenção de umidade e fertilidade do solo, adaptando-se a mudanças climáticas
	Valorização de saberes tradicionais	Uso de métodos simples (nível A, mangueira) envolvendo conhecimento local
Integração Barraginhas + Curvas de Nível	Sinergia ecológica	Maximiza infiltração e retenção hídrica, reduz transporte de sedimentos e nutrientes
	Produção sustentável	Aumenta produtividade agrícola com menor dependência de irrigação artificial
	Desenvolvimento rural	Promove agricultura familiar, inclusão social e resiliência climática

Fonte: Dados da pesquisa.

10. Análise estrutural e fundamentação científica de técnicas conservacionistas: barraginhas e curva de nível com cochinhas (CNC) para o contexto do Espírito Santo

A degradação dos solos e a escassez de água constituem desafios centrais para a sustentabilidade agrícola e ambiental em regiões de relevo acidentado,

como ocorre em diversos municípios capixabas. Nesse contexto, práticas conservacionistas que aliem eficiência técnica e viabilidade local são fundamentais para restaurar a capacidade produtiva e garantir a recarga hídrica. A análise dos documentos técnicos e científicos disponíveis permitiu reunir evidências consistentes sobre os métodos de conservação de solo e água mais adequados ao Espírito Santo, destacando tanto a eficácia de técnicas já aplicadas com sucesso quanto as recomendações institucionais de órgãos de pesquisa e extensão. As referências utilizadas para embasar esta revisão serão devidamente apresentadas no desenvolvimento desse subcapítulo, merecendo destaque: INCAPER (2021); Peixoto *et al.* (2022); Francisquetti *et al.* (2023); Sousa *et al.* (2023); EMBRAPA (2024); e Silva *et al.* (2024).

10.1. Introdução estratégica: o imperativo da conservação hídrica e pedológica

A gestão sustentável dos recursos naturais em ambientes agrícolas requer a adoção de Melhores Práticas de Manejo (BMPs) que mitiguem a erosão do solo e otimizam o balanço hídrico. Em paisagens com alta fragilidade pedológica e topografia acidentada, como aquelas encontradas em diversas regiões do Brasil, a vulnerabilidade dos ecossistemas à variabilidade climática e ao escoamento superficial (enxurrada) exige soluções estruturais robustas e adaptáveis (Silva *et al.*, 2024).

✓ O cenário de degradação hídrica e pedológica no Brasil

A erosão hídrica, responsável pela perda de solo fértil e assoreamento de cursos d'água, representa um dos problemas ambientais e produtivos mais sérios globalmente. A intensificação agrícola, notadamente em culturas como a cana-de-açúcar e sistemas de grãos e pecuária, frequentemente altera as propriedades físicas do solo, comprometendo sua capacidade de infiltração e aumentando o risco de escoamento e degradação. Esse quadro gera impactos negativos não apenas sobre a produção agrícola, mas também sobre a qualidade da água, a biodiversidade e a estabilidade dos ecossistemas terrestres (INCAPER, 2021).

De acordo com esse mesmo autor, a implementação de técnicas estruturais de baixo custo, como as barraginhas, surge como uma resposta direta a este desafio, visando a interceptação da lâmina de água no local da precipitação, favorecendo sua infiltração no perfil do solo e, conseqüentemente, a recarga de aquíferos superficiais e o controle do processo erosivo. Além de mitigarem os efeitos da erosão, tais práticas contribuem para o aumento da disponibilidade hídrica em períodos de estiagem e para a sustentabilidade das atividades agropecuárias. Nesse sentido, representam uma alternativa estratégica para a adaptação das paisagens agrícolas frente às mudanças climáticas e à crescente demanda por recursos naturais.

✓ **Contextualização das estruturas de infiltração**

O presente subcapítulo confirma a existência e a relevância técnico-científica dos seis documentos citados para fundamentar um projeto de conservação de solo e água no Espírito Santo (ES), com foco comparativo em municípios como Atílio Vivácqua. Duas tecnologias estruturais são analisadas: as Barraginhas, definidas como bacias de infiltração para áreas de pouca inclinação (INCAPER, 2021; Peixoto *et al.*, 2022), e a Curva de Nível com Cochinhos (CNC), solução adaptada para encostas íngremes (EMBRAPA, 2024).

Os documentos citados fornecem a tripla validação necessária para o planejamento de um projeto bem-sucedido: 1) Fundamentação teórica em atributos físicos do solo (Sousa *et al.*, 2023) ; 2) Modelagem hidrológica da eficácia das BMPs (Silva *et al.*, 2024) ; e 3) Orientações técnicas específicas, tanto regionais (INCAPER, 2021) quanto para nichos topográficos específicos (EMBRAPA CNC, 2024).

10.2. Fundamentação científica: o impacto profundo do manejo estrutural

A eficácia das barraginhas e da CNC não se limita à retenção superficial de água; ela reside na sua capacidade de modificar o balanço hídrico da microbacia e, indiretamente, influenciar positivamente os atributos físicos do solo que governam a infiltração (Sousa *et al.*, 2023).

✓ **Variabilidade espacial dos atributos físicos do solo** (Sousa *et al.*, 2023)

O estudo de Sousa *et al.* (2023), intitulado "Spatial variability of soil physical attributes under conservation management systems for sugarcane cultivation," é fundamental para compreender a ciência por trás da infiltração. Este trabalho avaliou a dependência e variabilidade espacial de atributos físicos de um Oxisol (Latossolo Vermelho Distroférrico) sob Plantio Direto (PD) e Preparo Reduzido (PR) no cultivo de cana-de-açúcar.

A metodologia empregou a coleta de amostras em malha regular (32 pontos a cada 7,5m) e a determinação de atributos fundamentais, como densidade do solo (SD), resistência à penetração (SRP), macroporosidade (Ma) e porosidade total (TP), em duas profundidades (0–0,10m e 0,10–0,20m).

A análise geoestatística confirmou a dependência espacial dos atributos físicos em ambas as profundidades e sistemas, o que significa que o desempenho do solo em termos de infiltração não é uniforme. Na camada superficial (0,00–0,10m), o Plantio Direto demonstrou uma forte dependência espacial com ajuste pelo modelo esférico, enquanto o Preparo Reduzido exibiu dependência moderada com modelo exponencial.

A implicação hidrológica desta descoberta é profunda. Se a qualidade da infiltração é altamente heterogênea sob PD, isso significa que a capacidade de absorção de água varia significativamente em curtas distâncias. Portanto, a eficiência da Barraginha ou da CNC depende criticamente do seu posicionamento. É insuficiente apenas instalar a estrutura seguindo o eixo da curva de nível; é necessário garantir que a estrutura esteja localizada em microáreas com alta macroporosidade superficial (Ma) e baixa densidade do solo (SD) para maximizar a taxa de absorção de água, evitando o represamento prolongado e falhas devido à compactação.

Na Tabela 2, sumariza-se a complexidade da dependência espacial que deve ser considerada no planejamento:

Tabela 2. Síntese da dependência espacial dos atributos físicos do solo

Sistema de Manejo	Profundidade (m)	Dependência Espacial	Modelo Ajustado	Implicações para Infiltração
Plantio Direto (PD)	0,00–0,10	Forte	Esférico	Alta sensibilidade a variações de manejo superficial.
Preparo Reduzido (PR)	0,00–0,10	Moderada	Exponencial	Maior uniformidade dos atributos físicos.
Plantio Direto (PD)	0,10–0,20	Moderada	Exponencial	Maior estabilidade em profundidade.
Preparo Reduzido (PR)	0,10–0,20	Forte	Esférico	Variação acentuada na compactação subsuperficial.

Fonte: Sousa *et al.*, 2023.

Na Figura 22, observa-se a variação nos tipos de solo em áreas relativamente próximas, mas situadas em diferentes posições da paisagem, no município de Atílio Vivácqua, ES. A coloração distinta dos perfis evidencia diferenças na composição física e química do solo, podendo indicar maior ou menor teor de matéria orgânica, presença de óxidos de ferro ou variações na drenagem. Assim, a cor do solo atua como um importante indicativo de suas características e de sua qualidade agronômica.

✓ **Modelagem e quantificação da eficácia das BMPs** (UFPEl Group, Silva *et al.*, 2024)

O estudo de campo conduzido por Silva *et al.* (2024), "Best management practices to reduce soil erosion and change water balance components in watersheds under grain and dairy production," fornece a validação quantitativa da necessidade de intervenções estruturais. O trabalho avaliou o impacto de três abordagens de conservação de solo e água (manejo do solo, medidas vegetativas e práticas estruturais) em bacias hidrográficas agrícolas pareadas no Sul do Brasil.



Figura 22. Variação da coloração e tipos de solo em diferentes posições da paisagem no município de Atílio Vivácqua, ES. Fonte: Márcio Menon, 2024.

O objetivo deste tipo de pesquisa é simular cenários (nove com técnicas individuais e quatro combinadas) para determinar quais intervenções são mais eficazes na redução da erosão e na otimização dos componentes do balanço hídrico. A relevância deste achado para o planejamento no Espírito Santo é que ele estabelece o princípio da sinergia.

De acordo com Sousa *et al.* (2023), as estruturas, como as Barraginhas e a CNC, atuam como um "tratamento agudo" para interromper o fluxo destrutivo de enxurrada e sedimentos. Contudo, para garantir a sustentabilidade em longo prazo e a regeneração da qualidade do solo, as práticas estruturais devem ser combinadas com medidas vegetativas e de manejo do solo de baixo impacto (Figura 23).

Por exemplo, a área de infiltração e a subsequente "Franja Úmida" abaixo da estrutura devem ser protegidas e densamente revegetadas, mantendo as condições favoráveis de macroporosidade na superfície (como sugerido pela análise de Sousa *et al.*, 2023). O sucesso da conservação é, portanto, alcançado

pela integração de práticas que estabilizam o talude, promovem a recarga hídrica e restauram a qualidade física do solo simultaneamente (Figura 24).

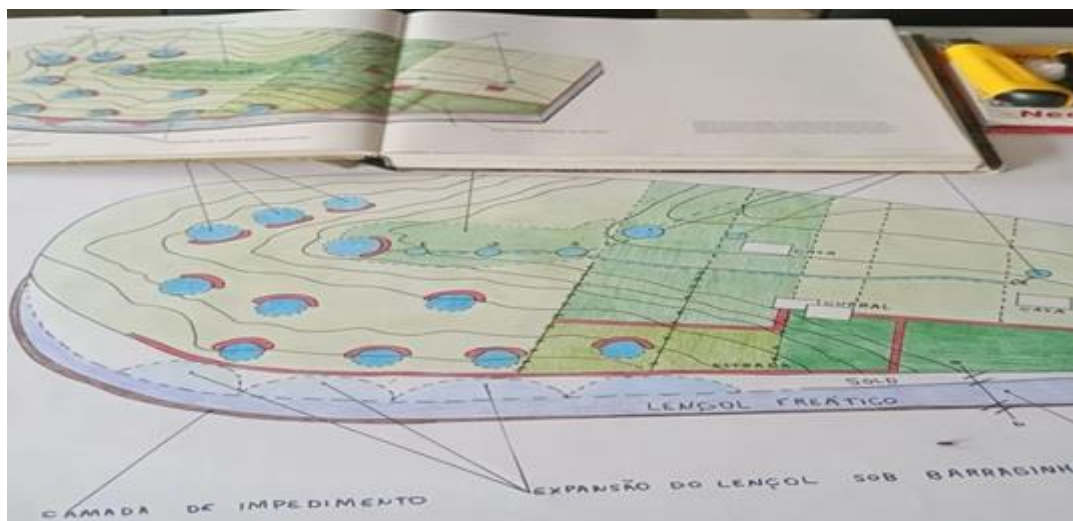


Figura 23. A área de infiltração e a subsequente "Franja Úmida" abaixo da estrutura devem ser protegidas e densamente revegetadas, mantendo as condições favoráveis de macroporosidade na superfície. Fonte: EMBRAPA.

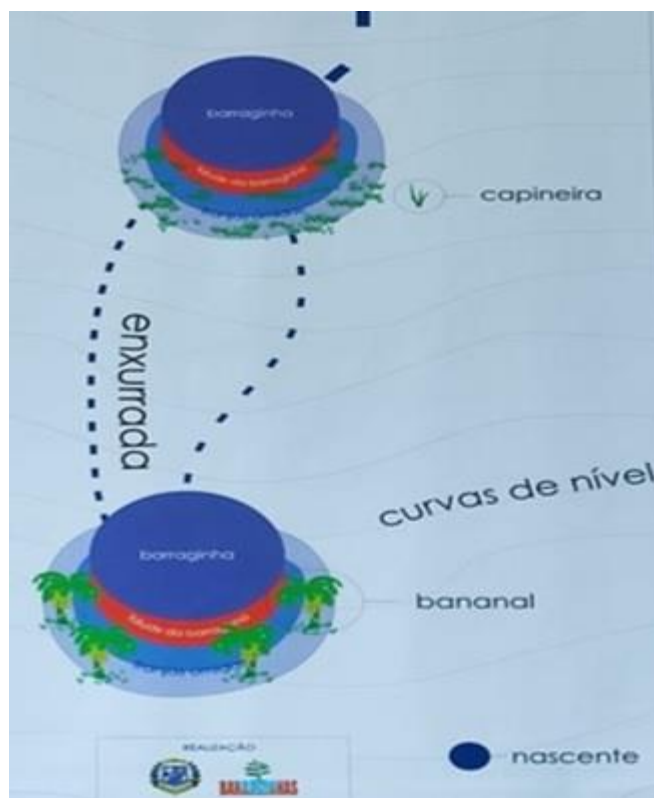


Figura 24. Integração de práticas conservacionistas para estabilização do talude, recarga hídrica e restauração da qualidade física do solo. Fonte: EMBRAPA.

10.3. Barraginhas: caracterização geoespacial e mecanismos hídricos

O valor central do estudo de Peixoto *et al.* (2022) reside na caracterização geoespacial das áreas de contribuição, essencial para a eficácia das barraginhas. Já Francisquetti *et al.* (2023) reforçam a aplicação dessa técnica em programas de recuperação de nascentes, enquanto o INCAPER (2021) detalha os parâmetros técnicos e operacionais da sua implantação no Espírito Santo.

✓ **Caracterização da Área de Contribuição** (Peixoto *et al.*, 2022)

O estudo de Peixoto *et al.* (2022), "Técnicas conservacionistas de solo e água na agropecuária: Caracterização da área de contribuição de barraginhas," valida a abordagem metodológica essencial para o sucesso de programas de intervenção. O trabalho, realizado em propriedades rurais nos municípios goianos de Corumbá de Goiás, Abadiânia, Alexânia e Silvânia, concentrou-se na caracterização espacial das áreas que receberam a implantação de barraginhas.

O valor central deste estudo reside em sua abordagem geoespacial, que correlaciona variáveis físicas da microbacia (uso do solo, declividade, tipologia de solos) com a eficácia percebida da técnica, incluindo a percepção dos produtores rurais sobre o aumento da oferta hídrica.

Para a implementação de um projeto em Atílio Vivácqua, o relatório metodológico de Peixoto *et al.* (2022) sugere uma etapa prévia obrigatória: a caracterização geoespacial detalhada da bacia de contribuição. Esta etapa de geoprocessamento é crucial não apenas para justificar a escolha da técnica mais adequada, mas também para prever o desempenho hidrológico e, posteriormente, para avaliar o sucesso da intervenção comparando o cenário pós-implantação com dados de linha de base. A replicação da metodologia empregada em Goiás permite estabelecer um parâmetro de sucesso sociohidrológico e aperfeiçoar a distribuição das estruturas em função do relevo e do tipo de solo.

✓ **Estratégias de recuperação hídrica** (Francisquetti *et al.*, 2023; INCAPER, 2021)

O papel das barraginhas na hidrologia de bacias é bem definido. O trabalho de Francisquetti *et al.* (2023) reforça explicitamente a aplicação do "sistema de barraginhas" no contexto de Programas de Recuperação de Nascentes, validando a sua importância como ferramenta direta de recarga de aquíferos superficiais e de restauração de fluxos de base.

Para o Espírito Santo, a principal referência técnica é o documento "Barraginhas" (Documento n. 279, 2021) do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER). Este guia técnico fornece as diretrizes para a aplicação local da tecnologia.

O INCAPER define as barraginhas como pequenas bacias de infiltração escavadas em terrenos com pouca inclinação (geralmente sob o limite de 12% de declividade). Elas podem ter formatos circular, semicircular ou retangular e são construídas de forma dispersa em pastagens, lavouras ou beiras de estrada, seguindo a topografia (Figura 25).



Figura 25. Barraginhas e cochinchos construídos de forma dispersa em pastagens, lavouras ou beiras de estrada, seguindo a topografia. Fonte: Márcio Menon, 2024.

O mecanismo hidrológico essencial detalhado pelo INCAPER é a captura da água do escoamento superficial (enxurrada) para forçar sua infiltração. Essa infiltração massiva e gradual reduz a erosão, eleva o lençol freático e,

criticamente, cria a "Franja Úmida". A Franja Úmida, uma zona de alta umidade localizada imediatamente abaixo da estrutura, é o principal indicador ecológico e produtivo do sucesso da barraginha. Ela sustenta o crescimento vegetal mesmo durante períodos de estiagem, acelerando a recuperação da cobertura do solo na área de influência e contribuindo significativamente para o ciclo hidrológico local.

10.4. Curva de Nível com Cochinhos (CNC): adaptação técnica para encostas íngremes

A CNC, descrita pela Embrapa Milho e Sorgo (2024), é uma tecnologia social adaptada para encostas com declividade entre 12% e 25%, como no município de Atílio Vivácqua, ES. Seu sucesso é relatado empiricamente por agricultores locais, que confirmam ganhos produtivos e recuperação da cobertura vegetal.

✓ Descrição e nicho de aplicação (Embrapa Milho e Sorgo)

A tecnologia CNC é descrita como uma prática social da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). O diferencial da CNC reside no seu nicho topográfico: ela consiste em curvas de nível dotadas de estruturas rasas intermitentes ("cochinhos") com o objetivo de aumentar a capacidade de retenção e infiltração de água da enxurrada em encostas.

A CNC foi especificamente desenvolvida para atuar em áreas com declividade superior a 12% e até 25%, onde a Barraginha tradicional não é recomendada devido ao risco de colapso estrutural ou escoamento excessivo. O mecanismo visa o controle mais agressivo do fluxo rápido da enxurrada, essencial para a estabilização de taludes degradados (Figura 26).

✓ Especificações e parâmetros construtivos (Projeto Executivo)

O documento da Embrapa detalha os parâmetros técnicos para a construção da CNC, essenciais para o planejamento de engenharia do projeto.

A máquina indicada para a construção é a retroescavadeira, amplamente disponível em prefeituras (Figura 27).



Figura 26. Aplicação da CNC em áreas com declividade acentuada como estratégia de estabilização de taludes e controle da enxurrada. Fonte: Márcio Menon, 2024.



Figura 27. Retroescavadeira na construção do CNC. Fonte: Acervo Márcio Menon, 2024.

Os cochinhos são escavações lineares feitas dentro das curvas de nível, seguindo as seguintes dimensões recomendadas:

- Profundidade: Máxima de 70cm.
- Largura: Máxima de 80cm.
- Comprimento: Máximo de 8m (com formato final usualmente de 6m).

O dimensionamento da retenção e do escoamento controlado é fundamental. Os cochinchos são separados por intervalos maciços de 3m. A crista desses maciços deve ser rebaixada em até 20cm para permitir o sangramento e a transferência controlada do excedente de água para os cochinchos vizinhos. Este rebaixamento garante que o excesso de água não ultrapasse a curva de nível descontroladamente, mas sim se distribua ao longo da linha, maximizando o tempo de residência e infiltração (Figura 28).



Figura 28. Controle das dimensões do CNC. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2023.

Do ponto de vista logístico, o rendimento da construção varia conforme a declividade. Em encostas mais íngremes (12% a 25%), o rendimento da retroescavadeira cai para cerca de 30m de CNC por hora, um fator fundamental para a estimativa de custos e cronograma do projeto (Tabela 3).

✓ **Validação Empírica e o Estudo de Caso de Atílio Vivácqua, ES**

O documento da Embrapa fornece uma comprovação empírica direta da eficácia da CNC na região de interesse, por meio do testemunho de um agricultor familiar de Atílio Vivácqua, ES.

O agricultor relata que a técnica foi implantada em um "morro" com solo altamente degradado ("solo já lavado, já muito ruim"). A intervenção resultou na

"salvação da lavoura," pondo fim ao problema da erosão. O aspecto mais relevante desta observação reside na recuperação da produtividade. O relato destaca a "exuberância do capim" na faixa umedecida abaixo dos cochinchos, contrastando com o lado amarelecido (seco e improdutivo) do terreno (Figura 29).

Tabela 3. Parâmetros técnicos e rendimento da curva de nível com cochinchos (CNC)

Componente	Parâmetro Técnico	Especificação	Relevância
Declividade	Faixa de uso	Até 25%	Solução para relevo acidentado
Cochinhos	Profundidade	Até 70cm	Capacidade de armazenamento e infiltração
Cochinhos	Comprimento	Até 8m (Padrão 6m)	Dimensionamento da retenção
Intervalos Maciços	Espaçamento / Rebaixamento	3m / Rebaixado 20cm	Conexão de escoamento controlado
Logística	Rendimento (12%-25%)	~30m/hora	Estimativa de custos e cronograma

Fonte: Embrapa Milho e Sorgo.



Figura 29. Pastagem com CNC e ao fundo pastagem degradada sem intervenção: seca e pouca cobertura vegetal. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2023.

Esta evidência sugere que a CNC, ao reter a água e permitir sua infiltração gradual, transforma as áreas abaixo da estrutura em microssistemas de irrigação natural por capilaridade. Em solos cronicamente lavados e com baixa retenção de nutrientes, a retenção prolongada da umidade é o fator limitante para a vida vegetal. A CNC supera este limite, restaurando as condições ecológicas necessárias para a recuperação da cobertura vegetal, o que, por sua vez, aumenta a matéria orgânica e a estabilidade do solo, realimentando o ciclo hidrológico local. A tecnologia, portanto, alcança um sucesso socioeconômico além do controle da erosão.

10.5. Síntese comparativa e aplicação regional estratégica

A escolha entre Barraginhas e CNC deve ser guiada pela topografia, uma vez que esta é a variável de maior impacto na dinâmica do escoamento superficial. O planejamento em microbacias do Espírito Santo deve adotar um modelo híbrido para maximizar os benefícios.

✓ Matriz de decisão estrutural para o ES

A distinção fundamental entre as duas tecnologias reside na tolerância à declividade. As Barraginhas são otimizadas para a recarga hídrica em áreas planas ou de baixa inclinação (<12%), onde o escoamento é lento. Já a CNC é uma intervenção de engenharia adaptada para o controle da velocidade do escoamento em encostas (12% a 25%), priorizando a estabilização pedológica e a retenção imediata de sedimentos e água (Tabela 4).

✓ O modelo híbrido: diretrizes para microbacias prioritárias

A abordagem mais estratégica para a recuperação de bacias hidrográficas no Espírito Santo é o Sistema Híbrido de BMPs. Este modelo deve aplicar a CNC nas áreas de cabeceira de drenagem e encostas com alta declividade para interromper a enxurrada e estabilizar o talude, minimizando a carga de sedimentos. Posteriormente, as Barraginhas devem ser utilizadas nas áreas de menor declividade e nas planícies de inundação para maximizar a recarga

regional do lençol freático, garantindo a sustentabilidade da oferta hídrica em longo prazo.

Tabela 4. Tolerância à declividade

Parâmetro	Barraginhas (Doc. Incaper/PEIXOTO)	Curva de Nível com Cochinhos (CNC) (Embrapa)	Relevância para Atílio Vivácqua (ES)
Declividade Ideal	Baixa inclinação (Geralmente <12%)	Encostas íngremes (Até 25%)	Define a tecnologia viável no relevo acidentado do município.
Foco Institucional	Incaper (ES), Documento 279	Embrapa Milho e Sorgo (Tecnologia Social)	Apoio institucional e validação técnica local.
Mecanismo Hídrico	Infiltração profunda e elevação do Lençol Freático	Retenção superficial imediata e infiltração na crista	Ambas visam a recuperação hídrica.
Objetivo Primário em Solos Lavados	Recarga Hídrica	Controle de erosão em morros e recuperação de solo degradado	CNC é a solução preferencial para intervenção inicial em áreas críticas.

Fonte: Embrapa Milho e Sorgo.

As diretrizes para o planejamento de projetos de conservação devem seguir as seguintes etapas:

- Mapeamento Geoespacial de Risco: Realizar a caracterização espacial da microbacia (conforme metodologia de Peixoto *et al.*, 2022), mapeando declividade, uso do solo e atributos físicos relevantes (densidade, macroporosidade).
- Seleção da Tecnologia: Utilizar o limiar de 12% de declividade como critério decisório. CNC será a opção para áreas críticas de 12% a 25%, enquanto Barraginhas serão aplicadas em áreas abaixo de 12%.
- Adoção de Padrões Institucionais: O projeto executivo deve adotar estritamente os parâmetros de engenharia da Embrapa para a CNC e as orientações conceituais e operacionais do Incaper para as Barraginhas.

- Integração de Práticas: As estruturas devem ser complementadas por medidas vegetativas (reflorestamento das Franjas Úmidas) e manejos do solo que promovam a estabilidade dos atributos físicos, conforme validado pelos estudos de modelagem de BMPs.

10.5. Conclusão e recomendações técnicas

Os seis (6) documentos examinados não apenas comprovam a validade das técnicas de conservação de solo e água citados, mas também fornecem a profundidade científica e técnica necessária para o planejamento de intervenções altamente eficazes.

O projeto de recuperação hídrica e pedológica em municípios com relevo acidentado, como Atílio Vivácqua, deve reconhecer que a topografia é o principal modulador da escolha da técnica. O sucesso demonstrado da Curva de Nível com Cochinchos (CNC) em terrenos íngremes e degradados no próprio Atílio Vivácqua a posiciona como a intervenção estrutural primária para a estabilização de encostas e a recuperação da produtividade em solo "lavado".

Recomenda-se enfaticamente que qualquer intervenção seja precedida por uma análise geoestatística dos atributos físicos do solo (baseada em Sousa *et al.*, 2023) para otimizar o posicionamento das estruturas, garantindo que elas sejam instaladas em zonas de maior capacidade de infiltração.

O modelo final de intervenção no Espírito Santo deve ser um Sistema Híbrido Integrado, aplicando as diretrizes regionais do Incaper para a recarga de aquíferos em áreas de baixa inclinação, e as especificações de engenharia da Embrapa para o controle de enxurradas nas encostas. Essa abordagem em camadas, combinando controle estrutural com manejo vegetal e pedológico, assegura a máxima sustentabilidade na gestão dos recursos hídricos e pedológicos da microbacia.

Dessa forma, recomenda-se enfaticamente que qualquer intervenção seja precedida por uma análise geoestatística dos atributos físicos do solo (Sousa *et al.*, 2023), garantindo maior eficiência. O modelo híbrido final deve adotar simultaneamente as orientações do INCAPER (2021) e as especificações de engenharia da EMBRAPA (2024), assegurando sustentabilidade e eficácia.

11. Considerações

O presente capítulo evidenciou a relevância das práticas conservacionistas de barraginhas e curvas de nível com cochinchos como estratégias eficazes de retenção de água, controle da erosão e promoção da sustentabilidade agrícola, especialmente em regiões de relevo acidentado, como o município de Atílio Vivácqua – ES. Fundamentadas em princípios hidrológicos, ecológicos e agroecológicos, essas técnicas apresentam alto potencial de aplicação em propriedades da agricultura familiar, dada sua simplicidade, baixo custo, adaptabilidade e comprovada eficácia na manutenção da fertilidade do solo e na conservação hídrica.

Os estudos de caso realizados em Atílio Vivácqua demonstraram impactos concretos, como a recuperação de pastagens degradadas, a redução da erosão superficial, o aumento da umidade do solo e a melhoria na produtividade agrícola, inclusive com a diversificação das atividades, como a apicultura. A integração das barraginhas com as curvas de nível em cochinchos revelou-se uma solução sinérgica, capaz de otimizar a infiltração da água, reduzir o transporte de sedimentos e nutrientes e fortalecer a resiliência ambiental das microbacias hidrográficas.

Além dos benefícios ambientais, essas práticas promovem ganhos sociais e econômicos, fortalecendo a autonomia da agricultura familiar e ampliando a capacidade de adaptação a eventos climáticos extremos. A implantação bem-sucedida dessas tecnologias depende do suporte técnico continuado, da capacitação dos produtores e do engajamento de associações e instituições públicas, como INCAPER, Embrapa e secretarias municipais. Essa articulação institucional, aliada ao conhecimento local, reforça o caráter participativo e comunitário das práticas conservacionistas, alinhando-se aos princípios da agroecologia, que valorizam saberes tradicionais, diversidade produtiva e justiça social.

Os documentos examinados não apenas comprovam a validade dessas técnicas, mas também fornecem a profundidade científica e técnica necessária para o planejamento de intervenções altamente eficazes. O projeto de recuperação hídrica e pedológica em municípios com relevo acidentado deve reconhecer que a topografia é o principal modulador da escolha da técnica,

sendo a Curva de Nível com Cochinhos (CNC), já validada em terrenos íngremes e degradados de Atílio Vivácqua, a intervenção estrutural primária para estabilização de encostas e recuperação da produtividade em solos “lavados”. Recomenda-se ainda que qualquer intervenção seja precedida por análise geoestatística dos atributos físicos do solo, a fim de otimizar o posicionamento das estruturas em zonas de maior capacidade de infiltração.

Diante desse contexto, o modelo final de intervenção no Espírito Santo deve ser concebido como um Sistema Híbrido Integrado, que combine as diretrizes regionais do Incaper para a recarga de aquíferos em áreas de baixa inclinação com as especificações de engenharia da Embrapa para o controle de enxurradas em encostas. Essa abordagem em camadas, integrando controle estrutural, manejo vegetal e conservação pedológica, assegura maior sustentabilidade na gestão dos recursos hídricos e do solo em microbacias.

Conclui-se, portanto, que barraginhas e curvas de nível com cochinhos não são apenas técnicas isoladas de conservação, mas sim ferramentas estratégicas para a transição agroecológica e para o fortalecimento da agricultura familiar no sul do Espírito Santo. Quando planejadas e executadas de forma integrada, apoiadas por políticas públicas, assistência técnica e planejamento científico, transformam desafios em oportunidades, promovendo segurança hídrica, conservação ambiental e valorização dos saberes locais, ao mesmo tempo em que apontam caminhos para novas pesquisas e aprimoramentos futuros.

12. Referências

- ALMEIDA, R. M.; SILVA, A. C.; BARBOSA, L. F. Sistemas agroflorestais e sustentabilidade da agricultura familiar no Brasil. **Cadernos de Agroecologia**, v. 18, n. 1, p. 1-12, 2023.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2020.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: princípios e estratégias para o desenvolvimento agrícola sustentável. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2008.
- ARMANDO, M. E. Sistemas agroflorestais e a sustentabilidade ambiental. **Revista Árvore**, v. 26, n. 3, p. 321-330, 2002.

BERBET, M. L. C.; FREITAS, M. A. S. Práticas agrícolas conservacionistas. In: **Curso de manejo e conservação do solo e da água**. Viçosa: UFV, 2010. p. 35–56.

BREMENKAMP, C. A. *et al.* **Barraginhas**: conservação do solo e recuperação hídrica em propriedades rurais. Vitória, ES: Incaper, 2021. 24 p. (Incaper, Documentos, 279). ISSN 1519-2059. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/123456789/4184/1/Doc279-barraginha-Incaper.pdf>. Acesso em: 30 set. 2025.

BREMENKAMP, C. A. *et al.* **Barraginhas**: conservação do solo e recuperação hídrica em propriedades rurais. Vitória, ES: Incaper, 2021. 24 p. (Incaper, Documentos, 279). ISSN 1519-2059.

CAMARGO, L. S. A.; OLIVEIRA, A. C.; SOUZA, D. A. Agroecologia e agricultura familiar: perspectivas e desafios. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 13, n. 2, p. 45-58, 2018.

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. Home page: <https://editora.incaper.es.gov.br/incaper-em-revista>. DOI:10.54682/ier.v.13e14.p06.19.

EGIDIO, L. S.; SOUZA, M. N. Recuperação de áreas degradadas na Mata Atlântica: 23 anos de restauração ecológica e agrofloresta na Estância São Lucas, Guaçuí – ES. Restoration of degraded areas in the Atlantic Forest: 23 years of ecological restoration and agroforestry in the Estância São Lucas, Guaçuí - ES. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 14, p. 230-241, 2025. Home page: <https://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/7988>. DOI: 10.21664/2238-8869.2025v14i3.7988.

EMBRAPA MILHO E SORGO. **Curva de Nível com Cochinhos**. 2024. Disponível em: <https://transforma.fbb.org.br/tecnologia-social/curva-de-nivel-com-cochinhos>. Acesso em: 30 set. 2025.

EMBRAPA MILHO E SORGO. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa. **Curva de Nível com Cochinhos**. – Embrapa Milho e Sorgo. 2024.. Disponível em: <https://transforma.fbb.org.br/tecnologia-social/curva-de-nivel-com-cochinhos>.

EMBRAPA MILHO E SORGO. **Tecnologia de barraginhas**: manual de instalação e manejo. Sete Lagoas: Embrapa, 2007.

EMBRAPA. **Barraginhas**: tecnologia simples e de baixo custo para conservação de água e solo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009.

FRANCISQUETTI, K. V. C.; ROCHA, J. P.; SMERMAN, W.; RODRIGUES, A. B. M.; CHEMAPI, A. J. G. Sistema de barraginhas: uma técnica de uso e conservação do solo do Programa de Recuperação de Nascentes do Córrego Passo-Preto. In: WORKIF – WORKSHOP DE ENSINO, PESQUISA, EXTENSÃO E INOVAÇÃO DO IFMT, 8., 2023, Cuiabá, MT. **Anais eletrônicos...** Cuiabá, MT:

Even3, 2023. Disponível em: https://www.even3.com.br/anais/viii-workif-371278/714814-sistema-de-barraginhas--uma-tecnica-de-uso-e-conservacao-do-solo-do-programa-de-recuperacao-de-nascentes-do-corre/?utm_source. Acesso em: 30 set. 2025.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecology**: the ecology of sustainable food systems. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2015.

GONCALVES, D. C.; CRESPO, A. M.; FERREIRA, C. C.; CARRICO, I. G. H.; SOUZA, M. N.; RIBEIRO, W. R. A agroecologia como ferramenta ao fortalecimento da agricultura familiar. **REVISTA DA UNIVAP**, v. 1, p. 342-357, 2019. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2018/index.html.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2024**: resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Conservação do solo e recuperação hídrica em propriedades rurais: Barraginhas**. Vitória-ES: Incaper, 2021. Documento nº 279. ISSN 1519-2059. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/biblioteca>.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

MACHADO, A. T.; FILHO, J. L. Agroecologia e movimentos sociais no Brasil. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 22, n. 1, p. 55-78, 2014.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Políticas públicas e incentivo à agroecologia no Brasil**. Brasília: MAPA, 2024.

MASSARIOL, B. P.; PERON, I. B.; NOVELLO, J. S.; LIMA, M. da S. P.; SOUZA, D. S. M. de; ADÃO, J. E. A.; COSTA, W. M. da; AZEVEDO, P. P. M.; MENON, M. M.; SOUZA, M. N. Três faces da sustentabilidade rural: agroecologia, agricultura orgânica e transição agroecológica. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em Cafeicultura Vol. V – Cafeicultura Agroecológica**. Canoas: Mérida Publishers, 2025, p. 52-92. DOI: <https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-35-0.c2>

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de ecologia**. 5. ed. Rio de Janeiro: Thomson Learning, 2007.

OLIVEIRA, A. S.; SILVA, M. A.; SANTOS, R. L. Práticas conservacionistas em microbacias hidrográficas: curvas de nível e barraginhas. **Revista Brasileira de Agricultura Sustentável**, v. 9, n. 2, p. 25-35, 2019. Disponível em: <https://revistas.uneb.br/index.php/agriculturasustentavel/article/view/6879>. Acesso em: 3 jun. 2025.

OLIVEIRA, R. F.; SOUZA, M. N.; TRIVELLATO, M. D. Revegetação de taludes e áreas ciliares da represa do horto e da nascente do IF Sudeste MG – CAMPUS RIO POMBA. **Revista Eletrônica do IBEAS**, v.1, p.58 - 64, 2015.

OLIVEIRA, R. F.; SOUZA, M. N.; TRIVELLATO, M. D. Revegetação de taludes e áreas ciliares da represa do horto e da nascente do IF Sudeste MG – CAMPUS RIO POMBA. **Revista Eletrônica do IBEAS**. , v.1, p.58 - 64, 2015.

PATERNIANI, E. A contribuição da agroecologia para a agricultura sustentável. **Estudos Avançados**, v. 15, n. 43, p. 255-268, 2001.

PEIXOTO, R. M.; GIONGO, P. R.; BACKES, C.; SILVA, P. C. Técnicas conservacionistas de solo e água na agropecuária: caracterização da área de contribuição de barraginhas. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. e15411526694, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i5.26694. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/26694>. Acesso em: 30 set. 2025.

PEIXOTO, R. M.; GIONGO, P. R.; BACKES, C.; SILVA, P. C. Técnicas conservacionistas de solo e água na agropecuária: caracterização da área de contribuição de barraginhas. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. e15411526694, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i5.26694.

PEREIRA, H. S. *et al.* Impacto das barraginhas na infiltração da água no solo em áreas agrícolas do Cerrado. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 1, p. 144-152, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162014000100015>

PINHEIRO, A. C. M.; NASCIMENTO, P. de O.; SOUZA, M. N. Barraginhas (caixas secas e, ou, bacia de contenção). In: PINHEIRO, A. C. M.; SOUZA, M. N. **Cafeicultura em região de topografia acidentada e práticas de conservação e recuperação do solo**. Canoas, RS: Mérida Publishers, p. 51-64. 2022.

PINHEIRO, A. C. M.; SOUZA, M. N.; FERRARI, J. L.; PELUZIO, J. B. E. Estudo de caso: barraginhas e a produtividade do cafeeiro conilon no Ifes campus de Alegre. In: PINHEIRO, A. C. M.; SOUZA, M. N. **Cafeicultura em região de topografia acidentada e práticas de conservação e recuperação do solo**. Canoas, RS: Mérida Publishers, p. 65-87. 2022.

PINTO, C. C.; SANTOS, F. A.; BARCELOS, J. A. Agroecologia e sustentabilidade: uma proposta de integração entre dimensões ecológicas, sociais e econômicas. **Revista de Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 6, n. 2, p. 77-94, 2020.

RICKLEFS, R. E.; RELYEA, R. **A Economia da Natureza**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

RSSING. **Barraginhas - Experiência no Espírito Santo**. Disponível em: https://barraginhas2.rssing.com/chan-51331342/all_p27.html. Acesso em: 3 jun. 2025.

SILVA, M. M. da; SILVA, M. M. da; LOUBACK, G. C.; SOUZA, M. N.; RANGEL, O. J. P.; FERRARI, J. L.; CARDOZO, L. G. C.; PRETO, B. de L.; OLIVEIRA, A. F. M. de; CALABIANQUI, T. N.; BERILLI, A. P. C. G.; BERILLI, S. da S. Uso e cobertura da terra na fazenda São José, município de Muniz Freire, ES. **OBSERVATORIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 21, p. 20818-20833, 2023. Disponível em:

<https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/1386/1461>. DOI: 10.55905/oelv21n11-121.

SILVA, T. P. *et al.* Best management practices to reduce soil erosion and change water balance components in watersheds under grain and dairy production. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 12, n. 1, p. 121-136, 2024. DOI: 10.1016/j.iswcr.2023.06.003. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2023.06.003>. Acesso em: 30 set. 2025.

SILVA, T. P. *et al.* Best management practices to reduce soil erosion and change water balance components in watersheds under grain and dairy production. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 12, n. 1, p. 121-136, 2024. DOI: 10.1016/j.iswcr.2023.06.003.

SOSSAI, M. F.; PEDROZA, D.; LOVATTI, L. **Manual Operacional MOP Reflorestar**. 2024. Disponível em: [https://seama.es.gov.br/Media/Seama/Documentos/Manual%20Operacional%20do%20Programa%20\(MOP\)REFLORESTAR%2017%20DE%20JUNHO%202024.pdf](https://seama.es.gov.br/Media/Seama/Documentos/Manual%20Operacional%20do%20Programa%20(MOP)REFLORESTAR%2017%20DE%20JUNHO%202024.pdf). Acesso em: 24 fev.2025.

SOUSA, S. N. S. *et al.* Spatial variability of soil physical attributes under conservation management systems for sugarcane cultivation. **Revista Engenharia na Agricultura – REVENG**, v. 31, contínua, p. 127-139, ago. 2023. DOI: 10.13083/reveng.v30i1.15695. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/15695>. Acesso em: 30 set. 2025.

SOUSA, S. N. S.; SOUZA, C. M. A. de; NAGAHAMA, H. de J.; CORTEZ, J. W.; NASCIMENTO, J. M. Spatial variability of soil physical attributes under conservation management systems for sugarcane cultivation. **Revista Engenharia na Agricultura – REVENG**, v. 31, contínua, p. 127-139, ago. 2023. DOI: 10.13083/reveng.v30i1.15695. Disponível em: https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/15695?utm_source=chatgpt. Com.

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.; OLIVEIRA, T. M.; SANTOS, J. B.; FRAGA, T. A. C.; CARVALHO, E. A. Agricultura familiar e conservação do solo: desafios e caminhos no Sul do Espírito Santo. **Revista de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 3, n. 1, p. 87–101, 2022.

TEIXEIRA, L. R. *et al.* Práticas agroecológicas e conservação do solo: contribuições para sistemas agrícolas sustentáveis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 4, p. 267-276, 2023.

UFPEL / Grupo de Pesquisa em Hidrologia – Best management practices to reduce soil erosion and change water balance components in watersheds under grain and dairy production. **International Soil and Water Conservation Research**, 2023. Disponível em:

https://wp.ufpel.edu.br/hidrologiaemodelagemhidrologica/2023/10/17/artigo-publicado-no-periodico-international-soil-and-water-conservation-research/?utm_source=chatgpt.com.

VAILATE, A.; CARVALHO, S. Agroecologia e movimentos ecológicos no Brasil: uma análise histórica. **Revista NERA**, v. 24, n. 58, p. 145-164, 2021.

VARDIERO, L. G. G.; GOMES, A. L. C.; GALL, M. V. C.; SILVA, I. B. da; SILVA, M. A. P. da; MENON, M. M.; EGIDIO, L. S.; SOUZA, M. N. Abordagens conservacionistas para prevenção e recuperação da degradação do solo e da água por erosão hídrica. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. p. 187-209. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c5>

XAVIER, J. P.; MOREIRA, D. F.; SANTOS, R. M. Agricultura familiar, agroecologia e sustentabilidade: desafios contemporâneos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 18, n. 2, p. 33-47, 2023.

ZACARIAS, A. J.; SOUZA, M. N. Recuperação de área degradada de monocultura intensiva no estado do Espírito Santo. **REVISTA DA UNIVAP**, v.1, n. 87, p. 234-242, 2019. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2018/index.html.

CAPÍTULO 8

Bacia hidrográfica do rio Castelo, ES: integração entre conhecimento científico e educação para a sustentabilidade

Thiara Azevedo Pancotto, Flávia Muniz, Jéferson Luiz Ferrari, Atanásio Alves do Amaral, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-36-7.c8>

Resumo

A bacia hidrográfica do rio Castelo, situada no estado do Espírito Santo, configura-se como um espaço de notável importância ambiental, social e educacional, despertando o interesse de diversas áreas do conhecimento e motivando investigações científicas voltadas à compreensão de suas dinâmicas e ao fortalecimento de práticas educativas relacionadas à gestão dos recursos hídricos. O presente trabalho tem como objetivo realizar um levantamento dos estudos já desenvolvidos na bacia hidrográfica do rio Castelo, mostrando as contribuições da literatura científica, identificando as dimensões abordadas nas pesquisas, assim como as lacunas existentes no conhecimento sobre o tema. A metodologia adotada consiste em uma revisão de literatura, baseada em artigos científicos publicados entre 2007 e 2024, reunindo estudos sobre a definição de unidades geomorfológicas, qualidade da água, caracterização morfométrica e análise estrutural da bacia. Por fim, uma proposta para o contexto educacional, por meio das metodologias ativas, trazendo uma reflexão: educar para conservar a bacia hidrográfica do rio Castelo, ES.

Palavras-chave: Recursos hídricos. Contribuição Científica. Educação ambiental. Conservação da água

1. Introdução

A água é fundamental para a dinâmica da natureza, pois impulsiona os ciclos ecológicos, sustenta a vida e atua como solvente universal. Sem água, a vida na Terra seria impossível. Além de desempenhar papel vital para todos os seres vivos, os recursos hídricos são amplamente utilizados pelos seres humanos na geração de energia, na produção de alimentos, na navegação, e no desenvolvimento industrial, agrícola e econômico (Souza, 2015; Tundisi, 2022).

Os múltiplos usos da água evidenciam a dependência deste recurso para a sobrevivência das espécies. No entanto, ao longo da história, tem-se observado a crescente degradação da qualidade da água, sobretudo em decorrência da poluição dos mananciais, que afeta tanto as águas superficiais quanto as subterrâneas. Esse fenômeno está diretamente relacionado ao crescimento da população humana, que tem gerado amplos impactos negativos. Entre eles, a poluição ambiental, sem dúvida, destaca-se como um dos principais problemas decorrentes do descontrole nas atividades humanas, com o potencial de causar a destruição de ecossistemas inteiros (Moraes; Lorandi, 2016; Egidio; Souza, 2025).

As bacias hidrográficas sofrem com todo esse impacto ambiental, como desmatamento, urbanização, mudanças no uso do solo, práticas agrícolas inadequadas e descarte incorreto de resíduos. Essas ações comprometem a qualidade da água, provoca erosão do solo, perda de biodiversidade, assoreamento dos corpos d'água e inundações, reduzindo a capacidade de suporte desses ecossistemas (Souza, 2015; 2018; Silva *et al.*, 2023).

Nesse contexto, as bacias hidrográficas surgem como unidades fundamentais para o planejamento e a gestão integrada dos recursos hídricos. Porto e Porto (2008) afirmam que a gestão sustentável do corpo hídrico precisa de uma base de dados e informações socialmente acessíveis, que definem o uso, o controle dos impactos sobre este recurso natural e o processo de tomada de decisão. Logo, existe a necessidade da compreensão das características de uma bacia hidrográfica, desde conceitos terminológicos até sua função como bens de serviços ambientais.

A bacia hidrográfica é definida como uma área de drenagem natural onde toda a água da chuva converge para um único ponto de saída, geralmente um

rio, lago ou mar. Ela inclui nascentes, cursos d'água, escoamento superficial e subsuperficial, além de componentes do solo e vegetação que influenciam a dinâmica hídrica. Dessa forma, todas as atividades humanas, nas áreas urbanas, industriais e agrícolas, desenvolvidas ao longo da bacia hidrográfica, da nascente até seu exutório, integram-se aos processos que compõem seu funcionamento, refletindo-se no uso do solo e na utilização dos recursos hídricos que nela se concentram (Porto; Porto, 2008; Souza, 2015).

Desta forma, para minimizar os impactos e externalidades negativos sobre este recurso natural, é necessário um manejo adequado dos corpos hídricos que compõem uma bacia hidrográfica para fomentar um planejamento e gerenciamento adequado deste ecossistema natural. No Brasil, essa concepção já está prevista em lei, fundamentada nos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei Federal nº 9.433/1997 e posteriormente alterada pela Lei nº 9.984/2000. Um de seus princípios centrais é o reconhecimento da bacia hidrográfica como unidade básica de planejamento e gestão dos recursos hídricos.

Neste cenário, a bacia hidrográfica do rio Castelo (BHRC), localizada no estado do Espírito Santo, desempenha papel relevante para o abastecimento de comunidades, a atividade agrícola e a preservação de ecossistemas locais. No entanto, enfrenta pressões relacionadas à degradação ambiental, como o desmatamento, o uso inadequado do solo e a poluição hídrica. Tais fatores apontam para a necessidade de maior conhecimento e estratégias de gestão voltadas para sua conservação. Logo, compreendendo as particularidades deste recurso natural, torna a bacia hidrográfica um divisor de águas, fomentando suas características geográficas e hidrológicas.

A BHRC é um dos afluentes mais importantes da bacia hidrográfica do rio Itapemirim (BHRI) e pertence à Região Hidrográfica Costeira do Sudeste. Este recurso hídrico tem sua nascente no município de Conceição de Castelo e perpassa pelos municípios de Castelo, Venda Nova do Imigrante, Vargem Alta, porção oriental do município de Muniz Freire e parte setentrional do município de Cachoeiro de Itapemirim, onde está localizada sua foz no encontro das águas do rio Itapemirim, com um comprimento total de 77,49 Km de extensão (Castro Junior; Sobreira; Bortoloti, 2007; Bucker; Pons; Melloni, 2023).

Dessa forma, a BHRC configura-se como área de estudo no município de Castelo, ES. Nesse sentido, cabe o levantamento de alguns pontos importantes sobre este local da pesquisa. Segundo Casagrande e Barbiero (2012), o nome do município carrega uma associação ao poder e riqueza - marcas impressas pelo início de seu povoamento, tendo o ouro como motivador econômico de toda a Europa Mercantilista, surgindo assim, o povoamento de Montes Castello, por volta de 1625.

Neste contexto, os dados do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) corroboram, relatando que, historicamente, o município foi habitado por povos indígenas, os puris, que eram desafiados por outros desbravadores devido às copiosas jazidas de ouro. Posteriormente, a ocupação europeia, que começou no século XIX, impulsionada pela imigração de italianos e alemães, abriu frente para o trabalho na agricultura e no cultivo do café.

Atualmente, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), o censo do município aponta uma população de 36.930 habitantes e uma densidade demográfica de 55,66 habitantes por quilômetro quadrado, com o maior percentual da população na área rural. Logo, a atividade econômica do município está ligada ao setor agropecuário (Figura 1).



Figura 1. Vale da Prata, Castelo, ES. Fonte: Descubra Castelo, 2025. Disponível em: <https://descubracastelo.com.br/papeis-parede-lauriano/#gid=1&pid=20>.

O cenário de uso e ocupação do solo demonstra que a história urbana teve início nas proximidades da bacia hidrográfica. O município de Castelo - ES, encontra-se ao longo do vale do rio Castelo, cercado por morros, formando uma área propícia à ocupação, que se concentrou principalmente na porção plana do vale, acompanhando o curso do rio (Malavolti *et al.*, 2021). Os mesmos autores relatam que, com o passar dos anos, as ruas, inicialmente restritas às áreas de planície, estenderam-se para os morros, invadindo as encostas (Figura 2).



Figura 2. Construções nas áreas de encosta do rio Castelo, ES. Fonte: Descubra Castelo, 2025. Disponível em: <https://descubracastelo.com.br/album-3/#gid=1&pid=10>.

De acordo com Malavolti *et al.* (2021), a área é frequentemente descrita como uma grande tigela cercada por morros. Esse formato, aliado às mudanças climáticas e ao padrão de ocupação do município, intensifica, durante o período chuvoso, a ocorrência de enchentes (Figura 3). Como consequência, observa-se a expansão de construções nas áreas de encosta ao longo do rio Castelo, ES.



Figura 3. Inundação na cidade de Castelo, ES, em 2020. Fonte: Castelan, 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/2020/01/25/rio-sobe-e-inunda-a-cidade-de-castelo-no-es-defesa-civil-fala-em-150-familias-ilhadas.ghtml>.

Diante do cenário da BHRC, este trabalho tem como objetivo realizar um levantamento dos estudos já desenvolvidos sobre a área, evidenciando as contribuições e perspectivas da literatura científica, bem como as dimensões abordadas nas pesquisas e as lacunas existentes no conhecimento. Além disso, busca-se analisar a evolução da produção científica, apontando as principais tendências e áreas de maior enfoque, bem como as questões ainda pouco exploradas. A partir dessa análise, será possível oferecer uma visão crítica e abrangente do estado atual da pesquisa, contribuindo para a identificação de novas direções e áreas que merecem maior atenção na futura investigação sobre o assunto.

2. Metodologia

Para isso, utilizou-se uma metodologia fundamentada em uma revisão sistemática de literatura, conforme descrito a seguir. A metodologia empregada foi uma revisão sistemática de literatura baseada em artigos científicos

publicados entre 2007 e 2024. O levantamento considerou artigos científicos publicados entre 2007 e 2024, localizados nas bases Google Acadêmico e Scopus (via Portal de Periódicos da CAPES). A busca priorizou dados bibliográficos relevantes, restringindo-se a artigos disponíveis no período de coleta. A busca dos artigos foi realizada no dia 18 de dezembro de 2024, utilizando a seguinte *string* de busca: “*Bacia AND Hidrográfica AND Rio AND Castelo AND ES*”.

De acordo com Costa e Zoltowski (2014), a avaliação dos artigos pode ser realizada por meio de uma estratégia de metassíntese, que envolve a análise da teoria, dos métodos e dos resultados de estudos qualitativos. Em seguida, procedem-se à síntese e interpretação dos dados presentes nos artigos selecionados, de modo a evidenciar a contribuição de cada autor sobre a temática estudada. A procura dos artigos científicos nas bases de dados, no período de 2007 a 2024, resultou em 66 encontrados no Google Acadêmico e 03 no Scopus.

3. Resultados e discussão

Nesta seção, serão discutidas as contribuições da literatura científica sobre a BHRC. Com base numa revisão de artigos acadêmicos publicados sobre o tema, serão identificadas as principais dimensões abordadas nas pesquisas analisadas. Além disso, propõe-se uma sequência didática utilizando metodologias ativas na temática - rio Castelo, ES: Olhar, Perceber e Agir.

3.1. Contribuições científicas sobre a Bacia Hidrográfica do rio Castelo - ES

A partir da revisão de literatura, os artigos selecionados destacam-se por apresentarem singularidades e metodologias diferenciadas, desde a definição de unidades geomorfológicas até a caracterização morfométrica e a análise estrutural da BHRC, Espírito Santo, Brasil (Quadro 1). Percebe-se que, na delimitação temporal proposta, que existem poucos artigos publicados sobre a BHRC, sendo estes, em revistas científicas, como: Boletim de Ciências e Geodésia, *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium*, *Brazilian Journal of Animal and Environmental, Research*

Brazilian Journal of Development e Revista Brasileira de Geografia Física e Revista Brasileira de Cartografia.

Quadro 1. Artigos científicos - bacia hidrográfica do rio Castelo - ES

Ano de Publicação	Título do Artigo	Autores
2007	Definições de unidades geomorfológicas a partir de navegação e validação de campo utilizando GPS e sistemas de informações geográficas: o caso da sub-bacia do rio Castelo -(ES).	Castro Júnior <i>et al.</i> (2007)
2007	Modelagem geoestatística a partir de parâmetros de qualidade da água (IQA-NSF) para a sub-bacia hidrográfica do rio Castelo (ES) usando sistema de informações geográficas.	Rodolfo M. de Castro Junior Frederico Garcia Sobreira Frederico Damasceno Bortoloti
2012	Análise ambiental da bacia do rio Castelo (ES), com ênfase no problema das inundações.	Laís de Carvalho Faria Lima Lopes Cláudio Eduardo Lana
2019	Preservação permanente do rio Castelo—trecho urbano do município de Conceição do Castelo, ES	Caio Henrique Ungarato Fiorese
2019	Análise estatística da série histórica da precipitação pluviométrica mensal do município de Castelo, ES	Caio Henrique Ungarato Fiorese. Herbert Torres
2019	Estudo do oxigênio dissolvido aliado à análise de uso de solo da área de preservação permanente do Rio Castelo, ES, Brasil	Caio Henrique Ungarato Fiorese
2023	Caracterização morfométrica e análise estrutural da Bacia Hidrográfica do Rio Castelo, Espírito Santo, Brasil	Pedro de Oliveira Moura Bucker Nívea Adriana Dias Pons Eliane Guimarães Pereira Melloni

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

A localização e a caracterização da área de estudo são um ponto ímpar em todos os artigos científicos, onde é possível determinar as contribuições para elaborar uma compreensão geral da BHRC. Castro Jr. *et al.* (2007), apontam que a bacia em estudo localiza-se no sul do Estado do Espírito Santo, parte da

bacia hidrográfica do rio Itapemirim (BHRI), o qual, por sua vez, é parte da Região Hidrográfica Costeira do Sudeste (RHCS). O rio Castelo, “[...] compreende os municípios de Castelo, Conceição do Castelo, Venda Nova do Imigrante, Vargem Alta, porção oriental do município de Muniz Freire e parte setentrional do município de Cachoeiro de Itapemirim” (Castro Jr. *et al.* 2007, p. 45) (Figura 4). A nascente do rio Castelo está inserida no município de Conceição de Castelo e sua foz no encontro das águas do rio Itapemirim, como principal afluente, com um comprimento total de 77,49 km de extensão (Castro, Sobreira e Bortoloti, 2007; Bucker, Pons e Melloni, 2023).

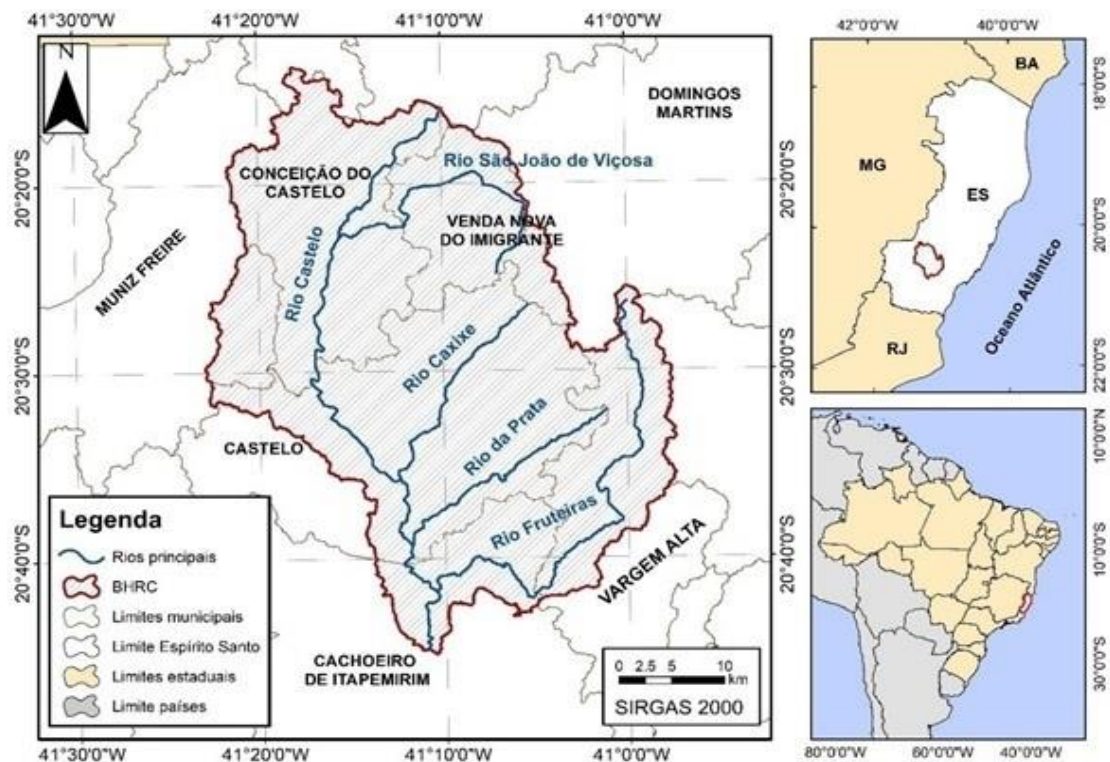


Figura 4. Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Castelo. Fonte: Bucker, Pons e Melloni, 2023.

Lana e Lopes (2012) corroboram com a área de drenagem, delineando uma metragem a cerca de 850 km² de superfície, entre os meridianos 41°23' e 41°01' W e entre os paralelos 20°13' e 20°44'S, sendo o padrão de drenagem do tipo treliça e dendrítica, correspondendo ao principal afluente do rio Itapemirim. Entretanto, Bucker, Pons e Melloni (2023) localizam a área entre os meridianos 41°25' e 40°03' e os paralelos de 20°11' e 20°45' e o padrão de drenagem como

treliça e paralelo. Ambos os trabalhos divergem em termos de enquadramento da localização e drenagem da área.

Entretanto, a intenção do estudo é citar as contribuições dos autores sobre o rio Castelo e apontar referências para os próximos estudos. Sendo assim, segue a contribuição dos autores dentro de suas linhas de pesquisa para a BHRC.

3.1.1. Definições de unidades geomorfológicas

A pesquisa realizada por Castro Junior *et al.* (2007) contribui para a definição das unidades geomorfológicas, sendo intitulada como: Definições de unidades geomorfológicas a partir de navegação e validação de campo utilizando Sistema de Posicionamento Global (GPS) e Sistemas de Informações Geográficas (SIG): o caso da sub-bacia do rio Castelo (SBHRC).

Na metodologia, esses mesmos autores, trabalharam com o relato de uma experiência de “[...] coletas de dados de campo a partir da associação de ferramentas SIG e dados GPS, associada ao processamento de imagens de sensoriamento remoto para determinação das unidades geomorfológicas da SBHRC”.

Os dados relacionados ao meio físico foram elaborados por meio de técnicas e métodos de processamento de imagens multiespectrais e de radar (LANDSAT TM5 e SRTM), combinados com levantamentos de campo. Essas informações foram organizadas em unidades transparentes para desenvolver um produto de análise ambiental detalhada, em escala regional (1:75.000), conforme validado pelas avaliações *in loco*.

“[...] Os dados primários em diferentes escalas foram compatibilizados no software ArcGIS 9.1, considerando como parâmetros a Projeção Cartográfica UTM, o Sistema de Coordenadas: Plano Retangular da Projeção UTM, o Elipsóide UGGI-67 e o Datum: SAD-69” (Castro Junior *et al.*, 2007, p.46). Com base nos dados gerados, foi possível determinar uma carta geomorfológica que culminou em uma carta de declividade e uma carta hipsométrica gerando a definição de quatro unidades geomorfológicas na SBHRC: a Planície Aluvionar, Mar de Morros, Relevo Ondulado e Relevo Escarpado (Castro Junior *et al.*, 2007) (Figura 5).

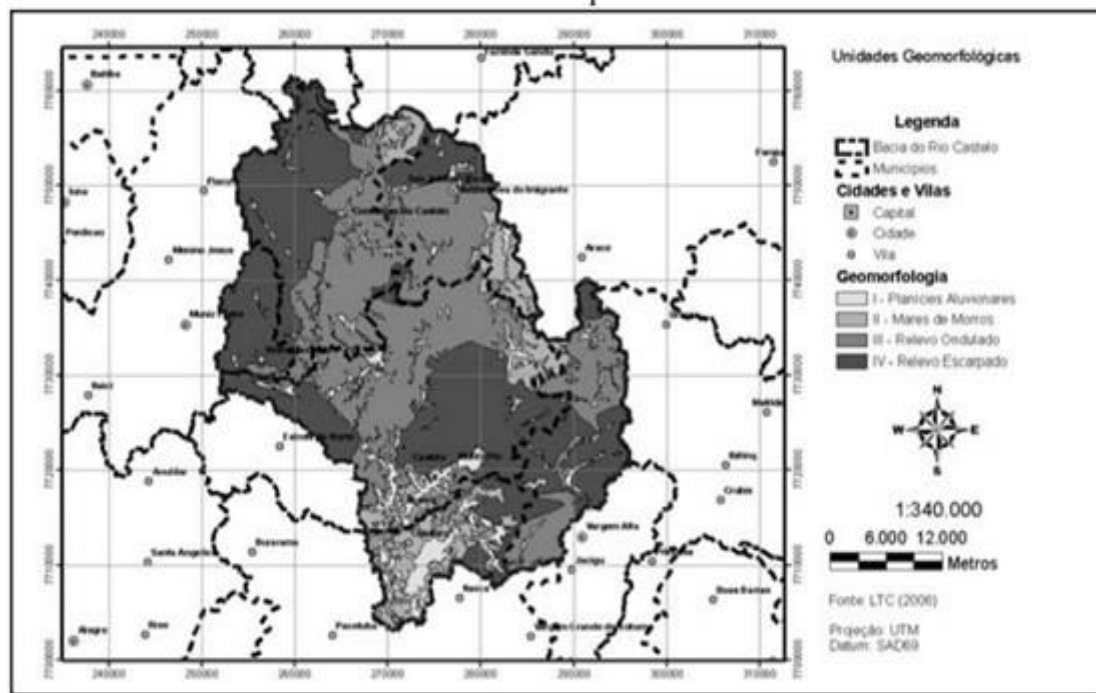


Figura 5. Unidades Geomorfológicas definidas e detalhadas após averiguação de campo. Fonte: Castro Júnior *et al.*, 2007.

Outra contribuição de Castro Júnior, Sobreira e Bortoloti (2007) é a Modelagem Geoestatística a partir de parâmetros da qualidade da água (IQA-NSF) para a SBHRC usando Sistema de Informações Geográficas. Neste trabalho, os autores tiveram como objetivo elaborar um modelo para avaliar a qualidade da água pela variabilidade dos parâmetros e do índice de qualidade de água no decorrer do rio. O autor e seus colaboradores abordaram os componentes do meio natural da BHRC, assim como os resultados das análises dos parâmetros IQA/NSF coletados em 13 pontos ao longo do Rio Castelo, no mês de setembro de 2005.

Somado aos dados referentes à campanha do Projeto SIHBRI (Sistema de Informações Hidrológicas da Bacia do Rio Itapemirim) (Castro Junior *et al*, 2000 *apud* Castro Júnior, Sobreira e Bortoloti, 2007) realizada nos anos de 2000 e 2001 e os dados de 04 (quatro) estações fluviométricas da (ESCELSA, 2006 *apud* Castro Júnior, Sobreira e Bortoloti, 2007) com informações de qualidade de água realizadas mensalmente desde outubro de 2002.

No desenvolvimento da pesquisa, o contexto geoambiental da SBHRC pontuou os aspectos climáticos, pedológicos e hidrológicos. Sendo assim, o

trabalho aponta que o clima onde a sub-bacia está inserida é tropical, com duas estações, uma chuvosa e de novembro a abril, e a seca, entre maio e outubro; com uma cobertura vegetal primária nas regiões mais elevadas e nas nascentes; um solo definido como latossolo e cores variando do amarelo ao castanho-avermelhado (Lani, 1988 *apud* Castro Júnior; Sobreira; Bortoloti, 2007). Outros aspectos de relevância na pesquisa são a apresentação das 11 microbacias que compõem a SBHRC e suas respectivas áreas de drenagem (Tabela 1). O estudo apresentou uma abundância amostral no período seco, e os autores sugerem uma pesquisa no período chuvoso, com a mesma metodologia adotada nesta pesquisa (Castro Júnior; Sobreira; Bortoloti, 2007).

Tabela 1. Microbacias Hidrográfica (MBH) da SBHRC e áreas de drenagem

Denominação da MBH	Área (km²)
MBH do Ribeirão São João	104,64
MBH do Rio São João da Viçosa	150,01
MBH do Córrego Estreito	60,04
MBH do Ribeirão Monforte	67,86
MBH do Córrego Formosa	38,98
MBH do Córrego Santo Amaro	103,79
MBH do Rio Caxixe	223,25
MBH do Rio Castelo	223,13
MBH do Rio Fruteira	298,37
MBH do Rio Prata	132,58
MBH do Ribeirão do Meio	39,72
Área Total	1.442,37

Fonte: Adaptado pelos autores de Castro Júnior, Sobreira e Bortoloti, 2007.

3.1.2. Análise ambiental da bacia do rio Castelo: ênfase nas inundações

A pesquisa realizada por Lana e Lopes, no ano de 2012, versou sobre a análise ambiental da bacia do rio Castelo (ES), com ênfase no problema das inundações. O objetivo foi analisar e discutir o motivo das inundações, com base no uso do solo, cálculo de alguns parâmetros morfométricos para observar o comportamento da bacia como na totalidade, declividade em campo e padrões de drenagem, a fim de gerar um diagnóstico ambiental para a BHRC por meio de mapa de favorabilidade ao escoamento superficial para análise primária da região.

A metodologia adotada consistiu na geração de mapas temáticos com o uso de SIG (software ArcGIS 9.3®) e pesquisas bibliográficas, além de suportes cartográficos com bases oriundas do Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo. Somado a isso, cálculo de parâmetros morfométricos da bacia em estudo e de uma verificação de campo realizada ao término do trabalho em 18 pontos, de acordo com a viabilidade de acesso.

Os principais resultados apresentados pelas autoras mostram a avaliação do mapa de favorabilidade em campo, apontando uma baixa declividade principalmente nas áreas de cabeceira da bacia. Em relação à reclassificação do mapa de uso do solo da região da BHRC, prevalecem as atividades de pastagem e agricultura. Seguido do afloramento em áreas urbanas que ocorre distribuído por toda a bacia, em porções menores, e a vegetação em crescimento é marcada pela presença de eucaliptos somente na porção Norte e Leste da bacia. Observou-se, também, que a vegetação nativa, aparece em toda a bacia, principalmente na parte Norte. Em referência à análise, do sistema de drenagem constatou-se que a bacia é de 5ª ordem de acordo com a classificação de Strahler (1957 *apud* Lana e Lopes, 2012) e com drenagem de ramificação significativa.

Lana e Lopes (2012) constataram que a bacia tem formato alongado de acordo com os valores do coeficiente de compacidade e fator de forma da Bacia, sugerindo que em condições normais de precipitação existe baixo risco de inundações. Entretanto as autoras ressaltam: “[...] visualmente se percebe que o vale onde Castelo se encontra é “afunilado”, sugerindo que toda a carga

sedimentar e a vazão do sistema fluvial sejam concentradas na área onde ocorre a redução abrupta” (Lana; Lopes, 2012, p. 542).

Outro dado morfométrico, das referidas autoras, é a densidade de drenagem que, sendo alta, apresenta grande capacidade de drenagem. No que tange à análise de campo realizada, constatou-se que o desenvolvimento das cidades da região ocorreu nas regiões mais planas da bacia e na porção de menor declividade da região, ocorrendo concentração de água e sedimentos diversos, sendo assim, o escoamento superficial tende ao acúmulo de água e, aos pulsos de inundação, tende naturalmente a ser maior (Lana; Lopes, 2012). As autoras ressaltam em suas discussões e conclusões do artigo que “[...] nenhuma das etapas citadas deve ser entendida como capaz de simplificar a dinâmica da bacia hidrográfica estudada ou permitir a formulação de conclusões sobre os condicionantes da ocorrência de cheias” (Lana; Lopes. 2012, p. 550).

3.1.3. Estudo do oxigênio dissolvido

A pesquisa referente ao ano de 2019, desenvolvida por Fiorese, consistiu no Estudo do oxigênio dissolvido aliado à análise de uso de solo da área de preservação permanente do rio Castelo - ES, Brasil, propõe analisar o oxigênio dissolvido e o uso do solo em torno da sua área de preservação permanente (APP) e sugere melhorias no local, além de novos estudos.

Para a realização do monitoramento a pesquisa delimitou a coordenada de três pontos de monitoramento escolhidos com o auxílio do Google Earth é um equipamento de GPS, somado a isso, a metodologia adotada comparou os dados com a análise de um ponto da Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH/ES), na campanha de 2017. Na sequência, utilizou um oxímetro medidor de multiparâmetros (Hachi HQ30d) para verificar o oxigênio dissolvido e a temperatura *in loco* dos três pontos amostrais. Em relação à determinação e cálculo das classes de uso de solo da APP no entorno do rio Castelo, o trabalho aplicou o programa ArcGIS, na versão 10.2.2 associado ao GEOBASES.

No que tange aos níveis de saturação de oxigênio, os trechos 1 e 2 foram considerados bons, enquanto apenas o ponto 3 foi classificado como satisfatório. Segundo o mesmo autor, o excesso de oxigênio nos pontos 1 e 2 resulta de

fenômenos naturais. Em contrapartida, no ponto 3, há uma leve redução do gás devido à ação antrópica, evidenciada pela proximidade de residências e pelo consequente despejo de efluentes (Fiorese, 2019).

Conforme os resultados da pesquisa, o uso do solo no trecho 1 é caracterizado por áreas de mata nativa, sem edificações, o que favorece melhores valores de oxigênio dissolvido, ao haver menor interferência humana na qualidade da água. Enquanto isso, no trecho 2, as áreas com edificações são mais evidentes, afetando o corpo hídrico com o lançamento de esgoto doméstico, em decorrência do tratamento parcial. Já no trecho 3, a presença de eucaliptos e áreas edificadas foi mais significativa, impactando drasticamente o déficit de oxigênio dissolvido. O ponto 4, o valor foi menor que os pontos 2 e 3 (Fiorese, 2019).

Assim, torna-se fundamental a implantação de um sistema de tratamento de esgoto mais eficiente, ações de educação ambiental junto à comunidade e conservação das APPs locais. “[...] Para futuros estudos, sugere-se escolher novos pontos de monitoramento e analisar o comportamento de outras variáveis (coliformes, por exemplo) que interferem na qualidade desse corpo hídrico, em comparação com o uso de solo” (Fiorese, 2019, p. 898).

3.1.4. Ocorrência pluviométrica mensal no município de Castelo

Fiorese e Torres (2019) desenvolveram uma análise estatística da série histórica da ocorrência pluviométrica mensal no município de Castelo, ES. O objetivo da pesquisa foi verificar a aplicação de dados pluviométricos de uma série histórica do referido município e desenvolver estratégias de gestão de recursos hídricos na área da BHRC. Na metodologia, o período de estudo abrangeu de 1940 a 2017, totalizando 78 anos, com dados extraídos do Sistema Hidroweb, da Agência Nacional de Águas (ANA), da estação pluviométrica de coordenadas 20°36'20.16" Sul e 41°11'58.92" Oeste.

O banco de dados proporcionou informações diárias sobre precipitação pluviométrica, dada em milímetros (mm), sobre o referido objeto de estudo. Entretanto, os autores verificaram uma perda de dados referentes aos meses dos anos de 1989 e 2014, sendo assim, a contagem dos dados perfaz um

período de 74 anos de abrangência. Posteriormente, os dados foram editados no Microsoft Excel, estimando os valores de: média pluviométrica mensal, total de dias em que houve precipitação, desvio padrão, erro padrão, porcentagem do número de dias com chuva, valores máximo e mínimo de precipitação mensal acumulada interpretados e, na sequência, descritos para o município em estudo (Tabela 2) (Fiorese; Torres, 2019).

Tabela 2. Valores estatísticos para a precipitação total mensal considerando a série histórica

Meses	Precipitação pluviométrica (mm)				
	Média	Erro padrão	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Janeiro	173, 38	12, 89	112,41	6,20	648,60
Fevereiro	117, 64	9,62	83,85	1,80	467,00
Março	160,31	11,04	96,27	6,40	474,30
Abril	111,94	7,90	68,85	14,00	342,40
Maio	57,78	5,02	43,73	4,10	245,00
Junho	31,99	2,91	25,39	0	107,60
Julho	33,99	3,64	31,72	0	153,70
Agosto	27,50	2,93	25,54	0	116,00
Setembro	51,36	4,43	38,63	0	177,70
Outubro	108,79	6,76	58,89	17,80	262,60
Novembro	188,95	9,89	86,18	27,50	497,90
Dezembro	239,29	12,69	110,61	60,30	732,00

Fonte: ANA (2018) com adaptação de Fiorese e Torres (2019) e pelos autores, 2025.

A pesquisa aponta que os meses de janeiro, novembro e dezembro apresentam o maior número de dias com precipitação, enquanto junho, julho e agosto são os mais secos, com porcentagem inferior a 20% dos dias. Observa-se ainda, uma distribuição irregular das chuvas nos mesmos meses em diferentes anos, especialmente em dezembro e janeiro. Os meses de junho e agosto registraram valores máximos de variações de precipitação pluviométrica inferiores a 120 mm. Além disso, os meses de janeiro, novembro e dezembro apresentaram os maiores acumulados de precipitação diária acima de 100 mm, assim como as menores proporções de dias sem chuva (Fiorese; Torres, 2019).

Esses mesmos autores sugerem, nas suas conclusões, com base na análise pluviométrica, a implantação de sistemas de alerta para enchentes, monitoramento dos níveis dos rios e fiscalização das encostas durante os períodos mais úmidos. Para os períodos mais secos, recomenda-se a elaboração de sistemas de armazenamento de água pluvial.

3.1.5. Uso do solo nas APPs ao longo do rio Castelo, no trecho urbano de Conceição do Castelo

A pesquisa de Fiorese (2019) analisou o uso do solo nas APPs ao longo do rio Castelo, no trecho urbano de Conceição do Castelo, ES. O objetivo da pesquisa foi “[...] avaliar o comportamento dos trechos de áreas de preservação permanente em torno do rio Castelo, em seu curso na cidade de Conceição do Castelo/ES, bem como propor sugestões para melhorias nas áreas estudadas” (Fiorese; Torres, 2019, p. 901).

Na metodologia, a pesquisa utilizou imagens de satélite e ferramentas de geoprocessamento para identificar mudanças na cobertura do solo. Os autores detalham que: “[...] foram coletadas, junto ao GEOBASES/ES, imagens de satélite dos levantamentos realizados em 2007-2008 e 2012-2015 para, em seguida, determinar as classes de uso de solo através de fotointerpretação das feições e da delimitação da APP no programa ArcMAP” (Fiorese; Torres, 2019 p.900).

Os resultados da pesquisa (Tabela 3) indicaram uma redução da vegetação arbórea e um aumento das áreas construídas dentro das APPs, evidenciando

impactos antrópicos, entretanto, não afetou significativamente as áreas de solo exposto. Em relação às áreas de pasto e grama (vegetação rasteira) houve uma redução, que o autor justifica pelo aumento de áreas construídas, afetando o escoamento das águas da chuva. Para minimizar esses efeitos, o estudo propõe ações como reflorestamento, manejo sustentável e educação ambiental (Fiorese; Torres, 2019).

Tabela 3. Uso de solo do trecho de APP com base no bloco de imagens do GEOBASES, referente aos anos: 2007/2008 e 2012/2015

Classe/Ano	2007/2008	2012/2015
	Área (%)	
Vegetação arbórea	51,69	44,61
Área edificada	16,30	31,87
Solo exposto	9,84	7,68
Pasto/Grama	22,16	15,84

Fonte: Adaptado pelos autores (2025) de Fiorese e Torres, 2019.

3.1.6. Caracterização morfométrica e análise estrutural da Bacia Hidrográfica do Rio Castelo

Bucker, Pons e Melloni (2023) trabalhando com a Caracterização morfométrica e análise estrutural da Bacia Hidrográfica do Rio Castelo, Espírito Santo, Brasil, objetivou avaliar os parâmetros morfométricos, morfológicos e estruturais da Bacia em estudo. Na metodologia, “[...] o levantamento dos dados de parâmetros morfométricos e estruturais, usou-se imagens de satélite ALOS, sensor PALSAR, com resolução espacial de 12,5 m, obtidas por meio da plataforma *Alaska Satellite Facility*” (Bucker, Pons e Melloni, 2023, p. 2228).

Na pesquisa, os resultados indicam que o relevo da bacia apresenta-se acidentado, com grande amplitude altimétrica. No contexto morfoestrutural, insere-se nas Faixas de Dobramento Mobilizadas da região dos Planaltos da

Mantiqueira Setentrional, abrangendo também as unidades dos Patamares Escalonados do Sul Capixaba e dos Maciços do Caparaó.

Os parâmetros morfométricos apontados na pesquisa de Bucker, Pons e Melloni (2023), mostram que a BHRC é de 7ª ordem, segundo a classificação de Strahler, e suas sub-bacias São João de Viçosa, Caxixe e Fruteiras foram classificadas como de 6ª ordem, e a sub-bacia da Prata como de 5ª ordem. Outros dados foram reportados na pesquisa de Bucker e seus colaboradores (2023), como a presença de 9565 cursos d'água, e metade deles são de primeira ordem.

A Bacia Hidrográfica do Rio Castelo (BHRC) apresenta uma área de drenagem de 1.478,5 km² e perímetro de 314,64 km, com densidade de drenagem de 2,17 km/km² e densidade de rios de 6,47 rios/km². Outro indicador relevante é a razão de alongamento da bacia, que foi de 0,56, evidenciando sua forma alongada, o que contribui para reduzir a concentração de água em seu interior e diminui o risco de enchentes, exceto nos trechos que atravessam núcleos urbanos. Esses resultados, em consonância com as características altimétricas da região, reforçam a importância do estudo para o planejamento dos recursos hídricos e do uso do solo na bacia (Bucker, Pons e Melloni, 2023).

Todas as contribuições da literatura científica geram um compilado de dados que fomenta informações sobre o rio Castelo, ES. Mas permite visualizar lacunas a serem desvendadas pela ciência, pelo estudo acadêmico, principalmente no campo da gestão integrada da bacia, estudo da qualidade da água, falta de estudo sobre a fauna e flora das espécies aquáticas e terrestres, serviços ecossistêmicos e educação ambiental. Neste último campo, as escolas, como espaços formais de ensino, disseminam a informação local, sensibilizando os atores da comunidade escolar e engajando para um futuro, onde a saúde dos rios possa ser tratada como prioridade.

3.2. Integrando escola e sustentabilidade: educar para conservar

As perspectivas e contribuições da literatura científica sobre a bacia hidrográfica do rio Castelo, ES, podem fomentar possibilidades pedagógicas, como a elaboração de sequências didáticas e a aplicação de metodologias ativas

no contexto escolar. Essas abordagens podem ser adotadas por professores da rede de ensino estadual, municipal e privada, com o objetivo de educar para a conservação desse importante recurso natural.

Nesse sentido, é fundamental reconhecer que a organização e o planejamento fazem parte do cotidiano das pessoas e são igualmente essenciais no processo educativo. Para que a aprendizagem se significativa, é necessário que o ensino seja cuidadosamente planejado, visando à intencionalidade pedagógica centrada no desenvolvimento do aluno. Atualmente, diversas estratégias podem ser exploradas nesse planejamento, destacando-se, entre elas, o uso das metodologias ativas de ensino-aprendizagem, que fomenta o protagonismo discente e o vínculo com temas locais e relevantes, como a conservação da bacia hidrográfica do rio Castelo, ES.

Esta abordagem contempla um conjunto de alternativas pedagógicas que visam facilitar a aprendizagem dos alunos e proporcionar uma educação crítica e problematizadora da realidade, direcionando o estudante para o centro do processo de construção do conhecimento (Cunha *et al.* 2024). Os mesmos autores definem a metodologia ativa como um conjunto de metodologias que têm como finalidade uma educação crítica e problematizadora da realidade, cujo foco está no estudante como protagonista da sua aprendizagem, sendo ele o centro do processo de construção do conhecimento ancorado na ideia de autonomia e no pensamento crítico-reflexivo.

Nesse contexto, o estudante é ativo no que se refere a sua aprendizagem e o termo “metodologia ativa” pode ser substituído por aprendizagem ativa, como se utiliza em outros países, a exemplo de active learning, nos EUA (Cunha *et al.*, 2024, p.11).

Segundo Andrade, Vasconcellos e Martins (2020), as metodologias ativas inovam a prática educativa, oferecendo um leque diversificado de abordagens, como sala de aula invertida, aprendizagem baseada em problemas, aprendizagem baseada em projetos, gamificação, ensino híbrido, rotação por estações e design thinking, entre outras (Figura 6).

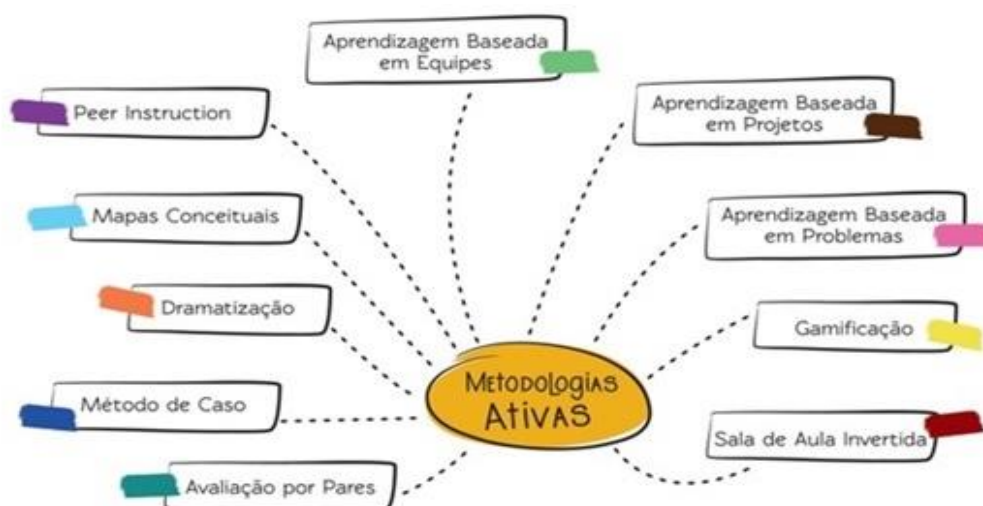


Figura 6. Tipos de Metodologias Ativas. Fonte: Andrade *et al.*, 2020.

Para embasar a prática educativa, o **Currículo do Espírito Santo** constitui um documento norteador que define as aprendizagens escolares e fornece diretrizes voltadas à promoção dos direitos de todos os estudantes do estado. O currículo busca articular-se aos interesses e necessidades dos alunos, comprometendo-se com seu desenvolvimento integral e garantindo que estejam preparados para enfrentar as demandas atuais e futuras em um contexto marcado por incertezas (ESPÍRITO SANTO, 2020).

Segundo Berbel (2011), a aplicação de metodologia ativa pode contribuir para o desenvolvimento da motivação autônoma dos alunos, sobretudo quando promove o fortalecimento da percepção de que são agentes das suas próprias ações. Isso ocorre, por exemplo, quando lhes são oferecidas oportunidades para problematizar situações relacionadas com a programação escolar, escolher aspectos dos conteúdos a estudar, definir percursos possíveis para resolver problemas propostos e explorar alternativas criativas na conclusão dos seus estudos ou investigações.

Somado a isso, é importante que o aluno possa fazer uma leitura de mundo a partir do conhecimento científico de modo significativo, promovendo a contextualização e a problematização dos saberes, onde o professor assume a mediação, usando ferramentas de ensino, como a metodologia ativa, promovendo a melhoria da qualidade em educação como um direito fundamental.

Neste sentido, surge a proposta de uma sequência didática, que será utilizada em uma turma de 9º ano, do Ensino Fundamental Anos Finais, com o uso da metodologia ativa, como uma estratégia para fomentar o conhecimento sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Castelo, ES. O Currículo do Espírito Santo, na área das Ciências da Natureza, no componente curricular de Ciências, aborda os seguintes objetos de conhecimento: Preservação da Biodiversidade e Responsabilidade Socioambiental. (Quadro 2).

Quadro 2. Sistematização das aprendizagens do 9º ano, Ensino Fundamental Anos Finais

Área de conhecimento: Ciências da Natureza				
Componente curricular/Unidade curricular: Ciências				
Unidade Temática	Objeto de conhecimento	Código da Habilidade e Habilidade.	Competências Específicas	Temas Integradores
Vida e Evolução	Responsabilidade Socioambiental.	EF09CI13 - Propor iniciativas individuais e coletivas para a solução de problemas ambientais da cidade ou da comunidade, com base na análise de ações sustentáveis bem-sucedidas.	(CE04) Avaliar aplicações e implicações políticas, socioambientais e culturais da ciência e de suas tecnologias para propor alternativas aos desafios do mundo contemporâneo, incluindo aqueles relativos ao mundo do trabalho. (CE08) Agir pessoal e coletivamente com respeito, autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, recorrendo aos conhecimentos das ciências da natureza para tomar decisões frente a questões científico-tecnológicas e socioambientais e a respeito da saúde individual e coletiva, com base em princípios éticos, democráticos, sustentáveis e solidários.	(TI03) Educação ambiental. (TI12) Trabalho, Ciência e Tecnologia.

Fonte: Espírito Santo (2020, p.110 e 111).

A apresentação da sequência didática com uso de metodologias ativas tem como base a sistematização da aprendizagem do 9º ano, no ensino de Ciências, proposta pelo Currículo, com um olhar voltado na formação integral do aluno, tornando o centro do processo educativo, de forma que este se torne um multiplicador do conhecimento sobre a bacia hidrográfica do rio Castelo, ES.

Segundo Zabala (2010), uma sequência didática se justifica pela importância capital das intenções educacionais na definição dos conteúdos de aprendizagem. Afirma ainda que se trata de uma sequência de ações procedimentais didáticas, destinadas a uma unidade de aprendizagem. Logo, elaborar uma sequência didática norteia a mediação do professor na sala de aula, gerando um aprendizado mais significativo (Quadro 3).

Quadro 3. Proposta de uma sequência didática para o 9º ano do Ensino Fundamental II

Sequência Didática - Rio Castelo, ES: Olhar, Perceber e Agir			
Etapa	Aula	Objetivo	Metodologia
Apresentação situação problema	1ª e 2ª aula	Perceber o conhecimento prévio dos alunos sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Castelo indagando sua importância socioambiental.	Roda de conversa. Construção de um mapa mental com as falas dos alunos.
Busca de informação.	3ª, 4ª e 5ª aula	Explorar o Google Earth como ferramenta tecnológica para visualizar o rio Castelo, mostrando seu percurso da nascente ao exutório, bem como o uso e ocupação do solo. Pesquisar e elaborar slides com iniciativas individuais e coletivas para solucionar alguns problemas ambientais relacionados à bacia, bem como ações sustentáveis. Utilizar recursos tecnológicos para elaborar slides no Powerpoint.	Ensino por investigação. Sala de aula invertida.
Avaliação	6ª e 7ª aula	Produzir material educativo com base em pesquisas no Google.	Apresentação do trabalho.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

A proposta da sequência didática, com o uso das metodologias referidas no Quadro 2, promove o protagonismo dos alunos frente ao objeto de conhecimento, ampliando seu leque de reflexões sobre a temática "Rio Castelo, ES: Olhar, Perceber e Agir". Cabe ressaltar que toda a prática sugerida pode ser adaptada de acordo com a realidade de cada professor de Ciências, conforme a estrutura de recursos didáticos ofertados pela escola em que está ministrando suas aulas. Logo, de acordo com Cunha *et al.* (2024), o protagonismo do aluno demonstra seu comprometimento com o processo de ensino e aprendizagem, de forma flexível e interligada, fomentando o conhecimento, tendo o professor como mediador desse processo.

4. Considerações

A bacia hidrográfica do rio Castelo, localizada no sul do Espírito Santo, representa um sistema natural essencial, tanto do ponto de vista ambiental quanto histórico e socioeconômico. Sua importância é evidenciada pela influência direta que exerce sobre os municípios por onde passa, desde a nascente em Conceição do Castelo até a foz no rio Itapemirim. A exploração do solo e o esgotamento dos recursos naturais têm impactado significativamente esse ecossistema, tornando imprescindível uma gestão eficaz e baseada em conhecimento técnico e científico.

O presente estudo realizou uma revisão sistemática da produção científica entre 2007 e 2024 sobre a bacia do rio Castelo, identificando contribuições relevantes nas áreas de geomorfologia, qualidade da água e estrutura ambiental. A partir das análises, foram destacados estudos que contribuíram para o conhecimento das unidades geomorfológicas da sub-bacia, do comportamento hidrológico e das pressões antrópicas associadas ao uso do solo, sobretudo nas áreas agrícolas e urbanas. Apesar disso, foi constatada uma lacuna significativa na literatura, com poucos artigos dedicados à biodiversidade, serviços ecossistêmicos e à gestão integrada da bacia.

As pesquisas revisadas também ressaltaram a vulnerabilidade da bacia a eventos extremos, como enchentes, de maneira especial em virtude da ocupação irregular e da topografia acidentada. Indicadores como densidade de

drenagem e exploração do solo demonstram a complexidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Castelo e reforçam a urgência de medidas de proteção e monitoramento contínuo. Outro ponto crítico abordado foi a baixa característica da água em áreas urbanizadas, devido à presença de esgoto doméstico e alterações na vegetação das Áreas de Preservação Permanente (APPs).

Mediante esta situação, o capítulo propõe o uso de metodologias ativas no ambiente escolar como um método para implantar a educação ambiental e as futuras gerações sobre a importância da conservação dos recursos hídricos. A proposta de sequência didática para o 9º ano do Ensino Fundamental visa conectar o conteúdo científico à realidade local, estimulando o protagonismo estudantil e a formação de cidadãos comprometidos com a sustentabilidade do território onde vivem.

Deste modo, o estudo reafirma a relevância da bacia hidrográfica do rio Castelo como objeto de investigação e de intervenção educacional. A continuidade das pesquisas, somada ao engajamento da comunidade acadêmica, dos gestores públicos e da sociedade, é de grande importância para garantir o uso sustentável dos recursos naturais da região. Educar para conservar, nesse contexto, deixa de ser somente uma proposta pedagógica e é compromisso de todos com o meio ambiental, com o rio Castelo, com a vida, com o Espírito Santo.

5. Referências

ANDRADE, M. C. da S.; VASCONCELLOS, R. F. R. R.; MARTINS, H. G. **Guia de metodologias ativas para professores de ensino de Ciências na Educação Básica**. Duque de Caxias, RJ: UNIGRANRIO, 2020. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/599500>. Acesso em: 22 maio 2025.

BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, jan./jun. 2011.

BRASIL. **Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 18 dez. 2024.

BRASIL. **Lei 9.984, de 17 de julho de 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), entidade federal de implementação da Política

Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19984.htm. Acesso em: 18 dez. 2024.

BUCKER, P. de O. M.; PONS, N. A. D.; MELLONI, E. G. P. Caracterização morfométrica e análise estrutural da Bacia Hidrográfica do Rio Castelo, Espírito Santo, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 4, p. 2228-2243, 2023. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/373996365>. Acesso em: 18 dez. 2024.

CASAGRANDE, A. D.; BARBIERO, M. H. M. **Castelo da pré-história ao início do século XX**. Vitória: Prograf, 2012. Disponível em: <https://descubracastelo.com.br/livro-da-pre-historia-ao-inicio-do-seculo-xx/>. Acesso em: 25 maio 2025.

CASTELAN, T. P. **Nível do rio subiu e inundou a cidade de Castelo** [fotografia]. 25 jan. 2020. In: G1 Espírito Santo. Disponível em: <https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/2020/01/25/rio-sobe-e-inunda-a-cidade-de-castelo-no-es-defesa-civil-fala-em-150-familias-ilhadas.ghtml>. Acesso em: 25 maio 2025.

CASTRO JUNIOR, R. M. de; SOBREIRA, F. G.; BORTOLOTI, F. D. Modelagem geoestatística a partir de parâmetros de qualidade da água (IQA-NSF) para a sub-bacia hidrográfica do rio Castelo (ES) usando sistema de informações geográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, n. 3, p. 241-253, 2007. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/items/257ee205-0f5c-4978-b42d-02d24139a873>. Acesso em: 18 dez. 2024.

CASTRO JUNIOR, R. M. de; SOBREIRA, F. G.; BORTOLOTI, F. D.; SOUZA, L. A. de. Definição de unidades geomorfológicas a partir de navegação e validação de campo utilizando GPS e sistemas de informações geográficas: o caso da Sub-bacia do Rio Castelo (ES). In: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (org.). **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba: UFPR, v. 13, n. 1, p. 42-59, 2007.

COSTA, A. B.; ZOLTOWSKI, A. P. C. Como escrever um artigo de revisão sistemática. In: KOLLER, S. H.; COUTO, M. C. P. de P.; HOHENDORFF, J. V.(org.). **Métodos de pesquisa: manual de produção científica**. Porto Alegre: Penso, 2014. p. 55-70. Disponível em: https://www.biosanas.com.br/uploads/outros/artigos_cientificos/18/6505082c2a7c23986651c7b1f7a4a92e.pdf. Acesso em: 15 jan. 2025.

CUNHA, M. B. da *et al.* Metodologias ativas: em busca de uma caracterização e definição. In: UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ (Org.). **Educação em debate: práticas e reflexões contemporâneas**. Belo Horizonte: **Educação em Revista**, 2024. cap. X, p. 1–21.

DESCUBRA CASTELO. **Construções nas áreas de encosta do rio Castelo, ES** [fotografia]. 2025. Disponível em: <https://descubracastelo.com.br/album-3/#gid=1&pid=10>. Acesso em: 25 maio 2025.

DESCUBRA CASTELO. **Vale da Prata, Castelo, ES.** [fotografia]. 2025. Disponível em: <https://descubracastelo.com.br/papeis-parede-lauriano/#gid=1&pid=20>. Acesso em: 25 maio 2025.

EGIDIO, L. S.; SOUZA, M. N. Recuperação de áreas degradadas na Mata Atlântica: 23 anos de restauração ecológica e agrofloresta na Estância São Lucas, Guaçuí – ES. Restoration of degraded areas in the Atlantic Forest: 23 years of ecological restoration and agroforestry in the Estância São Lucas, Guaçuí - ES. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, v. 14, p. 230-241, 2025. Home page: <https://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/7988>. DOI: 10.21664/2238-8869.2025v14i3.7988.

ESPÍRITO SANTO (Estado). **Currículo do Espírito Santo: Ensino Fundamental – Anos Finais: área de Ciências da Natureza e Matemática.** Vitória: Secretaria de Estado da Educação, 2020. v. 6. Disponível em: <https://curriculo.sedu.es.gov.br>. Acesso em: 22 mai. 2025.

FIGUEIREDO, C. H. U. Estudo do oxigênio dissolvido aliado à análise de uso de solo da área de preservação permanente do Rio Castelo-ES, Brasil. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 887-900, 2019.

FIGUEIREDO, C. H. U. Preservação permanente do rio Castelo – trecho urbano do município de Conceição do Castelo, ES. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 900-907, edição especial, mai. 2019. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/1895>. Acesso em: 18 dez. 2024.

FIGUEIREDO, C. H. U.; TORRES, H. Análise estatística da série histórica da precipitação pluviométrica mensal do município de Castelo, ES. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 908–916, edição especial, maio 2019. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/1896>. Acesso em: 18 dez. 2024.

GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. **Logeion: Filosofia da Informação**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 57-73, 2019. Disponível em: <https://revista.ibict.br/fiinf/article/view/4835>. Acesso em: 18 dez. 2024.

LOPES, L. de C. F. L.; LANA, C. E. Análise ambiental da bacia do rio Castelo (ES), com ênfase no problema das inundações. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Medium**, Ituiutaba, v. 3, n.

2, p. 529-552, jul./dez. 2012. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/items/fb1d0a52-edad-4c8a-aed8-5ed7cba0262c>. Acesso em: 18 dez. 2024.

MALAVOLTI, J. M. Q. *et al.* A influência dos determinantes ocupacionais no processo de urbanização no município de Castelo - ES. In: SEMINÁRIO CIENTÍFICO DO UNIFACIG, VII., 2021, Manhauçu. **Anais [...]**. Manhauçu: UNIFACIG, 2021. Disponível em: <https://pensaracademico.unifacig.edu.br/index.php/semiarociencitifico/article/view/2998/2547>. Acesso em: 18 maio 2025.

MORAES, M. E. B. de; LORANDI, R. (Org.). **Métodos e técnicas de pesquisa em bacias hidrográficas**. Ilhéus, BA: Editus, 2016. 283 p. Disponível em: <https://static.scielo.org/scielobooks/4wbr2/pdf/moraes-9788574554433.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2024.

MOREIRA De C. J., R. *et al.* Definição de unidades geomorfológicas a partir de navegação e validação de campo utilizando GPS e sistemas de informações geográficas: o caso da sub-bacia do Rio Castelo (ES). **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 13, n. 1, p. 42-59, 2007. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3939/393937701003.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2024.

PICCOLI, M. S. de Q.; STECANELA, N. Popularização da ciência: uma revisão sistemática de literatura. **Educ. Pesqui.**, São Paulo, v. 49, p. e253818, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/55yQ3zb8pLrwPD3kcdyQFdk/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 jan. 2025.

PIROLI, E. L. **Água e bacias hidrográficas: planejamento, gestão e manejo para enfrentamento das crises hídricas** [online]. São Paulo: Editora UNESP, 2022, 141 p. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/wphz3/pdf/piroli-9786557142981.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2024.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, v. 22, p. 43-60, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/250982612_Gestao_de_bacias_hidrograficas. Acesso em: 10 jan. 2025.

SILVA, M. M. da; SILVA, M. M. da; LOUBACK, G. C.; SOUZA, M. N.; RANGEL, O. J. P.; FERRARI, J. L.; CARDOZO, L. G. C.; PRETO, B. de L.; OLIVEIRA, A. F. M. de; CALABIANQUI, T. N.; BERILLI, A. P. C. G.; BERILLI, S. da S. Uso e cobertura da terra na fazenda São José, município de Muniz Freire, ES. **OBSERVATORIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 21, p. 20818-20833, 2023. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/1386/1461>. DOI: 10.55905/oelv21n11-121.

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.

TUNDISI, J. G. **A água potável pode se transformar em uma miragem.** Museu do Amanhã, 2022. Disponível em: <https://museudoamanha.org.br/pt-br/agua-potavel-pode-se-tornar-uma-miragem>. Acesso em: 16 dez. 2024.

ZABALA, A. **As sequências didáticas e as sequências de conteúdo.** In: A prática educativa – Como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998. p. 53-87. Disponível em: <https://ava.pr2.uerj.br/course/view.php?id=253#section-4>. Acesso em: 22 mai. 2025.

CAPÍTULO 9

Diversificação agrícola e comercialização de produtos vegetais em assentamentos e comunidades rurais do Sul do Espírito Santo

Maria Aparecida Fernandes, José Salazar Zanuncio Jr, Willian Moreira da Costa, Clarissa Alves de Novaes, Gabriela Alves de Novaes, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-36-7.c9>

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a diversidade de produção e a comercialização de produtos de origem vegetal em assentamentos de reforma agrária e comunidades rurais do município de Alegre, região Sul do Espírito Santo. A pesquisa foi conduzida na comunidade rural de Feliz Lembrança e no Projeto de Assentamento Paraíso (PA's). As famílias desenvolvem práticas voltadas à produção de alimentos saudáveis sob a perspectiva da Agroecologia. Realizou-se um levantamento das quantidades de produtos de origem vegetal produzida e da renda bruta obtida por meio da comercialização junto aos programas institucionais de abastecimento: o Compra Direta de Alimentos (CDA), coordenado pelo Governo do Estado, e o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), vinculado ao Governo Federal. Em termos de diversidade, tanto o assentamento quanto a comunidade rural apresentam semelhanças, destacando-se as hortaliças como principal grupo produzido e comercializado. A diversificação agrícola e a inserção nos canais de comercialização têm proporcionado não apenas a complementação da renda das famílias agricultoras, mas também o fortalecimento da segurança alimentar, a oferta de uma ampla diversidade de produtos ao mercado consumidor e a valorização da agricultura familiar no território.

Palavras-Chave: Agroecologia. Produção de Alimentos. Diversificação Agrícola. Alimentação Escolar. Políticas governamentais.

1. Introdução

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) conclama que a reforma agrária é fator determinante na erradicação da fome, da insegurança alimentar e da pobreza no meio rural, assim como uma ação-chave na promoção do desenvolvimento sustentável, dos direitos humanos e do fortalecimento da justiça social (FAO, 2003; 2006; 2024). Promover a reforma agrária e garantir condições dignas para a permanência da população no campo, por meio de políticas estruturadas de fortalecimento da agricultura familiar, são ações favoráveis à agrobiodiversidade, cuja manutenção está diretamente relacionada aos modos de vida das comunidades de agricultores tradicionais e camponesas (Toledo; Barrera-Bassols, 2015).

No final do século XX e início do século XXI, o tema alimentação escolar originou inúmeras discussões e vem adquirindo cada vez mais destaque nos meios acadêmicos, sociais e políticos. A temática também tem sido objeto de estudo de muitos autores como Pipitone (1997), Stefanini (1997), Arretche (2000), Nogueira (2005), Arruda e Almeida (2005), Camargo (2005), dentre outros, além de mobilizar a sociedade civil e as instâncias Federal, Estadual e Municipal na formulação de políticas públicas relacionadas à alimentação, que assegurem os direitos dos cidadãos. Dentre essas políticas, destacam-se o Programa Fome Zero e o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) (Rodrigues, 2012).

O PNAE existe no Brasil desde os anos da década de 1950, quando foi criada a Companhia Nacional de Alimentação Escolar (CNAE), marco que institucionalizou um programa já presente desde os anos de 1930, por meio de doações de alimentos destinadas a crianças carentes (Stefanini, 1998). O programa resguarda princípios e diretrizes baseadas no direito humano à alimentação adequada e não se restringe ao atendimento de populações em situação de vulnerabilidade.

Seu objetivo consiste em atender às necessidades nutricionais dos alunos durante a permanência em sala de aula, garantindo, no mínimo, uma refeição diária e contribuindo para o crescimento, a aprendizagem, o desenvolvimento e o rendimento escolar, além da formação de hábitos alimentares saudáveis. Entre seus propósitos, o programa busca aprimorar as condições fisiológicas e

psicológicas dos estudantes, colaborar para a melhoria do desempenho escolar, promover educação nutricional, reduzir a evasão escolar e dinamizar a economia local, valorizando a produção agrícola regional (Sobral; Costa, 2008; BRASIL, 2023).

Para esses mesmos autores, a necessidade de assegurar alimentação de qualidade à população tem instigado o poder público a adotar novas estratégias de implantação de políticas sociais que garantam o direito à alimentação adequada em quantidade suficiente, de forma contínua e com qualidade nutricional.

Nesse contexto, destaca-se o exemplo do município de Alegre, no Espírito Santo, cuja administração municipal adquire alimentos cultivados por agricultores familiares que aplicam princípios agroecológicos, incorporando-os à merenda escolar. Essa iniciativa tem fortalecido a economia local e a agricultura familiar, além de valorizar práticas sustentáveis de produção.

Os assentamentos de reforma agrária, por sua vez, constituem núcleos produtivos rurais que, quando apoiados por políticas públicas consistentes, podem se transformar em importantes centros de geração de trabalho, renda e segurança alimentar. Nessas áreas, a agricultura familiar exerce papel central na produção de alimentos saudáveis, no fortalecimento das cadeias curtas de comercialização e na oferta de excedentes destinados a programas como o PNAE e o Compra Direta de Alimentos (CDA) (Souza, 2017; Arruda *et al.*, 2023; Carcabrini *et al.*, 2024).

A adoção de métodos agroecológicos em assentamentos e comunidades rurais fortalece o manejo conservacionista do solo e da água, promove a sustentabilidade ambiental e contribui para a resiliência produtiva (Silva *et al.*, 2024). Além disso, a agroecologia tem se mostrado uma ferramenta eficaz para aliar sustentabilidade socioeconômica e conservação ambiental em territórios rurais, como evidenciado em estudos de caso no país (Gonçalves *et al.*, 2021).

Atualmente, a alimentação escolar permanece como pauta central nas discussões sobre políticas públicas no Brasil, especialmente diante dos desafios impostos pela insegurança alimentar e pelas desigualdades sociais. O PNAE se consolida como uma das principais estratégias para garantir o direito humano à

alimentação adequada, ao mesmo tempo em que se moderniza para incorporar princípios de sustentabilidade, valorização da agricultura familiar e promoção de hábitos alimentares saudáveis (BRASIL, 2023; FAO, 2024).

Com a obrigatoriedade legal de destinar parte de seus recursos à aquisição de produtos da agricultura familiar, especialmente os oriundos de práticas agroecológicas, o programa fortalece circuitos locais de produção e consumo, como observado no município de Alegre (ES). Esse movimento está alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), reforçando a função da alimentação escolar não apenas como política de assistência, mas também como vetor de transformação social, inclusão produtiva e justiça alimentar no Brasil.

2. Justificativa

O fortalecimento da alimentação escolar, o desenvolvimento da agricultura familiar e o incentivo à economia local configuram ações estratégicas para a promoção da sustentabilidade no campo. Essas iniciativas criam oportunidades e estimulam a adoção de sistemas produtivos de base ecológica, além de favorecerem a construção e consolidação de canais de comercialização voltados a alimentos saudáveis. Tais ações contribuem diretamente para o fortalecimento da agricultura familiar, por meio da motivação e apoio à produção, à comercialização e ao consumo de alimentos, com reflexos positivos na geração de trabalho e renda, na melhoria da qualidade de vida das famílias e na garantia da segurança alimentar.

Nesse contexto, programas institucionais de compras públicas, como o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e a Compra Direta de Alimentos (CDA), asseguram a aquisição dos alimentos produzidos pelas famílias agricultoras, garantindo um mercado estável e ampliando o acesso da população a alimentos em quantidade adequada e qualidade satisfatória.

A alimentação escolar, nesse sentido, pode ser considerada um dos serviços mais relevantes prestados à população, pois atinge diariamente milhões de estudantes em todo o país. É uma política de impacto universal, indispensável

tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento, uma vez que sem uma alimentação adequada não se concretiza plenamente a cidadania. Escolas que oferecem refeições de qualidade favorecem a aprendizagem, a permanência escolar e o desenvolvimento físico e cognitivo dos alunos.

Além disso, os alimentos oriundos da agricultura familiar e adquiridos pelo Governo Federal por meio dos programas de alimentação escolar e segurança alimentar compõem uma extensa rede de iniciativas sociais, que alcança comunidades em todas as regiões do Brasil. Essas políticas não apenas integram ações emergenciais de combate à fome — como no âmbito do Programa Fome Zero — mas também incorporam uma dimensão estruturante, ao assegurar renda estável às famílias agricultoras e promover a inclusão produtiva.

Diante desse cenário, justifica-se o presente estudo, cujo objetivo é avaliar a diversidade de produção e a comercialização de produtos de origem vegetal em comunidades rurais e assentamentos de reforma agrária do município de Alegre, localizado na região Sul do Espírito Santo (Figura 1).



Figura 1. Parque Estadual da Cachoeira da Fumaça, município de Alegre, região Sul do Espírito Santo. Fonte: Acervo Maria Aparecida Fernandes, 2022.

3. Revisão bibliográfica

3.1. Agroecologia

A agroecologia corresponde ao campo de conhecimentos que fornece bases científicas para apoiar o processo de transição do modelo de agricultura convencional para estilos de produção de base ecológica e sustentável, assim como para processos de desenvolvimento rural sustentável (Caporal; Costabeber, 2002a; Zacarias; Souza, 2019).

Sob a perspectiva agroecológica, a agricultura sustentável deve atender a critérios fundamentais, tais como: baixa dependência de insumos externos, uso de recursos renováveis acessíveis, conservação da aptidão produtiva em longo prazo, preservação da diversidade biológica e cultural, valorização do conhecimento e dos costumes da população local e produção de alimentos tanto para o consumo interno quanto para a comercialização (Gliessman, 1990; Francischetto *et al.*, 2023).

A agroecologia, nesse sentido, não se limita ao aspecto produtivo, mas busca integrar dimensões éticas, políticas, culturais, sociais e econômicas, tão relevantes quanto a ambiental. Além disso, constitui-se em um caminho para o fortalecimento da juventude rural e a promoção da igualdade de gênero, especialmente por meio da valorização da participação das mulheres (Caporal; Costabeber, 2002; Gliessman, 2018). Como destacam Gliessman (2000) e Rosset e Altieri (2023), a sustentabilidade só é alcançada mediante práticas alternativas fundamentadas no entendimento dos processos ecológicos que ocorrem tanto nas áreas produtivas quanto no ambiente em que estão inseridas.

A adoção de práticas agroecológicas possibilita o manejo adequado do solo, a restauração da fertilidade e o aumento da diversidade produtiva, resultando em alimentos saudáveis e em equilíbrio ecológico. Quando inseridos em redes de economia solidária, tais alimentos contribuem para a geração de renda e para a permanência das famílias no campo, reduzindo fenômenos como o êxodo rural, sobretudo da juventude (Bonelli, 2012; Altieri *et al.*, 2024).

Nessa perspectiva, os agroecossistemas alternativos visam à conservação dos recursos renováveis, à adaptação da agricultura ao ambiente e à manutenção de níveis elevados — porém sustentáveis — de produtividade

(Altieri, 1989; Gliessman, 2005; 2018). Além disso, a socialização dos saberes tradicionais e empíricos dos agricultores, integrada ao conhecimento científico, constitui um dos pilares para o fortalecimento da sustentabilidade (Rosset; Altieri, 2023; Altieri *et al.*, 2024).

Atualmente, a agroecologia tem ganhado destaque como resposta estratégica frente às múltiplas crises ambiental, alimentar, social e climática que desafiam os modelos convencionais de produção agrícola. Mais do que uma abordagem técnica, ela representa um movimento político, ético e sociocultural, que articula conhecimentos tradicionais e científicos em prol de uma agricultura justa, sustentável e enraizada nos territórios (Gonçalves *et al.*, 2019; Gonçalves *et al.*, 2021). No Brasil, políticas públicas como o Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (Planapo), o PNAE e o PAA reforçam esse papel, ampliando os circuitos locais de produção e consumo e promovendo a inclusão produtiva.

Pesquisas recentes evidenciam a contribuição da agroecologia para a recuperação ecológica e para a sustentabilidade da produção agrícola. Experiências de recuperação de áreas degradadas na Mata Atlântica, por meio de sistemas agroflorestais (SAFs), revelam a capacidade da agroecologia de recompor a biodiversidade, restaurar funções ecossistêmicas e gerar renda às famílias agricultoras (Oliveira; Souza; Trivellato, 2015; Zacarias; Souza, 2019; Egídio; Souza, 2025).

Estudos também apontam a relevância dos SAFs na mitigação das mudanças climáticas, em especial pelo papel que desempenham no ciclo do carbono e na conservação do solo e da água (Crespo; Souza; Silva, 2023; Silva *et al.*, 2024). Tais abordagens fortalecem a integração entre conservação ambiental, sustentabilidade produtiva e justiça social (Souza, 2015; 2018; Silva *et al.*, 2023).

Dessa forma, a agroecologia se consolida como uma proposta concreta para reconstruir relações equilibradas entre sociedade, natureza e economia, contribuindo para a resiliência das comunidades rurais em tempos de intensas transformações globais (Figura 2).



Figura 2. Agroecologia e sustentabilidade. Fonte: <https://h2ahubagroambiental.com.br/agroecologia/>.

3.2. Programas de Produção de Alimentos

Os programas de produção de alimentos se referem às iniciativas governamentais e políticas públicas voltadas ao incentivo da produção agrícola familiar e à promoção da segurança alimentar. Esses programas têm como objetivos principais apoiar a geração de renda para pequenos produtores, assegurar a oferta de alimentos de qualidade para a população, fortalecer a agricultura familiar e reduzir desigualdades regionais.

Por meio de mecanismos como a compra direta de produtos, assistência técnica, capacitação e acesso a mercados institucionais, tais programas contribuem para o desenvolvimento socioeconômico rural, estimulam práticas sustentáveis de produção e promovem a permanência das famílias no campo, diminuindo o êxodo rural.

3.2.1. Origem e evolução da alimentação escolar no Brasil

A alimentação escolar no Brasil teve início a partir de ações da sociedade civil e, em seguida, por meio de empenhos de alguns Estados e municípios, até alcançar o patamar de programa de abrangência nacional, coordenado pelo Governo Federal. Garantir a segurança alimentar é promover uma verdadeira

revolução, que envolve, além dos aspectos econômicos e sociais, também uma mudança profunda na estrutura de dominação política, estimulando a compra de produtos da agricultura familiar local e de assentamentos via demanda institucional para atender a merenda escolar, hospitais públicos, creches e outras entidades públicas (Stedile, 2005; ÓAÊ, 2025).

Outro expressivo progresso foi a iniciativa de articular gastos públicos com alimentação e a produção local da agricultura familiar, de modo que os programas que visam garantir o direito humano à alimentação possam também ser geradores de desenvolvimento local.

3.2.2. Histórico do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE)

O Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) criou mecanismos de gestão e abriu precedente do ponto de vista legal, autorizando a compra direta do agricultor familiar cadastrado, sem necessidade de licitação, democratizando e descentralizando as compras públicas e criando mercado para os pequenos produtores (Figura 3).



Figura 3. Processo de compra e venda da agricultura familiar para o PNAE.

Fonte: Fonte: BRASIL, 2014.

O PNAE teve início por volta de 1940, mas foi nos anos da década de 1950, mais precisamente em março de 1955, que o plano se concretizou pela assinatura do Decreto nº 37.106 (BRASIL, 2012), que estabeleceu a Campanha de Merenda Escolar (CME), vinculada ao Ministério da Educação.

O programa tem como uma de suas principais diretrizes “o apoio ao desenvolvimento sustentável, com incentivos para aquisição de gêneros alimentícios diversificados, preferencialmente produzidos e comercializados em âmbito local”. Durante a maior parte de sua história, o PNAE foi desenvolvido de forma centralizada e somente a partir da década de 1980 começou a experimentar formas descentralizadas de gestão: estadual, municipal, escolar, terceirizada e compartilhada (FNDE, 2006).

3.2.3. Consolidação e transformações do PNAE

O PNAE, ao longo dos tempos, passou por uma série de adequações, tendo como finalidade a diminuição da desnutrição dos alunos de toda a educação básica (educação infantil, ensino fundamental, ensino médio e educação de jovens e adultos) matriculados em escolas públicas e beneficentes, contribuindo para o progresso dos hábitos alimentares dos alunos (Vasconcelos, 2005; BRASIL, 2022; 2023; Silva; Souza; Pereira, 2022).

Segundo esses mesmos autores, o Programa de Merenda Escolar transformou-se, ao longo de sua trajetória, no atual PNAE, sustentado e coordenado pelo Governo Federal e executado pelos Governos estaduais, distritais e municipais. Após a celebração de convênios, em 1979 a campanha da merenda escolar passou a se titular como PNAE.

No ano de 2009, ocorreu a aprovação da Lei nº 11.947 (BRASIL, 2012), que trouxe novas melhorias, como a extensão do programa para toda a rede pública de educação básica de jovens e adultos e a garantia de que 30% dos repasses feitos pelo FNDE fossem investidos na obtenção de produtos da agricultura familiar (Carvalho; Castro, 2012).

O programa cresceu, diversificou-se e firmou-se como um dos maiores, mais abrangentes e efetivos programas de distribuição de alimentos, sendo executado e gerenciado pelo FNDE, a fim de apoiar o atendimento diário de

aproximadamente 40 milhões de estudantes em cerca de 150 mil escolas (Sobral; Costa, 2008; BRASIL, 2022; 2023; Silva; Souza; Pereira, 2022).

3.2.4. Estrutura atual e importância do PNAE

Atualmente, o PNAE é o mais antigo programa de alimentação em execução no Brasil, sob a coordenação do FNDE, autarquia vinculada ao Ministério da Educação, responsável por deter e difundir recursos financeiros a vários programas e projetos do ensino fundamental (BRASIL, 2022; 2023; FONSECA; OLIVEIRA; MACHADO, 2023).

De acordo com esses mesmos autores, o programa tem a finalidade de suprir, no mínimo, 20% das necessidades nutricionais diárias dos alunos durante o período escolar, colaborando para o crescimento, desenvolvimento, aprendizagem e rendimento escolar dos estudantes, além de favorecer a formação de hábitos alimentares saudáveis e a elevação da garantia alimentar de crianças e jovens no Brasil.

No âmbito local, podem ser lançados planos e programas pelas administrações municipais que, a partir da demanda da merenda escolar, viabilizam e sustentam a agricultura familiar do ponto de vista comercial e organizacional (AÇÃO FOME ZERO, 2012).

3.2.5. Recursos financeiros e fiscalização

O repasse é feito diretamente aos estados e municípios, com base no recenseamento escolar do ano anterior. O programa é fiscalizado pela sociedade, por meio dos Conselhos de Alimentação Escolar (CAEs), pelo FNDE, Tribunal de Contas da União (TCU), Secretaria Federal de Controle Interno (SFCI) e Ministério Público (MP) (FNDE, 2012; BRASIL, 2023).

Segundo o FNDE, a verba do programa em 2012 foi de aproximadamente R\$ 3,3 bilhões, beneficiando 45 milhões de estudantes da educação básica. Em 2017, houve aumento *per capita* após sete anos de congelamento, anunciado pelo presidente Michel Temer e pelo ministro da Educação Mendonça Filho. Os

R\$ 465 milhões adicionais beneficiaram 41 milhões de estudantes, valor mantido até 2019.

Com a pandemia de Covid-19, em 2020, o MEC, por meio do FNDE, orientou a distribuição de kits de alimentos, garantindo repasse de R\$ 4,3 bilhões (8,8% a mais que em 2019) (BRASIL, 2020). Em 2022, foram repassados R\$ 3,56 bilhões para atender mais de 37 milhões de estudantes. Em 2023, o valor subiu para R\$ 5,5 bilhões, alcançando cerca de 40 milhões de estudantes da educação básica. Em 2024, com a Resolução CD/FNDE nº 7/2024, os recursos passaram a ser transferidos em oito parcelas, totalizando R\$ 5,32 bilhões em 2025 (FNDE, 2025).

O número de alunos beneficiados vem caindo ligeiramente, o que pode ser resultado de ajustes do cômputo de matrículas ou exclusões de redes escolares, mas as diferenças são relativamente pequenas entre os anos citados (BRASIL, 2023; 2024).

A legislação mais recente referente ao Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) determina que, do total dos recursos financeiros repassados pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), no âmbito do programa, no mínimo 30% devem ser utilizados na aquisição de gêneros alimentícios diretamente da agricultura familiar e do empreendedor familiar rural ou suas organizações, conforme o artigo 14 da Lei nº 11.947/2009 (MDA, 2012).

Além disso, a Resolução CD/FNDE nº 06/2020 estabelece que as aquisições devem priorizar assentamentos da reforma agrária, comunidades tradicionais indígenas e comunidades quilombolas.

Recentemente, uma nova legislação foi sancionada, elevando esse percentual de 30% para 45%, com vigência a partir de 1º de janeiro de 2026.

3.2.6. Qualidade da alimentação escolar e diretrizes recentes

Atualmente, o fornecimento de alimentos processados e ultraprocessados na merenda são de 20%. O objetivo é reduzir esse percentual e oferecer uma alimentação mais saudável. Essa mudança impactará 40 milhões de alunos e faz parte das diretrizes da Resolução CD/FNDE nº 6/2020, que também

regulamenta a aquisição de gêneros da agricultura familiar com prioridade para mulheres de assentamentos, comunidades tradicionais e quilombolas.

A compra é feita por meio de Chamadas Públicas, com preços definidos para não ultrapassarem os do mercado atacadista e varejista. A redução dos elos de comercialização possibilita melhor remuneração aos agricultores familiares (Baccarin *et al.*, 2012).

Inicialmente, cada portador de DAP podia fornecer até R\$ 20.000,00 por ano. Em 2021, esse limite subiu para R\$ 40.000,00, tornando o programa mais atrativo financeiramente, mas exigindo maior organização dos agricultores, conforme estabelecido pela Resolução FNDE nº 21/2021.

Esse limite aplica-se tanto para fornecedores individuais quanto para grupos informais. No caso de grupos formais, como cooperativas ou associações, o valor máximo a ser contratado é calculado multiplicando o número de agricultores familiares (DAPs familiares) inscritos na DAP Jurídica pelo limite individual de comercialização, ou seja:

$$\text{Valor máximo a ser contratado} = \text{Número de agricultores familiares} \\ (\text{DAPs familiares}) \times \text{R\$ 40.000,00}$$

Essa medida visa ampliar a participação da agricultura familiar no fornecimento de alimentos para a merenda escolar, promovendo uma alimentação mais saudável e incentivando a economia local (FNDE, 2025).

3.2.7. Programa de Compra Direta de Alimentos (CDA)

Outra forma de aquisição de alimentos desenvolvida no Espírito Santo é o Programa de Compra Direta de Alimentos (CDA), coordenado pela Gerência de Segurança Alimentar e Nutricional (GESAN) da SEADH. Nesse modelo, o Estado repassa recursos ao município, que compra diretamente dos agricultores a preços justos (SETADES, 2025).

O CDA funciona desde 2007 e se tornou programa de Estado em 2011 com a Lei nº 11.505. Tem como objetivos: valorizar e fortalecer a agricultura familiar, garantir alimentos saudáveis às populações vulneráveis e aquecer a economia local.

No período 2021/2022, 15 agricultores participaram, recebendo até R\$ 6.500,00. Em 2023, De acordo com o Manual Técnico Operacional do CDA, o limite individual de comercialização para cada agricultor familiar participante é de R\$ 9.429,94 (nove mil, quatrocentos e vinte e nove reais e noventa e quatro centavos) por ano civil. Esse valor foi estabelecido pela Lei nº 11.505/2021 e é aplicado em diversos municípios do estado, como Marilândia, Ibirapu, Boa Esperança e Aracruz. Ele foi expandido para municípios como Mimoso do Sul, Guaçuí, São José do Calçado, Apiacá, Cachoeiro de Itapemirim e Bom Jesus do Norte, atendendo também assentamentos do INCRA (<https://setades.es.gov.br/programa-compra-direta-de-alimentos-cda-setades>).

O alimento adquirido é destinado a instituições como CRAS, APAEs, abrigos, hospitais e famílias em vulnerabilidade social. Entre os pontos positivos do CDA destacam-se: preços mais equitativos, garantia de comercialização, segurança da qualidade e promoção da diversificação agrícola (Nunes, 2007; Sant'ana; Pinheiro, 2009).

3.2.8. O Programa de Aquisição de Alimentos (PAA)

A criação do PAA, em 2003, foi fruto de mobilizações sociais e demandas por maior acesso da agricultura familiar às ações públicas de garantia de preço, renda e mercado. O programa também contribui para a segurança alimentar de segmentos mais vulneráveis, como os atendidos pela rede socioassistencial, cozinhas comunitárias e bancos de alimentos.

Os recursos advêm do MDA, por meio da CONAB, com complementação de estados e municípios. O controle social é exercido pelos Conselhos de Segurança Alimentar e Nutricional (CONSEA), Conselhos de Desenvolvimento Rural Sustentável (CDRS) ou Conselhos de Assistência Social (CAS) (Silva; Marques, 2009).

O PAA possui modalidades como Compra Direta da Agricultura Familiar, Doação Simultânea, Apoio à Formação de Estoque, Incentivo à Produção de Leite e Compra Institucional. No campo estudado, apenas a modalidade Doação Simultânea foi acessada.

Inicialmente, cada agricultor podia fornecer até R\$ 8.000,00 por ano. Em 2023, esse valor passou para R\$ 15.000,00, ampliando o interesse no programa.

3.2.9. Síntese

A política de alimentação escolar no Brasil evoluiu de ações pontuais da sociedade civil para um robusto sistema nacional de promoção da segurança alimentar, articulando governo, agricultores familiares e comunidades escolares.

Atualmente, programas como o PNAE, o PAA e o CDA consolidam-se como estratégias fundamentais de combate à fome e incentivo ao desenvolvimento rural sustentável. Com diretrizes que priorizam a compra direta da agricultura familiar, essas iniciativas fortalecem circuitos curtos de comercialização, asseguram renda no campo e promovem a diversificação da produção local.

3.3. Histórico dos Projetos de Assentamento e Comunidades Rurais

O município de Alegre possui base econômica essencialmente agrícola, destacando-se a predominância da agricultura familiar. Essa atividade se apresenta como uma das principais responsáveis pela geração de emprego e renda para a população local. Além do café e da pecuária de leite, a produção agrícola do município inclui milho, feijão, banana e hortaliças em geral. Atualmente, Alegre conta com dois assentamentos que abrigam 138 famílias, um banco da terra com 25 famílias e quatro créditos fundiários com 46 famílias, totalizando 209 famílias assentadas (Dardengo; Lima, 2011) (Figura 4).

No contexto nacional, as comunidades rurais assumem diferentes identidades, apresentando formas organizativas e modos de vida diversos ao longo do território brasileiro. Diante disso, as ações do governo federal, especialmente na última década, têm buscado atender às demandas específicas de cada grupo, respeitando suas particularidades e características socioculturais.



Figura 4. Assentamento Floresta, Alegre, ES: mulheres do café em curso de poda. Fonte: <https://www.es.gov.br/Noticia/mulheres-do-cafe-agricultoras-de-alegre-participam-de-curso-de-poda-do-conilon>.

Essas comunidades representam espaços rurais que frequentemente se tornam beneficiários de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento, principalmente por meio dos programas de compras governamentais. Tanto os investimentos das instituições públicas quanto as iniciativas das organizações não governamentais têm buscado impulsionar a independência econômica, política e social dessas populações, além de viabilizar estratégias para a melhoria de suas condições materiais de vida.

A comunidade de Feliz Lembrança, localizada no município de Alegre/ES, na região do Caparaó Capixaba, constitui um exemplo expressivo da agricultura familiar regional. Sua experiência é marcada pelo protagonismo da juventude rural, que tem assumido papel central no fortalecimento da consciência ecológica e das relações sociais. Atualmente, a comunidade é composta por 60 famílias que desenvolvem práticas agrícolas diversificadas, configurando-se como uma verdadeira “ilha de agricultura familiar”, cercada por propriedades voltadas à pecuária de gado (Figura 5).



Figura 5. Comunidade de Feliz Lembrança, Alegre, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2024.

Nos assentamentos, as terras são divididas em lotes de diferentes tamanhos, distribuídos entre as famílias, que priorizam cultivos voltados ao consumo próprio e destinam o excedente à comercialização em feiras livres e à participação nos programas governamentais, como o PNAE, o PAA e a CDA (INCRA, 2004).

O Projeto de Assentamento (PA) Fazenda Paraíso está localizado a 17 quilômetros da sede do município de Alegre, que possui aproximadamente 29.177 habitantes (IBGE, 2022). O acesso ao assentamento se dá por meio da rodovia municipal, que recebe periodicamente melhorias realizadas em parceria entre o governo estadual e a prefeitura, favorecendo o tráfego de veículos, o escoamento da produção e a comercialização dos alimentos. Criado em 22 de dezembro de 2000, o PA Fazenda Paraíso possui uma área total de 461,1 hectares, com capacidade para abrigar 40 famílias sob supervisão do INCRA/ES (INCRA, 2004).

➤ Reforma Agrária no Espírito Santo

No Espírito Santo, a reforma agrária teve início na segunda metade dos anos da década de 1980, sendo marcada, em grande parte, por ocupações pacíficas coordenadas por movimentos sociais. A maioria dos assentados era formada por pessoas oriundas de outros municípios e, em alguns casos, até mesmo de outros estados da federação (INCRA, 2004).

De acordo com o Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), o estado conta atualmente com **138 assentamentos rurais**, abrangendo uma área total de aproximadamente **385 mil hectares**. As 4.433 famílias assentadas (dados de 2011) pelo Programa Nacional de Reforma Agrária do Governo Federal têm como principal atividade econômica a produção de café. Além dessa cultura tradicional, os assentados, juntamente com as demais famílias da agricultura familiar, são responsáveis por grande parte da produção de alimentos consumidos diariamente pela população capixaba (MDA, 2011; 2025).

Nos últimos anos, o Programa de Assessoria Técnica, Social e Ambiental à Reforma Agrária (Ates), implantado em assentamentos do Espírito Santo, tem buscado diversificar e agregar valor à produção agrícola, possibilitando a melhoria da qualidade de vida das famílias atendidas (PORTAL BRASIL, 2011).

A agricultura familiar, além de seu papel econômico, possui ampla capacidade de contribuir para a proteção ambiental, a conservação da biodiversidade e da diversidade cultural, além de fomentar a dinamização das economias locais (Figura 6). Para que isso se concretize, é fundamental estimular estratégias de organização da produção — como associações e cooperativas —, além de promover a agregação de valor aos produtos, sobretudo aqueles oriundos de sistemas agroecológicos e diversificados (Stedile, 2005; Figueiredo *et al.*, 2022).



Figura 6. Comunidade de Feliz Lembrança, Alegre, ES: área recentemente adquirida e dividida entre 30 jovens famílias. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2024.

Segundo o INCRA (2008; 2025), a reforma agrária tem como objetivo central promover uma distribuição mais justa da terra, por meio da reestruturação de sua posse e uso, visando à justiça social, ao desenvolvimento rural sustentável e ao aumento da produção agrícola. Entre suas finalidades, destacam-se:

- A desconcentração e democratização da estrutura fundiária;
- O estímulo à produção de alimentos essenciais;
- A geração de trabalho e renda no campo;
- O combate à fome e à pobreza;
- A diversificação das atividades econômicas rurais;
- A ampliação do acesso a serviços públicos essenciais nas áreas interioranas;
- A contenção do êxodo rural;
- A democratização das instâncias de poder local; e
- A efetivação dos direitos de cidadania.

Dessa forma, a reforma agrária no Espírito Santo se apresenta não apenas como um instrumento de redistribuição fundiária, mas também como

política estruturante voltada à promoção de uma sociedade mais justa, equilibrada e sustentável.

4. Metodologia

O estudo foi conduzido em áreas de comunidades rurais e em assentamentos da reforma agrária localizados no município de Alegre – ES. Para contextualizar a pesquisa, elaborou-se um levantamento dos assentamentos presentes no Sul do Espírito Santo, com destaque para o município de Alegre.

A Tabela 1 apresenta a relação dos assentamentos, organizados por município e pelo número de famílias assentadas.

Tabela 1. Assentamentos de Reforma Agrária no município de Alegre, ES, segundo município e número de famílias assentadas.

Projetos de Assentamento	Município	Número de Famílias
Paraíso*	Alegre	77
Floresta	Alegre	40
17 de Abril	Muqui	78
Monte Alegre	Muqui	60
Nova Safra	Cachoeiro de Itapemirim / Itapemirim	105
Santa Fé	Apiacá	50
Teixeirinha	Apiacá	27
Santa Rita	Apiacá	50
Florestan Fernandes	Guaçuí / São José do Calçado	34
Palestrina	Mimoso do Sul	50
Che Guevara	Mimoso do Sul	45
União	Mimoso do Sul	56
Rancho Alegre	Mimoso do Sul	56
Luiz Taliuly Neto	Guaçuí	65
São Felipe	Guaçuí	18
José Marcos de Araújo Santos	Presidente Kennedy	77
Cachoeira das Garças	Mimoso do Sul	72

*Assentamento estudado no presente trabalho

Fonte: Dados da Pesquisa.

Por intermédio da realização de uma reunião com a equipe do projeto, foram discutidas as atividades de campo no âmbito das ciências agrárias, com

ênfase no diálogo constante com produtores rurais de assentamentos de reforma agrária em municípios do Sul do Espírito Santo. Nessa etapa, foram levantados dados sobre os assentados, visando à melhoria de sua produção, articulando o saber social e o saber acadêmico e integrando ensino, pesquisa e extensão por meio de ações contínuas de educação ambiental, tendo como base central a agroecologia.

Para a execução deste estudo, foi selecionado o município de Alegre, ES, localizado na região Sul do estado (Figura 7).



Figura 7. Localização do município de Alegre, ES. Fonte: Governo do ES.

O município de Alegre se destaca por possuir um sistema municipalizado na gestão do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE). O município situa-se a uma latitude sul de $20^{\circ}45'49''$ e a uma longitude oeste de $41^{\circ}31'57''$, possuindo uma área de 778,6 km² e uma população de 29.975 habitantes (IBGE, 2020). Desse total, pouco mais de 18.000 pessoas residem na sede municipal, enquanto o restante está distribuído em sete distritos: Araraí, Café, Rive, Celina, Santa Angélica, Anutiba e São João do Norte.

Na Figura 8 verifica-se a localidade de Feliz Lembrança; na Figura 9, o Assentamento Paraíso, ambos em Alegre, ES.

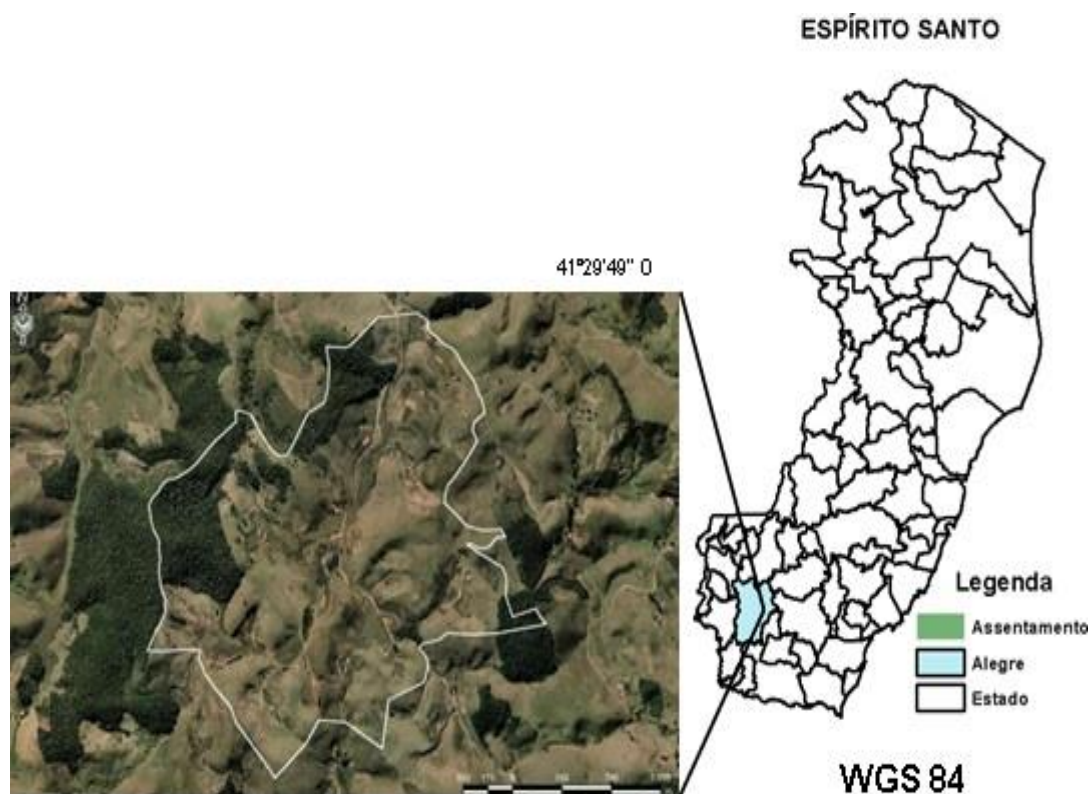


Figura 9. Localização do Assentamento Paraíso no município de Alegre - ES.
Fonte: Prefeitura de Alegre, ES.

As visitas de campo ocorreram no período de março a setembro de 2023. As famílias assentadas e das comunidades rurais visitadas desenvolvem atividades voltadas para a produção de alimentos saudáveis sob o viés da agroecologia, ou seja, sem o emprego de agroquímicos e com respeito ao ser humano e à natureza.

A pesquisa foi desenvolvida por meio de visitas técnicas às unidades produtivas dos agricultores, com o objetivo de levantar dados sobre a quantidade e diversidade de produtos de origem vegetal produzidos nos assentamentos e nas comunidades rurais, além de estimar a renda bruta de cada assentamento e a renda bruta média por família assentada, assistida pelos programas de compra de alimentos.

Os procedimentos metodológicos adotados foram divididos em duas etapas:

a) Primeira etapa: esta fase foi dedicada a compreender aspectos internos dos projetos de assentamento e das comunidades rurais junto à população

agrícola. O contato direto com os agricultores possibilitou percepções acerca da interação destes com o município em que estão inseridos. Foram identificadas as instituições com as quais os assentados e comunidades mantêm envolvimento ou parcerias comerciais. Nesta etapa, a abordagem da população rural ocorreu por meio das prefeituras locais, secretarias de assistência social, sindicatos, prestadoras de assistência técnica e outras entidades.

b) Segunda etapa: consistiu no levantamento da quantidade de produtos de origem vegetal produzida pelos agricultores para os programas PNAE, PAA e CDA, bem como da renda bruta dos beneficiários, da renda bruta anual dos assentamentos e da renda bruta por família nos assentamentos indicados.

4.1. Quantidade de produtos de origem vegetal oriundos dos projetos de assentamentos comercializados para o PNAE e o CDA

Os dados apresentados nas Tabelas 2 e 3 evidenciam a diversificação produtiva dos assentamentos e comunidades rurais, obtidos por meio de entrevistas com os agricultores e informações fornecidas pelos responsáveis pelos programas no município. Essas informações oferecem uma visão detalhada de que a produção de hortaliças tem representado o maior peso econômico na renda das famílias beneficiadas pelos programas de alimentação escolar.

Conforme destacado nas Tabelas, os programas mais consolidados e que abrangem maior número de famílias nos projetos de assentamento Paraíso e na Comunidade de Feliz Lembrança são o PNAE e o CDA. Esses programas apresentam a maior diversidade de produção agrícola, sendo também os mais rentáveis.

Portanto, é possível afirmar que uma das principais potencialidades dos projetos de assentamentos e comunidades rurais reside na diversificação das atividades e culturas de produção, fortalecendo a sustentabilidade econômica e alimentar das famílias envolvidas.

Tabela 2. Quantidade de produtos de origem vegetal oriundos dos projetos de assentamentos comercializados para o PNAE

Produto	Unidade	Assentamento Paraíso	Comunidade Feliz Lembrança
Abacate	Kg	150	200
Abóbora Madura	Kg	500	450
Abobrinha Verde	Kg	350	400
Banana da Terra	Kg	500	350
Banana Nanica	Kg	350	375
Banana Prata	Kg	400	375
Batata Doce	Kg	-	200
Biscoito Caseiro	Kg	500	-
Cebolinha	Kg	300	350
Couve	Kg	400	350
Feijão Preto	Kg	250	500
Limão	Kg	150	150
Mandioca	Kg	200	450
Mel de Abelha	Kg	-	50
Milho Verde	Kg	150	450
Palmito	Kg	150	220
Polpa sabor Acerola	Kg	-	500
Polpa sabor Caju	Kg	-	500
Salsinha	Kg	100	350
Tempero de Alho	Kg	20	20

* Referente ao ano de 2022.

Foi identificado que, segundo o levantamento realizado, tanto o Assentamento Paraíso quanto a Comunidade Feliz Lembrança comercializam seus produtos em dois programas de compras governamentais: o PNAE e o CDA. A análise dos dados apresentados nas Tabelas 2 e 3 evidenciam que, no total, estão cadastrados 21 produtos comercializados pelo Assentamento Paraíso e 29 produtos pela Comunidade Feliz Lembrança.

Tabela 3. Quantidade de produtos de origem vegetal oriundo do projeto de assentamento Paraíso e Comunidade Rural comercializados para CDA

Produtos*	Unidade	Paraíso	Comunidade Rural
Abacate	kg	150	150
Abóbora Madura	kg	250	300
Abobrinha Verde	kg	100	150
Alface	kg	-	200
Banana da terra	kg	100	200
Banana nanica	kg	100	150
Banana Prata	kg	150	180
Batata doce	kg	-	680
Biscoito caseiro	kg	450	-
Cebolinha	mç	150	200
Couve	mç	300	320
Feijão preto	kg	150	180
Limão	kg	-	130
Mandioca	kg	200	180
Milho Verde	kg	100	250
Palmito	kg	50	250
Polpa sabor acerola	kg	-	450
Polpa sabor caju	kg	-	450
Salsinha	mç	80	100
Tempero de alho	kg	20	20

* Referente ao ano de 2022.

De acordo com Belik e Chaim (2002), a comercialização de hortaliças e frutas ocorria, principalmente, por meio das feiras livres. Nos assentamentos e na comunidade rural estudados, essa prática ainda se mantém para produtos como palmito, aipim, milho verde, bananas, feijão, abóbora, limão e temperos verdes (Tabela 4).

Segundo Neiva (2006), a heterogeneidade dos produtos agrícolas produzidos tanto na comunidade rural quanto no assentamento é considerável, evidenciando uma diversificação expressiva. Esse cenário indica que os agricultores estão sendo incentivados a buscar informações de mercado e a

promover a produção de alimentos adequados aos padrões de consumo da população, ao mesmo tempo em que atendem às necessidades de sua própria família.

Tabela 4. Quantidade de produtos de origem vegetal oriundos dos projetos de assentamentos comercializados para o PAA

Produto	Unidade	Paraíso
Abóbora Madura	Kg	200
Abobrinha Verde	Kg	350
Almeirão	Kg	684
Banana da terra	Kg	300
Banana nanica	Kg	1000
Cebolinha	Kg	450
Couve	Kg	650
Jiló	Kg	300
Mandioca	kg	600
Milho Verde	kg	500
Salsinha	kg	350

* Referente ao ano de 2022.

Conforme demonstrado nas Tabelas 1, 2 e 3, as entidades assistidas pelos programas de alimentação escolar estão recebendo uma variedade significativa de alimentos, evidenciando uma dieta rica em frutas, hortaliças e verduras. É importante destacar que todos os produtos fornecidos são provenientes da agricultura familiar, sendo muitos deles produtos regionais. Essa prática visa valorizar a produção local, respeitar os hábitos alimentares da população e fortalecer a vocação agrícola da região.

Além disso, a comercialização de produtos da agricultura familiar por meio dos programas PNAE, CDA e PAA contribui diretamente para o desenvolvimento econômico local, ao garantir renda estável para os agricultores e incentivar a diversificação produtiva. Ao mesmo tempo, essas iniciativas promovem a inclusão social e a segurança alimentar das comunidades rurais, fortalecendo os laços entre produtores, escolas e entidades assistenciais. Dessa forma, os programas de alimentação escolar configuram-se não apenas como políticas de

garantia alimentar, mas também como instrumentos de sustentabilidade rural, desenvolvimento regional e valorização da agricultura familiar, mostrando a importância de políticas públicas integradas que articulem produção, consumo e gestão comunitária.

4.2. Renda Bruta dos Projetos de Assentamento e Comunidade Rural

Nas Tabelas 4, 5, 6 e 7 são apresentadas as estimativas da renda bruta anual do assentamento e da comunidade rural, obtidas por meio da comercialização de produtos junto aos programas de alimentação escolar (PNAE, CDA e PAA).

Tabela 4. Valor unitário, quantidade produzida e valor total arrecadado na comunidade Paraíso

Produtos	Valor Unitário (R\$)	Quantidade Produzida (Paraíso)	Valor Total (R\$)
Abacate	5,80	150	870,00
Abóbora Madura	3,50	500	1.750,00
Abobrinha Verde	4,50	350	1.575,00
Banana da terra	8,50	500	4.250,00
Banana nanica	2,50	350	875,00
Banana Prata	3,00	400	1.200,00
Biscoito caseiro	25,00	500	12.500,00
Cebolinha	1,50	300	450,00
Couve	2,00	400	800,00
Feijão preto	8,50	250	2.125,00
Limão	5,00	150	750,00
Mandioca	3,00	200	600,00
Milho Verde	13,50	150	2.025,00
Palmito	13,00	150	1.950,00
Salsinha	1,50	100	150,00
Tempero de alho	20,00	20	400,00
Total		4.470	32.270,00

Fonte: Dados da pesquisa.

A análise desses dados evidencia que tanto a comunidade rural quanto o assentamento possuem elevada produção de alimentos, refletindo diretamente no incremento da renda dos agricultores. Esse resultado pode ser explicado pelo número significativo de famílias beneficiadas pelos programas de compra de alimentos, o que permite maior escala de produção e comercialização, fortalecendo economicamente os projetos de agricultura familiar.

Tabela 5. Renda bruta do projeto do Assentamento Paraíso obtida pela venda ao programa PNAE

Produtos	Valor Unitário (R\$)	Quantidade Produzida	Valor Total (R\$)
Abacate	5,80	150	870,00
Abóbora Madura	3,50	500	1.750,00
Abobrinha Verde	4,50	350	1.575,00
Banana da terra	8,50	500	4.250,00
Banana nanica	2,50	350	875,00
Banana Prata	3,00	400	1.200,00
Biscoito caseiro	25,00	500	12.500,00
Cebolinha	1,50	300	450,00
Couve	2,00	400	800,00
Feijão preto	8,50	250	2.125,00
Limão	5,00	150	750,00
Mandioca	3,00	200	600,00
Milho Verde	13,50	150	2.025,00
Palmito	13,00	150	1.950,00
Salsinha	1,50	100	150,00
Tempero de alho	20,00	20	400,00
Total	—	4.470	32.270,00

* Referente ao ano de 2022

Tabela 6. Renda bruta da Comunidade Rural obtida pela venda ao programa PNAE

Produtos	Valor Unitário (R\$)	Quantidade Produzida	Valor Total (R\$)
Abacate	5,80	200	1.160,00
Abóbora Madura	3,50	450	1.575,00
Abobrinha Verde	4,50	400	1.800,00
Banana da terra	8,50	350	2.975,00
Banana nanica	2,50	375	937,50
Banana Prata	3,00	375	1.125,00
Batata doce	4,50	200	900,00
Cebolinha	1,50	350	525,00
Couve	2,00	350	700,00
Feijão preto	8,50	500	4.250,00
Limão	3,00	150	450,00
Mandioca	3,00	450	1.350,00
Mel de Abelha	30,00	50	1.500,00
Milho Verde	13,50	450	6.075,00
Palmito	13,00	220	2.860,00
Polpa sabor acerola	15,00	500	7.500,00
Polpa sabor caju	15,00	500	7.500,00
Salsinha	1,50	350	525,00
Tempero de alho	20,00	20	400,00
Total	—	6.740	56.482,50

* Referente ao ano de 2022.

Outro fator evidenciado na análise dos dados produtivos é que a diversificação das atividades agrícolas contribui significativamente para o aumento da renda das famílias ao longo do ano produtivo. No assentamento e na comunidade rural estudados, essa diversificação inclui hortaliças, frutas, raízes, polpas e produtos processados artesanalmente, promovendo não apenas segurança econômica, mas também segurança alimentar. Essa característica

histórica da agricultura familiar fortalece a autonomia das famílias e contribui para a valorização da produção local e regional.

Além disso, a adoção de práticas agroecológicas, que evitam o uso de agroquímicos e respeitam o equilíbrio ambiental, potencializa a qualidade dos produtos e agrega valor à produção. Segundo Nunes (2007), ao longo dos seis anos de operação do programa CDA no município de Alegre, as famílias beneficiadas pela venda de seus produtos ao governo federal obtiveram garantia de renda, melhoria da qualidade de vida e maior poder de compra, fomentando também a economia local e consolidando a integração entre produção sustentável e políticas públicas de alimentação (Tabelas 7 e 8).

Tabela 7. Renda bruta do projeto de assentamento Paraíso obtida pela venda ao programa CDA

Produtos	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Quantidade Produzida	Valor Total (R\$)
Abacate	Kg	5,80	175	1.015,00
Abóbora Madura	Kg	3,50	450	1.575,00
Abobrinha Verde	Kg	4,50	400	1.800,00
Banana da terra	Kg	8,50	475	4.037,50
Banana nanica	Kg	2,50	360	900,00
Banana Prata	Kg	3,00	350	1.050,00
Biscoito caseiro	Kg	25,00	480	12.000,00
Cebolinha	molho	2,00	350	525,00
Couve	molho	2,50	450	900,00
Feijão preto	Kg	8,50	260	2.210,00
Limão	Kg	3,00	160	480,00
Mandioca	Kg	3,00	220	660,00
Milho Verde	Kg	13,00	160	2.160,00
Palmito	Kg	13,50	160	2.210,00
Salsinha	molho	1,50	170	225,00
Tempero de alho	Kg	20,00	25	500,00
Total			4.635	32.247,50

* Referente ao ano de 2022.

Tabela 8. Renda bruta da comunidade rural obtida pela venda ao programa CDA

Produto	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Quantidade Produzida	Valor Total (R\$)
Abacate	kg	5,80	220	1.276,00
Abóbora Madura	kg	3,50	460	1.610,00
Abobrinha Verde	kg	4,50	420	1.890,00
Banana da terra	ud	8,50	475	2.932,50
Banana nanica	kg	2,50	345	937,50
Banana Prata	kg	3,00	375	1.125,00
Batata doce	molho	4,50	375	1.125,00
Cebolinha	kg	1,50	250	562,50
Couve	kg	2,00	375	920,00
Feijão preto	ud	8,50	460	3.230,00
Limão	kg	3,00	380	540,00
Mandioca	molho	3,00	180	1.050,00
Mel de abelha	kg	30,00	350	1.650,00
Milho Verde	Kg	13,00	55	4.725,00
Palmito	kg	13,50	350	2.990,00
Polpa sabor acerola	kg	15,00	230	6.750,00
Polpa sabor caju	kg	15,00	450	6.750,00
Salsinha	molho	1,50	250	375,00
Tempero de alho	kg	20,00	250	500,00
Total			6.000	40.938,50

* Referente ao ano de 2022.

A renda total obtida nos estabelecimentos familiares evidencia o potencial econômico e produtivo dos agricultores familiares. Apesar dos desafios enfrentados, esses agricultores não produzem apenas para subsistência, mas também geram renda por meio da comercialização da produção agrícola de seus lotes. Conforme Neiva (2006), observa-se que a produção privilegia alimentos como abóbora, palmito, banana, milho verde, temperos verdes, entre outros, cultivados por diversos assentados. Além disso, todos os produtos possuem destinação dupla: parte é destinada ao consumo próprio das famílias e outra parte é comercializada por meio dos programas governamentais, contribuindo

para o fortalecimento do desenvolvimento rural sustentável e para a melhoria da qualidade de vida dos assentados e de suas famílias.

Essa dinâmica demonstra a importância da agricultura familiar na promoção da segurança alimentar e na diversificação produtiva local, reduzindo a dependência de insumos externos e fortalecendo as economias regionais. Ademais, a inserção desses produtores em políticas públicas, como o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), consolida o papel social e ambiental da agricultura familiar, estimulando práticas agroecológicas e a valorização dos saberes tradicionais.

4.3. Renda bruta anual de cada projeto de assentamento e comunidade rural

A análise da Tabela 9 evidencia que os agricultores que passaram a comercializar seus produtos nos programas PNAE e CDA apresentaram incremento significativo de renda no período avaliado (ano de 2022). Esse aumento de renda reflete não apenas uma melhoria na qualidade de vida das famílias assentadas e da comunidade rural, mas também contribui para a dinamização da economia local.

Tabela 9. Renda bruta anual (R\$) Projeto do Assentamento e da Comunidade Rural

Programas	Assentamento Paraíso (R\$)	Comunidade Rural (R\$)
PNAE	32.270,00	56.482,50
CDA	32.247,50	40.938,50
Total	64.517,50	97.421,00

* Referente ao ano de 2022.

A operacionalização dos programas PNAE e CDA proporciona benefícios que vão além do setor agrícola. Ela promove o desenvolvimento sustentável das regiões atendidas, permitindo a inserção da mão de obra familiar nas atividades produtivas, estimulando a heterogeneidade produtiva e respeitando os hábitos e costumes culturais locais. Dessa forma, a participação nesses

programas fortalece a agricultura familiar, incentiva a produção diversificada e valoriza os produtos regionais, contribuindo para a segurança alimentar e o fortalecimento socioeconômico das comunidades.

Segundo o PEDEAG (2008), até o ano de 2025, a produção de hortaliças e frutas no Espírito Santo apresentou avanços significativos, com melhoria na qualidade dos produtos, redução de perdas nos processos de embalagem e comercialização, e atendimento aos requisitos do mercado interno.

De acordo com Melo (2008), nos últimos dez anos, a produção de hortaliças no Brasil aumentou mais de 30%; em 2006, a produção absoluta atingiu aproximadamente 17 milhões toneladas. De acordo com o Portal Embrapa (2024), o Brasil possui uma produção anual de hortaliças superior a 18,7 milhões de toneladas, cultivadas em uma área de aproximadamente 800 mil hectares. Esse cenário demonstra o potencial de expansão do mercado, mostrando que os assentamentos de Reforma Agrária possuem grande capacidade para produzir alimentos com garantia de preços e inserção no mercado.

Além disso, conforme o PEDEAG (2008), garantir o acesso dos produtores familiares e assentados de reforma agrária às redes de comercialização e abastecimento contribui para o desenvolvimento rural, respeitando a pluriatividade característica desses produtores. A produção voltada para o consumo familiar, somada à comercialização, é um componente relevante a ser considerado no levantamento da renda bruta anual das propriedades agrícolas.

4.4. Renda bruta anual média das famílias assentadas e da comunidade rural

Ao analisar a Tabela 10 e durante as discussões com os agricultores sobre o aumento dos lucros decorrentes da entrega de gêneros alimentícios diretamente para a merenda escolar, observou-se um consenso sobre o incremento da renda. Isso ocorre porque os produtos são vendidos a preços de mercado, tanto em pequenas quanto em grandes quantidades. Antes da implantação dos programas de compra de alimentos, a produção dos assentados e da comunidade rural era repassada a atravessadores por valores muito baixos, prejudicando significativamente a renda das famílias. Atualmente,

as famílias dispõem de diversas opções de mercado, garantindo melhores condições de comercialização.

Tabela 10. Renda bruta anual (R\$) média das famílias assentadas e comunidade rural

Programas	PA Paraíso (R\$)	Comunidade Rural (R\$)
PNAE	5.378,33	5.648,25
CDA	6.449,50	8.187,70
Total	11.827,83	13.835,95

* Referente ao ano de 2022.

A diversidade de produtos agrícolas oriundos dos projetos de assentamentos é ampla, abrangendo tanto a produção vegetal quanto a criação animal. No conjunto, todos os produtos contribuem, de alguma forma, para a geração de renda por meio da comercialização ou para o consumo alimentar das famílias, reforçando a sustentabilidade econômica e social dos assentamentos e da comunidade rural.

Nas entrevistas realizadas com os assentados e agricultores da comunidade rural, os participantes ressaltaram a importância fundamental da manutenção da qualidade dos produtos para garantir a continuidade de sua participação nos programas de alimentação. A qualidade dos alimentos influencia diretamente os preços praticados e a aceitabilidade pelos beneficiários das entidades assistidas. Dessa forma, percebe-se que essa preocupação dos produtores reflete uma mudança nos hábitos de consumo da população, cada vez mais atenta à qualidade dos alimentos consumidos.

De acordo com Formiga e Araújo (2012), estudos demonstraram que a capitalização local foi significativamente estimulada ao longo do ano de 2012, uma vez que os comerciantes relataram aumento nos lucros e maior poder de compra por parte dos agricultores. Esses resultados evidenciam que os beneficiários dos programas PNAE e CDA tiveram aumento de renda, melhoria na qualidade de vida e contribuíram para a dinamização da economia local, promovendo uma maior movimentação do mercado interno.

4.5. Benefícios da agroecologia e das políticas públicas para a comercialização, geração de renda e redução do êxodo rural

A agroecologia, enquanto abordagem científica, prática e social, tem se destacado como uma ferramenta estratégica para o fortalecimento da agricultura familiar, promovendo práticas agrícolas sustentáveis que equilibram produtividade, conservação ambiental e inclusão social (Altieri, 1989; Gliessman, 2005; Altieri *et al.*, 2024). Ao adotar sistemas diversificados de produção, como hortas, cultivos perenes e sistemas agroflorestais, os agricultores familiares conseguem não apenas assegurar a segurança alimentar de suas famílias, mas também gerar excedentes para comercialização, ampliando suas fontes de renda.

Nesse contexto, políticas públicas voltadas à comercialização de produtos da agricultura familiar, como o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e o Programa de Compra Direta da Agricultura Familiar (CDA), desempenham papel fundamental. Tais programas garantem que a produção familiar encontre canais de comercialização seguros, com preços justos e regulares, reduzindo a dependência de atravessadores e mercados informais, os quais frequentemente oferecem preços abaixo do valor de mercado (Neiva, 2006; Camargo *et al.*, 2013; Souza, 2017; Rosset; Altieri, 2023).

O acesso a esses programas proporciona benefícios econômicos diretos, como aumento da renda bruta anual das famílias, além de estimular a produção local, valorizando produtos regionais e respeitando os hábitos alimentares das comunidades (Nunes, 2007; PEDEAG, 2008; 2024). A combinação de práticas agroecológicas com políticas públicas voltadas à comercialização permite que os assentamentos e comunidades rurais não apenas diversifiquem suas atividades agrícolas, mas também alcancem maior estabilidade financeira, fortalecendo o desenvolvimento rural sustentável.

Outro aspecto relevante é a redução do êxodo rural. Ao oferecer oportunidades concretas de geração de renda no campo, por meio da venda de produtos a programas governamentais e mercados locais, essas políticas incentivam os jovens e demais membros das famílias a permanecerem na zona rural, contribuindo para a manutenção da população no campo, preservação

cultural e continuidade das práticas agrícolas sustentáveis (Caporal; Costabeber, 2002a; Formiga; Araújo, 2012). Assim, a integração da agroecologia com programas de políticas públicas não só aumenta a resiliência econômica das famílias, como também promove a justiça social e ambiental, consolidando modelos de produção que priorizam a sustentabilidade e a equidade no meio rural (Souza, 2017; Rosset; Altieri, 2023).

A Tabela 11 apresenta as relações entre Agroecologia, Programas Públicos, Benefícios Econômicos, Sociais e Ambientais.

Tabela 11. Relação entre práticas agroecológicas, programas públicos e benefícios socioeconômicos e ambientais

Dimensão	Elementos	Benefícios Diretos	Benefícios Indiretos
Práticas Agroecológicas	Sistemas diversificados de produção (hortas, SAFs, cultivos perenes)	Segurança alimentar, produção sustentável	Preservação ambiental, aumento da biodiversidade
Programas Públicos de Comercialização	PNAE, PAA, CDA	Venda com preço justo, renda adicional, acesso a mercados	Fortalecimento da economia local, valorização de produtos regionais
Geração de Renda	Comercialização de excedentes	Incremento da renda familiar, aumento do poder de compra	Melhoria da qualidade de vida, incentivo à permanência no campo
Redução do Êxodo Rural	Oportunidades de renda e capacitação	Permanência de jovens e adultos na zona rural	Preservação cultural e continuidade das práticas agrícolas
Desenvolvimento Sustentável	Integração entre práticas agroecológicas e políticas públicas	Produção de alimentos saudáveis e diversificados	Sustentabilidade social, econômica e ambiental

Fonte: Dados da pesquisa.

5. Considerações

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam que os projetos de assentamento e a comunidade rural analisados apresentam significativa diversidade de produção agrícola, destacando-se principalmente as hortaliças como grupo predominante de produtos de origem vegetal. Entre os produtos mais comercializados nos programas de alimentação (PNAE, CDA e PAA) encontram-se banana, abóbora, couve, milho verde, temperos verdes e palmito, evidenciando que os agricultores atuam com uma produção diversificada, adequada às demandas do mercado local e regional, e em consonância com os hábitos alimentares da população e a vocação agrícola da região.

A análise econômica mostra que a diversificação da produção e a inserção nos programas de compra governamentais têm impacto direto na rentabilidade das famílias. No assentamento Paraíso, por exemplo, a renda bruta anual obtida com o PNAE foi de R\$ 32.270,00 e com o CDA de R\$ 32.247,50, totalizando R\$ 64.517,50 por ano. Na comunidade de Feliz Lembrança, a renda bruta anual obtida com o PNAE foi de R\$ 56.482,50 e com o CDA de R\$ 40.938,50, totalizando R\$ 97.421,00 por ano. Quando analisada a renda média por família, observa-se que cada família no assentamento Paraíso recebeu, em média, R\$ 11.827,83 por ano, enquanto na comunidade de Feliz Lembrança a renda média anual por família foi de R\$ 13.835,95. Esses valores evidenciam que a comercialização direta com programas governamentais proporciona uma fonte sólida de renda, superando em muito os ganhos obtidos anteriormente via intermediários e atravessadores.

A comparação entre os programas demonstra que o PNAE atinge um número maior de famílias e produtos, sendo responsável por parcela significativa da renda, enquanto o CDA apresenta produtos de maior valor agregado, especialmente polpas de frutas e hortaliças frescas. O PAA, embora presente em menor escala, contribui de forma complementar, principalmente no assentamento, com cinco famílias beneficiadas. Esta diversificação de canais de comercialização garante estabilidade financeira, maior poder de compra e possibilidade de reinvestimento na produção.

Além do incremento econômico, observa-se que a participação nos programas de alimentação estimula práticas produtivas sustentáveis e

agroecológicas, respeitando o meio ambiente e promovendo qualidade dos produtos. A produção diversificada garante não apenas maior rentabilidade, mas também segurança alimentar para as famílias e qualidade nutricional para a população atendida pelos programas. Produtos como hortaliças, frutas, polpas e temperos verdes possuem alta demanda, o que reforça o potencial de lucro e consolida a agricultura familiar como atividade economicamente viável e sustentável.

Portanto, os assentamentos e a comunidade rural analisados demonstram grande potencial produtivo, econômico e social. A diversificação agrícola, aliada à participação em programas de compra governamentais, tem mostrado ser um instrumento eficaz para aumentar a renda, garantir mercado estável, fortalecer a economia local e promover desenvolvimento rural sustentável. Os dados quantitativos evidenciam que a rentabilidade não está apenas ligada à quantidade de produtos, mas também à sua valorização no mercado, à qualidade e à organização da produção, consolidando uma estratégia eficiente de geração de renda e sustentabilidade para os agricultores familiares da região.

8. Referências

AÇÃO FOME ZERO. **Prêmio gestor eficiente da merenda escolar**. Disponível em: <<http://www.acaofozero.org.br/premio/midiateca/Paginas/pnae.aspx>>. Acesso em: 25 maio 2012.

AGROECOLOGIAEMREDE. **Comunidade-Feliz-Lembrança**. Disponível em: <https://agroecologiaemrede.org.br/experiencia/comunidade-feliz-lebranca-alegre-es/>. Acesso em: 25 nov. 2023.

ALPINO, T. M. A. *et al.* COVID-19 e (in) segurança alimentar e nutricional: ações do Governo Federal brasileiro na pandemia frente aos desmontes orçamentários e institucionais. **Cadernos de Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n. 8, p. e00161320, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00161320>.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I.; GONZÁLEZ DE MOLINA, M.; SALAZAR ROJAS, A. Landscape Agroecology: Methodologies and Applications for the Design of Sustainable Agroecosystems. **Land**, v. 13, n. 11, 2024.

ALTIERI, M. **Agroecologia**: as bases científicas da agricultura alternativa. Rio de Janeiro: PTA/FASE, 1989. 249 p.

ARRETCHE, M. **Estado federativo e políticas sociais**: determinantes da descentralização. Rio de Janeiro: Revan; São Paulo: FAVESP, 2000.

ARRUDA, E. E.; ALMEIDA, C. M. **A mercantilização do Programa Nacional de Merenda Escolar**. Intermeio: revista do mestrado em educação. Campo Grande-MS, 2005.

ARRUDA, S. F. de; FERRARI, J. L.; GASS, S. L. B.; SILVA, D. M. da; GONÇALVES, M. M.; NOVAES SOUZA, M. 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. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. VI. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. p. 126-159. ISBN: 978-65-84548-14-5. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-14-5.c4>.

ASSOCIAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DO PARANÁ. **Após sete anos, Ministério da Educação reajusta repasses da merenda escolar para os municípios de 12% a 15%**. Curitiba, 2017. Disponível em: <http://www.ampr.org.br/2017/02/610/Apos-sete-anos-Ministerio-da-Educacao-reajusta-repasses-da-merenda-escolar-para-os-municipios-de-12-a-15.html>. Acesso em: 25 mai. 2025.

BELIK, W.; CHAIN, N. A. **Formas híbridas de coordenação na distribuição de frutas, legumes e verduras no Brasil**. 2002. Disponível em: <http://www.eco.unicamp.br/artigos/artigo173.htm>. Acesso em: 23 ago. 2012.

BONELLI, C. **Agroecologia para um projeto de reforma agrária sustentável**. GT 06, Meio Ambiente e Ruralidade: possibilidades e limites de desenvolvimento, 2012.

BRASIL. Congresso. Senado. **Decreto nº 37.106, de 31/03/1955**. Publicado no DOU de 02/04/1955. Institui a Campanha de Merenda Escolar (CME). Disponível em: <http://www6.senado.gov.br/legislacao/listapublicacoews.action?Id=168598&tipoDocumento=DEC&tipotexto=PUB>. Acesso em: 14 dez. 2012.

BRASIL. Agência Gov / FNDE. **Dia Mundial da Educação: caminho para transformar vidas – recursos do PNAE em 2024**. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://agenciogov.ebc.com.br/noticias/202504/dia-mundial-da-educacao-fnde-reforca-seu-compromisso-com-a-transformacao-social>. Acesso em: 4 out. 2025.

BRASIL. **Aquisição de produtos da agricultura familiar para a alimentação escolar**. Brasília: FNDE. 2014.

BRASIL. Congresso. Senado. **Lei n. 11.947, de 15 de junho de 2009**. Publicada no DOU de 17/06/2009. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro na Escola aos alunos da educação básica, e altera a Lei no 10.880, de 09 de junho de 2004. Disponível em: <http://legis.senado.gov.br/sicon/index.jsp>. Acesso em: 14 dez. 2012.

BRASIL. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). **Alimentação Escolar: conheça os avanços alcançados em 2023**. Brasília, DF: FNDE, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/fnde/pt->

br/assuntos/noticias/alimentacao-escolar-conheca-os-avancos-alcancados-em-2023. Acesso em: 4 out. 2025.

BRASIL. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). **Dados físicos e financeiros do PNAE**: número de estudantes beneficiados e recursos federais repassados – Redes Estadual, Distrital e Municipal, 1995-2023. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/fnde/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/pnae/consultas/pnae-dados-fisicos-e-financeiros-do-pnae>. Acesso em: 4 out. 2025.

BRASIL. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). **Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE)**: alimentação saudável nas escolas públicas do Brasil. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2023. Disponível em: <https://www.fnde.gov.br/programas/pnae>. Acesso em: 4 out. 2025.

BRASIL. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). **Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE)**: histórico e legislação. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2023. Disponível em: <https://www.fnde.gov.br/programas/pnae>. Acesso em: 4 out. 2025.

BRASIL. **Lei n. 13.987, de 7 de abril de 2020**. Altera a Lei nº 11.947, de 16 de junho de 2009, para autorizar, em caráter excepcional, durante o período de suspensão das aulas em razão de situação de emergência ou calamidade pública, a distribuição de gêneros alimentícios adquiridos com recursos do Programa Nacional de Alimentação Escolar (Pnae) aos pais ou responsáveis dos estudantes das escolas públicas de educação básica. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 de abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Alimentação Escolar**: manual de orientação para os conselhos de alimentação escolar. Brasília, DF: MEC, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br>. Acesso em: 4 out. 2025.

CAMARGO, M. de L. M. **Contratação de serviços em alimentação escolar**: terceirização, um novo conceito de gestão em merenda. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Estratégia em Negócios). Rio de Janeiro, 2005.

CAMARGO, R. de; BACCARIN, J. G.; SILVA, D. B. P. da. O papel do Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) no fortalecimento da agricultura familiar e promoção da segurança alimentar. **Temas de Administração Pública**, v. 8, n. 2, p. 1-21, 2013.

CAPORAL, F. R. **Artigos e publicações complementares da Embrapa e da FAO sobre o enfoque agroecológico**. 2009.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia**: enfoque científico e estratégico. Porto Alegre: EMATER/RS, 14.05, 2002a.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Análise multidimensional da sustentabilidade: uma proposta metodológica a partir da Agroecologia. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v.3, n.3, jul./set, 2002b.

CARCABRINI, M. A. P.; SERAFINI, R. R.; FERRARI, J. L.; SOUZA, M. N.; ROCHA, R. S.; LOPES, A. C. Caracterização da cafeicultura dos assentamentos floresta e paraíso no município de Alegre sul do Espírito Santo. p. 93-113. 2024. In: SIMÃO, J. B. P.; PELUZIO, J. B. E.; PELUZIO, T. M. de; LIMA, M. da S. P.; BESTETI, P. I. O.; LOPES, A. C.; FERBEK, G. J. V. (Org.). **A cafeicultura do Caparaó: resultados de pesquisas** Vol. VII. Alegre, ES: Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Espírito Santo, 2024. 264 p. ISBN: 978-85-8263-867-5. Formato: e-book PDF (livro digital).

CARVALHO, D. G. de; CASTRO, V. M. de. **O Programa Nacional de Alimentação Escolar – PNAE como Política Pública de Desenvolvimento Sustentável Políticas Públicas e Instrumentos de Gestão para o Desenvolvimento Sustentável**. Políticas Públicas e Instrumentos de Gestão para o Desenvolvimento Sustentável, 2012.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Agricultura Familiar Programa de Aquisição de Alimentos - PAA: Resultados das Ações da Conab em 2020**. Brasília, DF: Conab, 2021. 13 p. (Compêndio de Estudos Conab, v. 30). Responsável técnico: VIEGAS, Gustavo Lund.

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. Home page: <https://editora.incaper.es.gov.br/incaper-em-revista>. DOI:10.54682/ier.v.13e14.p06.19.

DARDENGO, A. C.; LIMA, H. C., **Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural Proater 2011 – 2013**, Alegre, Planejamento e Programação de Ações, 2011.

DELGADO, G. C.; CONCEIÇÃO, J. C. P. R. da; OLIVEIRA, J. J. de. **Avaliação do programa de aquisição de alimentos da agricultura familiar (PAA)**. 2005.

EGIDIO, L. S.; SOUZA, M. N. Recuperação de áreas degradadas na Mata Atlântica: 23 anos de restauração ecológica e agrofloresta na Estância São Lucas, Guaçuí – ES. Restoration of degraded areas in the Atlantic Forest: 23 years of ecological restoration and agroforestry in the Estância São Lucas, Guaçuí - ES. Fronteiras: **Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 14, p. 230-241, 2025. Home page: <https://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/7988>. DOI: 10.21664/2238-8869.2025v14i3.7988.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Sustainable school food and nutrition programmes: key tools for achieving the Sustainable Development Goals**. Rome: FAO, 2024. Disponível em: <https://www.fao.org>. Acesso em: 4 out. 2025.

FAO. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. **Brasil participa de novo ciclo de trocas de experiências internacionais sobre políticas de acesso à terra**. Brasília: FAO Brasil, 30 jul. 2024. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/1708184/>. Acesso em: 04 out. 2025.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Conferência Internacional sobre a Reforma Agrária yel Desarrollo Rural – CIRADR**. Declaración Final. Porto Alegre, 2006.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Land Reform: Land Settlement and Cooperatives**, Roma, 2003.

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>

FNDE. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Programas de alimentação escolar**. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/index.php/programas-alimentacao-escolar>. Acesso em: 07 ago. 2012.

FNDE. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Disponível em: <https://www.gov.br/fnde/pt-br/aceso-a-informacao/transparencia-e-prestacao-de-contas/relatorio-de-gestao-1/relatorio-de-gestao-2024/>. Acesso em: 25 maio 2025.

FNDE. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Disponível em: <https://www.gov.br/fnde/pt-br/assuntos/noticias/publicada-a-resolucao-que-aumenta-o-limite-de-venda-do-agricultor-familiar>. Acesso em: 16 jun. 2025.

FNDE. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Quais municípios são beneficiados com verbas do PNAE**. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=164. Acesso em: 25 jul. 2012.

FNDE. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **RESOLUÇÃO, FNDE/CD/ nº 32/10 de agosto de 2006 e nº 38/14 de outubro de 2008**. Resolução nº 32, de 10/8/2006 - Estabelece as normas para a execução do Programa Nacional de Alimentação Escolar. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/> Acesso em: 30 ago. 2012.

FONSECA, S. C.; OLIVEIRA, D. A.; MACHADO, M. A. Políticas públicas de alimentação escolar: avanços e desafios na efetivação do direito humano à alimentação adequada no Brasil. **Revista de Políticas Públicas e Desenvolvimento**, v. 5, n. 1, p. 78–92, 2023.

FORMIGA, W. A. M.; ARAÚJO, A. F. **Análise da implantação da agricultura familiar na merenda escolar de São Bentinho**. Monografia (Especialização em Gestão Pública Municipal), Universidade Federal da Paraíba. Paraíba, 2011.

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>

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. 3.ed. Porto Alegre: Editora de UFRGS, Rio Grande do Sul, 2005. 653 p.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. Trad. Maria José Guazzelli. UFRGS, Rio Grande do Sul, 2000. 653 p.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecology**: the ecology of sustainable food systems (3^a ed.). 2018.

GLIESSMAN, S. R. Quantifying the agroecological component of sustainable agriculture: a goal. In: GLIESSMAN, S. R. (Ed.). **Agroecology**: researching the ecological basis for sustainable agriculture. New York: Springer - Verlag, 1990. p. 366-399.

GONCALVES, D. C.; CRESPO, A. M.; FERREIRA, C. C.; CARRICO, I. G. H.; SOUZA, M. N.; RIBEIRO, W. R. A agroecologia como ferramenta ao fortalecimento da agricultura familiar. **REVISTA DA UNIVAP**, v. 1, p. 342-357, 2019. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2018/index.html.

GONÇALVES, D. DA C.; PEREIRA, L. C. A.; RIBEIRO, W. R.; POLASTRELI, R. L.; VARGAS, D. O. P.; GERVASIO, J. O.; GONÇALVES, D. C.; GONÇALVES, M. S.; SOUZA, M. N. A agroecologia como ferramenta de sustentabilidade socioeconômica e ambiental: um estudo de caso da unidade de conservação da mata escura, município de Jequitinhonha, MG. In: **Conservação e Meio Ambiente**. 1 ed. Ponta Grossa – Paraná: Atena Editora, 2021, p. 158-167.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. **Mudanças no Programa Compra Direta de Alimentos vão melhorar atendimento a municípios e beneficiários**. Disponível em: <<https://www.es.gov.br/Noticia/mudancas-no-programa-compra-direta-de-alimentos-va-melhorar-atendimento-a-municipios-e-beneficiarios>>. Acesso em: 16 jun. 2025.

GOVERNO FEDERAL. **Programas para a educação básica**: alimentação escolar – Relatório de gestão 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/fnde/pt-br/aceso-a-informacao/transparencia-e-prestacao-de-contas/relatorio-de-gestao-1/relatorio-de-gestao-2022/resultados-da-gestao-1/programas-para-a-educacao-basica/alimentacao-escolar>. Acesso em: 16 jun. 2025.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Projeto de Desenvolvimento do Assentamento, PDA**. [S.l.]: São Mateus, 2004. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/>>.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Projeto de Desenvolvimento do Assentamento, PDA**. [S.l.]: Vila Velha, 2001. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/>>.

MARCHETTI, F.; MORUZZI MARQUES, P. E.; SANTOS, J. D. dos; SILVA, F. O. C. Caminhos da reforma agrária no Brasil e suas implicações para a agrobiodiversidade. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 2, p. 284-311, 2020.

MDA. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Cartilha Alimentação Escolar, ed. **O encontro da Agricultura Familiar com a Alimentação Escolar**. 2011.

MDA. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/portal/noticias/item?item_id=849966931/08/2011>. Acesso em: 22 ago. 2012.

MELO, P.C.T. **Panorama atual da cadeia brasileira de produção de hortaliças**. In: Congresso Brasileiro De Fruticultura. Palestras. INCAPER, Vitória: 2008.

NEIVA, J. L. **Proposição de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável para assentamentos**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2006.

NOGUEIRA, R. M. **O Programa Nacional de Alimentação Escolar como uma política pública: o caso de Campinas-SP**. Dissertação (Mestrado em Educação). Faculdade de Educação. Universidade Estadual de Campinas, 2005.

NUNES, J. A. **Prêmio Prefeito Empreendedor**, SEBRAE, Governo Federal, 2005.

NUNES, J. A. **Secretaria de Ação Social do Estado**. CDA, SEBRAE, Governo Estadual, 2007.

ÓAÊ. OBSERVATÓRIO DA ALIMENTAÇÃO ESCOLAR. **Impactos socioeconômicos das compras diretas da agricultura familiar para o Programa Nacional de Alimentação Escolar na economia brasileira**. Brasília, DF; São Paulo, SP: ÓAÊ, 2025. Disponível em: <https://alimentacaoescolar.org.br/noticias/2025/05/26/compras-para-alimentacao-escolar-aumentam-pib-da-agricultura-e-pecuaria-familiar-em-mais-de-50-para-cada-real-investido-revela-estudo/>. Acesso em: 4 out. 2025.

OLIVEIRA, R. F.; SOUZA, M. N.; TRIVELLATO, M. D. Revegetação de taludes e áreas ciliares da represa do horto e da nascente do IF Sudeste MG – CAMPUS RIO POMBA. **Revista Eletrônica do IBEAS**, v. 1, p.58-64, 2015.

PEDEAG. Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura: **Novo PEDEAG 2007-2025**. Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. Vitória: SEAG, 2008.

PIPITONE, M. A. P.; **Programa de alimentação escolar: um estudo sobre descentralização, escola e educadores**. Faculdade de Educação. Tese (Doutorado em Educação) Universidade Estadual de Campinas, 1997.

PORTAL BRASIL. **Noroeste Capixaba recebe mais 26 famílias em assentamento da reforma agrária**. 2011. Disponível em:

<<http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2011/02/24/noroeste-capixaba-recebe-mais-26-familias-em-assentamento-da-reforma-agraria>>. Acesso em: 17 abr. 2012.

RODRIGUES, P. S. **A terceirização da merenda escolar: a experiência do Estado do Espírito Santo**, 2012.

ROSSET, P. M.; ALTIERI, M. A. **Agroecologia: ciência e política**. Tradução de Rafael Tatemoto. São Paulo: Fundação Editora Unesp, 2023.

SANT'ANA, R.; PINHEIRO F. **Assessoria de Comunicação**, SEADH. 2009. Disponível em: <<http://www.seadh.es.gov.br/site/ecp/noticia.doevento=portlet&pAc=not&idConteudo=1063&pg=100&pIdPlc=&app=setades>>. Acesso em: 20 jul. 2012.

SILVA, A. C. G.; SOUZA, D. C.; PEREIRA, R. M. Evolução histórica e desafios contemporâneos do Programa Nacional de Alimentação Escolar no Brasil. **Revista de Políticas Públicas e Desenvolvimento**, v. 5, n. 2, p. 45–60, 2022.

SILVA, M. A. P. da; CASSA, N.; EGÍDIO, L. S.; GONÇALVES, M. M.; MENON, M. M.; DOMINGOS, E. L.; VARDIERO, L. G. G.; SOUZA, M. N. Métodos agroecológicos: abordagens, técnicas e práticas conservacionistas de conservação de água e solo. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. VIII. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2024. p. 42-67. **ISBN:** 978-65-84548-25-1. DOI: <https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-25-1.c1>

SILVA, M. K.; MARQUES, P. E. M. Democratização e políticas públicas de desenvolvimento rural. In: SCHNEIDER, S.; SILVA, M. K; MARQUES, P. E. M. (Org.). **Políticas Públicas e Participação Social no Brasil Rural**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2009.

SILVA, M. M. da; SILVA, M. M. da; LOUBACK, G. C.; SOUZA, M. N.; RANGEL, O. J. P.; FERRARI, J. L.; CARDOZO, L. G. C.; PRETO, B. de L.; OLIVEIRA, A. F. M. de; CALABIANQUI, T. N.; BERILLI, A. P. C. G.; BERILLI, S. da S. Uso e cobertura da terra na fazenda São José, município de Muniz Freire, ES. **OBSERVATORIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 21, p. 20818-20833, 2023. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/1386/1461>. DOI: 10.55905/oelv21n11-121.

SOBRAL F.; COSTA, V. M. H. M. **Alimentação e Nutrição**. Araraquara ISSN 0103-4235 v. 19, n. 1, p. 73-81, jan./mar. Programa Nacional De Alimentação Escolar: Sistematização e importância, 2008.

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. Produção Agroecológica e Políticas Públicas no Assentamento Loiva Lourdes- Borebi-SP. **Revista Alamedas**, v.4, n. 45, p.13-22, 2017.

STEDILE, J. P. (Org.). **A questão agrária no Brasil**: programas de reforma agrária (1946-2003). São Paulo: Expressão Popular, 2005. 240 p.

STEFANINI, M. L. R **Merenda II**: Gestão, qualidade e nutrição. Solange Nobre: Secretaria do Estado da Educação de Minas, 2002. 156 p. Lições de Minas, Belo Horizonte, 1998.

STEFANINI, M. L. R. **Merenda escolar**: história, evolução e contribuição no atendimento das necessidades nutricionais da criança. Departamento de Nutrição da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Tese (Doutorado em Saúde Pública). Universidade de São Paulo, 1997.

TOLEDO, V.; BARRERA-BASSOLS, N. **A memória biocultural**: a importância ecológica das sabedorias tradicionais. São Paulo: Expressão Popular/AS-PTA, 2015. 272 p.

VASCONCELOS, F. A. G. Combate à fome no Brasil: uma análise histórica de suas políticas públicas. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 439-457, 2005. DOI: 10.1590/S1415-52732005000400010.

ZACARIAS, A. J.; SOUZA, M. N. Recuperação de área degradada de monocultura intensiva no estado do Espírito Santo. **REVISTA DA UNIVAP**, v.1, n. 87, p. 234-242, 2019. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2018/index.html.

CAPÍTULO 10

Agroecologia e protagonismo feminino no cultivo de cafés especiais em Vila Pontões, Afonso Cláudio, ES

Graciandre Pereira Pinto, Lucas Louzada Pereira, Aldemar Polonini Moreli, Atanásio Alves do Amaral, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-36-7.c10>

Resumo

O presente capítulo tem como objetivo analisar e registrar a relevância histórica da Associação de Mulheres Empreendedoras de Vila Pontões, localizada em Afonso Cláudio, ES. A pesquisa, de abordagem qualitativa, foi desenvolvida a partir da combinação de revisão bibliográfica, análise documental e trabalho de campo com aplicação de instrumentos específicos. A trajetória da associação evidencia mais de uma década de lutas e conquistas, iniciadas em um contexto marcado pela predominância masculina no cultivo do café e pela invisibilidade do trabalho feminino nas lavouras. Ao longo desse percurso, as mulheres enfrentaram desafios para conquistar espaço, visibilidade e reconhecimento social e institucional. O processo de formalização jurídica da associação representou um marco fundamental, permitindo a consolidação de sua identidade coletiva e o fortalecimento da atuação comunitária. A partir daí, novos avanços foram alcançados, entre eles as primeiras premiações com a produção de cafés especiais no distrito, o que projetou o protagonismo feminino no cenário local. Foi possível observar o impacto das práticas agroecológicas adotadas pelas associadas, seus efeitos na sustentabilidade ambiental, na qualidade da produção e na valorização territorial. Os resultados da pesquisa evidenciaram, contudo, fragilidades persistentes, relacionadas principalmente à formação dos profissionais envolvidos, às condições estruturais limitadas e à dificuldade de transformar políticas públicas em práticas efetivas. Ainda assim, o estudo revela que, apesar das lacunas existentes, a experiência da associação constitui um exemplo de resistência e inovação, reforçando a necessidade de práticas mais críticas, humanizadas e integradoras.

Palavras-chave: Associação de mulheres. Empreendedorismo social. Inclusão e protagonismo feminino. Permanência no campo. Agroecologia.

1. Introdução

O município de Afonso Cláudio, localizado no interior do Espírito Santo, é reconhecido por sua paisagem montanhosa, pela diversidade biológica e pela predominância de pequenas propriedades rurais, com atividades ligadas principalmente ao cultivo de café. Nesse contexto, a comunidade de Vila Pontões se destaca pelo cultivo agrícola tradicional e pela organização social voltada à agricultura familiar. Este capítulo apresenta um estudo de caso da Associação de Mulheres Empreendedoras de Vila Pontões (AMEP), fundada em 2016, que reúne produtoras de cafés especiais no distrito (Figura 1).

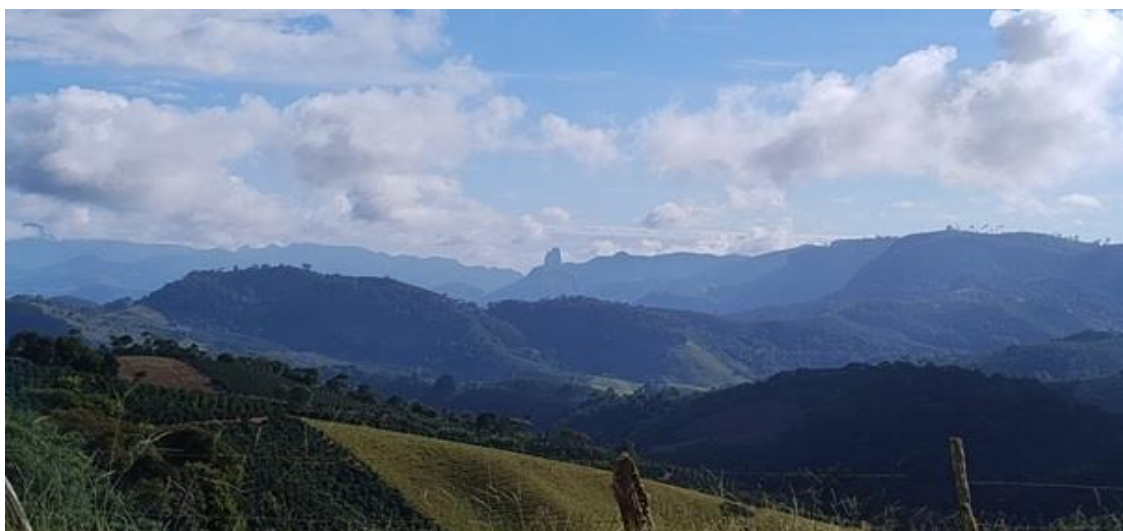


Figura 1. Vista panorâmica da Vila Pontões, Afonso Cláudio, ES. Fonte: Acervo Graciandre Pereira Pinto, 2024.

A Associação de Mulheres Empreendedoras de Vila Pontões (AMEP) foi oficializada em 2016, com a aprovação do Estatuto Social, do Regimento Interno e da eleição de sua primeira Diretoria, sendo registrada sob o CNPJ nº 26.552.800/0000-109. Entretanto, a trajetória de lutas e de protagonismo feminino na comunidade remonta a 1996, quando teve início um processo de mobilização impulsionado pela atuação de técnicos da Secretaria de Agricultura dos municípios de Afonso Cláudio e Venda Nova do Imigrante, pelo Governo do Estado do Espírito Santo e pela PRONOVA – Cooperativa de Café. Criada nos anos 1990, a cooperativa tinha como objetivo apoiar os produtores regionais na melhoria da qualidade dos cafés especiais e no fortalecimento da comercialização (Figuras 2 e 3).



Figura 2. Nova sede da PRONOVA. Fonte: Acervo Graciandre Pereira Pinto, 2024.



Figura 3. Nova sede da PRONOVA. Fonte: Acervo Graciandre Pereira Pinto, 2024.

Contudo, a trajetória da AMEP remonta aos anos de 1995/1996, quando iniciativas do poder público, em articulação com a Secretaria de Agricultura de Afonso Cláudio e outros atores locais, buscaram fortalecer o potencial dos cafés especiais na região. Nesse período, embora as mulheres participassem ativamente das etapas de produção, colheita e secagem dos grãos, sua atuação era vista apenas como um complemento à força masculina, sem o devido reconhecimento.

Foi somente em 2010/2011 que se abriu uma nova possibilidade de protagonismo, a partir da oferta de um curso de pós-colheita e degustação de cafés, promovido por uma cooperativa regional e direcionado exclusivamente às mulheres. A partir dessa experiência, a participação feminina passou a ganhar maior visibilidade e relevância, consolidando-se como força transformadora no cultivo de cafés especiais em Vila Pontões (Figuras 4, 5 e 6).



Figura 4. Sede da Associação das Mulheres Empreendedoras da Agricultura Familiar de Vila Pontões – Termo de Comodato com o Município de Afonso Cláudio, ES. Fonte: Acervo Graciandre Pereira Pinto, 2024.



Figura 5. Mulheres Empreendedoras da AMEP - Produção de massas e derivados. Fonte: Acervo Josiane Bissoli, 2024.



Figura 6. Mulheres Empreendedoras em frente à sede da AMEP. Fonte: Acervo Cláudio Costa, 2024.

A criação da AMEP decorre da necessidade das mulheres produtoras de café se organizarem coletivamente para superar desafios históricos de invisibilidade, falta de reconhecimento e ausência de espaços institucionais de participação. A associação passou a representar um instrumento de fortalecimento da identidade feminina no campo, possibilitando a busca por qualificação técnica, acesso a políticas públicas e maior autonomia econômica.

Nesse contexto, o café se consolida como elemento central de integração e transformação social, especialmente pela valorização crescente dos cafés especiais no mercado nacional e internacional. A aproximação com a agroecologia surge de maneira natural, na medida em que práticas sustentáveis de cultivo e beneficiamento passaram a ser incorporadas como estratégia para garantir qualidade, agregar valor à produção e, simultaneamente, promover a conservação ambiental.

A experiência da AMEP evidencia, assim, que a associação entre café e agroecologia vai além de uma alternativa produtiva: trata-se de um processo de empoderamento feminino, de permanência no campo e de fortalecimento da agricultura familiar. Nesse processo, as mulheres não apenas se inserem em cadeias de maior valor agregado, mas também constroem novas formas de protagonismo, transformando a realidade socioeconômica e ambiental da comunidade de Vila Pontões.

2. A associação de mulheres empreendedoras da agricultura familiar de Vila Pontões – AMEP e seus impactos

Este estudo busca analisar os conceitos ambientais e sociais aplicados no contexto da Associação de Mulheres Empreendedoras da Agricultura Familiar de Vila Pontões (AMEP), bem como seus impactos no desenvolvimento socioeconômico da comunidade local. A investigação contribui para ampliar o conhecimento sobre a realidade das mulheres camponesas, agricultoras familiares e trabalhadoras rurais, destacando seus desafios e conquistas.

A experiência analisada concentra-se no distrito de Vila Pontões, no município de Afonso Cláudio, onde um grupo de mulheres se mobilizou e se organizou em forma associativa para ter acesso a cursos de capacitação e oportunidades de qualificação. Esse movimento resultou na constituição da AMEP e, posteriormente, na conquista de uma sede própria, cedida em regime de comodato pelo município de Afonso Cláudio, com prazo de 20 anos. O espaço foi reformado e estruturado com uma cozinha industrial, possibilitando a fabricação de produtos alimentícios como massas e biscoitos, ampliando as fontes de renda e fortalecendo a autonomia financeira das associadas.

Com o tempo, as atividades da AMEP se expandiram para além da produção de alimentos, consolidando-se no cultivo e na valorização dos cafés especiais. Nesse processo, as mulheres transformaram suas práticas produtivas e de comercialização em instrumentos de reconhecimento social e econômico, legitimando seu papel como especialistas no setor cafeeiro. O trabalho desenvolvido pela associação não apenas promoveu a qualificação técnica, mas também se tornou um espaço de fortalecimento coletivo, de construção de esperança e de protagonismo feminino.

Assim, a trajetória da AMEP evidencia que a organização social das mulheres foi decisiva para sua inserção em cadeias de maior valor agregado. A partir da qualificação profissional em diversas áreas e da conquista de premiações com cafés especiais, a associação se consolidou como agente de transformação social e ambiental, contribuindo para a permanência das mulheres no campo e para a promoção da sustentabilidade no território de Vila Pontões (Figura 7).



Figura 7. Qualificação profissional de membros da AMEP. Fonte: Acervo AMEP, 2023.



Figura 8. Qualificação profissional de membros da AMEP. Fonte: Acervo AMEP, 2023.



Figura 9. Qualificação profissional de membros da AMEP. Fonte: Acervo AMEP, 2023.



Figura 10. Qualificação profissional de membros da AMEP recebendo a visita do governador Casagrande e do Secretário de Agricultura. Fonte: Acervo AMEP, 2023.



Figura 11. Qualificação profissional de membros da AMEP: produção de massas. Fonte: Acervo AMEP, 2023.

O Quadro 1 resume os principais impactos e exemplos da AMEP.

Dimensão	Impactos Principais	Exemplos na AMEP
Social	- Fortalecimento do protagonismo feminino - Valorização do trabalho das mulheres rurais - Ampliação da autoestima e da autonomia - Construção de redes de solidariedade	- Reconhecimento local e regional - Espaço de representatividade social - Formação de liderança comunitária
Econômica	- Geração de novas fontes de renda - Inserção em mercados diferenciados - Agregação de valor à produção agrícola - Consolidação de cafés especiais premiados	- Produção e comercialização de massas e biscoitos - Premiações em concursos de qualidade de café - Acesso a políticas públicas e projetos de apoio
Ambiental	- Adoção de práticas agroecológicas - Preservação de recursos naturais - Estímulo à sustentabilidade produtiva	- Manejo sustentável do café - Uso racional do solo e da água - Integração da produção ao contexto agroecológico local.

Fonte: Os autores.

A experiência da AMEP demonstra que a qualificação contínua das mulheres foi fundamental para fortalecer sua autoestima, ampliar suas capacidades produtivas e possibilitar sua inserção em atividades de maior valor agregado, como os cafés especiais. Esse processo resultou não apenas em geração de renda e autonomia financeira, mas também na valorização do trabalho feminino no campo, contribuindo para o reconhecimento social e para a permanência dessas mulheres em seus territórios.

3. Café e agroecologia

A Agroecologia é um campo da ciência que articula e integra conhecimentos tradicionais e saberes populares associados aos científicos, e, a partir do entrelaçamento desses saberes, são produzidos novos conhecimentos. Dessa forma, entende-se que a agroecologia não é apenas uma ciência ou disciplina científica, mas sim, possui uma abrangência multidisciplinar, pois envolve várias questões, entre elas, de gênero e políticas intersetoriais, além de agregar mudanças na aplicação das técnicas e práticas, com intuito de sistematizar as distintas formas de se trabalhar a agricultura (Altieri, 1995).

Segundo dados da Fiocruz (2022), a construção do conhecimento agroecológico se faz a partir dos preceitos da ecologia dos saberes, do olhar multidimensional sobre a sociedade de modo geral, da agricultura ecológica e sustentável, acumulada e multiplicada por meio da sistematização desse conhecimento, da socialização de tecnologias sociais e da construção de redes e associações. Nesse sentido a agroecologia é uma forma de vida que respeita os direitos das pessoas independentemente de gênero, cor, idade ou classe social.

Conforme os documentos explícitos no Brasil (2019), a igualdade de gênero desempenha um papel fundamental na territorialização da Agenda 2030, especialmente no âmbito do objetivo de construir Territórios Sustentáveis e Saudáveis. A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, proposta pela Organização das Nações Unidas – ONU, estabelece metas e objetivos globais para promover o desenvolvimento sustentável em todo o mundo até o ano de 2030. Um dos pilares essenciais desta agenda é o objetivo de alcançar a

igualdade de gênero, com foco no empoderamento de meninas e mulheres, delineado pelo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável – ODS.

Neste ponto, pode-se agregar a importância e destacar a participação de mulheres na agroecologia modificando paradigmas, visando o desenvolvimento rural sustentável, como parte fundamental do processo descrito, especialmente, no ODS.

Nesse contexto, a necessidade de estabelecer relações mais justas e equitativas com o meio ambiente é evidenciada a partir dos princípios e das experiências práticas desse campo específico. É necessário notar que, dentro da sociedade, as interações entre as pessoas são profundamente influenciadas pelo papel social que ocupam e como são percebidas pelos outros. Na Agroecologia e na sociedade em geral, os diversos indivíduos envolvidos nesses relacionamentos são impactados por uma variedade de dinâmicas sociais, incluindo questões de classe, raça, gênero, orientação sexual e outras (ANA, 2006b).

Essas influências podem, em determinadas circunstâncias, ser decisivas em suas ações. Portanto, é fundamental, para o avanço da Agroecologia, em sua amplitude, compreender as questões enfrentadas por diferentes grupos, incluindo mulheres, homens e jovens. As disparidades entre homens e mulheres são notáveis, sendo elas resultadas de variáveis naturais, culturais e estilos de vida, as quais moldam também suas perspectivas e experiências (ANA, 2006a).

4. Café e a Agricultura Integrativa

A agroecologia, enquanto abordagem científica e prática sustentável, estimula a adoção de práticas inovadoras e dinâmicas, como a agricultura integrativa. Essa prática combina diversas técnicas agrícolas, ecológicas e sociais para aperfeiçoar a produção e minimizar os impactos ambientais, promovendo a saúde dos agroecossistemas (Besteti *et al.*, 2025).

Em Vila Pontões, essa abordagem pode trazer benefícios econômicos, sociais e ecológicos significativos. A transição agroecológica é vista por Altieri (2002) como um processo fundamental para o desenvolvimento rural sustentável, baseando-se no conhecimento tradicional e científico para a

reestruturação dos sistemas produtivos. Esse processo envolve não apenas mudanças técnicas, mas também transformações sociais, culturais e políticas que favoreçam a autonomia dos agricultores e a valorização da biodiversidade.

4.1. Princípios da agricultura integrativa

Segundo Gliessman (2001) e Souza *et al.* (2025), a agroecologia aplica conceitos e princípios ecológicos no desenho e manejo de agroecossistemas. Os princípios da agricultura integrativa se materializam por meio de diversas práticas que buscam a sinergia entre os componentes do sistema. Caporal e Costabeber (2004) e Destefani *et al.* (2025) destacam que a metodologia agroecológica envolve a análise dos sistemas a partir de suas dimensões técnica, social, econômica e cultural.

Entre os princípios e práticas que definem a agricultura integrativa, destacam-se (Gliessman, 2001; Altieri, 2002; Caporal e Costabeber, 2004; Destefani *et al.*, 2025; Souza *et al.*, 2025):

- **Diversificação de culturas:** cultivo de várias espécies (culturas anuais, perenes, árvores) na mesma área, o que aumenta a biodiversidade e a resiliência do sistema, reduzindo a dependência de monoculturas.
- **Manejo Integrado de Pragas (MIP):** uso equilibrado de métodos biológicos (inimigos naturais), culturais (rotação, variedades resistentes) e, em último caso e de forma controlada, químicos, para controlar pragas e doenças, visando a estabilidade ecológica.
- **Rotação de Culturas:** alternância planejada de culturas em um campo específico a cada ano, o que melhora a saúde e fertilidade do solo (fixação de nitrogênio, ciclagem de nutrientes) e reduz a incidência de pragas e doenças específicas.
- **Agrofloresta:** combinação intencional e planejada de culturas agrícolas e árvores (frutíferas, madeireiras, adubadoras) para criar sistemas mais sustentáveis, produtivos e eficientes na conservação do solo e da água. O café, especificamente, adapta-se muito bem a sistemas agroflorestais.

- **Uso Eficiente da Água:** implantação de técnicas de irrigação que minimizem o desperdício de água (como irrigação por gotejamento ou microaspersão) e práticas que aumentam a capacidade de retenção de água do solo (cobertura morta, aumento da matéria orgânica).
- **Compostagem e Adubação Orgânica:** utilização de resíduos orgânicos (restos de colheita, esterco) para produzir fertilizantes naturais, melhorando a estrutura e a fertilidade biológica do solo, além de promover a ciclagem de nutrientes na propriedade.

4.2. Benefícios da Agricultura Integrativa em Vila Pontões

A aplicação desses princípios em Vila Pontões, especialmente na cafeicultura, pode resultar em diversos ganhos:

- **Sustentabilidade ambiental:** redução drástica ou eliminação do uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos, preservando a qualidade da água, do solo e a biodiversidade local.
- **Resiliência Climática:** sistemas diversificados, com maior teor de matéria orgânica no solo e a presença de árvores, são mais estáveis e resistentes aos choques ambientais, como períodos de seca ou chuvas intensas.
- **Aumento da Produtividade e Estabilidade:** a diversificação de culturas (consórcio com hortaliças, frutíferas ou criação) pode levar a uma produção mais estável e variada ao longo do ano, distribuindo riscos e oferecendo fontes de renda adicionais.
- **Valorização da Comunidade Local:** fortalecimento da economia local por intermédio da produção de alimentos diversificados e de alta qualidade, muitas vezes com potencial para certificação orgânica ou agroecológica.

4.3. Implantação prática

Apesar da complexidade inerente à mudança de paradigma e da necessidade de mais pesquisas de campo adaptadas, a implantação da agricultura integrativa é viável e fundamental para o futuro da agricultura na

região. Caporal e Costabeber (2004) defendem que o processo de transição é facilitado pela participação ativa dos agricultores e pelo apoio técnico adequado. Alguns pontos merecem destaque:

- **Educação e Capacitação:** oferecer cursos, intercâmbios e workshops para agricultores locais, focando em técnicas agroecológicas e no compartilhamento de conhecimentos práticos.
- **Parcerias Estratégicas:** colaborar com instituições de pesquisa (EMBRAPA, Incaper), universidades e organizações não-governamentais para desenvolver e implementar projetos-piloto de agricultura integrativa adaptados à realidade de Vila Pontões.
- **Incentivos Governamentais:** buscar e mobilizar programas de apoio e financiamento (crédito rural, subvenções) que reconheçam e incentivem as práticas agrícolas sustentáveis e a transição agroecológica.
- **Mercados Locais e Solidários:** estabelecer mercados locais, cooperativas e circuitos curtos de comercialização para a venda direta de produtos agroecológicos, valorizando a produção e incentivando a economia circular e solidária.

4.4. Desafios e oportunidades

A transição para a agricultura integrativa pode exigir mudanças significativas nas práticas agrícolas tradicionais e na mentalidade dos agricultores, o que pode ser um desafio inicial. Além disso, algumas práticas integrativas podem requerer um investimento inicial maior (como o plantio de árvores em sistemas agroflorestais), embora ofereçam benefícios ecológicos e econômicos em longo prazo. A criação de um mercado consumidor consciente para produtos integrativos e a obtenção de certificações (como a de produção orgânica) podem ajudar a agregar valor aos produtos, compensando o esforço adicional.

A agricultura integrativa em Vila Pontões representa, portanto, uma oportunidade significativa para promover a sustentabilidade ambiental, aumentar a resiliência climática das lavouras de café e fortalecer a economia local,

elevando a qualidade de vida no campo. Com o apoio adequado e a implantação de práticas integradas, a região pode servir como um modelo inspirador para outras áreas rurais do Brasil (Figura 12).



Figura 12. Sistema de Agricultura Integrativa da propriedade da família de Sandro Delpupo, Vila Pontões, ES. Fonte: Acervo Graciandre P. Pinto, 2024.

4. Questões de gênero

Historicamente, as desigualdades de gênero se manifestam sob diversos aspectos. Em muitas culturas, as mulheres foram tradicionalmente associadas ao espaço privado, assumindo predominantemente funções reprodutivas e domésticas. Segundo a Fiocruz (2022), o conceito de gênero se refere aos aspectos construídos socialmente a partir das interações humanas, sendo fundamentais para as distinções percebidas entre os sexos. Nessa perspectiva, é necessário compreender não apenas as representações sociais ligadas ao sexo, mas também as situações de opressão e exploração enfrentadas por mulheres e meninas.

A desigualdade de gênero se manifesta em múltiplos espaços. Embora problemática nos centros urbanos, no meio rural as mulheres frequentemente encontram-se ainda mais vulneráveis. Fatores como o isolamento geográfico, a ausência de meios de comunicação (internet e telefonia), o limitado acesso a

serviços de saúde e prevenção, e a distância de delegacias especializadas contribuem para a incidência da violência doméstica e para a subnotificação desses casos (Costa *et al.*, 2017).

No contexto da agricultura familiar, a presença feminina é muitas vezes negligenciada. Muitas agricultoras enfrentam violência patrimonial e perda de direitos sobre heranças, evidenciando a desigualdade quando os trabalhos são hierarquizados segundo papéis de gênero. De acordo com o CONASS (2015), uma Organização Social – OS é uma associação ou fundação privada regulamentada pelo Código Civil, autorizada pelo poder público a estabelecer parcerias de longo prazo para desenvolver atividades de interesse coletivo.

No distrito de Vila Pontões, município de Afonso Cláudio, ES, a Associação de Mulheres Empreendedoras de Agricultura Familiar (AMEP) obteve reconhecimento jurídico por meio do registro do Estatuto, consolidando-se como sociedade civil sem fins lucrativos. A partir desse marco, as mulheres produtoras de café passaram a gerir suas próprias lavouras de forma autônoma, promovendo maior qualidade na produção e ampliando sua autonomia financeira.

Apesar do reconhecimento formal da AMEP, desafios persistem, como conflitos familiares, disputas de poder conjugal, controle financeiro e a negociação de afetos, além da construção e consolidação do conhecimento técnico associado ao cultivo de cafés especiais. Dessa forma, torna-se essencial estudar o papel da AMEP e as atividades desenvolvidas pelas agricultoras em Vila Pontões, considerando uma perspectiva de gênero, com vistas a subsidiar políticas públicas e iniciativas socioambientais voltadas à agroecologia (Figura 13).

A relação entre gênero e agroecologia se revela particularmente produtiva, pois a agroecologia reconhece o papel central das mulheres na preservação dos recursos naturais, na transmissão de saberes tradicionais e na organização da produção agrícola. As mulheres se destacam como protagonistas da transição agroecológica, praticando uma agricultura diversificada, de base familiar e profundamente conectada à natureza. Siliprandi (2015) ressalta que a agroecologia se constitui como aliada do feminismo camponês, ao promover relações mais horizontais, solidárias e inclusivas na produção rural.



Figura 13. Café em produção agroecológica e em agricultura integrativa, Vila Pontões, Afonso Cláudio, ES. Fonte: Acervo Sandro Delpupo, 2022.

A valorização do trabalho feminino também se dá por meio da construção de narrativas que reconheçam suas contribuições. Contar as histórias das mulheres do campo — suas lutas, saberes e conquistas — é uma forma de romper com o apagamento histórico e dar visibilidade às trajetórias que resistem e reinventam a vida rural. Quando compartilhadas em redes e espaços comunitários, essas narrativas tornam-se instrumentos de inspiração e mobilização para outras mulheres, promovendo um ciclo virtuoso de transformação social e fortalecimento da agricultura familiar.

No ano de 2019/20, uma das associadas foi premiada com o microlote de café especial, destacando-se no Concurso Florada premiada produzido pela Empresa Três Corações – MG, como forma de valorizar a cafeicultura feminina e a qualidade dos cafés especiais (Figura 14).

Com o passar dos anos, diversos cursos e o acúmulo de experiências, muitas das vinte (20) associadas conquistaram autonomia plena ao gerir suas próprias lavouras de cafés especiais, separadas da produção familiar. A agroecologia, nesse sentido, serve como um catalisador para a transformação social e ambiental, incorporando o conhecimento tradicional das mulheres, suas práticas cotidianas e suas formas de organização. A experiência da AMEP, ancorada na produção agroecológica de cafés especiais, revela a potência do

protagonismo feminino na construção de uma agricultura mais justa e sustentável.



Figura 14. Florada de café especial em 2020. Fonte: Acervo Josane Bissoli, 2020.

Nessas lavouras, elas assumem o protagonismo em todas as etapas: preparam o solo, escolhem as variedades de café, conduzem o cultivo e acompanham cada fase até a xícara. Mais do que produzir café, essas mulheres constroem suas próprias histórias de empoderamento, fortalecendo sua identidade, visibilidade social e papel transformador na comunidade (Figura 15).

Mais do que um caso isolado, essa experiência dialoga com as diretrizes da Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (Brasil, 2012) e com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, especialmente aqueles voltados para a igualdade de gênero (ODS 5) e para a agricultura sustentável (ODS 2). Essa articulação demonstra que iniciativas locais, quando fortalecidas, podem contribuir para agendas globais de sustentabilidade, revelando o potencial transformador da agroecologia na promoção de justiça social e ambiental. Além disso, evidencia a importância de políticas públicas integradas que reconheçam e apoiem o protagonismo das mulheres rurais, historicamente invisibilizadas nos processos produtivos. Nesse sentido, a experiência em Vila Pontões reafirma a necessidade de consolidar práticas que articulem emancipação feminina, valorização do trabalho agrícola e preservação ambiental (Figura 16).



Figura 15. Café da mulher. Fonte: Acervo Graciandre P. Pinto, 2024.



Figura 16. Café da Josane. Fonte: Acervo Josane Bissoli, 2023.

5. Considerações

As experiências analisadas em Vila Pontões revelam que a produção de cafés especiais conduzida pelas mulheres da AMEP transcende a dimensão produtiva. O associativismo feminino permitiu transformar práticas historicamente

invisibilizadas em ações de impacto econômico, social e político, fortalecendo a autonomia das agricultoras e reconfigurando relações de poder no campo.

A adoção de práticas agroecológicas associadas ao cultivo do café não apenas elevou a qualidade do produto, mas também garantiu sustentabilidade ambiental, preservação da biodiversidade e resiliência climática das lavouras. Esses resultados demonstram a força da integração entre agroecologia, organização coletiva e protagonismo feminino como base para o desenvolvimento territorial sustentável.

A AMEP tornou-se espaço de aprendizado, partilha de saberes e articulação política, possibilitando o acesso a políticas públicas, capacitações e mercados diferenciados. A criação do Circuito Turístico dos Cafés Especiais exemplifica como a organização coletiva potencializa oportunidades, amplia a visibilidade e valoriza a identidade cultural da comunidade.

Apesar dos avanços, permanecem desafios, como a ausência de uma lavoura coletiva que represente de forma simbólica e prática a união das associadas sob uma marca própria. Esse sonho, ainda não concretizado, traduz o horizonte de fortalecimento da associação e da identidade das agricultoras.

Em síntese, a experiência de Vila Pontões mostra que o protagonismo feminino, aliado à agroecologia e ao associativismo, é capaz de gerar transformações profundas e duradouras. Para além do aumento de renda, trata-se da construção de territórios mais justos, sustentáveis e inclusivos. Essa trajetória reforça a necessidade de políticas públicas que apoiem a agricultura familiar, o empoderamento das mulheres e a valorização das práticas agroecológicas, permitindo que iniciativas como a AMEP se multipliquem e inspirem outros contextos rurais no Brasil e na América Latina.

6. Referências

- ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: a base científica para uma agricultura sustentável. Rio de Janeiro: Editora da UFRRJ, 2002.
- ALTIERI, M. A. **Agroecology**: the science of sustainable agriculture. Boulder, CO: Westview Press. 1995.

ANA. Articulação Nacional de Agroecologia. **Carta Política do II Encontro Nacional de Agroecologia**. Recife: ANA, 2006.

ANA (Articulação Nacional de Agroecologia). **Expressões da Agroecologia**. Recife: ANA, 2006.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BESTETI, P. I. de O.; CARVALHO, R. C. B.; BERMOND, K. Z.; SALVADOR, L.; LIMA, M. da S. P.; PORTO, L. L.; RODRIGUES, P. D.; ZACARIAS, A. J.; AMARAL, A. A. do; GORONCI, J. de F.; SOUZA, M. N. Desafios e perspectivas da agricultura sustentável: impactos da agricultura convencional e práticas agroecológicas para a recuperação do solo e da produção de café. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em Cafeicultura Vol. V – Cafeicultura Agroecológica**. Canoas: Mérida Publishers, 2025, p. 257-281. DOI: <https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-35-0.c9>

BRASIL. Agenda 2030. **Indicadores brasileiros para os objetivos de desenvolvimento sustentável**. Brasília: ODS, 2019. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/>. Acesso em: 20 out. 2019.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia e extensão rural: contribuições para o desenvolvimento rural sustentável**. Brasília, DF: MDA/SAF/DATER, 2004.

CLIFFORD, J. Sobre a autoridade etnográfica. In: CLIFFORD, J. **A experiência etnográfica: antropologia e literatura no século XX**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1998.

CONASS. CONSELHO NACIONAL DE SECRETÁRIOS DE SAÚDE. **Organização Social: administração indireta**. Brasília: CONASS. Disponível em: <<https://www.conass.org.br/guiainformacao/organizacao-social/>>. Acesso em: 15 set. 2023.

COSTA, M. C. da; SILVA, E. B. da; SOARES, J. dos S. F.; BORTH, L. C.; HONNEF, F. Mulheres rurais e situações de violência: fatores que limitam o acesso e a acessibilidade à rede de atenção à saúde. **Revista Gaúcha Enferm**, Porto Alegre, 2017.

DESTEFANI, J. D.; CARVALHO, S. W. S. de; FERRI, A. G.; ARAUJO, O. P.; AMARAL, A. A. do; NOVAES, C. A. de; FERNANDES, M. A.; MENON, M. M.; SOUZA, M. A. A. da S.; SOUZA, M. N. Entre o cultivo e o compromisso: agroecologia, justiça social e sustentabilidade em debate. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas Vol. X**. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2025. p. 276-310. DOI: <https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-34-3.c10>.

FIOCRUZ. **Saúde em territórios tradicionais: tecnologias sociais em agroecologia**. Disponível em: <<https://ensino.ensp.fiocruz.br/TSA/tema-1-5.html>>. Acesso em: 15 set. 2023.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2001.

GUBA, E.; LINCOLN, Y. **Effective evaluation**. São Francisco: Jossey-Bass, 1981.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos da metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

MALAVOLTA, E. **História do café no Brasil: agronomia agricultura e comercialização**. São Paulo: Ceres.

MALINOWSKI, B. **Argonautas do Pacífico Ocidental**. 2. ed. São Paulo: abril Cultural, 1978.

MATIELLO, J. B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991.

MINAYO, M. C. de S. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 23. ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2004.

SANTOS, R. M. dos. **As comissões de conciliação prévia como meio alternativo à jurisdição estatal para a solução dos conflitos trabalhistas**. 2002. 15 f. Projeto de pesquisa apresentado ao curso de Direito, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, SC, 2002.

SILIPRANDI, E. **Mulheres e agroecologia: transformando o campo, as florestas e as águas**. Rio de Janeiro: SOF, 2015.

SOUZA, M. N.; MAGALHÃES, M. V. D. de; LOPES, L. B.; AMARAL, A. A. do; MUNIZ, F.; PANCOTTO, T. A. Transição sustentável: caminhos para a construção de sistemas produtivos resilientes. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas Vol. X**. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2025. p. 68-111. DOI: <https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-34-3.c2>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente Volume IV dos **Tópicos em Gestão Ambiental** oferece uma visão abrangente e integrada das práticas sustentáveis aplicadas à agricultura, conservação ambiental, gestão de recursos hídricos e desenvolvimento rural no Espírito Santo, reunindo estudos que evidenciam a importância de modelos produtivos resilientes, inovadores e socialmente inclusivos. Os capítulos exploram diferentes escalas de intervenção, desde práticas agrícolas em pequena escala, como quintais agroecológicos e assentamentos rurais, até sistemas complexos de manejo agroflorestal e silvipastoril, mostrando como a integração entre produção, conservação e educação ambiental é fundamental para enfrentar os desafios socioambientais contemporâneos.

O Capítulo I enfatiza a agricultura sintrópica como uma estratégia capaz de conciliar produtividade, regeneração ambiental e segurança alimentar, particularmente em áreas degradadas. Desenvolvida por Ernst Götsch, essa abordagem baseia-se na organização das plantas em estratos e fases de crescimento, em consonância com os princípios naturais da floresta. No Brasil, experiências exitosas demonstram que a agricultura sintrópica não apenas favorece a biodiversidade e reduz a dependência de insumos químicos, mas também permite integração com tecnologias mecanizáveis e adaptáveis ao contexto local, as chamadas *Peace-Farming Technologies*. Ressalta-se, contudo, que o sucesso da prática depende igualmente da valorização dos saberes tradicionais e das condições de vida das comunidades rurais, reforçando que sustentabilidade e dignidade caminham juntas.

O Capítulo II amplia essa perspectiva ao abordar os quintais agroecológicos, espaços que transcendem a simples produção de alimentos. Eles representam ferramentas de educação ambiental, conservação do solo e da biodiversidade, e promoção de modos de vida sustentáveis. Ao diversificar espécies e ocupar diferentes nichos, os quintais seguem princípios ecológicos de coexistência e equilíbrio, favorecendo a construção de comunidades resilientes e conscientes do papel transformador da interação entre homem e natureza.

A análise do Capítulo III evidencia a importância dos Sistemas Agroflorestais (SAFs) e Silvipastoris (SSPs) na recuperação de áreas

degradadas da Mata Atlântica, cuja cobertura remanescente no Espírito Santo é de apenas 10,47%. O estudo sobre o uso do jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra*) demonstra como espécies nativas podem contribuir para a regeneração do solo, melhoria da qualidade das pastagens e bem-estar animal, além de reduzir a dependência de insumos externos. A consolidação dessas práticas requer pesquisa contínua, políticas públicas de apoio e capacitação dos agricultores, apontando para o potencial de integrar conservação ambiental e desenvolvimento rural sustentável.

No Capítulo IV, a viabilidade econômica dos sistemas agroflorestais é analisada, considerando custos, receitas e rentabilidade. Apesar dos investimentos iniciais elevados, os resultados indicam que, em médio e longo prazo, esses sistemas proporcionam retorno financeiro atrativo, principalmente quando se aproveita a diversificação de culturas e os benefícios ambientais associados. Essa constatação reforça a ideia de que sustentabilidade e rentabilidade não são mutuamente exclusivas, mas complementares, oferecendo alternativas viáveis à agricultura convencional.

O Capítulo V detalha as práticas de manejo e cultivares adotadas na Fazenda Experimental de Bananal do Norte (FEBN), destacando seu papel como centro de pesquisa e inovação em tecnologias sustentáveis. O estudo evidencia que a integração de cultivos agrícolas com árvores nativas e exóticas promove biodiversidade, aumenta a fertilidade do solo, melhora o controle biológico de pragas e contribui para a estabilidade socioeconômica. A FEBN configura-se como modelo replicável, especialmente para pequenos e médios produtores, demonstrando que a pesquisa aplicada é fundamental para a consolidação de práticas agroecológicas eficientes.

O Capítulo VI reforça a importância da macrofauna edáfica como bioindicadora da qualidade do solo. Minhocas, cupins e formigas desempenham funções essenciais na decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e melhoria da estrutura e fertilidade do solo. Reconhecer a relevância desses organismos é fundamental para o monitoramento ambiental e para a implementação de sistemas agrícolas que respeitem a integridade do ecossistema edáfico.

O Capítulo VII trata de técnicas de baixo custo para conservação do solo e da água, como barraginhas e cochinchos em curva de nível, fundamentais para enfrentar a degradação do solo e a escassez hídrica. Estudos realizados em Atílio Vivácqua demonstram que essas práticas aumentam a infiltração, reduzem a erosão e fortalecem a resiliência das comunidades rurais. A integração dessas soluções com programas institucionais, como o Reflorestar, evidencia a importância de políticas públicas e de princípios agroecológicos na promoção da sustentabilidade.

No Capítulo VIII, a bacia hidrográfica do rio Castelo é apresentada como objeto de análise científica e educacional. A revisão da literatura indica lacunas de conhecimento sobre morfometria, qualidade da água e gestão ambiental, ao mesmo tempo em que sugere a aplicação de metodologias ativas na educação ambiental, evidenciando a necessidade de integrar ciência e pedagogia para a conservação hídrica e territorial.

O Capítulo IX discute a diversidade de produção e a comercialização de produtos vegetais em assentamentos e comunidades rurais de Alegre, destacando a agroecologia como ferramenta de segurança alimentar e valorização da agricultura familiar. O envolvimento em programas institucionais, como CDA e PNAE, reforça a integração entre produção local, sustentabilidade e fortalecimento econômico das famílias agricultoras.

Por fim, o Capítulo X apresenta a experiência da Associação de Mulheres Empreendedoras de Vila Pontões, em Afonso Cláudio, evidenciando o protagonismo feminino no cultivo de cafés especiais e na adoção de práticas agroecológicas. Apesar das limitações estruturais e das barreiras institucionais, a associação demonstra que a inovação, a resistência e a valorização territorial são elementos centrais para o desenvolvimento sustentável e inclusivo.

Em síntese, os estudos reunidos neste livro evidenciam que sustentabilidade, produtividade e equidade social podem ser articuladas de forma integrada, quando se privilegiam práticas agroecológicas, manejo sustentável de recursos naturais, valorização dos saberes locais e políticas públicas de suporte. Os resultados indicam que iniciativas como SAFs, SSPs, agricultura sintrópica, quintais agroecológicos, conservação hídrica e

protagonismo feminino são estratégias efetivas para mitigar impactos ambientais, fortalecer comunidades e garantir segurança alimentar.

As análises aqui apresentadas também destacam questões fundamentais sobre a intersecção entre desigualdade, pobreza, degradação ambiental e gestão responsável dos recursos naturais. O reconhecimento de que ainda existem indivíduos, grupos e instituições que negam ou minimizam a gravidade dessas relações constitui um dos maiores desafios para a promoção de políticas e práticas verdadeiramente sustentáveis. Tal negacionismo — muitas vezes enraizado em interesses econômicos, crenças ideológicas ou simples desinformação — evidencia a urgência de fortalecer a educação ambiental, o diálogo interdisciplinar e a ação coletiva como instrumentos para reconstruir pontes entre conhecimento, ética e prática social.

Nesse contexto, a menção à obra **O Terceiro Chimpanzé**, de **Jared Diamond (2010)**, adquire valor simbólico e analítico. Em seu último capítulo, “*A Segunda Nuvem*”, Diamond apresenta um cenário alarmante: o risco de uma extinção em massa, um holocausto ambiental ou até mesmo nuclear. Ele afirma que o colapso ecológico não é um futuro distante, mas uma realidade em curso. Ao longo da obra, o autor demonstra que nossa evolução biológica nos deu poder sobre a natureza, mas não sabedoria para utilizá-lo. Assim, a espécie humana se vê diante de uma escolha urgente: continuar no caminho da autodestruição ou reconhecer-se como parte da teia da vida.

O Terceiro Chimpanzé é, portanto, uma leitura indispensável — crítica, reflexiva e profundamente atual. Diamond nos obriga a olhar para nossas origens para compreender o presente e repensar o futuro. Sua reflexão ecoa nas discussões apresentadas neste volume: compreender os limites ecológicos e agir antes que ultrapassemos pontos de não retorno é uma responsabilidade civilizatória.

Essas ideias dialogam com o alerta de Diamond de que os problemas socioambientais não são independentes, mas expressões de um mesmo sistema de exploração que ignora os limites do planeta. Reafirmar essa conexão é essencial em tempos marcados pela crise climática global e pela iminência de colapsos ecológicos.

Repensar os modelos de desenvolvimento tornou-se, portanto, uma **necessidade existencial**. A busca por soluções sustentáveis exige um olhar crítico sobre as desigualdades sociais e sobre as condições de vida das populações mais vulneráveis. Políticas públicas e práticas sociais devem caminhar lado a lado com a proteção ambiental, assegurando que a transição ecológica seja também justa, inclusiva e solidária.

O desafio a partir daqui é transformar conhecimento e experiências em ação concreta. Investir em educação ambiental, capacitação técnica, inovação tecnológica e integração social é essencial para consolidar modelos produtivos sustentáveis e assegurar a preservação ambiental. Ao combinar ciência, prática e saberes tradicionais, é possível construir um futuro mais justo, resiliente e sustentável — capaz de enfrentar os desafios climáticos e socioambientais do século XXI e de fortalecer o Espírito Santo como referência em inovação agroecológica e conservação ambiental.

Professor Maurício Novaes Souza

Guarapari, outubro de 2025.



www.meridapublishers.com

