

CONTRIBUIÇÃO DOS SISTEMAS ILPF PARA A ECONOMIA CIRCULAR E A SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA NO CAMPO

Paulo Augusto Naldi Marcondes¹

Samuel Felipe dos Santos²

Daiane da Silva Nóbrega³

RESUMO

A Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) emerge como estratégia agropecuária sustentável que combina agricultura, pecuária e floresta na mesma área, utilizando técnicas de cultivo consorciado, sucessão ou rotação de culturas, promovendo benefícios socioambientais e econômicos. Adotou-se como metodologia a revisão bibliográfica, investigativa e descritiva, baseada na análise de artigos científicos, livros, publicações técnicas e relatórios de instituições de pesquisa. O levantamento foi realizado em bases como *SciELO*, *Google Scholar* e periódicos de agronomia, sendo selecionadas fontes publicadas entre 2007 e 2025, priorizando estudos de caso e revisões sistemáticas que abordam aspectos produtivos, ambientais e econômicos da ILPF. Os dados coletados foram analisados, buscando identificar os benefícios, desafios e impactos da ILPF para a sustentabilidade energética e a economia circular no contexto agropecuário. Os resultados evidenciaram que a ILPF contribui para aumento produtividade em até 30%, reduz custos em 20%, diversifica a renda do produtor, recupera áreas degradadas, mitiga emissões de gases de efeito estufa, reduz erosão, aumenta biodiversidade e melhora o bem-estar animal, resultando na maior eficiência no uso de recursos. No âmbito econômico, a integração possibilita maior retorno financeiro por hectare e estabilidade frente às oscilações do mercado. Além disso, a associação entre ILPF e bioenergia fortalece a geração de energia limpa, criando alternativas para um mix energético mais sustentável, contribuindo para a economia circular ao otimizar o uso dos recursos naturais e aumentar a produtividade. Sendo assim, conclui-se que a ILPF é uma alternativa promissora para a agropecuária, ao integrar produção de alimentos, conservação ambiental e inovação tecnológica.

Palavras-chave: Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF); Economia Circular; Sustentabilidade Energética; Agropecuária Sustentável; Produção Integrada.

¹ Graduando de Gestão do Agronegócio pela Faculdade CNA. E-mail: paulonmarcondes@gmail.com

² Graduando de Gestão do Agronegócio pela Faculdade CNA, E-mail: eng.sfs0429@gmail.com

³ Professora da Faculdade CNA. E-mail: daiane.nobrega@faculdadecna.edu.br

ABSTRACT

Integrated Crop-Livestock-Forestry (ICLF) emerges as a sustainable agricultural strategy that combines crop production, livestock, and forestry within the same area, using techniques such as intercropping, crop succession, or rotation, generating environmental, social, and economic benefits. The methodology adopted consisted of an investigative and descriptive bibliographic review, based on the analysis of scientific articles, books, technical publications, and institutional reports. The survey was conducted through databases such as SciELO, Google Scholar, and agronomy journals, selecting sources published between 2007 and 2025, with emphasis on case studies and systematic reviews addressing productive, environmental, and economic aspects of ICLF systems. The collected data were analyzed to identify the benefits, challenges, and impacts of ICLF on energy sustainability and the circular economy in agricultural contexts. The results indicated that ICLF can increase productivity by up to 30%, reduce costs by 20%, diversify farm income, recover degraded areas, mitigate greenhouse gas emissions, reduce erosion, enhance biodiversity, and improve animal welfare, leading to more efficient use of natural resources. Economically, integrated systems promote greater financial returns per hectare and increase resilience to market fluctuations. Furthermore, the association between ICLF and bioenergy strengthens clean energy generation, expanding options for a more sustainable energy mix and contributing to the circular economy by optimizing resource use and improving productivity. Therefore, ICLF is concluded to be a promising alternative for agriculture, integrating food production, environmental conservation, and technological innovation.

Keywords: *Integrated Crop-Livestock-Forestry (ICLF); Circular Economy; Energy Sustainability; Sustainable Agriculture; Integrated Production.*

INTRODUÇÃO

O setor agropecuário brasileiro tem enfrentado o desafio constante de aumentar a produção com eficiência, ao mesmo tempo em que busca soluções sustentáveis para minimizar impactos ambientais e também promover a economia circular. A Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) destaca-se como uma tecnologia inovadora, desenvolvida no Brasil, que promove a integração de atividades agrícolas, pecuárias e florestais em uma mesma área (Embrapa Cerrado, 2025).

Por meio de estudos conduzidos em parceria com produtores rurais, o setor privado e instituições de pesquisa, foram desenvolvidos modelos ILPF adaptados a diferentes perfis produtivos e às distintas condições climáticas do Cerrado brasileiro. Atualmente, o Brasil consolidou-se como referência internacional na adoção de sistemas integrados, abrangendo mais de 17 milhões de hectares sob alguma modalidade de ILPF,

o que corresponde a uma área superior à soma dos territórios da Áustria, Dinamarca e Suíça (Embrapa Cerrado, 2025). Nesse contexto, a integração aumenta as condições de regeneração do solo, a diversificação da produção e contribui para a produção e distribuição energética no campo, especialmente quando combinada com sistemas de geração e uso eficiente de biomassa para a geração de bioenergia.

Um estudo realizado pela Embrapa Agrossilvipastoril demonstrou que o sistema de ILPF proporciona melhores resultados no ganho de peso de bovinos Nelore quando comparado aos sistemas tradicionais de produção. A pesquisa identificou que esse modelo alcançou uma média de 40 arrobas por hectare ao ano, desempenho 30% superior ao observado em outros arranjos produtivos e significativamente acima das médias de Mato Grosso e do Brasil. A utilização de tecnologias como maior adubação e suplementação nutricional contribuiu de forma decisiva para os avanços obtidos. Outro ponto relevante foi a elevada capacidade de lotação proporcionada pelo ILPF, que se destacou como diferencial para os índices alcançados. Esse resultado evidencia o potencial da integração agropecuária como alternativa sustentável e economicamente viável para a intensificação da pecuária de corte (Embrapa Agrossilvipastoril, 2017).

Segundo dados da Embrapa, em 2016, o Brasil já apresentava mais de 11 milhões de hectares sob diferentes modalidades de integração, com destaque para Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Santa Catarina. A maioria dos produtores adota sistemas de integração entre lavoura e pecuária, motivada pela recuperação de pastagens, pelos ganhos de produtividade e pela maior resiliência diante de riscos econômicos e climáticos. (Embrapa Meio Ambiente, 2016).

Atualmente, observa-se uma crescente necessidade de promover modelos produtivos sustentáveis que atendam às demandas energéticas do setor agropecuário, ao mesmo tempo em que preservam recursos naturais e promovem a inovação tecnológica. Para tanto, o presente artigo foi estruturado em seções que abordam os fundamentos dos sistemas ILPF, o conceito de economia circular no meio rural, a sustentabilidade energética e bioenergia no campo, a intersecção entre esses temas, os desafios enfrentados e as perspectivas do agro 4.0 para potencializar essas práticas.

O presente artigo teve como objetivo analisar a contribuição dos sistemas ILPF para a economia circular e a sustentabilidade energética no meio rural, destacando os benefícios ambientais e econômicos gerados pela adoção dessa tecnologia. Além disso,

buscou compreender as potencialidades da ILPF para a diversificação da produção de bioenergia e sua integração com o agro 4.0, bem como evidenciar os avanços tecnológicos que tornam essas práticas mais acessíveis e eficientes.

METODOLOGIA

A metodologia adotada foi a revisão bibliográfica, de caráter descritivo, baseada na análise de artigos científicos, livros, publicações técnicas e relatórios de instituições de pesquisa sobre sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. O levantamento foi realizado em bases de dados como *SciELO* e *Google Scholar*, além de periódicos da área de agronomia. Foram selecionadas fontes publicadas entre 2007 e 2025, priorizando estudos de caso e revisões sistemáticas que abordam aspectos produtivos, ambientais e econômicos da ILPF. Os dados coletados foram organizados e analisados de forma qualitativa e descritiva, buscando identificar os benefícios, desafios e impactos da ILPF para a sustentabilidade energética e para a economia circular no contexto agropecuário.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Conceituação e Fundamentação da ILPF

A ILPF consiste na combinação de atividades agrícolas, pecuárias e florestais em uma mesma área, por meio de consórcio, rotação ou sucessão de culturas, gerando sinergias produtivas, ambientais e econômicas (Balbino *et al.*, 2011). Um exemplo é o plantio de soja no início da estação chuvosa, seguido de milho consorciado com braquiária e posterior utilização da área para pastejo e engorda do gado, repetindo-se o ciclo conforme o calendário agrícola. O sistema ILPF promove diversificação produtiva, recuperação do solo, sequestro de carbono e resiliência ambiental, constituindo uma prática estratégica para a sustentabilidade no agronegócio (Embrapa Cerrado, 2025).

O sistema permite mitigar gases de efeito estufa (GEE), sequestrando carbono no solo e na biomassa. Além disso, reduz os custos de implantação da silvicultura, uma vez que a lavoura amortiza os investimentos iniciais, enquanto os componentes florestal e pecuário garantem renda a médio e longo prazo (Ipea, 2017).

2 TIPOS DE INTEGRAÇÃO

2.1 Lavoura-Pecuária (ILP)

O sistema agropastoril, ou Integração Lavoura-Pecuária (ILP), é um modelo de produção que organiza de forma conjunta o cultivo agrícola e a criação animal em uma mesma área. Essa estratégia promove a diversificação e a alternância de culturas com pastagens, possibilitando um melhor aproveitamento do solo ao longo do ano e garantindo maior produtividade. Com isso, é possível obter grãos, fibras e forragens a custos mais baixos, já que as atividades de lavoura e pecuária se complementam. O sistema ainda melhora as condições do solo, favorecendo tanto o desempenho das culturas agrícolas quanto a disponibilidade de alimento para os animais (MAPA, 2007).

Do ponto de vista prático, a ILP permite manter pastagens de boa qualidade mesmo em períodos de estiagem, devido ao manejo adequado do solo e ao desenvolvimento radicular mais profundo das forrageiras. Essa característica assegura maior persistência das pastagens e reduz a necessidade de insumos externos, já que a produção de grãos dentro da propriedade pode ser destinada à formulação de rações. Além disso, o processo de recuperação das pastagens eleva a eficiência da pecuária, proporcionando melhor nutrição do rebanho e reduzindo os custos com alimentação. Dessa forma, a integração entre lavoura e pecuária representa uma alternativa sustentável, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental (MAPA, 2007).

A Portaria nº 1.271, de 2025, emitida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), estabelece oficialmente os períodos de vazio sanitário para a cultura da soja em todo o território nacional no ano de 2025. Essa medida obrigatória impede o cultivo ou a manutenção de plantas de soja por um período contínuo, garantindo o controle fitossanitário das lavouras. Nesse contexto, a Integração Lavoura-Pecuária apresenta-se como alternativa estratégica para manter a área produtiva. Durante esse período, é possível utilizar a terra para o estabelecimento de pastagens, a produção de forragens ou a intensificação da pecuária, garantindo alimentação ao rebanho e evitando que o solo permaneça ocioso. Dessa forma, o vazio sanitário deixa de ser um período de inatividade e passa a representar uma oportunidade de diversificação produtiva, melhor aproveitamento da área e geração de renda, ao mesmo tempo em que atende às exigências fitossanitárias (MAPA, 2025).

2.2 Lavoura-Floresta (ILF)

O sistema silviagrícola, também conhecido como Integração Lavoura-Floresta (ILF), consiste em unir cultivos agrícolas com espécies arbóreas no mesmo espaço produtivo. Essa prática busca diversificar áreas antes ocupadas apenas por lavouras, aproveitando o potencial de cada componente. Como as árvores levam mais tempo para gerar retorno econômico, é a produção agrícola que sustenta os custos de implantação. Para garantir bons resultados, é necessário escolher culturas que se adaptem ao sombreamento parcial, evitando perdas de produtividade. Em muitos casos, a presença das árvores beneficia a lavoura, reduzindo a incidência de ventos fortes e a exposição solar excessiva (Sousa *et al.*, 2022).

Além da função produtiva, a ILF tem papel relevante na recuperação ambiental, principalmente em solos degradados ou áreas que necessitam de recomposição da vegetação. Pesquisas mostram que espécies florestais cultivadas nesse arranjo apresentam crescimento semelhante ao obtido em sistemas convencionais, reforçando sua viabilidade. Ao permitir a produção de grãos e madeira de forma simultânea, a integração amplia as fontes de renda do produtor, ao mesmo tempo em que contribui para a sustentabilidade e a restauração de áreas legalmente protegidas e de preservação permanente (Sousa *et al.*, 2022).

2.3 Pecuária-Floresta (IPF)

A Integração Pecuária-Floresta (IPF) consiste em um sistema produtivo que combina a criação de animais com o cultivo de espécies florestais na mesma área, buscando aliar sustentabilidade e eficiência econômica. Esse modelo tem se destacado principalmente como alternativa para recuperar pastagens degradadas, promovendo melhor aproveitamento do solo e dos recursos hídricos, ao mesmo tempo em que proporciona bem-estar animal e diversificação de atividades para o produtor rural. Entre as espécies arbóreas mais utilizadas nesses arranjos está o eucalipto, pela facilidade de manejo e pela ampla disponibilidade de materiais genéticos, além de espécies nativas que ampliam a diversidade e possibilitam a exploração de madeira e de produtos não madeireiros (Behling *et al.*, 2021).

Na região Amazônica, a IPF vem sendo intensamente estudada e aplicada por meio de Unidades de Referência Tecnológica (URTs), coordenadas pela Embrapa e por parceiros, que demonstram a viabilidade técnica e econômica do sistema. Experiências desenvolvidas em estados como Acre, Amazonas e Pará mostram resultados positivos, com elevada taxa de sobrevivência de árvores e boa produção de madeira, destinada principalmente à fabricação de estacas e mourões. Esse modelo não apenas contribui para a recuperação de áreas improdutivas, mas também fortalece a renda do produtor e reduz a pressão pela abertura de novas áreas agrícolas, tornando-se uma estratégia promissora para conciliar produção pecuária com conservação ambiental (Behling *et al.*, 2021).

3 CONDIÇÕES DO SOLO

A implantação de um sistema ILPF exige planejamento técnico detalhado, sendo a correção do solo uma das primeiras e mais críticas etapas, pois ela garante que as culturas, as pastagens e as florestas tenham boas condições para se desenvolver de forma integrada (MAPA, 2007).

A implantação do sistema ILPF começa com o diagnóstico da área, incluindo a coleta e a análise do solo para avaliar sua fertilidade, o pH e os teores de nutrientes. Com base nesses dados, realiza-se a correção do solo, etapa essencial para garantir o bom desempenho dos componentes do sistema. A calagem é realizada para corrigir a acidez e elevar a saturação por bases, enquanto a gessagem é indicada para corrigir a acidez em profundidade, promovendo melhor enraizamento. A adubação corretiva com fósforo, potássio e outros nutrientes complementa o preparo químico do solo. Em seguida, realiza-se o preparo físico com gradagem e subsolagem. A implantação dos componentes (lavoura, pecuária e floresta) deve seguir um planejamento técnico, e o manejo deve ser ajustado com base no monitoramento contínuo da fertilidade do solo e do desenvolvimento das culturas. A correção do solo é fundamental para o sucesso do sistema (Embrapa, 2020).

4 COMPONENTES DO SISTEMA ILPF

4.1 Lavoura: Culturas mais Utilizadas

A lavoura dentro do sistema ILPF desempenha papel essencial na intensificação sustentável da produção agrícola, sendo as culturas de soja e milho as mais recorrentes.

O consórcio dessas culturas com pastagens contribui para a diversificação produtiva, aumentando a eficiência no uso da terra. A presença da soja permite ganhos econômicos pela sua alta demanda comercial, enquanto o milho, além do valor de mercado, fornece base para silagem e alimentação animal, reduzindo custos com ração (MAPA, 2007).

Outro aspecto relevante é o efeito positivo das lavouras sobre a fertilidade do solo. A alternância entre culturas anuais e pastagens melhora a ciclagem de nutrientes, reduz a pressão de pragas e doenças e proporciona maior cobertura vegetal. Assim, o solo mantém sua capacidade produtiva ao longo dos anos, favorecendo tanto a agricultura quanto a pecuária, em uma dinâmica de sinergia que caracteriza a ILPF (Embrapa Cerrado, 2025).

4.2 Pecuária: Sistemas de Pastagem e Manejo de Gado

A pecuária, integrada à lavoura, aproveita os períodos de rotação para implantar pastagens de qualidade, utilizadas tanto no pastejo direto quanto na produção de forragem conservada. Esse manejo permite maior estabilidade alimentar ao rebanho, especialmente em épocas de estiagem, quando o pasto escasseia em sistemas convencionais. A recuperação ou renovação de pastagens degradadas dentro da ILPF também fortalece a eficiência produtiva da pecuária (MAPA, 2007).

Além disso, o uso planejado de pastagens favorece a recuperação de áreas degradadas, muitas vezes por meio da introdução de pastagens cultivadas, trazendo benefícios diretos à renda do produtor. Esses resultados também se refletem em vantagens sociais mais amplas, ao aumentar a disponibilidade de alimentos e fortalecer a estabilidade econômica do setor. A proposta permite reduzir a pressão sobre novos desmatamentos, ao utilizar de forma mais racional as áreas já disponíveis. Assim, configura-se um cenário de ganhos mútuos, no qual agricultura e pecuária se complementam e se tornam mais sustentáveis. Esse modelo possibilita transformar regiões de baixa produtividade em sistemas agrícolas ou pecuários mais eficientes, contribuindo para a competitividade e para a preservação ambiental (Vilela *et al.*, 2008).

4.3 Floresta: Espécies Arbóreas mais Comuns

O componente florestal no sistema ILPF tem como principal finalidade fornecer sombra, conforto térmico e melhoria microclimática para os animais, além de contribuir para a conservação do solo e da água. Espécies como o eucalipto, amplamente cultivadas

no Brasil, são frequentes por apresentarem rápido crescimento e múltiplas utilidades, desde madeira para construção até biomassa para energia. Ao mesmo tempo, a introdução de espécies nativas pode enriquecer a biodiversidade local, promovendo serviços ecossistêmicos como a proteção da fauna e a recuperação de áreas degradadas. O consórcio entre floresta, lavoura e pecuária gera uma paisagem produtiva diversificada, que alia retorno econômico à preservação ambiental. Assim, o componente florestal completa a tríade do sistema ILPF, consolidando-se como elo fundamental na construção de uma agropecuária sustentável (MAPA, 2023).

O componente florestal no sistema ILPF também tem papel decisivo na mitigação das emissões de gases de efeito estufa. A presença de árvores promove o sequestro de carbono atmosférico, armazenando-o na biomassa vegetal e no solo, o que contribui para reduzir a concentração de CO₂. Estudos estimam que a adoção da ILPF, em especial com espécies florestais bem manejadas, pode compensar parte significativa das emissões geradas pelas atividades agropecuárias. Dessa forma, a integração das florestas ao sistema não apenas diversifica a produção e melhora o microclima, mas também fortalece o papel da agropecuária brasileira frente aos desafios globais das mudanças climáticas, alinhando a produção à sustentabilidade ambiental (Manzatto *et al.*, 2019).

4.4 Interação entre os Componentes

A principal virtude dos sistemas ILPF está na sinergia criada entre lavoura, pecuária e floresta, cuja integração permite que cada componente potencialize o desempenho produtivo e ambiental dos demais. Quando manejadas de maneira coordenada, essas interações fortalecem a ciclagem de nutrientes, reduzem impactos ambientais e aumentam a eficiência da área produtiva, consolidando a ILPF como uma das estratégias mais consistentes de intensificação sustentável no Brasil (Vilela *et al.*, 2011).

Partindo desse princípio integrador, o componente agrícola exerce papel fundamental ao promover melhorias físicas, químicas e biológicas no solo. A inclusão de culturas em rotação ou consórcio aumenta a deposição de palhada, eleva o teor de matéria orgânica e reduz significativamente processos erosivos, especialmente quando associada a práticas conservacionistas, como o plantio direto. Esse aprimoramento da qualidade do solo cria condições mais favoráveis para o desenvolvimento das pastagens e para o

crescimento das árvores, reforçando o caráter complementar entre as atividades (Freire *et al.*, 2010).

Em continuidade, a pecuária atua como elo essencial na ciclagem de nutrientes dentro do sistema. O gado aproveita forragens produzidas após o cultivo agrícola e utiliza resíduos vegetais que, em sistemas convencionais, seriam subaproveitados. Além disso, a deposição de esterco e urina contribui para a fertilidade do solo, reduzindo a necessidade de adubação mineral e fortalecendo a sustentabilidade do modelo. Esse conjunto de interações resulta em maior eficiência produtiva, aumento da matéria orgânica e maior resiliência das áreas de pastagem, demonstrando como os animais agregam valor ao sistema integrado (Balbino *et al.*, 2011).

Por fim, o componente florestal complementa essa integração ao oferecer benefícios tanto ambientais quanto econômicos. As árvores proporcionam sombra e abrigo aos animais, reduzindo o estresse térmico e melhorando o desempenho zootécnico, além de influenciarem positivamente o microclima local. Paralelamente, a produção de madeira e outros produtos florestais gera renda adicional ao produtor, diversificando as fontes de receita e aumentando a estabilidade financeira da propriedade. Além disso, o componente florestal fortalece o potencial de sequestro de carbono e contribui para a conservação dos recursos naturais, reforçando o caráter sustentável da ILPF como um todo (FAO, 2020).

4.5 Sustentabilidade Energética e Bioenergia no Campo

A sustentabilidade energética no campo pode ser potencializada dentro do sistema ILPF por meio de culturas estratégicas, entre elas a cana-de-açúcar, que se destaca pela capacidade de unir produtividade agrícola e conservação ambiental. Tradicionalmente associada à monocultura, a cana ganha nova função quando integrada a práticas como o plantio direto, a rotação de culturas e o consórcio com espécies florestais, promovendo maior eficiência no uso da terra e dos recursos naturais. Ao participar do sistema ILPF, essa cultura otimiza a ciclagem de nutrientes, diversifica fontes de renda e fortalece a geração de bioenergia a partir de resíduos (Teodoro, 2019).

Nesse contexto, os subprodutos da cana-de-açúcar assumem papel crucial na transição energética do setor agropecuário. O bagaço e a palhada, antes considerados resíduos com pouco valor agregado, passaram a ser utilizados na produção de vapor,

eletricidade e etanol celulósico, ampliando o aproveitamento energético da cultura. Essa mudança não apenas fortalece o setor sucroenergético, como também se integra harmonicamente ao ILPF, reduzindo perdas de biomassa e aumentando a eficiência dos sistemas produtivos (Matsuoka *et al.*, 2012).

A incorporação das variedades conhecidas como “cana-energia”, orientadas para maximizar a produção de biomassa, reforça ainda mais o papel da cultura como instrumento de diversificação energética no ILPF. Ao proporcionar elevado rendimento em matéria-prima para eletricidade, biocombustíveis e alimentação animal, essa modalidade amplia as oportunidades de integração entre lavoura, pastagem e floresta, gerando sistemas mais resilientes e com múltiplas fontes de receita. Esse potencial torna-se ainda maior quando alinhado a políticas públicas de transição energética e práticas sustentáveis no setor agropecuário (Matsuoka *et al.*, 2012).

Além da biomassa vegetal, o biogás proveniente de dejetos animais representa uma alternativa energética altamente relevante para sistemas ILPF. Segundo Kunz e Oliveira (2006), os resíduos de animais, como esterco de bovinos, suínos ou aves, podem ser conduzidos a biodigestores para a produção de biogás, gerando energia térmica, elétrica ou até mesmo biometano. Nesse processo, a degradação anaeróbia reduz a emissão de metano, um potente gás de efeito estufa, e converte resíduos que seriam altamente poluentes em uma fonte renovável de energia. Além disso, o uso desse biogás dentro da propriedade permite fechar ciclos produtivos e reforça os princípios da economia circular, ao transformar subprodutos animais em insumo energético.

Complementarmente, a energia solar fotovoltaica tem ganhado crescente relevância nas áreas de ILPF, impulsionada pela possibilidade de instalação dos painéis em espaços de menor aptidão agrícola ou em estruturas já existentes, como galpões e sistemas de irrigação. Em sistemas agrovoltaicos, que combinam pastagens, cultivos agrícolas e geração solar, é possível ampliar a produção de energia sem comprometer a produtividade das culturas, resultando em maior autonomia energética e redução dos custos operacionais das propriedades (IRENA-FAO, 2021).

Por fim, a utilização de biofertilizantes e da compostagem representa uma rota eficaz para aumentar a sustentabilidade no ILPF, especialmente ao transformar resíduos agrícolas e pecuários em insumos orgânicos valiosos. Segundo a Embrapa, a compostagem permite reciclar matéria orgânica, reduzindo a dependência de fertilizantes

minerais, ao mesmo tempo que melhora a qualidade física e biológica do solo, incluindo a retenção de umidade, a agregação das partículas e a atividade microbiana. Em sistemas integrados, onde há um fluxo constante de resíduos vegetais ou animais, a compostagem se torna ainda mais eficiente, garantindo a ciclagem de nutrientes e promovendo um uso mais circular dos recursos. Essa abordagem também contribui para mitigar emissões de gases de efeito estufa, visto que evita que resíduos se decomponham de maneira descontrolada e acelera sua transformação em composto reutilizável (MMA, 2025).

4.6 Intersecção ILPF, Agricultura Circular e Sustentabilidade Energética

Diante da limitação de recursos naturais e das mudanças climáticas, a eficiência energética surge como estratégia essencial para sistemas sustentáveis e resilientes, ao reduzir o consumo de energia necessário para realizar tarefas sem comprometer o desempenho. Por meio de tecnologias avançadas, da otimização de processos e de mudanças de comportamento, como o uso de lâmpadas LED e equipamentos certificados, promove-se a diminuição dos custos operacionais, a redução das emissões de gases de efeito estufa e a menor dependência de fontes de energia não renováveis em setores industriais, urbanos e rurais (Fochi, 2024).

A vida e os ecossistemas seguem ciclos de matéria e energia alinhados à Lei da Conservação da Massa, nos quais elementos essenciais são continuamente incorporados e devolvidos ao ambiente. Sistemas humanos abertos, como cidades e a agricultura convencional, operam sob o paradigma “extrair, usar e descartar”, gerando resíduos, emissões e desequilíbrios ambientais. A economia circular surge como alternativa regenerativa, promovendo a reutilização, a reciclagem e o fechamento de ciclos de nutrientes e energia. Na agricultura, isso se aplica a práticas como rotação de culturas, plantio direto, integração lavoura-pecuária-floresta e aproveitamento da biomassa para produção de bioenergia, biofertilizantes e outros insumos biológicos. Assim, a circularidade agrícola reduz a dependência de recursos externos, restaura os balanços ambientais e contribui para sistemas produtivos resilientes, sustentáveis e descarbonizantes (Lopes, Maurício Antônio, 2022).

Segundo Costa, Oliveira e Sales (2025), em um artigo de pesquisa sobre a otimização da ILPF para pequenas propriedades rurais, foi relatado que grande parte dos produtores afirmou ter obtido elevação na renda após adotar o sistema ILPF, e todos

declararam que recomendam sua utilização a outros produtores, destacando como principais razões a diversificação das atividades produtivas, o fortalecimento da estabilidade econômica e o aproveitamento mais eficiente da área disponível.

5 DESAFIOS, INCENTIVO E POLÍTICAS PÚBLICAS

A adoção do sistema ILPF no Brasil tem avançado, mas ainda enfrenta entraves técnicos, operacionais e econômicos que limitam sua popularização entre pequenos e médios produtores. Segundo a Embrapa, embora os benefícios ambientais, produtivos e econômicos sejam reconhecidos, é necessário oferecer suporte técnico, acesso a crédito e políticas públicas específicas para que o sistema se torne realidade em larga escala no agronegócio brasileiro (Valentim *et al.*, 2020).

Pesquisadores da Embrapa e de universidades internacionais mapearam os principais desafios para a adoção dos sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) no Acre, no Pará, em Mato Grosso e em Rondônia, com dados coletados entre 2015 e 2018. O estudo apontou entraves como falta de mão de obra qualificada, alto investimento inicial, dificuldade de acesso a crédito, deficiências de infraestrutura, problemas logísticos e culturais, além de pendências fundiárias e ambientais que limitam o acesso a financiamentos. Apesar dos obstáculos, os produtores que já adotam a ILP destacam benefícios como aumento da competitividade, da produtividade e da renda, além da redução de riscos (Valentim *et al.*, 2020).

A pesquisa recomenda medidas para ampliar a adoção, incluindo regularização fundiária, crédito com prazos mais longos, ampliação da assistência técnica, maior oferta de Unidades de Referência Tecnológica e incentivos como o pagamento por serviços ambientais. Destaca-se, ainda, o papel das novas gerações na sucessão familiar como motor de inovação e de maior abertura para tecnologias sustentáveis (Valentim *et al.*, 2020).

5.1 Recursos Capital Financeiro

A diversificação produtiva é um dos principais mecanismos de redução de riscos no meio rural, já que o produtor enfrenta variações constantes de mercado, clima e custos de insumos. Ao integrar lavoura, pecuária e floresta, a propriedade distribui suas

atividades, diminuindo a dependência de um único setor e criando maior estabilidade econômica. Essa estratégia permite que eventuais perdas em uma atividade sejam compensadas por ganhos em outras, reduzindo a vulnerabilidade do sistema como um todo. A integração lavoura-pecuária (ILP) é apresentada como alternativa tecnológica para a sustentabilidade agropecuária, com potencial de reduzir riscos e gerar economias de escopo por meio da diversificação de atividades (Martha Júnior; Alves; Contini, 2011).

Do ponto de vista econômico, a ILP pode oferecer menor variabilidade produtiva e maior produtividade agregada ao combinar lavoura e pecuária. Contudo, sua adoção enfrenta restrições, principalmente devido à alta demanda de capital, especialmente para aquisição de animais de recria, e à necessidade de acesso a linhas de crédito adequadas. Comparada a sistemas especializados em soja, a ILP apresenta taxas de retorno inferiores, mas supera sistemas especializados de pecuária quando a produtividade animal é elevada e o preço da soja não está excessivamente alto. A viabilidade econômica da ILP depende, portanto, de políticas de incentivo, arranjos de financiamento e manejo eficiente das interações entre os componentes lavoura e pecuária, destacando-se a importância de estudos que quantifiquem a função de custo e o risco desses sistemas para apoiar decisões de produtores e formuladores de políticas públicas (Pereira, M. de A., 2019).

A economia de escopo, por sua vez, representa outra vantagem dos sistemas integrados, pois está ligada à capacidade de produzir diferentes bens de forma mais eficiente e com custos unitários reduzidos. Quando múltiplos produtos são gerados em uma mesma área, há melhor aproveitamento de insumos, infraestrutura e mão de obra, resultando em maior eficiência econômica. Além disso, a complementaridade entre as atividades permite ganhos de produtividade, como no caso em que a lavoura melhora a fertilidade do solo, beneficiando a pecuária. Esse fenômeno evidencia que propriedades diversificadas conseguem extrair maior valor dos recursos disponíveis, garantindo retorno financeiro superior e maior competitividade em comparação com modelos produtivos especializados (Martha Júnior; Alves; Contini, 2011).

5.2 Políticas Públicas e Operacionais

A formulação de políticas públicas voltadas para a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) reflete a busca por uma agricultura mais eficiente e sustentável no Brasil. A Lei nº 12.805/2013 foi criada com o propósito de oferecer condições favoráveis para

que produtores rurais adotem sistemas integrados em áreas já desmatadas, reduzindo a pressão por novas aberturas de terra. Entre os mecanismos de incentivo, destacam-se o acesso prioritário a linhas de crédito, a infraestrutura rural e o suporte técnico, permitindo que diferentes perfis de produtores incorporem práticas conservacionistas em sua rotina. Essa iniciativa, ao mesmo tempo em que fortalece a produtividade agropecuária, amplia a consciência ambiental e estimula a diversificação das atividades no campo (Agência Senado, 2013).

O estímulo à adoção da ILPF pode ser potencializado combinando-se políticas públicas com benefícios econômicos diretos para produtores, como os identificados em estudos de integração lavoura-pecuária, que destacam economia de escopo, diversificação e redução do risco produtivo como fatores de viabilidade econômica (Martha Júnior; Alves; Contini, 2011). Além disso, a promoção da educação ambiental e da capacitação técnica dos produtores é essencial para que as práticas sustentáveis sejam implementadas de forma eficiente e duradoura (Matsuoka *et al.*, 2012). A criação de linhas de financiamento inovadoras que considerem o capital necessário para a implementação e a manutenção da ILPF pode acelerar sua adoção em larga escala (Bueno *et al.*, 2011).

De acordo com a Lei nº 12.805/2013, a Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta estabelece metas claras, como a recuperação de pastagens degradadas, a valorização do plantio direto, o estímulo à pesquisa e a adoção de tecnologias que reduzam as emissões de gases de efeito estufa. A norma ainda promove a educação ambiental em diferentes níveis, aproximando produtores, técnicos e sociedade da lógica de uma produção mais equilibrada entre economia e meio ambiente. Outro ponto importante é a definição da ILPF como estratégia que pode ocorrer em consórcio, sucessão ou rotação, fortalecendo a sinergia entre lavoura, pecuária e floresta. Com isso, o Estado fomenta não apenas a geração de renda e a competitividade no setor, mas também a preservação dos recursos naturais e o bem-estar das futuras gerações (Brasil, 2013).

A Lei nº 12.805/2013 institui a Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, visando integrar de forma sustentável lavoura, pecuária e floresta e promover a recuperação de áreas degradadas (Brasil, 2013). Apesar das iniciativas mencionadas, a ausência de incentivos fiscais específicos para a ILPF limita sua adoção em larga escala. A Lei nº 12.805/2013 institui a Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-

Floresta, mas não prevê benefícios fiscais diretos para os produtores que adotam o sistema (Brasil, 2013).

5.3 Incentivos

Há iniciativas de instituições como a Embrapa, o MAPA, o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR) e entidades privadas, com foco em capacitação, linhas de crédito diferenciadas e projetos de fomento, como a Rede ILPF. Porém, essas iniciativas ainda enfrentam desafios, como a falta de incentivos fiscais e comerciais diretos, além da necessidade de maior visibilidade do sistema e de valorização dos produtos sustentáveis oriundos da ILPF.

A Embrapa, em parceria com diversas instituições, realiza cursos de capacitação continuada para promover a adoção de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e de agricultura de baixa emissão de carbono. Um exemplo é o Módulo IX do Curso de Capacitação Continuada no Ecótono Cerrado-Amazônia, realizado em 30/08/2022, cujo objetivo foi formar agentes multiplicadores capacitados para implantar e disseminar tecnologias do Plano ABC+, promovendo a reciclagem de conhecimentos e o fortalecimento de práticas sustentáveis (Embrapa, 2022).

O curso alcançou profissionais de assistência técnica e extensão rural, graduandos de cursos relacionados ao tema ILPF, produtores rurais com formação técnica, bem como projetistas credenciados junto a bancos que oferecem créditos do Programa ABC. Foram disponibilizadas 100 vagas, priorizando a atuação prática e a aplicação das tecnologias aprendidas nas propriedades rurais (Embrapa, 2022).

O Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas na Amazônia (PRADAM), coordenado pelo MAPA em parceria com a FAO, o SENAR e a Embrapa, tem como objetivo promover a recuperação de áreas degradadas na região amazônica por meio da implementação de práticas sustentáveis, incluindo a adoção de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), do Sistema de Plantio Direto, da recuperação de pastagens degradadas, de florestas plantadas e de sistemas agroflorestais (MAPA, 2023).

O projeto alcança produtores rurais, técnicos de assistência técnica e extensão rural, bem como profissionais envolvidos na implementação de projetos de recuperação ambiental e manejo sustentável, proporcionando capacitação prática e acompanhamento

técnico para a adoção das tecnologias propostas, promovendo maior sustentabilidade e produtividade nas propriedades rurais da Amazônia (MAPA, 2023).

O Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR) atua oferecendo capacitação técnica e acompanhamento contínuo aos produtores rurais, visando facilitar a adoção de práticas agrícolas sustentáveis, incluindo os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Em Mato Grosso do Sul, o SENAR MS desenvolveu um programa que combina capacitação dos produtores, elaboração de projetos e assistência técnica contínua, com o objetivo de promover a implementação efetiva de tecnologias sustentáveis nas propriedades rurais (SENAR MS, 2018).

O público alcançado compreende produtores rurais, especialmente aqueles interessados na adoção de sistemas integrados, bem como profissionais de assistência técnica e extensão rural, garantindo que os conhecimentos adquiridos sejam aplicados de forma prática e contínua nas propriedades atendidas (SENAR MS, 2018).

5.4 Agro 4.0

A evolução do Agronegócio 4.0 (Agro 4.0) tem promovido uma transformação significativa na agricultura brasileira, integrando tecnologias digitais avançadas, como Internet das Coisas (IoT), Big Data, sensoriamento remoto, drones e machine learning, com o objetivo de aumentar a eficiência, a produtividade e a sustentabilidade das propriedades rurais (Oliveira, 2022).

Quando associado ao sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), o Agro 4.0 potencializa a gestão integrada das diferentes atividades produtivas em uma mesma área. Por meio de sensores conectados à IoT, é possível monitorar em tempo real as condições do solo, das culturas e do clima, permitindo tomadas de decisão mais precisas para o manejo agrícola, pecuário e florestal (Oliveira, 2022).

Além disso, o uso de Big Data e machine learning possibilita analisar grandes volumes de dados gerados por essas tecnologias, identificando padrões e tendências que otimizam a produção, como a distribuição eficiente de nutrientes, o controle de pragas e doenças e a gestão da irrigação (Rehagro, 2024). O sensoriamento remoto e os drones fornecem informações geoespaciais detalhadas, permitindo a avaliação da saúde das plantas, a detecção de áreas degradadas e a análise da cobertura do solo, fundamentais para o planejamento e a implementação efetiva da ILPF (Spectrax, 2025).

Portanto, a integração do Agro 4.0 com o sistema ILPF representa um avanço tecnológico capaz de tornar a produção agropecuária mais sustentável, eficiente e ambientalmente responsável, contribuindo para o aumento da produtividade e a mitigação dos impactos ambientais (Oliveira, 2022; Rehagro, 2024; Spectrax, 2025).

5.5 Resultados e Discussão

Os resultados obtidos em experimentos de integração lavoura-pecuária-floresta indicam que essa tecnologia contribui de forma relevante para o equilíbrio ambiental no meio rural. Estudos de campo apontam que áreas manejadas com sistemas integrados conseguem sequestrar quantidades significativas de carbono, superando as emissões de gases de efeito estufa e gerando saldo positivo no balanço ambiental. Esse efeito é favorecido pela diversificação de componentes agrícolas, pecuários e florestais, que atuam de maneira complementar na ciclagem de nutrientes e na proteção do solo. Em regiões como a Amazônia, a recuperação de pastagens degradadas por meio da ILPF tem se mostrado especialmente eficaz, associando conservação ambiental a maior estabilidade dos sistemas de produção (Agro Estadão, 2024).

Do ponto de vista econômico, a integração de atividades se reflete em ganhos de produtividade e redução de riscos financeiros. Evidências mostram que propriedades que adotam a ILPF alcançam maior retorno por hectare, tanto na produção de carne e grãos quanto na exploração de madeira, em comparação com modelos convencionais (NutriNews, 2023). A diversificação das atividades também confere resiliência frente às oscilações do mercado, já que diferentes fontes de renda podem compensar períodos de baixa em um dos setores. Além disso, análises econômicas indicam que, quando aplicadas as recomendações técnicas e há demanda consolidada para os produtos, a ILPF apresenta viabilidade financeira consistente em médio e longo prazo, fortalecendo o conceito de economia circular no meio rural (Fundação Meridional, 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu analisar a contribuição dos sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta para a economia circular e a sustentabilidade energética no meio rural. A partir da revisão bibliográfica realizada, observou-se que a ILPF representa

um modelo eficiente de intensificação sustentável, integrando lavoura, pecuária e floresta em um mesmo espaço produtivo. Essa configuração promove benefícios econômicos, sociais e ambientais, fortalecendo a competitividade da agropecuária brasileira e tornando o país referência internacional na adoção de práticas conservacionistas (Embrapa Cerrado, 2025; Vilela *et al.*, 2008).

No que se refere à economia circular, verificou-se que a ILPF otimiza o uso dos recursos naturais, recupera áreas degradadas e possibilita o reaproveitamento de resíduos, alinhando-se a práticas regenerativas que reduzem a dependência de insumos externos. Os resultados reforçam que o sistema promove maior estabilidade econômica e produtiva, contribuindo para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, com ganhos diretos de produtividade, redução de custos e diversificação de renda (Martha Júnior; Alves; Contini, 2011; Lopes, Maurício Antônio, 2022).

A pesquisa também evidenciou que a sustentabilidade energética no campo pode ser ampliada com o uso de culturas estratégicas, como a cana-de-açúcar, integradas ao sistema ILPF. O aproveitamento de biomassa e resíduos fortalece a geração de bioenergia, reduzindo perdas e criando alternativas para um mix energético mais diversificado e sustentável. Essa característica demonstra como a integração pode contribuir para a segurança energética do setor agropecuário, ao mesmo tempo em que fortalece o compromisso com a redução das emissões de gases de efeito estufa (Matsuoka *et al.*, 2012; Teodoro, 2019).

Outro ponto importante discutido foi a relação entre a ILPF e o Agro 4.0, na qual tecnologias digitais, como IoT, *Big Data* e sensoriamento remoto, potencializam o planejamento e a gestão integrada. Essa convergência mostra que, além da sustentabilidade produtiva, o sistema está alinhado às transformações tecnológicas contemporâneas, tornando-se ainda mais eficiente e acessível aos produtores que buscam inovação e competitividade (Oliveira, 2022; REHAGRO, 2024).

Em síntese, pode-se concluir que a ILPF é uma alternativa promissora para o futuro da agropecuária brasileira, uma vez que integra a produção de alimentos, a conservação ambiental, a diversificação energética e a inovação tecnológica. O estudo confirma que os objetivos propostos foram atendidos, ao evidenciar os benefícios ambientais e econômicos do sistema, suas contribuições para a economia circular e sua capacidade de promover a sustentabilidade energética no meio rural. Dessa forma, a

adoção da ILPF deve ser vista não apenas como uma estratégia de produção, mas também como um caminho para o fortalecimento da resiliência do campo frente aos desafios do século XXI.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA SENADO. **Política de integração entre lavoura, pecuária e floresta entra em vigor em seis meses**. Brasília, DF, 30 abr. 2013. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2013/04/30/politica-de-integracao-entre-lavoura-pecuaria-e-floresta-entra-em-vigor-em-seis-meses>. Acesso em: 17 ago. 2025.

AGRO ESTADÃO. **Embrapa termina primeiro ciclo do maior experimento brasileiro em sistemas ILPF**. 25 jul. 2024. Disponível em: <https://agro.estadao.com.br/sustentabilidade/embrapa-termina-primeiro-ciclo-do-maior-experimento-brasileiro-em-sistemas-ilpf>. Acesso em: 3 set. 2025.

ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; RAMALHO, J. H.; GARCIA, J. C.; VIANA, M. C. M.; CASTRO, A. A. D. N. **Sistema de Integração Lavoura-Pecuária**: o modelo implantado na Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 9 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 93). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/482993>. Acesso em: 25 jul. 2025.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; MARTINEZ, G. B. Contribuições dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) para uma agricultura de baixa emissão de carbono. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 4, n. 6, p. 1163-1175, 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/921371>. Acesso em: 14 nov. 2025.

BEHLING, M.; MARTINEZ, G. B.; SILVA, A. R.; OLIVEIRA, T. K. de; CIPRIANI, H. N. O eucalipto em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) na Amazônia. In: OLIVEIRA, E. B. de; PINTO JUNIOR, J. E. (ed.). **O eucalipto e a Embrapa**: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. Brasília, DF: Embrapa, 2021. cap. 29, p. 1041-1053. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1131985>. Acesso em: 10 ago. 2025.

BRASIL. **Lei nº 12.805, de 29 de abril de 2013**. Institui a Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e altera a Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991. Brasília, DF: Presidência da República, 2013. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12805.htm. Acesso em: 21 set. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas na Amazônia – PRADAM**. Brasília, DF: MAPA, 2023. Disponível em: <https://cnabrazil.org.br/noticias/dia-de-campo-do-pradam-mostra-tecnologias-de-producao-sustentavel-em-rondonia>. Acesso em: 8 out. 2025.

COSTA, L. C. **Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)**. 2025. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/250319061.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2025.

EMBRAPA. **Curso de Capacitação Continuada em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e Agricultura de Baixa Emissão de Carbono no Ecótono Cerrado-Amazônia – Módulo IX**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-eventos/-/evento/468243/curso-de-capacitacao-continuada-em-sistemas-de-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-e-agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono-no-ecotono-cerrado-amazonia--modulo-ix>. Acesso em: 13 set. 2025.

EMBRAPA. **Embrapa Agrobiology**: aproveitamento de resíduos orgânicos. Brasília, DF: Embrapa, [s.d.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agrobiologia/aproveitamento-de-residuos-organicos>. Acesso em: 10 nov. 2025.

EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL. **ILPF resulta em maior ganho de peso na pecuária de corte**. 20 set. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/busca-de-noticias/-/noticia/27642179/ilpf-resulta-em-maior-ganho-de-peso-na-pecuaria-de-corte>. Acesso em: 10 ago. 2025.

EMBRAPA CERRADOS. **ILPF**: a revolução verde que une lavoura, pecuária e floresta. Brasília, DF: Embrapa, [s.d.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/100139070/artigo---ilpf-a-revolucao-verde-que-une-lavoura-pecuaria-e-floresta>. Acesso em: 20 ago. 2025.

EMBRAPA MEIO AMBIENTE. **Adoção de ILPF chega a 11,5 milhões de hectares**. Jaguariúna, SP: Embrapa, [s.d.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17755008/adocao-de-ilpf-chega-a-115-milhoes-de-hectares>. Acesso em: 10 out. 2025.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Agroforestry**. Rome: FAO, 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/agroforestry/en>. Acesso em: 14 nov. 2025.

FEBRAPDP – FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. **Histórico do Sistema Plantio Direto**. [S. l.]: FEBRAPDP, [s.d.]. Disponível em: <https://plantiodireto.org.br/>. Acesso em: 24 jun. 2025.

FOSHI, N. **Eficiência energética e economia circular**: soluções para caminhos mais sustentáveis. [S. l.]: InfraFM, [s.d.]. Disponível em: <https://www.infrafm.com.br/Textos/5/23918/Eficiencia-energetica-e-economia-circular-solucoes-para-caminhos-mais-sustentaveis>. Acesso em: 20 ago. 2025.

FREIRE, F. M.; COELHO, A. M.; BARROS, N. F. de; BARROS FILHO, N. F. de; NEVES, J. C. L. Manejo da fertilidade do solo no Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, n. 257, p. 25-36, jul./ago. 2010. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/868460>. Acesso em: 14 nov. 2025.

FUNDAÇÃO MERIDIONAL. **Embrapa divulga avaliação econômica do ILPF**. 26 fev. 2020. Disponível em: <https://www.fundacaomeridional.com.br/imprensa/embrapa-divulga-avaliacao-economica-do-ilpf>. Acesso em: 1 ago. 2025.

IDR-PARANÁ – INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL DO PARANÁ. **Sistema Plantio Direto**: inovação que brotou no Norte do Paraná e conquistou o mundo. Agência Estadual de Notícias, 12 maio 2025. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/Noticia/Sistema-Plantio-Direto-inovacao-que-brotou-no-Norte-do-Parana-e-conquistou-o-mundo>. Acesso em: 24 jun. 2025.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Sistemas integrados de produção agropecuária e inovação em gestão**: estudos de casos no Mato Grosso. Brasília, DF; Rio de Janeiro: Ipea, 2017. (Texto para Discussão).

IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY; FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Renewable energy for agri-food systems**: towards the Sustainable Development Goals and the Paris Agreement. Abu Dhabi; Rome: IRENA; FAO, 2021. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2021/Nov/Renewable-Energy-for-Agri-food-Systems>. Acesso em: 10 nov. 2025. DOI: <https://doi.org/10.4060/cb7433en>.

KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. V. de. Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, v. 15, n. 3, p. 28-35, 2006. Disponível em: <https://rpa.sede.embrapa.br/RPA/article/view/507>. Acesso em: 14 nov. 2025.

LOPES, M. A. Circularidade na agricultura do futuro. **Correio Braziliense**, Brasília, DF, 14 ago. 2022. Disponível em: <https://www.correio braziliense.com.br/opinio/2022/08/5029134-artigo-circularidade-na-agricultura-do-futuro.html>. Acesso em: 20 ago. 2025.

MANZATTO, C. V.; SKORUPA, L. A.; ARAÚJO, L. S. de; VICENTE, L. E.; ASSAD, E. D. Estimativas de redução de emissões de gases de efeito estufa pela adoção de sistemas ILPF no Brasil. In: SKORUPA, L. A.; MANZATTO, C. V. (ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil**: estratégias regionais de transferência de tecnologia, avaliação da adoção e de impactos. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 400-424. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1118865>. Acesso em: 18 out. 2025.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; ALVES, E. R. de A.; CONTINI, E. Dimensão econômica de sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1117-1126, out. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000002>. Acesso em: 7 ago. 2025.

MATSUOKA, S.; BRESSIANI, J. A.; MACCHERONI, W.; FOUTO, I. Bioenergia de cana. In: **Cana-de-açúcar**: bioenergia, açúcar e álcool. v. 2, p. 487-517, 2012. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/302932714_Bioenergia_de_Cana. Acesso em: 6 set. 2025.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. **Plano Clima: Mitigação**. Brasília, DF: MMA, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/mudanca-do-clima/mitigacao>. Acesso em: 26 nov. 2025.

NUTRINEWS. **Sistemas ILPF mitigam emissão de gases de efeito estufa na Amazônia**. 18 nov. 2023. Disponível em: <https://nutrinenews.com/pt-br/ilpf-mitiga-emissao-de-gases-de-efeito-estufa-na-amazonia/>. Acesso em: 1 ago. 2025.

OLIVEIRA, V. L. C. de; MARINHO, M. R.; OLIVEIRA, D. C. de; PESTANA, M. S.; SILVA FILHO, S. S.; SPEROTTO, L.; OBANA, F. Estudo dos Agronegócios 4.0: tecnologias, desafios e benefícios nos Agronegócios. Research, **Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 13, e363111335379, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/35379>. Acesso em: 13 set. 2025. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35379>.

PEREIRA, M. de A. **Avaliação econômica de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: as experiências da Embrapa**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2019. 90 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 268). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1117676>. Acesso em: 10 out. 2025.

PLANTIO DIRETO. **Sistema Plantio Direto comemora 50 anos com 32 milhões de hectares semeados no Brasil**. Canal Rural, 23 out. 2024. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/sustentabilidade/sistema-de-plantio-direto-comemora-50-anos-com-32-milhoes-de-hectares-semeados-no-brasil/>. Acesso em: 24 jun. 2025.

REHAGRO. **Agricultura 4.0: quais as suas tecnologias e benefícios?** 2024. Disponível em: <https://rehagro.com.br/blog/agricultura-4-0/>. Acesso em: 13 set. 2025.

SENAR MS – SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. **Programa de Capacitação e Acompanhamento Técnico para Adoção de Tecnologias Sustentáveis**. Mato Grosso do Sul: SENAR MS, 2018. Disponível em: https://bs.sede.embrapa.br/2018/relatorios/agropecuariaoeste_2018_producaocarne.pdf. Acesso em: 13 set. 2025.

SOUSA, M. P. *et al.* Lavoura, Pecuária e Floresta. **Brazilian Journal of Science**, Itapetinga, v. 1, n. 10, p. 53-63, out. 2022. ISSN 2764-3417. Disponível em: <https://periodicos.cerradopub.com.br/bjs/article/view/153/107>. Acesso em: 6 set. 2025.

SPECTRAX. **5 tendências da agricultura digital para a análise territorial**. 4 abr. 2025. Disponível em: <https://www.spectrax.com.br/br/blog/22/agricultura-digital>. Acesso em: 13 set. 2025.

TEODORO, C. C. **Simulação do uso da cana-de-açúcar como um componente do iLPF, localizado na Embrapa Pecuária Sudeste, através do modelo WaNuLCAS e de entrevista.** 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-19112019-104938/pt-br.html>. Acesso em: 20 set. 2025.

VALENTIM, J. F.; REIS, J. C. dos; FERREIRA, J.; GARRETT, R. *et al.* **Desafios e oportunidades para adoção da integração lavoura-pecuária na Amazônia:** percepções de produtores e formadores de opinião. Brasília, DF: Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/49771663/estudo-aponta-dificuldades-e-alternativas-para-adocao-da-ilp>. Acesso em: 6 set. 2025.

VILELA, L. *et al.* Integração Lavoura-Pecuária. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. de (ed.). **Savanas:** desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2008. cap. 30, p. 933-962.