

PRINCÍPIOS ECOLÓGICOS PARA A RESTAURAÇÃO DA BIODIVERSIDADE EM AGROECOSSISTEMAS

ECOLOGICAL PRINCIPLES FOR RESTORING BIODIVERSITY IN AGROECOSYSTEMS

 <https://doi.org/10.63330/revalvoradav1n1-012>

Submetido em: 13/08/2026 e Publicado em: 03/09/2026

RA: e262214

Cleidi Lima Kuyava

Graduanda em Agronomia

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

E-mail: cleidi-kuyava@uergs.edu.br

Débora Helena Godinho Rocha

Graduanda em Agronomia

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

E-mail: debora-rocha@uergs.edu.br

Equiton Lorengian Grégio

Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

E-mail: equiton-gregio@uergs.edu.br

RESUMO

A redução da biodiversidade em regiões agrícolas compromete processos ecológicos indispensáveis à produção, como a ciclagem de nutrientes, a polinização, o controle biológico, a regulação hídrica e a conservação do solo. Este artigo analisa como princípios ecológicos podem orientar a restauração do equilíbrio de agroecossistemas simplificados por monoculturas, remoção da vegetação nativa, fragmentação de habitats e uso intensivo de insumos químicos. Trata-se de estudo qualitativo, exploratório e bibliográfico-documental, desenvolvido mediante análise temática de publicações científicas, documentos técnicos e páginas institucionais selecionados por sua pertinência ao problema. A síntese foi organizada em cinco eixos: diversificação produtiva; conservação e recuperação da vegetação nativa; manejo sustentável do solo; redução de insumos químicos; e promoção de serviços ecossistêmicos. Os resultados indicam que nenhuma prática isolada restabelece a complexidade ecológica. A recuperação depende da articulação entre escala da propriedade e escala da paisagem, associando rotação e consórcios de culturas, sistemas integrados, cobertura permanente do solo, manejo integrado de pragas, proteção de nascentes, corredores ecológicos e monitoramento de indicadores biológicos e produtivos. Conclui-se que a biodiversidade deve ser tratada como componente funcional da produção agrícola, e não apenas como

elemento externo de conservação. A transição requer planejamento gradual, assistência técnica e avaliação contínua para conciliar estabilidade produtiva, viabilidade econômica e conservação ambiental.

Palavras-chave: Agroecologia; Biodiversidade; Manejo sustentável; Serviços ecossistêmicos; Sustentabilidade agrícola.

ABSTRACT

Biodiversity loss in agricultural regions compromises ecological processes that are essential to production, including nutrient cycling, pollination, biological control, water regulation, and soil conservation. This article analyzes how ecological principles can guide the restoration of balance in agroecosystems simplified by monocultures, native vegetation removal, habitat fragmentation, and intensive use of chemical inputs. This is a qualitative, exploratory, bibliographic, and documentary study based on the thematic analysis of scientific publications, technical documents, and institutional sources selected for their relevance to the problem. The synthesis was organized into five axes: productive diversification; conservation and restoration of native vegetation; sustainable soil management; reduction of chemical inputs; and promotion of ecosystem services. The results indicate that no isolated practice can restore ecological complexity. Recovery depends on coordinating farm and landscape scales by combining crop rotation and intercropping, integrated production systems, permanent soil cover, integrated pest management, protection of water sources, ecological corridors, and monitoring of biological and productive indicators. Biodiversity should therefore be treated as a functional component of agricultural production rather than merely as an external conservation element. The transition requires gradual planning, technical assistance, and continuous assessment to reconcile productive stability, economic viability, and environmental conservation.

Keywords: Agroecology; Agricultural sustainability; Biodiversity; Ecosystem services; Sustainable management.

1 INTRODUÇÃO

A biodiversidade constitui um componente estrutural e funcional dos agroecossistemas. A variedade de plantas, animais e microrganismos sustenta processos como decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, formação e estabilização de agregados, polinização, controle natural de pragas e regulação do fluxo de água. Esses processos não são acessórios à produção: eles formam a base ecológica que permite ao sistema agrícola manter produtividade e capacidade de resposta diante de perturbações (ALTIERI, 1999; COUTINHO et al., 2003).

A modernização agrícola ampliou a capacidade de produção em numerosas regiões, porém, quando baseada na homogeneização das paisagens, na expansão de monoculturas, na remoção da vegetação nativa e na dependência de insumos externos, também pode simplificar as relações ecológicas. A redução da diversidade de cultivos e habitats diminui a disponibilidade de abrigo e alimento para organismos benéficos, interrompe fluxos biológicos e torna o funcionamento do agroecossistema mais dependente de fertilizantes e defensivos. Em paisagens simplificadas, a perda de biodiversidade pode comprometer a provisão de serviços ecossistêmicos essenciais à própria agricultura (TSCHARNTKE et al., 2005; POWER, 2010).

A simplificação ecológica tem efeitos que ultrapassam a presença ou ausência de espécies. Quando a cobertura vegetal é reduzida e o solo permanece exposto, aumentam os riscos de desagregação, escoamento superficial e erosão. Quando a comunidade de organismos do solo é afetada, podem diminuir a decomposição, a disponibilidade gradual de nutrientes, a infiltração de água e a estabilidade estrutural. Do mesmo modo, a redução de polinizadores e inimigos naturais enfraquece mecanismos de regulação que poderiam contribuir para a estabilidade produtiva (COUTINHO et al., 2003).

Conway (1987) propõe que a avaliação de agroecossistemas não se restrinja à produtividade pontual, mas considere estabilidade, sustentabilidade, equidade e capacidade de manutenção ao longo do tempo. Essa perspectiva é particularmente relevante em um contexto de maior variabilidade climática, no qual sistemas excessivamente homogêneos podem responder de forma semelhante e simultânea a secas, chuvas intensas, pragas ou doenças. A diversidade, ao distribuir funções e respostas entre diferentes componentes, amplia as possibilidades de compensação interna e de recuperação após perturbações.

A sustentabilidade agrícola exige, portanto, leitura integrada das dimensões ecológica, produtiva, social e territorial. Gastó et al. (2009) destacam que a organização dos sistemas agrícolas deve respeitar a capacidade de suporte dos ecossistemas e a dinâmica das paisagens. Essa compreensão desloca o debate de uma oposição simplificada entre produzir e conservar para a busca de arranjos nos quais a conservação dos processos ecológicos contribua diretamente para a continuidade da produção.

Diante desse cenário, toma-se como situação-problema uma região agrícola hipotética que apresenta redução significativa da biodiversidade em razão da predominância de monoculturas, fragmentação de habitats, supressão de vegetação nativa, baixa diversidade de cultivos e uso intensivo de insumos químicos. A questão que orienta o estudo é: como os princípios ecológicos podem contribuir para restaurar o equilíbrio desse agroecossistema sem desconsiderar as necessidades produtivas e econômicas dos agricultores?

O objetivo geral é analisar estratégias baseadas em princípios ecológicos capazes de recuperar a biodiversidade funcional e fortalecer a estabilidade de agroecossistemas simplificados. Especificamente, busca-se: discutir as relações entre biodiversidade, serviços ecossistêmicos e resiliência; identificar processos associados à degradação ecológica; sistematizar práticas de diversificação, conservação da

vegetação, manejo do solo e redução de insumos; e propor critérios para implementação e monitoramento das intervenções.

A relevância do estudo decorre da necessidade de converter recomendações isoladas em uma estratégia integrada. Práticas como rotação de culturas, plantio direto, recuperação de matas ciliares ou manejo integrado de pragas podem produzir benefícios específicos, mas seus efeitos tendem a ser maiores quando planejados como componentes complementares. Ao organizar essas relações, o artigo oferece uma base técnico-científica para orientar diagnósticos, decisões de manejo e processos graduais de transição em propriedades e territórios rurais.

2 BIODIVERSIDADE E FUNCIONAMENTO DOS AGROECOSSISTEMAS

2.1 BIODIVERSIDADE, FUNÇÕES ECOLÓGICAS E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

A biodiversidade dos agroecossistemas pode ser compreendida em diferentes níveis: diversidade genética, diversidade de espécies, diversidade de habitats e diversidade de funções. No nível genético, a presença de variedades com características distintas pode reduzir a uniformidade de respostas a condições ambientais adversas. No nível de espécies, combinações de culturas, plantas espontâneas manejadas, árvores, animais e microrganismos ampliam as interações ecológicas. No nível da paisagem, fragmentos de vegetação, matas ciliares, cercas vivas e corredores aumentam a heterogeneidade e criam rotas de deslocamento e áreas de refúgio.

A contribuição da biodiversidade à agricultura depende menos da simples contagem de espécies do que das funções exercidas e das relações estabelecidas. A diversidade funcional inclui decompositores, fixadores de nitrogênio, microrganismos associados às raízes, polinizadores, predadores, parasitoides e organismos que modificam a estrutura do solo. Quando esses grupos estão presentes e encontram condições de habitat, podem fornecer serviços que reduzem a necessidade de intervenções externas ou aumentam sua eficiência (ALTIERI, 1999; POWER, 2010).

No solo, bactérias e fungos participam da decomposição e das transformações de nutrientes; minhocas, cupins e formigas modificam a porosidade, transportam matéria orgânica e influenciam a formação de agregados. A ação conjunta desses organismos afeta infiltração, armazenamento de água, aeração e disponibilidade de nutrientes. Coutinho et al. (2003) ressaltam que a conservação dessa comunidade biológica é decisiva para a qualidade ambiental e produtiva, razão pela qual o manejo do solo deve considerar não apenas atributos químicos, mas também condições físicas e biológicas.

Acima do solo, a oferta contínua de recursos florais e de abrigo favorece polinizadores e inimigos naturais. Contudo, tais organismos dependem de conectividade e de uma combinação de áreas cultivadas e não cultivadas. O benefício de um fragmento de vegetação pode ser limitado quando ele permanece isolado por grandes extensões homogêneas. Por isso, Tscharntke et al. (2005) defendem uma perspectiva de

paisagem para compreender a relação entre intensificação agrícola, biodiversidade e serviços ecossistêmicos.

Os serviços ecossistêmicos relacionados à agricultura envolvem sinergias e também possíveis conflitos. A maximização de um produto no curto prazo pode reduzir serviços de regulação ou de suporte que sustentariam a produção no longo prazo. Power (2010) observa que o manejo agrícola precisa reconhecer essas relações, buscando arranjos que mantenham a produção e, simultaneamente, reduzam efeitos negativos sobre solo, água e organismos benéficos. Assim, a restauração do equilíbrio não significa retorno a uma condição sem produção, mas reorganização do sistema para que os processos ecológicos voltem a participar do funcionamento produtivo.

2.2 SIMPLIFICAÇÃO ECOLÓGICA, VULNERABILIDADE E RESILIÊNCIA

A monocultura não é problemática apenas por concentrar uma espécie cultivada; seu efeito depende da escala, da duração, do manejo e do contexto da paisagem. Quando a mesma cultura ocupa grandes áreas durante períodos sucessivos, com pouca rotação, escassa vegetação seminatural e solo exposto entre safras, há redução da variedade de recursos e habitats. Essa homogeneidade pode favorecer organismos associados à cultura dominante, reduzir populações benéficas e aumentar a uniformidade da resposta do sistema a eventos extremos.

A fragmentação de habitats acrescenta outro componente de vulnerabilidade. Fragmentos pequenos e isolados tendem a apresentar menor conectividade, maior influência das bordas e dificuldade de sustentar fluxos de organismos entre áreas. No agroecossistema, isso pode limitar o deslocamento de polinizadores e inimigos naturais, a dispersão de sementes e a recomposição de populações após distúrbios. Corredores, faixas de vegetação e matrizes agrícolas mais permeáveis ajudam a reduzir o isolamento e a reconectar componentes da paisagem (MMA, s.d.).

A perda de cobertura do solo também gera um ciclo de degradação. Menor aporte de resíduos reduz alimento e habitat para a biota; menor atividade biológica pode afetar agregação e porosidade; baixa infiltração eleva o escoamento; e erosão remove matéria orgânica e nutrientes. O sistema passa a depender de correções frequentes sem necessariamente recuperar os processos que originaram a perda de qualidade. A interrupção desse ciclo requer cobertura contínua, diversidade de raízes, aporte de biomassa e redução de perturbações desnecessárias (COUTINHO et al., 2003; EMBRAPA, s.d.b).

Resiliência, nesse contexto, corresponde à capacidade de absorver perturbações, reorganizar-se e manter funções essenciais. Ela não implica ausência de variação, mas possibilidade de recuperação. Sistemas diversificados podem apresentar respostas distintas entre componentes: uma cultura ou espécie pode ser mais afetada por determinada condição, enquanto outra mantém cobertura, fornece alimento a

organismos benéficos ou contribui para a ciclagem de nutrientes. Essa redundância funcional reduz a probabilidade de colapso simultâneo de todas as funções (CONWAY, 1987; ALTIERI, 1999).

A recuperação da biodiversidade deve, portanto, ser orientada por dois princípios complementares: aumentar a diversidade de componentes e restabelecer as relações entre eles. Introduzir espécies sem considerar calendário, função, compatibilidade e manejo pode produzir resultados limitados. Da mesma forma, conservar um fragmento sem reduzir barreiras no entorno pode não restaurar os fluxos ecológicos. O planejamento precisa definir quais processos estão comprometidos e quais intervenções podem reativá-los em diferentes escalas.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo adota abordagem qualitativa, caráter exploratório e procedimentos bibliográfico-documentais. Sua finalidade é interpretar uma situação-problema e construir uma síntese aplicada, sem pretensão de mensurar empiricamente a biodiversidade de uma região específica. A escolha desse delineamento decorre da natureza do material de origem, composto por um relatório técnico fundamentado em literatura científica e documentos institucionais.

O corpus analítico foi delimitado às referências mobilizadas no relatório: seis artigos científicos sobre biodiversidade, propriedades dos agroecossistemas, sustentabilidade, serviços ecossistêmicos e biologia do solo; um documento técnico sobre integração lavoura-pecuária-floresta; e quatro páginas institucionais relativas ao Programa Cultivando Água Boa, ao Sistema Plantio Direto, ao Manejo Integrado de Pragas da Soja e aos corredores ecológicos. O conjunto abrange contribuições publicadas entre 1987 e 2013, além de documentos eletrônicos sem data identificada.

A análise foi realizada em três movimentos. Primeiro, identificaram-se no problema os principais vetores de simplificação: monocultura, retirada de vegetação nativa, fragmentação, baixa cobertura do solo e uso intensivo de insumos químicos. Segundo, foram extraídos da literatura os processos ecológicos afetados, como ciclagem de nutrientes, regulação biológica, infiltração, conectividade e estabilidade. Terceiro, as práticas recomendadas foram agrupadas segundo sua contribuição potencial para reativar esses processos.

A síntese resultou em cinco eixos de intervenção: diversificação dos sistemas produtivos; conservação e recuperação da vegetação nativa; manejo sustentável do solo; redução do uso de insumos químicos; e promoção de serviços ecossistêmicos. Para cada eixo, foram discutidos mecanismos ecológicos, benefícios esperados, condições de implementação e limitações. Também foram propostos indicadores de acompanhamento, com o objetivo de converter recomendações gerais em elementos observáveis na propriedade e na paisagem.

Por não se tratar de revisão sistemática, o estudo não afirma exaustividade da literatura nem permite comparação quantitativa entre técnicas. Os resultados devem ser compreendidos como síntese técnico-científica aplicável ao planejamento inicial. A seleção definitiva de espécies, arranjos, insumos biológicos, dimensões de faixas vegetadas e práticas de conservação exige diagnóstico local de solo, relevo, clima, disponibilidade hídrica, sistemas de produção, infraestrutura e condições socioeconômicas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DIAGNÓSTICO ECOLÓGICO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

A análise da situação-problema revela uma cadeia de causas e efeitos. A expansão de áreas homogêneas e a remoção de vegetação reduzem a diversidade de habitats; a fragmentação limita o trânsito de organismos; a baixa rotação diminui a variedade temporal de raízes e resíduos; e o uso frequente de produtos de amplo espectro pode afetar organismos não alvo. Em conjunto, esses fatores enfraquecem a regulação biológica, a ciclagem de nutrientes e a conservação do solo.

O primeiro resultado da síntese é que a perda de biodiversidade não deve ser tratada como impacto isolado. Ela se associa ao aumento da dependência de insumos, à maior exposição a oscilações climáticas e biológicas e à redução da capacidade de autorregulação. Quando inimigos naturais são escassos, o controle de pragas tende a depender mais de aplicações; quando o solo perde estrutura e cobertura, torna-se mais sensível à erosão e à deficiência hídrica; quando os cultivos são uniformes, a produção pode responder de modo semelhante a um mesmo evento adverso.

O segundo resultado é a necessidade de distinguir escala da propriedade e escala da paisagem. O produtor pode diversificar culturas e melhorar o solo dentro de sua área, mas a manutenção de populações móveis, como polinizadores e inimigos naturais, depende também da configuração do entorno. Da mesma forma, a recuperação de um curso d'água ou corredor ecológico frequentemente exige coordenação entre propriedades. A abordagem territorial, portanto, não substitui o manejo local; ela amplia suas condições de efetividade (TSCHARNTKE et al., 2005).

O terceiro resultado é que a restauração deve ser gradual e monitorada. Alterações simultâneas e não planejadas podem elevar riscos operacionais, especialmente quando demandam novos conhecimentos, equipamentos ou mercados. A transição pode começar por áreas-piloto, ampliação da rotação, manutenção de palhada, monitoramento de pragas e proteção de pontos críticos. Os resultados observados orientam a expansão das práticas e ajudam a compatibilizar ganhos ecológicos com a viabilidade econômica.

4.2 DIVERSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS PRODUTIVOS

A diversificação é o eixo central porque modifica a base biológica do agroecossistema. Rotações planejadas alternam espécies com arquiteturas de raiz, exigências nutricionais e ciclos distintos, reduzindo

a repetição de um único padrão. Consórcios e plantas de cobertura ampliam a ocupação do espaço e do tempo, protegem a superfície e fornecem resíduos variados. Sistemas agroflorestais e integrações entre lavoura, pecuária e floresta adicionam estratos e funções, aumentando a heterogeneidade do ambiente produtivo (ALTIERI, 1999).

O benefício da diversificação não decorre automaticamente do número de espécies. É necessário selecionar combinações funcionalmente complementares. Leguminosas podem contribuir com fixação biológica de nitrogênio; gramíneas geralmente oferecem elevada produção de biomassa e resíduos com decomposição mais lenta; espécies de raízes profundas exploram camadas diferentes e podem favorecer a estrutura do solo; plantas com floração em períodos distintos ampliam a oferta de recursos a polinizadores e inimigos naturais. A escolha deve considerar clima, solo, janela agrícola, riscos fitossanitários e destino econômico.

A rotação também pode interromper ciclos de organismos associados a uma cultura, reduzir pressão seletiva e distribuir operações ao longo do ano. Entretanto, a simples alternância entre duas culturas com características semelhantes pode produzir menor ganho ecológico do que uma sequência que combine famílias botânicas, formas de crescimento e sistemas radiculares diversos. O desenho da rotação deve ser orientado por funções esperadas, e não apenas por conveniência de calendário.

A integração lavoura-pecuária-floresta ilustra a articulação entre componentes produtivos. No estudo de caso da Fazenda Santa Brígida, em Ipameri, Goiás, culturas anuais, forrageiras, criação animal e componente arbóreo foram organizados em uma mesma estratégia de uso da área. O caso demonstra que a diversificação pode favorecer cobertura do solo, aproveitamento de resíduos e recuperação de áreas, ao mesmo tempo em que distribui produtos e possibilidades de renda (OLIVEIRA et al., 2013).

A adoção de sistemas integrados, contudo, exige planejamento mais complexo. Competição por luz, água e nutrientes, manejo animal inadequado, escolha incorreta de espécies arbóreas ou ausência de sincronização podem reduzir benefícios. Assistência técnica, definição de densidades, acompanhamento do solo e ajuste do pastejo são condições relevantes. Assim, a diversificação deve ser entendida como reorganização planejada, e não como simples justaposição de atividades.

4.3 CONSERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA

A vegetação nativa fornece habitat, alimento, abrigo, matéria orgânica e conectividade. Matas ciliares contribuem para proteção de cursos d'água e margens; fragmentos conservam populações e recursos; cercas vivas e faixas vegetadas aumentam a permeabilidade da matriz agrícola; e corredores conectam áreas antes isoladas. Em paisagens agrícolas, essas estruturas podem favorecer o deslocamento de organismos e ampliar a oferta de serviços ecossistêmicos (TSCHARNTKE et al., 2005; MMA, s.d.).

A recuperação deve começar por diagnóstico espacial. Áreas de preservação, nascentes, encostas sensíveis, trechos erodidos, fragmentos isolados e possíveis rotas de conexão precisam ser mapeados. Em seguida, definem-se prioridades: interromper fatores de degradação, proteger regeneração existente, conduzir regeneração natural quando viável e realizar plantio de espécies nativas onde a capacidade de recuperação for limitada. O controle de acesso de animais e de espécies invasoras pode ser tão importante quanto o plantio.

A proteção de nascentes e matas ciliares produz benefícios que se estendem além dos limites da propriedade. O Programa Cultivando Água Boa, desenvolvido pela Itaipu Binacional e apresentado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, organiza ações de conservação e recuperação de água, solo e biodiversidade, promoção de sistemas produtivos sustentáveis e participação social. A experiência evidencia a relevância de articular dimensão ambiental e organização comunitária em escala de bacia hidrográfica (ANA, s.d.).

Corredores ecológicos não precisam ser interpretados apenas como extensas faixas contínuas. Uma rede de fragmentos, cercas vivas, áreas ripárias, árvores isoladas e sistemas produtivos com maior cobertura pode formar rotas e pontos de apoio. A efetividade varia entre organismos, razão pela qual largura, composição e continuidade devem responder aos objetivos de conservação. Ainda assim, aumentar conectividade tende a reduzir o isolamento e facilitar dispersão, fluxo gênico e recolonização (MMA, s.d.).

É importante evitar que a vegetação nativa seja tratada como área residual desconectada da produção. Seu planejamento pode contribuir para controle de erosão, proteção hídrica, conforto térmico, abrigo de organismos benéficos e estabilidade da paisagem. Ao mesmo tempo, a presença de vegetação não elimina a necessidade de manejo: monitoramento de invasoras, prevenção de incêndios, manutenção de cercas e proteção da regeneração são atividades contínuas.

4.4 MANEJO SUSTENTÁVEL DO SOLO

O solo é um sistema vivo e constitui o principal elo entre biodiversidade e produtividade. Sua recuperação requer redução da exposição, aumento do aporte de carbono, diversidade de raízes e menor intensidade de perturbação. Cobertura permanente, rotação de culturas, adubação verde, manutenção de resíduos e integração de componentes são práticas que protegem a superfície e criam condições para a atividade biológica (COUTINHO et al., 2003).

O Sistema Plantio Direto baseia-se na ausência ou redução do revolvimento, na cobertura do solo e na rotação de culturas. A palhada intercepta o impacto das gotas de chuva, reduz a desagregação e o escoamento, conserva umidade e modera variações de temperatura. Contudo, o plantio direto não deve ser reduzido à semeadura sem preparo: quando há baixa produção de biomassa e sucessão pouco diversa, parte

de seus benefícios é limitada. A qualidade do sistema depende da combinação entre cobertura e rotação (EMBRAPA, s.d.b).

Leguminosas e associações micorrízicas exemplificam como processos biológicos podem melhorar o uso de nutrientes. Leguminosas adequadamente inoculadas podem incorporar nitrogênio ao sistema, enquanto fungos micorrízicos ampliam a interface entre raízes e solo. A efetividade depende de espécies, condições de solo, manejo e compatibilidade com práticas químicas. A recomendação técnica deve integrar análise de fertilidade, histórico da área e objetivos da rotação.

A biodiversidade do solo responde ao ambiente criado pelo manejo. A manutenção de umidade, resíduos e poros favorece organismos, mas compactação, erosão, excesso de revolvimento e ausência de alimento reduzem habitat. Minhocas e outros engenheiros do ecossistema podem aumentar a formação de canais; microrganismos transformam resíduos; raízes estabilizam agregados. Esses efeitos são graduais e exigem acompanhamento por mais de uma safra (COUTINHO et al., 2003).

Indicadores simples podem apoiar decisões: porcentagem de solo coberto, presença de erosão, infiltração após chuva, resistência à penetração, estabilidade de agregados, matéria orgânica, diversidade de raízes e ocorrência de organismos visíveis. Nenhum indicador isolado descreve a qualidade, mas a leitura conjunta permite observar tendências. A comparação deve considerar o mesmo período do ano e condições semelhantes de umidade.

4.5 REDUÇÃO DO USO DE INSUMOS QUÍMICOS E MANEJO INTEGRADO

A redução de insumos químicos não significa abandono abrupto de ferramentas agronômicas, mas substituição de calendários fixos por decisões baseadas em diagnóstico, monitoramento e níveis de ação. O Manejo Integrado de Pragas combina reconhecimento de espécies, amostragem, acompanhamento populacional, conservação de inimigos naturais e seleção do método de controle mais adequado. O controle químico permanece como uma possibilidade, mas é utilizado quando tecnicamente justificado.

A lógica do manejo integrado protege a biodiversidade funcional de duas maneiras. Primeiro, evita aplicações sem necessidade, reduzindo exposição de organismos não alvo. Segundo, valoriza o papel de predadores, parasitoides e microrganismos, cuja presença pode manter populações de pragas abaixo do nível de dano econômico. A Embrapa apresenta o MIP-Soja como estratégia de racionalização do uso de inseticidas, com potencial de reduzir custos e preservar agentes de controle (EMBRAPA, s.d.a).

O monitoramento deve ser regular e registrado. Data, estágio da cultura, espécie, densidade, distribuição, presença de inimigos naturais, condições climáticas e decisão adotada formam uma série histórica útil. Esses registros permitem diferenciar ocorrências pontuais de tendências e avaliar se a diversificação e a vegetação de suporte estão contribuindo para a regulação biológica.

Produtos biológicos podem integrar a estratégia, mas não dispensam diagnóstico. Sua eficiência depende de alvo, formulação, condições ambientais, armazenamento e momento de aplicação. O uso de um insumo biológico de forma indiscriminada não substitui o manejo ecológico. A prioridade é organizar o sistema para prevenir desequilíbrios e, quando necessário, escolher intervenções seletivas compatíveis com os organismos benéficos.

Power (2010) destaca que a agricultura pode fornecer e, simultaneamente, depender de serviços ecossistêmicos. A regulação de pragas é exemplo direto: decisões que eliminam inimigos naturais podem gerar dependência crescente de controle externo. Em sentido oposto, habitat, diversidade vegetal e seletividade de manejo podem fortalecer mecanismos internos. Por isso, a redução de químicos deve estar associada à diversificação e à conectividade, e não ser tratada como eixo independente.

4.6 PROMOÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS E CONECTIVIDADE

Faixas floridas, cercas vivas, plantas de cobertura com floração escalonada e áreas de refúgio podem ampliar recursos para polinizadores e inimigos naturais. Para produzir efeito, a composição deve oferecer flores, néctar, pólen, abrigo e locais de reprodução em períodos complementares. Também é necessário evitar que essas estruturas se tornem fontes de plantas invasoras ou hospedeiros relevantes de pragas, o que reforça a necessidade de seleção e manejo técnico.

A conectividade funcional depende da capacidade de cada organismo atravessar a matriz agrícola. Uma faixa estreita pode ser suficiente para alguns insetos e insuficiente para outros grupos. Assim, a paisagem deve reunir elementos variados, desde vegetação ripária contínua até pequenas manchas e árvores. Sistemas agroflorestais e cultivos diversificados podem tornar o espaço produtivo menos hostil e complementar as áreas nativas (TSCHARNTKE et al., 2005).

A promoção de serviços ecossistêmicos envolve possíveis sinergias. Cobertura do solo reduz erosão e cria habitat; diversidade de plantas alimenta organismos benéficos e produz resíduos; corredores protegem água e conectam fragmentos; redução de aplicações preserva agentes de controle. Uma mesma prática pode atuar em vários processos, o que aumenta a eficiência do investimento quando os objetivos são definidos de forma integrada.

Também existem compensações e limites. Áreas destinadas à vegetação podem reduzir temporariamente a área cultivada; sistemas complexos exigem mais conhecimento e coordenação; espécies arbóreas podem competir com culturas quando mal posicionadas; e a restauração pode demandar anos para expressar resultados. Esses custos não invalidam as práticas, mas precisam ser incorporados ao planejamento econômico. A sustentabilidade depende de compatibilizar benefícios ecológicos de médio e longo prazo com a capacidade de investimento e o fluxo de renda da propriedade (GASTÓ et al., 2009).

Quadro 1 - Síntese dos eixos de restauração ecológica do agroecossistema

Eixo	Práticas e mecanismos	Contribuições esperadas e condições
Diversificação produtiva	Rotação, consórcios, plantas de cobertura, sistemas agroflorestais e integração lavoura-pecuária-floresta.	Amplia habitats e recursos, diversifica raízes e resíduos, distribui riscos e pode fortalecer ciclagem e regulação biológica.
Vegetação nativa	Proteção de remanescentes, recuperação de matas ciliares e nascentes, cercas vivas e corredores ecológicos.	Aumenta conectividade, abrigo e fluxo de organismos; protege solo e água; requer ação coordenada na paisagem.
Manejo do solo	Cobertura permanente, rotação, adubação verde, redução do revolvimento e aporte de matéria orgânica.	Reduz erosão, conserva umidade e cria condições para biota, infiltração, agregação e ciclagem de nutrientes.
Manejo integrado	Monitoramento, níveis de ação, controle biológico e escolha seletiva de intervenções.	Evita aplicações desnecessárias, preserva inimigos naturais e reduz dependência e custos de insumos químicos.
Serviços ecossistêmicos	Faixas floridas, refúgios, conectividade funcional e oferta contínua de recursos.	Favorece polinização, regulação de pragas e resiliência; exige escolha de espécies e manejo para evitar efeitos indesejados.
Gestão e monitoramento	Diagnóstico inicial, áreas-piloto, registros e avaliação de indicadores ecológicos e produtivos.	Permite ajuste gradual, comparação de tendências e compatibilização entre objetivos ambientais e viabilidade econômica.

Fonte: elaboração própria com base em Altieri (1999), Coutinho et al. (2003), Tschardt et al. (2005), Power (2010) e documentos institucionais analisados.

4.7 INTEGRAÇÃO DAS PRÁTICAS E PRIORIDADES DE IMPLEMENTAÇÃO

A principal implicação prática da análise é que os cinco eixos formam um sistema de intervenção. Diversificar sem proteger o solo pode manter perdas por erosão; conservar fragmentos sem conectividade pode limitar fluxos; reduzir aplicações sem monitorar pode aumentar risco; e recuperar matas sem interromper as causas de degradação pode gerar baixa sobrevivência. O planejamento deve explicitar as relações entre ações e ordená-las segundo urgência, viabilidade e dependência.

Uma sequência inicial pode começar pelo diagnóstico e pela proteção de pontos críticos. A primeira etapa identifica erosão, solo exposto, nascentes desprotegidas, fragmentos, histórico de cultivos e aplicações, custos de insumos e ocorrência de pragas. A segunda interrompe processos de perda, como acesso animal a áreas em regeneração, preparo excessivo ou ausência de cobertura. A terceira amplia diversidade e conectividade. A quarta consolida monitoramento e ajusta o manejo.

A priorização deve considerar ações de baixo risco e benefício múltiplo. Manter cobertura, registrar monitoramento de pragas, ampliar a rotação e proteger áreas frágeis podem gerar informação e reduzir perdas enquanto intervenções mais complexas são planejadas. Sistemas agroflorestais ou integrações com árvores demandam análise de longo prazo, escolha de espécies, espaçamento, mercado e mecanização; por isso, áreas demonstrativas podem anteceder a ampliação.

Assistência técnica exerce papel decisivo. A transição exige conhecimentos de ecologia, fitotecnia, solos, entomologia, economia e organização territorial. O profissional de Agronomia atua na tradução dos princípios ecológicos em decisões compatíveis com a propriedade, acompanha indicadores, identifica riscos e articula agricultores, instituições e políticas. Sua função não é impor um modelo único, mas apoiar o desenho e a adaptação de soluções.

A cooperação entre produtores aumenta a escala dos resultados. Corredores, proteção hídrica, controle de deriva e manejo de pragas móveis são influenciados pelo entorno. Grupos locais podem compartilhar equipamentos, sementes de cobertura, capacitação e registros, além de coordenar calendários e áreas de conexão. A experiência do Programa Cultivando Água Boa reforça a importância de redes de parceiros e da integração entre conservação e práticas produtivas (ANA, s.d.).

4.8 INDICADORES PARA ACOMPANHAMENTO DA RECUPERAÇÃO

A avaliação deve combinar indicadores ecológicos, produtivos e econômicos. O objetivo não é construir um índice único, mas acompanhar tendências e verificar se as práticas estão reativando processos desejados. Indicadores precisam ser simples o suficiente para uso contínuo e consistentes para permitir comparação entre períodos. Registros fotográficos georreferenciados, planilhas de manejo e pontos permanentes de observação podem complementar análises laboratoriais.

A linha de base deve ser estabelecida antes das intervenções ou no primeiro momento possível. Sem referência inicial, aumentos ou reduções tornam-se difíceis de interpretar. Também é recomendável comparar áreas submetidas a manejos distintos dentro da propriedade, desde que possuam condições semelhantes. Mudanças biológicas e de matéria orgânica podem ser lentas; por isso, a avaliação deve abranger várias safras e evitar conclusões baseadas em um único evento.

Quadro 2 - Indicadores propostos para o monitoramento da recuperação

Dimensão	Indicadores	Finalidade da leitura
Diversidade produtiva	Número de culturas por ciclo; presença de plantas de cobertura; diversidade de famílias e tipos de raiz.	Verificar ampliação da diversidade espacial e temporal e adequação funcional da rotação.
Solo	Cobertura da superfície; matéria orgânica; infiltração; estabilidade de agregados; sinais de erosão e compactação.	Acompanhar conservação física, disponibilidade de habitat e tendência de recuperação da qualidade.
Biota funcional	Registro de polinizadores, inimigos naturais, minhocas e outros organismos indicadores; floração ao longo do ano.	Observar disponibilidade de recursos e presença de grupos associados a serviços ecossistêmicos.
Vegetação e água	Área protegida ou restaurada; continuidade de faixas vegetadas; proteção de nascentes; ocorrência de escoamento e sedimentos.	Avaliar conectividade, estabilidade de margens e redução de pressões sobre recursos hídricos.
Manejo de pragas	Frequência de amostragens; aplicações por safra; decisões baseadas em nível de ação; custos de controle.	Verificar racionalização do uso de produtos e contribuição da regulação biológica.
Produção e economia	Produtividade por cultura; estabilidade entre safras; custo de insumos; diversidade de produtos e receitas.	Confirmar se os ganhos ecológicos são compatíveis com continuidade produtiva e viabilidade da transição.

Fonte: elaboração própria (2026).

A interpretação integrada evita conclusões equivocadas. Uma redução inicial da produtividade em determinada cultura pode ocorrer durante ajustes, mas ser acompanhada por menor custo, maior cobertura e diversificação de renda. De modo inverso, uma produtividade elevada em uma safra não comprova sustentabilidade se houver erosão, perda de matéria orgânica ou aumento contínuo das aplicações. A avaliação deve considerar desempenho ao longo do tempo, coerentemente com as propriedades de estabilidade e sustentabilidade discutidas por Conway (1987).

Os indicadores também tornam a assistência técnica mais transparente. Metas como manter alta cobertura do solo, ampliar o número de culturas, reduzir áreas de erosão, aumentar a frequência de monitoramento e recuperar trechos prioritários podem ser pactuadas e revistas. Essa abordagem permite que a restauração deixe de ser uma recomendação genérica e se converta em processo de aprendizagem, correção e aperfeiçoamento contínuo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A redução da biodiversidade compromete a base ecológica dos agroecossistemas ao afetar ciclagem de nutrientes, polinização, regulação biológica, infiltração de água, conservação do solo e capacidade de recuperação. Em sistemas simplificados, esses efeitos aumentam a dependência de insumos e a vulnerabilidade a perturbações ambientais e econômicas.

A análise demonstrou que os princípios ecológicos contribuem para restaurar o equilíbrio quando são convertidos em práticas complementares. Diversificação de culturas, sistemas integrados, conservação e recuperação da vegetação nativa, cobertura permanente do solo, manejo integrado de pragas, faixas de recursos e corredores ecológicos atuam em processos diferentes, porém interdependentes. O maior potencial surge da articulação entre manejo da propriedade e organização da paisagem.

A biodiversidade deve ser compreendida como componente funcional da produção. Sua recuperação não corresponde apenas à criação de áreas separadas para conservação, mas à reorganização dos fluxos de matéria, energia e organismos em todo o sistema. Isso implica associar áreas nativas protegidas a uma matriz produtiva mais diversa, coberta e permeável.

A transição precisa ser gradual, tecnicamente acompanhada e economicamente viável. Diagnóstico, áreas-piloto, registros e indicadores permitem testar combinações, corrigir falhas e ampliar práticas com menor risco. A assistência técnica e a cooperação territorial são essenciais para adaptar princípios gerais às condições de solo, clima, relevo, sistemas produtivos e capacidade de investimento.

Conclui-se que a restauração do equilíbrio de uma região agrícola não depende de uma solução única. Ela resulta de um processo contínuo de redução das causas de degradação, recomposição da complexidade ecológica e avaliação conjunta de resultados ambientais e produtivos. Estudos futuros podem aplicar o quadro de indicadores em propriedades reais, comparando trajetórias de transição e quantificando seus efeitos sobre biodiversidade, custos e estabilidade da produção.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Programa Cultivando Água Boa**. Brasília, DF: ANA, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo/programa-cultivando-agua-boas>. Acesso em: 20 jun. 2026.

ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 74, n. 1-3, p. 19-31, 1999. DOI: 10.1016/S0167-8809(99)00028-6.

CONWAY, G. R. The properties of agroecosystems. **Agricultural Systems**, Oxford, v. 24, n. 2, p. 95-117, 1987. DOI: 10.1016/0308-521X(87)90056-4.

COUTINHO, H. L. C.; UZÊDA, M. C.; ANDRADE, A. G.; TAVARES, S. R. L. Ecologia e biodiversidade do solo no contexto da agroecologia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 24, n. 220, p. 45-54, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manejo Integrado de Pragas da Soja - MIP-Soja**. Brasília, DF: Embrapa, [s.d.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/6039/manejo-integrado-de-pragas-da-soja---mip-soja>. Acesso em: 20 jun. 2026.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Plantio Direto**. Brasília, DF: Embrapa, [s.d.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/sistema-plantio-direto>. Acesso em: 20 jun. 2026.

GASTÓ, J.; VERA, L.; VIELI, L.; MONTALBA, R. Sustainable agriculture: unifying concepts. **Ciencia e Investigación Agraria**, Santiago, v. 36, n. 1, p. 5-26, 2009. DOI: 10.4067/S0718-16202009000100001.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA (MMA). **Corredores ecológicos**. Brasília, DF: MMA, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/gestao-integrada-de-paisagem/corredores-ecologicos>. Acesso em: 20 jun. 2026.

OLIVEIRA, P.; FREITAS, R. J.; KLUTHCOUSKI, J.; RIBEIRO, A. A.; CORDEIRO, L. A. M.; TEIXEIRA, L. P.; MELO, R. A. C.; VILELA, L.; BALBINO, L. C. **Evolução de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF)**: estudo de caso da Fazenda Santa Brígida, Ipameri, GO. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013. 50 p. (Documentos, 318).

POWER, A. G. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, London, v. 365, n. 1554, p. 2959-2971, 2010. DOI: 10.1098/rstb.2010.0143.

TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A. M.; KRUESS, A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; THIES, C. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. **Ecology Letters**, Oxford, v. 8, n. 8, p. 857-874, 2005. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x.