

A RACIONALIDADE POR TRÁS DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA **THE LOGIC BEHIND CROP-LIVESTOCK INTEGRATION**

Angie Tatiana Ramos Perdomo¹

Filiação: Aluno do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais (PPGDTSA)

E-mail: Angie.tatiana@ufpel.edu.br¹

Mario Duarte Canever²

Filiação: Professor do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais (PPGDTSA) - Universidade Federal de Pelotas (UFPeL)

E-mail: canevertm@gmail.com²

Isaac Tailque Papini de Brito³

Filiação: Aluno do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais (PPGDTSA)

E-mail: Isaacpapini@gmail.com³

Grupo de Trabalho (GT4): Questão ambiental, agroecologia e sustentabilidade

Resumo

O artigo explora a racionalidade por trás da Integração Lavoura-Pecuária, assim como os diferentes arranjos dos SIPAs, destacando seus benefícios nas dimensões ambiental, econômica e social. Partindo de uma perspectiva histórica, o estudo demonstra como a interação entre agricultura e pecuária remonta às primeiras civilizações, evoluindo para sistemas modernos que buscam sustentabilidade e eficiência produtiva. Os SIPAs são caracterizados por práticas como rotação de culturas, consórcios e sucessões, que promovem sinergias entre os componentes do sistema, em contraste com os modelos de monocultura. Esses arranjos incluem ILPF, IPF, ILF, ILP, cada uma adaptável às condições regionais e aos objetivos dos produtores. Para mapear as tendências de pesquisa, foi realizada uma análise bibliométrica nas bases de dados Web of Science e Scopus, utilizando os termos “Integrated crop-livestock systems”, “mixed crop-livestock systems” e “crop-livestock”, com aplicação do filtro de acesso aberto, para o período de 2020 a 2024. Após o refinamento, 1.111 artigos foram analisados com o auxílio dos softwares R, gerando uma rede de coocorrência das palavras-chave. Com isso, estruturou-se a “árvore do conhecimento”, identificando, no tronco, as três vertentes que sustentam os estudos dos SIPAs, bem como, nas raízes, os principais autores de cada linha temática. Os resultados demonstram que os SIPAs estão fortemente associados a temas como mudanças climáticas, segurança alimentar e agroecologia, reforçando sua relevância para a agricultura contemporânea. Conclui-se que a adoção desses sistemas requer planejamento estratégico e gestão integrada, de modo a garantir retornos econômicos e ambientais positivos. O estudo sugere, futuras pesquisas voltadas às dimensões socioculturais e à construção de indicadores de desempenho holísticos, que permitam avaliar de forma abrangente o impacto real desses sistemas.

Palavras chaves: Economia de escopo, teoria de portfólio, agroecologia, sistemas integrados, sistemas diversificados.

Abstract

This article explores the logic behind Crop-Livestock Integration, as well as the different configurations of Integrated Crop-Livestock Systems (ICLS), emphasizing their environmental, economic, and social benefits. From a historical perspective, this study shows how the interaction between farming and livestock traces back to the first civilizations and have evolved to modern systems that aim sustainability and productive efficiency. ICLS involves crop rotation, intercropping, and succession, which foster synergies among system components and stand in contrast to conventional monoculture approaches. These systems include CLFI, LFI, CFI, CLI, each adaptable to regional contexts and producers’ goals.

To identify research trends, a bibliometric analysis was conducted using the Web of Science and Scopus databases. The search terms “Integrated crop-livestock systems,” “mixed crop-livestock systems,” and “crop-livestock” were applied with an open-access filter, covering the period from 2020 to 2024. After refinement, 1,111 articles were analyzed using R software, resulting in a co-occurrence network of keywords. This allowed for the construction

of a "knowledge tree," in which the trunk represents the three main thematic supporting ICLS studies, while the roots highlight the leading authors in each research area.

The findings reveal strong associations between ICLS and key topics such as climate change, food security, and agroecology, underscoring their importance to contemporary agriculture. The study concludes that the successful adoption of these systems requires strategic planning and integrated management to ensure positive economic and environmental outcomes. It also recommends future research focused on sociocultural dimensions and the development of holistic performance indicators to better assess the real impact of these systems.

Keywords: Economies of scope, portfolio theory, agroecology, integrated systems, diversified systems.

1. Introdução

Desde os primórdios da humanidade, o ser humano tem demonstrado a sua vocação agrícola, estabelecendo uma conexão profunda e indissociável com a natureza. Essa relação pode ser interpretada sob diferentes perspectivas. Na visão bíblica, por exemplo, lê-se em Gênesis 2:7: “Então, formou o Senhor Deus ao homem do pó da terra e lhe soprou nas narinas o fôlego de vida, e o homem passou a ser alma vivente.” O fato de o homem ter sido formado da terra reforça a noção de um vínculo essencial entre o ser humano e o solo, ou, como concebido em diversas culturas ancestrais, com a *Pachamama* — a mãe terra. A terra é a origem da vida e, ao mesmo tempo, o sustento do próprio ser humano. Essa interconexão também é destacada por Odum (1996, p. 3), que afirma: “Possivelmente, tudo no universo está interligado, seja de maneira direta ou indireta.” Por outro lado, no contexto da teoria da evolução e da seleção natural proposta por Darwin, a adaptação das espécies e os processos evolutivos também demonstram o papel fundamental da natureza e sua interação contínua com o desenvolvimento do ser humano.

Independentemente da perspectiva adotada para explicar a origem da humanidade, um aspecto permanece inalterado: o vínculo intrínseco entre o homem e seu ambiente natural. Essa relação de interdependência foi essencial para a sobrevivência das primeiras civilizações, que iniciaram a prática da agricultura com ferramentas rudimentares e sistemas produtivos que, ao longo do tempo, foram sendo aprimorados para garantir maior eficiência.

Um dos primeiros registros da integração de cultivos com a produção animal data de 9000 a.C., na cidade de Jericó. Segundo van Keulen e Shiere (2004), a Bíblia (Gen. 4) sugere que Cain tinha por responsabilidade o cultivo de grãos; enquanto Abel, o cuidado dos animais. Seus desentendimentos ilustraram, desde aquela época, as intrincadas relações entre os componentes planta e animal do sistema (Carvalho et al., p. 3. 2024).

Dessa maneira, evidencia-se uma das possíveis teorias do surgimento da especialização na agricultura, o que posteriormente levou a geração de diversos e variados tipos de sistemas de produção com configurações têmporo-espacial, que foram desenvolvendo-se na medida que a civilização se expandia e apresentava sistemas sociais mais complexos. Os autores Belfer-Cohen e Morris (2011); Svizzero e Tisdell (2014), mencionam que a principal mudança nas configurações agrícolas ocorreu durante a Revolução Neolítica¹, período que foi marcado pela transição entre sociedades nômades caracterizadas pela caça e coleta para sociedades agrícolas não assentadas. A transição para sociedades agrícolas não resultou de imediato no assentamento das comunidades. Veja o que diz Childe:

A adaptação de cultivos não pode ser confundida com a adoção de uma vida sedentária. [...] Para muitos camponeses cultivar significa simplesmente desmatar um pedaço de mato ou floresta, cavá-lo com uma enxada ou apenas um pedaço de pau, semeá-lo e, depois, colher a produção, em seguida, quanto o terreno é esgotado outro

¹ Após o holoceno ~11.700 (ICS, 2023) apresentou-se a transição para a revolução agrícola neolítica, período que foi marcado pela transformação do estilo de vida baseado na caça e coleta para o de agricultura e assentamento (Svizzero; Tisdell, 2014)

lote é desmatado, e o processo se repete até que também fique esgotado. Em pouco tempo, toda a terra disponível próxima ao assentamento é cultivada até a exaustão. Quando isso acontece, as pessoas se mudam e recomeçam em outro lugar (Childe, 1936, p 80. Tradução nossa).

Ao desenvolver este tipo de agricultura, um dos principais desafios foi a degradação do solo, porém a solução mais rápida, mas menos sustentável consistiu na mudança de local. No entanto, os câmbios climáticos e atmosféricos, junto com o aumento da população, o estabelecimento de povoados e práticas comerciais levaram progressivamente ao desenvolvimento de sociedades majoritariamente sedentárias, trazendo com elas a domesticação de plantas e animais, promovendo assim, uma transformação significativa nas estruturas e organização da agricultura da época, permitindo que, pela primeira vez o homem exercesse controle sobre a quantidade e variedade dos alimentos (Childe, 1936). Esse processo possibilitou maior desenvolvimento das comunidades e dos sistemas econômicos, assim como também o aprimoramento das práticas agrícolas e com isso as primeiras configurações de sistemas integrados, os quais emergiram a partir das observações das interações entre os animais e o meio ambiente, especialmente no que se refere ao aproveitamento de dejetos na fertilização do solo e às melhorias nas áreas cultivadas (Duarte et al., 2018). Como resultado dessa dinâmica de interação, os sistemas integrados de produção começaram a se estruturar. O autor Willcox, (2020), compartilha a linha de pensamento de que os sistemas integrados surgiram da observação da interação dos animais com os ecossistemas, assim como também das mudanças climáticas, demográficas, sociais e ideológicas abrindo assim o caminho para a alternância de sistemas e cultivos em uma mesma área o em uma configuração espaço temporal determinada pelo agricultor.

O conceito em se integrar cultivos com a criação de animais reside num princípio básico do funcionamento dos ecossistemas naturais: a ciclagem de nutrientes. Herbívoros domesticados eram capazes de consumir partes das plantas que o homem não conseguia aproveitar; delas, os animais geram nutrientes passíveis de consumo humano e, tão importante quanto, seus excrementos geravam a fonte de nutrientes necessária aos cultivos. Dessa simples combinação de propósitos, surgiu a integração lavoura-pecuária em seu estado mais bruto (Anghinoni; Carvalho e Costa, 2013, p. 328).

Tem se registros de que na Europa, desde o século XVI, e XVII a integração da produção pecuária em pastagens com a produção de cereais e outras culturas nas terras aráveis, formou a base para a revolução agrícola o que ajudou a moldar a civilização ocidental (Franzluebbbers et al., 2014). A adoção dos sistemas integrados foi usada como uma estratégia para aumentar a produtividade agrícola (Vilela et al., 2021), uma vez que a criação de animais associada ao cultivo de plantas favorecia a incorporação de matéria orgânica gerando um ciclo de reciclagem de nutrientes que não só melhorava a fertilidade do solo, mas que também contribuía para a melhora das pastagens e consequentemente à produção de animais.

No entanto, como mencionado pelo autor Franzluebbbers et al., (2014) a revolução agrícola, especialmente durante o século XX, levou a uma reconfiguração dos sistemas produtivos, que passaram a adotar um modelo econômico baseado na economia de escala. Nesse contexto, a autora Possas (1994, p 70) afirma “que há economia de escala quando o aumento do volume da produção de um bem por período reduz os seus custos”. A adoção desse modelo econômico nos sistemas de produção agrícola gerou o aumento do volume na produção como resultado do incremento das áreas de plantio e uma maior dependência no uso de agro insumos sintéticos. Houve também aumento significativo no uso de maquinário e a especialização (inverso da diversificação) das propriedades nas diferentes regiões do país. O resultado foi a progressiva homogeneização da agricultura, acompanhada de impactos ambientais adversos.

A degradação do solo, manifestada pela perda de fertilidade, a erosão, a contaminação de fontes hídricas e o elevado consumo de água para a irrigação de plantios, gerou impactos negativos sobre a biodiversidade e o aumento da poluição ambiental (Dornelles, 2020). A ausência de práticas de reposição de nutrientes resultou na diminuição de produtividade tanto nos sistemas pecuários quanto agrícolas. Diante desses desafios ambientais, produtivos e consequentemente econômicos, já nos anos 80 do século passado, vêm-se adotando práticas agropecuárias para mitigar os efeitos deletérios daquele modelo (Vilela et al.; 2021). Entre as práticas, as mais recomendadas encontravam-se o plantio direto e a adoção de sistemas de produção integrados (Carvalho et al.; 2014). Os conhecimentos sobre sistemas integrados foram trazidos ao Brasil pelos imigrantes europeus, e ajustados às condições climáticas e geológicas das diferentes regiões do país (Vilela et al., 2021). Um exemplo disto é a integração do gado-fumo-mandioca, como descrito por Linhares (1995, p 5). Esta integração foi denominada como “um sistema de uso da terra peculiar e eficaz”.

No Rio Grande do Sul, Balbino et al., (2011) destacam a adoção de sistemas integrados que associam o cultivo de arroz inundado com pastagens, assim como também o pastoreio de gado nos restos da colheita do arroz. A implementação destas práticas evidencia uma transformação nas estratégias agrícolas, refletindo os esforços dos produtores para reverter o processo de degradação dos solos, uma das principais consequências da Revolução Verde². Vilela et al., (2021) relata que, a partir da década de 1970, as iniciativas de sistemas de produção diversificados e mais sustentáveis passaram a ganhar relevância e espaço nas agendas de pesquisa.

[...] A partir da década de 1970, novas formas de integração entre lavoura e pecuária surgiram na região norte do estado, combinando o cultivo de soja e milho com pastagens de inverno para a criação de gado de corte e, posteriormente, de gado leiteiro. Já na década de 1990, iniciaram-se as primeiras pesquisas sobre sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris, ampliando o conhecimento e desenvolvendo tecnologias voltadas para o manejo integrado do solo, das plantas, dos animais e das florestas (Vilela et al., 2021, p. 923).

A adoção dos sistemas integrados é reconhecida como uma estratégia de produção diversificada, dinâmica e sustentável. Vale destacar que a terminologia utilizada para esses sistemas tem variado ao longo do tempo, embora seu significado permaneça inalterado. Inicialmente, na língua inglesa estes sistemas foram chamados de *mixed farming*, termo que posteriormente mudou para *Integrated Crop-Livestock Systems* (ICLS). De forma semelhante, em português, estes sistemas foram denominados como Sistemas Integrados, e subsequentemente de Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA).

Para analisar a racionalidade por trás dos sistemas integrados agropecuários se desenvolveu este trabalho. Para isso, o artigo será apresentado em três etapas: primeiramente far-se-á a caracterização e classificação dos tipos de sistemas integrados existentes; na sequência identifica-se os principais benefícios gerados pela adoção da ILP. Identifica-se a base teórica que sustenta o surgimento de cada benefício, identificado na ILP. Finalmente apresenta-se uma revisão bibliométrica representada pela metáfora da árvore do conhecimento, permitindo identificar as principais temáticas, os trabalhos mais citados e uma proposta dos possíveis vieses teóricos que fundamentam os sistemas agropecuários integrados.

² A revolução Verde ocorreu no Brasil em meados dos anos de 1950, com a implantação de inovações tecnológicas no processo produtivo (Castanho; Teixeira, 2017, p. 142).

Esta foi caracterizada, pelo aumento da produtividade de culturas vegetais e animais no Brasil e no mundo foi pautado na especialização dos sistemas produtivos (monocultivos). A alteração genética de sementes e alimentos, a utilização de energias não renováveis e o uso intensivo de máquinas e implementação agrícola, bem como de fórmulas químicas para aplicação de nutrientes e combate a pragas, foram estratégias para o aumento da produtividade (Mendonça et al., 2018, p. 47).

Caracterização dos SIPAs

Os SIPAs conforme descrito por Quevedo, Canever e Selau (2020), são sistemas nos quais ocorre uma sinergia entre seus componentes, permitindo a conservação dos recursos naturais enquanto as atividades produtivas são desenvolvidas. Estes sistemas se destacam por uma maior eficiência, resultante da integração, da sucessão, da rotação ou do consórcio de diferentes atividades dentro de uma mesma unidade produtiva (Figura 1). Os SIPAs contrastam com os sistemas de produção especializados, os quais baseiam-se na monocultura. A monocultura é caracterizada pelo cultivo de uma única espécie vegetal ou animal em uma determinada área, por um período preestabelecido e geralmente em larga escala.

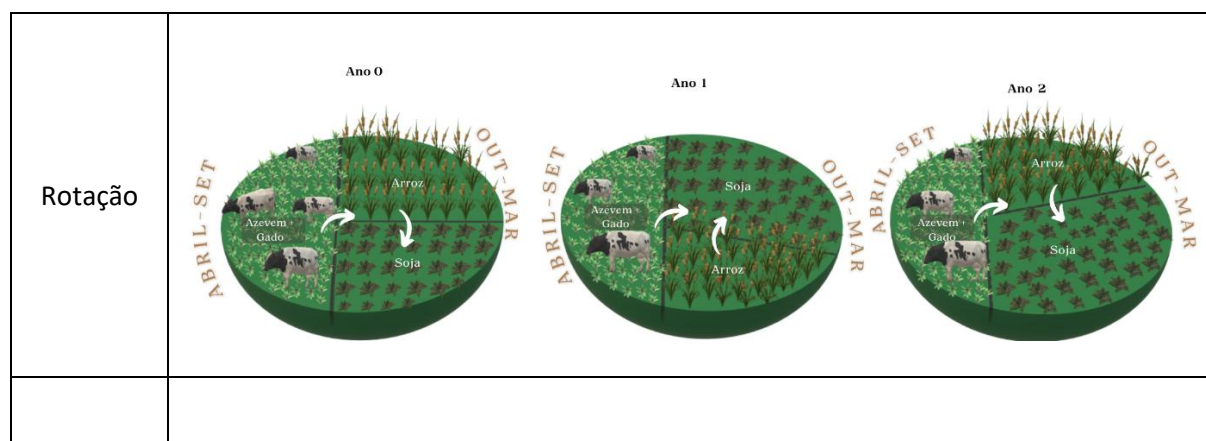
Entre as características que contrastam os SIPAs da monocultura está o fato dos SIPAs envolverem uma ou mais das seguintes práticas: **rotação de culturas**, **consórcio** e **sucessão**. Estas práticas serão explicadas na sequência, e representados na figura 1.

A **rotação de culturas**, envolve ciclos alternados entre diferentes cultivos/criações (exemplo, milho no verão com subsequente plantio de trigo ou pastagens no inverno). A rotação pode ocorrer dentro de um mesmo ano agrícola ou em anos subsequentes, dependendo das condições edafoclimáticas de cada região

O **consórcio** é um sistema no qual duas ou mais espécies são estabelecidas na mesma área e de forma simultânea. No Brasil Central o consórcio ganhou reconhecimento com o surgimento do sistema Barreirão, o qual visa a recuperação e renovação de pastagens em consórcio com culturas anuais (Torres; Assis e Loss, 2018). A **origem histórica da agricultura consorciada** remonta a práticas tradicionais de povos indígenas e agricultores ancestrais, muito antes de sua sistematização científica moderna (Altieri, 1983).

Já a **sucessão de culturas** refere-se a um sistema no qual diferentes espécies vegetais são semeadas uma após a colheita da outra (Kluthcouski et al., 2015). Um exemplo clássico de sucessão é o plantio de soja, seguido pelo plantio milho. Nesse caso, ainda que haja uma sucessão de culturas não há um planejamento de diversificação de espécies, porém nesta configuração não se encontram presentes os benefícios ambientais resultantes da rotação. Podendo assim ser a decisão da implementação só da sucessão de culturas uma configuração baseada em fatores econômicos ou operacionais. Leite et al., (2017, p. 20) destaca que "nem toda sucessão é uma rotação de culturas, mas a rotação é sempre uma disposição de culturas em sucessão". Quando as culturas se sucedem sem um planejamento estratégico, não se pode classificar esta prática como rotação. No entanto, quando há um planejamento específico nas áreas semeadas, considerando os aspectos tempo-espaciais das culturas com o objetivo de alcançar benefícios agronômicos e ambientais, a sucessão de culturas se torna uma rotação.

Figura 1 Rotação, sucessão e consórcio dentro dos SIPA



Sucessão	Ano 1 Ano 2
Consórcio	

Fonte: Os autores (2025)

É importante ressaltar que os SIPAs, conforme descrito pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura FAO (2010), devem apresentar um sinergismo entre os componentes dos sistemas desenvolvidos nas unidades produtivas. Ou seja, uma atividade se beneficiaria da outra. Este sistema não deve ser confundido com os sistemas diversificados, que, embora envolvam duas ou mais atividades dentro da mesma unidade não apresentam sinergia entre seus componentes. Nos sistemas diversificados, as atividades são setorizadas e gerenciadas de forma pré-definida, e independente, características que não garantem a integração dos componentes do sistema, uma vez que não há retroalimentação e sinergia entre as atividades produtivas. Essa distinção é evidenciada por Hendrickson, Tanaka e Sassenrath (2008), que exemplificam como, em sistemas diversificados, os produtores podem desenvolver empreendimento adicionais que não necessariamente envolvem uma cultura ou espécie pecuária, mas que operam de forma independentes, sem promover integração ou sinergia entre os componentes produtivos.

Existem também exemplos de sistemas diversificados de produção agrícola em que os produtores possuem outros empreendimentos que não envolvem necessariamente uma cultura ou espécie pecuária adicional. Um exemplo seria um agricultor de algodão que também é proprietário ou co-proprietário de uma usina de beneficiamento de algodão, um armazém e uma associação de comercialização. O algodão produzido na fazenda geraria uma parte da receita, enquanto os empreendimentos auxiliares (beneficiamento, armazenamento e comercialização) forneceriam uma renda complementar (Hendrickson; Tanaka; Sassenrath, 2008, p. 268. Tradução nossa).

Conforme Quevedo, Canever e Selau (2020) os sistemas diversificados servem para reduzir os riscos, mas suas interações são mínimas. Por outro lado, os SIPAs por meio de seus diferentes arranjos, entre culturas e animais promovem tanto a integração quanto a diversificação dentro da unidade produtiva. De acordo com a FAO (2010), existem múltiplos arranjos e níveis de integração nos quais os SIPAs podem variar:

A integração pode ocorrer tanto no nível da propriedade agrícola quanto em uma escala territorial mais ampla, podendo envolver certo grau de especialização. Uma integração bem-sucedida requer uma abordagem intencional, refletindo uma relação sinérgica entre os componentes – culturas, pecuária e/ou árvores –, em que o todo se

torna maior do que a soma das partes. Quando essa relação sinérgica é adequadamente manejada, resulta em maior sustentabilidade social (incluindo a dimensão comunitária), econômica e ambiental, além de contribuir para a melhoria das condições de vida dos agricultores que a adotam (FAO, 2010, p.12. Tradução nossa).

A implementação eficiente e funcional desses sistemas exige uma abordagem multicritério e uma adequada gestão, ressaltando assim, o papel fundamental da assistência técnica e da capacitação dos agricultores, além da valorização da experiência empírica dos produtores. A forma e a intensidade da adoção destas tecnologias têm que estar em consonância com os objetivos, e infraestrutura do produtor. Os SIPAs como descritos por Conceição (2023) podem ser adotados pelos agricultores em qualquer das suas diferentes configurações, contemplando tanto a diversidade de culturas quanto à inclusão das diferentes espécies animais. Além disso, esses sistemas podem-se adequar às características regionais e as condições climáticas do país. Desta forma, a implementação de um modelo agropecuário específico deve basear-se em uma avaliação multicritério que considere a viabilidade econômica, produtiva e ambiental, exigindo assim, múltiplos níveis de raciocínio, planejamento, e uma abordagem holística que consiga mensurar em uma base comum os indicadores de desempenho nas diversas dimensões.

Para alcançar um desempenho econômico, social e ambiental otimizado, o agricultor precisará avaliar, planejar e implementar estratégias adequadas. Nesse processo, a dimensão ambiental, muitas vezes negligenciada, desempenha um papel crucial para garantir a sustentabilidade e a preservação dos recursos naturais, assegurando a continuidade das atividades agrícolas.

Na sequência serão apresentadas as diferentes configurações dos sistemas SIPA, onde a inclusão do componente florestal ao Sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) constitui, conforme afirma Balbino et al., (2012, p. 5), “um avanço inovador”, dando origem ao conceito de Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Os SIPAs ou como chamados internacionalmente Integrated crop- livestock systems (ICLS) podem apresentar os seguintes arranjos FAO (2010); Balbino, Barcellos e Stone (2011); Carvalho et al., (2014); Dornelles (2020); Sene e Bacha (2024):

(1) Integração Lavoura-Pecuária (ILP) ou Agropastoril: É composto pela integração dos componentes agrícolas e pecuários, em rotação, consórcio, ou sucessão, dentro de uma mesma área, durante um ou múltiplos anos agrícolas.

(2) Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) ou Agrossilvipastoril: É um sistema que combina os elementos da agricultura, pecuária e floresta, em rotação, consórcio ou sucessão em uma mesma área. O componente lavoura pode ser utilizado na fase inicial de implantação do componente florestal ou em ciclos durante o desenvolvimento do sistema.

(3) Integração Pecuária-Floresta (IPF) ou Silvipastoril: Sistema de produção que integra o componente pecuário e florestal em consórcio.

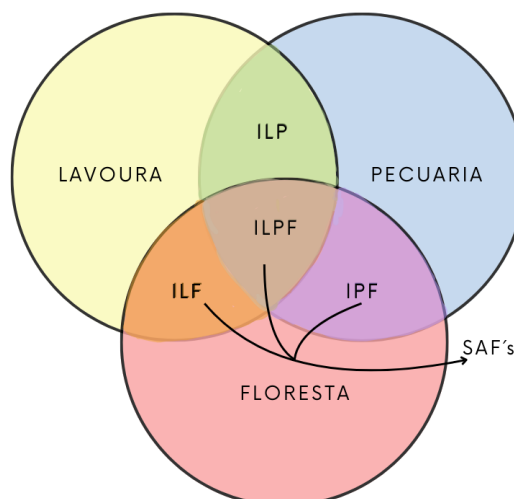
(4) Integração Lavoura-Floresta (ILF), Silviagrícola ou agroflorestal (SAF): É um sistema que integra componentes florestal e agrícola, pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos anuais ou perenes.

Estes arranjos como apresentados na figura 2 resultam das combinações estratégicas dos componentes produtivos adotados pelos agricultores. Eles evidenciam não apenas a diversidade de configurações possíveis dentro das propriedades, mas também a abrangência desses sistemas.

Dentro das configurações dos SIPAs, os arranjos que incluem o componente florestal (ILF, IPF, e ILPF) são chamados de Sistemas Agroflorestais (SAF's). Sene e Bacha (2024, p.4) apontam que um “sistema agroflorestal combina árvores com atividades da lavoura e/ou pecuária em uma mesma área, via consórcio ou rotações, para obter sinergias entre os componentes do agroecossistema”. Os SAF's são sistemas de produção altamente

diversificados e dinâmicos, caracterizados pela vasta diversificação da produção resultante do manejo adequado de espécies florestais em combinação com culturas agrícolas de ciclo curto. Seu objetivo é o benefício tanto econômico, ambiental e social, principalmente por meio da replicação das interações e sinergias que ocorrem nas florestas naturais (Balbino et al., 2012). A implantação dos SAFs é flexível, adaptando-se às necessidades e os objetivos do agricultor, podendo incluir ou não a integração com a atividade animal.

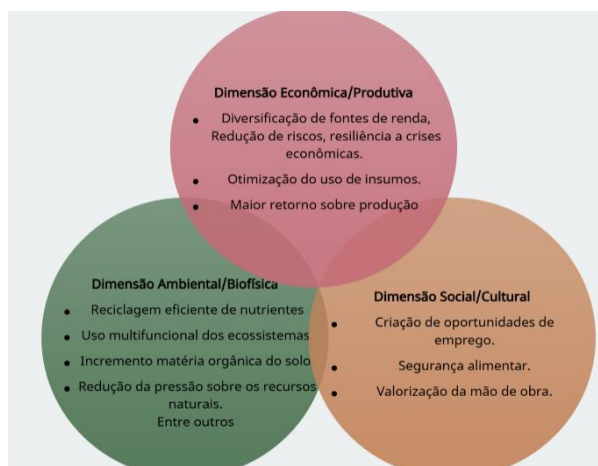
Figura 2 Arranjos dos sistemas integrados de produção agropecuária



Fonte: Adaptada da EMBRAPA

Os elementos que compõem os arranjos dos SIPAs, sejam eles nas modalidades de ILP, ILF, IPF, ILPF não podem ser analisados isoladamente, mas sim de forma conjunta, uma vez que um elemento afeta (beneficia ou restringe) o outro, gerando sinergias ou antagonismo entre as atividades. Os SIPAs em qualquer das suas combinações, desempenham uma tripla função. Em primeiro lugar, atendem às demandas econômicas dos produtores, em segundo lugar garantem a oferta de produtos em quantidade e qualidade adequada para os consumidores e em terceiro lugar proporcionam benefícios para as dimensões ambientais e sociais, como demonstrado na figura 3. Concomitantemente podemos perceber que esses sistemas contribuem com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente no que se refere ao ODS 2 e 12 “Fome Zero” e “Consumo e Produção Responsáveis”.

Figura 3 Dimensões e principais características dos sistemas integrados



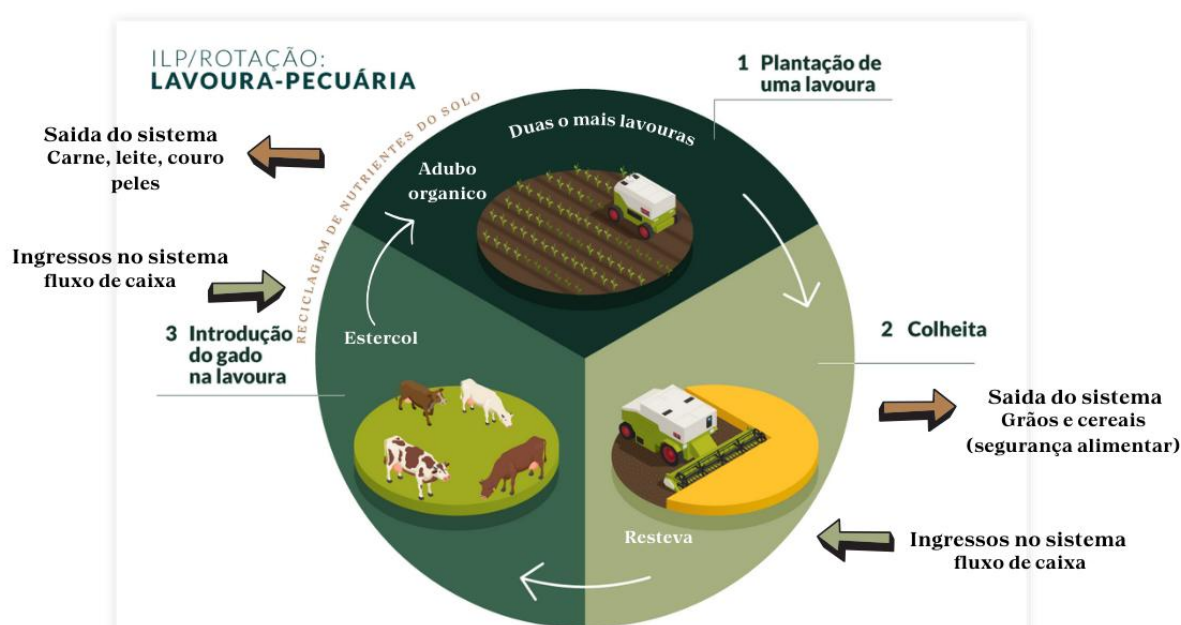
Fonte: Os autores (2025)

3. Benefícios da ILP

Todos os arranjos que compõem os SIPAs oferecem benefícios nas três dimensões representadas na Figura 3. No entanto, para os objetivos deste estudo, analisaremos em profundidade apenas a configuração do ILP (Figura 4).

A ILP caracteriza-se pela sinergia entre a produção de grãos e a criação animal, promovendo uma interação recíproca entre os componentes produtivos e possibilitando a adoção de esquemas de rotação, consórcio, ou sucessão das atividades agrícolas e pecuárias dentro da unidade produtiva, de forma harmoniosa (Carvalho et al., (2001); Moraes A et al., (2002); Dubois (2004); Embrapa (2005); Balbino et al., (2009); Macedo (2009); Machado, Madari e Balbino (2010); Wright et al., (2011); Vilela et al., (2011); Gameiro (2014); Conceição (2023).

Figura 4 Integração lavoura pecuária



Fonte: Adaptado de Albuquerque, 2022

A identificação dos benefícios deste sistema compõe um elemento essencial na transição da agricultura tradicional para o sistema ILP. A tabela 1 traz um compilado dos principais autores e benefícios da adoção da ILP. Na tabela, última coluna, classificamos estas produções conforme a linha teórica que sustenta os benefícios identificados. Por linha teórica entendemos o conjunto de princípios que fundamentam a existência dos benefícios na prática da integração lavoura pecuária. Em termos econômicos estes princípios são dois: (01) o princípio dos ganhos de escopo, (Panzar e Willig, 1981) também conhecido como economia de escopo e; (02) o princípio dos ganhos de portfólio (Pope e Prescott, 1980). Os ganhos de escopo ocorrem quando a produção conjunta de múltiplos produtos por uma mesma empresa é mais eficiente (tem menor custo médio) do que os produzir separadamente. Ou seja, há ganhos de sinergias no sistema (Panzar e Willig 1981; Gameiro, Rocco e Filho, 2016). Os ganhos de portfólio são obtidos em razão do ILP reduzir riscos e gerar sinergias competitivas através da diversificação (Markowitz, 1952).

Tabela 1 Principais benefícios da ILP

Autores	Benefícios	Principais linhas Teóricas
• CARVALHO et al., 2014; • WRIGHT et al., 2011; • SALTON et al., 2014; • BALBINOT et al., 2009	Eficiência no uso dos recursos naturais, aproveitamento de pessoal e estrutura, ciclagem de nutrientes, melhoria no solo, redução de custo de produção e altos níveis de produtividade.	Economia de escopo
• GLÉRIA et al., 2016 • BALBINO et al., 2012	O uso do solo cíclico, no tempo e espaço entre as atividades, possibilita a exploração econômica durante o ano todo.	Economia de escopo e Teoria de Portfólio
• CARVALHO et al., 2016	Fonte de renda extra por meio da utilização de áreas no período de inverno.	Teoria de Portfólio
• QUEVEDO, CANEVER, SELAU., 2020	Os pilares dos sistemas são a diversificação, rotação de culturas e o plantio direto.	Teoria de Portfólio
• MARENCO; SANTOS, 1999. • VERNETTI; GOMES; SCHUCH, 2009.; • MACLAREN et al., 2019. • ALVARENGA et al., 2001	Gera redução de plantas daninhas. Melhor qualidade do solo e com isto redução de custos das operações de preparo de solo, redução da perda de solo e aumento de produtividade.	Economia de escopo
• FAGERIA; SANTOS 2007	Estes sistemas promovem a fixação biológica do nitrogênio ao solo ao utilizar plantas da família das leguminosas.	Economia de escopo
• BELARMINO et al., 2018.	Melhores estratégias de comercialização.	Teoria de Portfólio
• KICHEL.; MIRANDA 2001	Aproveitamento de adubo residual, maior eficiência na utilização de máquinas, equipamentos e mão-de-obra.	Economia de escopo
• VILELA et al., 2008	Melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, a quebra de ciclos bióticos (pragas, doenças)	Economia de escopo

Fonte: Os autores (2025)

O processo de raciocínio que leva o agricultor a migrar de um sistema de monocultivo ou agricultura tradicional para a adoção dos sistemas de ILP fundamenta-se em seus objetivos e metas, bem como nos benefícios obtidos em termos de eficiência, preservação dos recursos naturais, aumento da produção e produtividade, além de um melhor aproveitamento econômico. Conforme mencionado por Mendonça et al., (2018), embora os ganhos nas dimensões ambientais/ biofísicas e sociais sejam relevantes, a dimensão econômica exerce forte influência na decisão de implementar ou não esses sistemas. Paralelamente, aspectos gerenciais também desempenham um papel significativo na tomada de decisão, especialmente pelo fato do aumento da complexidade dos sistemas integrados.

No contexto da ILP o uso compartilhado de insumos, maquinários, o aproveitamento de adubo residual, as melhorias na infraestrutura e mão de obra, entre outros benefícios classificados na (tabela 1,) contribuem para a redução dos custos por atividade produtiva. Essa eficiência é impulsionada pelas sinergias geradas no sistema, demonstrando que um fator essencial para o desempenho ideal desses sistemas é o fortalecimento das interações entre seus componentes. Esse processo não apenas potencializa os benefícios ambientais e biológicos das interações, mas também promove a redução de custos e o aumento da eficiência econômica.

A teoria da seleção de portfólio, conforme descrita por Fama (1976), refere-se a um conjunto de ativos estruturados para reduzir o risco por meio da diversificação, oferecendo diferentes alternativas de investimento e retorno econômico. Essa abordagem fornece uma estrutura analítica para compreender como a diversificação produtiva pode mitigar riscos e estabilizar a renda do produtor. De acordo com Coimbra, Perina e Fausto (2015), ao incorporar

uma nova cultura ao sistema de produção, o produtor busca proteger-se contra riscos. Segundo Milhomes (2022), uma característica que diferencia o agronegócio de outras atividades econômicas é o alto grau de risco associado à produção, especialmente em sistemas baseados em monocultivos. Os principais riscos podem se dar por meio de afetações climáticas como; chuvas excessivas ou insuficientes, granizos, ciclones, insetos e pragas. Além disso, fatores econômicos como crises nacionais e conflitos internacionais podem causar afetações nas flutuações de preços nos mercados. Nesse sentido, Figueiredo, Fernandes e Neto (2016, p. 49) destacam que “embora os riscos de produção e de mercado sejam praticamente incontrolláveis pelos agropecuaristas, algumas medidas de gerenciamento de riscos podem ser adotadas, dentre as quais se destaca a diversificação da produção”. Em consonância com os pressupostos da ILP, a diversificação produtiva, por meio da inclusão de diferentes culturas e atividades, pode reduzir as variações na renda líquida anual e minimizar os impactos econômicos adversos para o produtor.

Conforme Mendonça et al., (2018), para que a diversificação seja efetiva na redução de riscos e esteja alinhada à teoria de portfólio baseada em Markowitz (1952), devem ser observados quatro aspectos fundamentais, em primeiro lugar (1) É necessária uma avaliação das alternativas de investimento com base na distribuição de probabilidade dos retornos esperados. (2) Deve-se procurar a maximização da utilidade esperada, considerando a utilidade marginal decrescente da renda. (3) Ter que estar presente uma estimativa do risco da carteira com base na variabilidade dos retornos esperados. (4) A tomada de decisões de investimento deve ser fundamentada no equilíbrio entre retorno esperado e risco.

Os SIPA conseguem integrar os benéficos descritos anteriormente o que os leva a ser reconhecidos como uma tecnologia de intensificação sustentável. Balbino et al., (2012, p. 4) destacam que a ILP “possibilita que o solo seja explorado economicamente durante todo o ano, favorecendo o aumento na oferta de grãos, carne e leite a um custo mais baixo, devido ao sinergismo que se cria entre lavoura e pastagem”. Essa interação entre atividades produtivas exemplifica como a diversificação e o sinergismo no sistema que contribuem tanto para a economia de escopo, quanto na aplicação da teoria de portfólio a qual se relaciona diretamente com a economia de diversificação, sendo que estas duas compartilham o princípio central da redução de riscos por meio da alocação eficiente de recursos.

4. Análise Bibliométrica

A análises bibliométrica aborda os principais artigos científicos sobre os SIPAs bem como os estudos mais recentes nessa área. Para isso, se utilizou a representação metafórica da “árvore do conhecimento” (Figura 5), a qual está composta pelas folhas representadas pelo mapa bibliográfico gerado no software R (RStudio) com o auxílio do pacote algorítmico bibliometrix e biblioshiny (Aria; Cuccurullo, 2017).

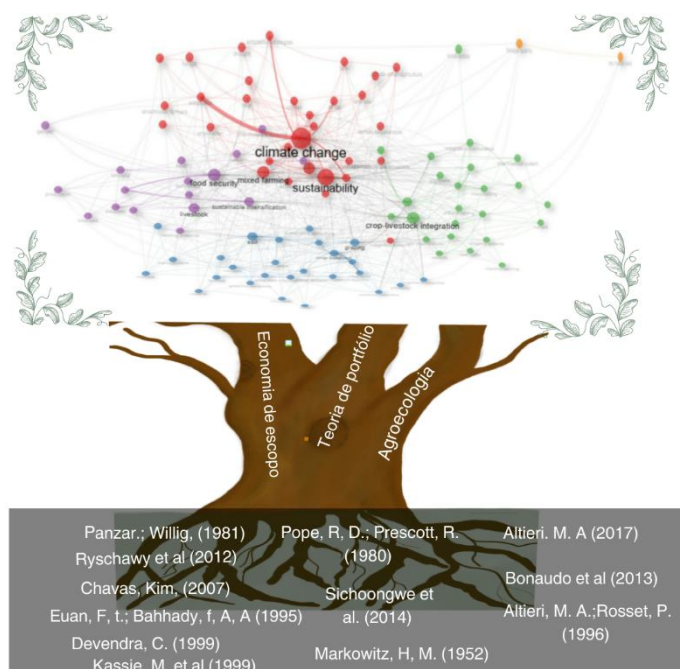
A busca dos artigos para a composição das folhas da árvore foi realizada por meio da procura nas bases de dados Web of Science (WoS) e Scopus, cuja escolha deu-se devido à ampla abrangência e relevância das publicações nelas indexadas. Essas bases garantem acesso a estudos de alta qualidade, revisados por pares, e permitem a identificação das principais contribuições científicas na área de estudo. Para este trabalho, a busca na Web of Science foi refinada por meio do filtro de documentos de acesso aberto, utilizando os seguintes tópicos: “*integrated crop-livestock systems*” OR “*mixed crop-livestock systems*” OR “*crop livestock*”, considerando o período de 2020 a 2024, o que resultou em 814 documentos. A busca na base de dados Scopus foi realizada com os mesmos termos aplicados a *Article title, abstract, keywords*, para o mesmo período, resultando em 973 documentos. Os documentos foram exportados para o software R, resultando em 1.111 artigos não duplicados. A partir desse refinamento, construiu-se a rede de co-ocorrência das palavras-chave dos, permitindo a

identificação de quatro clusters representados pelas cores: vermelho para *climate change*; verde para *crop-livestock integration*; azul para *soil* e; púrpura para *food security*.

O tronco da árvore constitui o elo de conexão entre os elementos das raízes e das folhas. Ele é composto pelas principais vertentes teóricas que fundamentam os sistemas integrados, sendo elas: (01) a teoria de portfólio; (02) a economia de escopo e; (03) a agroecologia. Até agora tínhamos evidenciado que os ganhos da integração eram fundamentados pelas duas teorias de cunho econômico (teoria de portfólio e teoria de escopo), mas a partir desta revisão vislumbrou-se que a integração é um fenômeno intrínseco da natureza. A integração de espécies animais e vegetais em sistemas naturais é fundamentada nos princípios da ecologia de comunidades e da biodiversidade funcional, que demonstram como as interações entre organismos promovem a resiliência, a ciclagem de nutrientes e o equilíbrio dinâmico dos ecossistemas (Altieri, 1999; Gliessman, 2007). Na agricultura, a adoção de sistemas integrados e rotacionados busca "imitar" esses sistemas naturais, visando maior eficiência produtiva e sustentabilidade, por isso nominamos esta vertente de teoria da agroecologia. Esta teoria representa os elementos relacionados com ganhos e benefícios do uso eficiente dos recursos naturais.

A seleção dos autores que compõem a raiz da árvore foi realizada por meio da análise de artigos científicos correspondentes a cada vertente teórica. Inicialmente, foram examinados os títulos e resumos, seguidos da leitura integral dos artigos selecionados. Posteriormente, realizou-se uma análise das referências para identificar conexões e aprofundar a compreensão das abordagens teóricas e sua relação com os SIPAs. Embora as relações entre as vertentes teóricas e os SIPAs não sejam explícitas, elas podem ser observadas por meio das características e benefícios representados na adoção destes sistemas.

Figura 5 Representações da árvore de conhecimento



Fonte: Os autores (2025)

A árvore do conhecimento representa, de forma gráfica e sintetizada, as principais temáticas desenvolvidas pela literatura em relação aos SIPAs. Por meio da rede de co-ocorrência, podemos identificar os temas mais recentes, bem como as conexões entre os conceitos. Assim, a rede demonstra que o tema de *climate change*, representado pela cor

vermelha, é amplamente abordado e discutido nos trabalhos sobre SIPAs. Dentro desse cluster, destacam-se os debates sobre *sustainability*, *carbon sequestration*, *regenerative agriculture*, *resilience*, *adaptation strategies*, *climate-smart agriculture*, *land use change*, *perception e diversification*, entre outros temas representados pelos nós menores. Todos esses conceitos estão relacionados às questões de mudanças climáticas, o que reafirma que as pesquisas realizadas estão em consonância com a realidade atual.

As mudanças climáticas têm impactado a produção agrícola global, impulsionando os agricultores a adotarem sistemas mais resilientes. Como discutido neste artigo, os SIPAs se destacam por sua capacidade de enfrentar adversidades climáticas. Além disso, a diversificação da produção oferece ao agricultor uma gama mais ampla de produtos para comercialização, reduzindo sua vulnerabilidade a eventos extremos. Assim, caso uma cultura seja afetada por uma geada, ele ainda terá outras opções para garantir sua subsistência.

O cluster roxo aborda aspectos de *food security*, sendo este o segundo tema com maior incidência nos artigos analisados. Observa-se que esse tema possui uma forte relação com a intensificação sustentável. Dentro desse cluster, destacam-se elementos como *technology*, *forage quality*, *livestock*, *farming systems*, *crop-livestock systems*, *gender e biomass*.

Em seguida, identifica-se o cluster *crop-livestock integration*, representado pela cor verde, abrangendo temas como *agroecology*, *agroforestry*, *nutrient cycling*, *biodiversity*, *machine learning e intercropping*. Por fim, representado pela cor azul, observa-se o cluster relacionado à preservação do solo. Embora os nós desse cluster não apresentem um crescimento significativo em termos de correlação entre os artigos, os aspectos aqui classificados demonstram uma importância generalizada para a conservação dos recursos naturais. Assim, os elementos indexados incluem *soil quality*, *sustainable agriculture*, *nitrogen*, *cover crops*, *circularity*, *greenhouse gases*, *ecological intensification e food safety*, entre outros nós com menor número de artigos relacionados.

De forma conjunta, os quatro clusters evidenciam a interdisciplinaridade dos temas e os diversos benefícios desses sistemas. Os temas mais recorrentes são representados pelos nós maiores, que estão associados a questões amplamente discutidas em nível global e possuem um maior número de artigos indexados. Por outro lado, os clusters com nós menores indicam temas emergentes, ainda com poucos estudos publicados. No entanto, isso não reduz sua relevância, pois eles permitem identificar tanto as discussões mais atuais quanto as lacunas do conhecimento.

Posteriormente na construção da árvore, o tronco representa as principais vertentes que compõem o sistema SIPA. Embora esses conceitos nem sempre estejam explicitamente mencionados nos benefícios da SIPA, são eles que fundamentam tais vantagens. Foram indexadas no tronco duas grandes vertentes que compõem a estrutura do surgimento dos SIPAs: uma relacionada aos ganhos econômicos dos SIPAs (economia de escopo e teoria de portfólio). A segunda vertente é composta pelos ganhos biofísicos e ambientais, representados pela agroecologia. Nesse contexto, a vertente agroecológica destaca os benefícios do sistema tanto na dimensão vegetal quanto animal, além de evidenciar a importância da preservação dos recursos naturais. Entre esses ganhos, sobressaem os benefícios para a conservação do solo e o cuidado dos recursos naturais. A agroecologia dentro dos SIPAs reconhece a importância da aplicação de princípios ecológicos no design e na gestão dos sistemas produtivos, buscando um equilíbrio entre produção e conservação.

Os princípios fundamentais da agroecologia incluem a reciclagem de nutrientes e energia dentro da propriedade, em vez da introdução de insumos externos; o aumento da matéria orgânica do solo e da atividade biológica do solo; a diversificação das espécies vegetais e dos recursos genéticos nos agroecossistemas ao longo do tempo e do espaço; a integração de culturas e pecuária, otimizando as interações e a produtividade do sistema agrícola como um todo, em vez de focar nos rendimentos de espécies individuais. (Altieri; Nicholls; Montalba. 2017, p. 3. Tradução nossa).

A agroecologia como um dos caminhos que estruturam a construção dos SIPAs demonstra como as sinergias dos diversos arranjos promovem ganhos tanto para o meio ambiente, quanto para o bem-estar e produtividade animal, isto acontece devido aos arranjos projetados para reduzir a dependência de insumos sintéticos. Como resultado, além da redução de custos, também são minimizados os impactos ambientais adversos da produção agrícola tradicional.

Por fim, as raízes da árvore agrupam os autores que contribuíram para a compreensão desses conceitos e para a fundamentação teórica das abordagens dos SIPAs. A estrutura da árvore de conhecimento permite não apenas visualizar as relações entre as temáticas, mas também reconhecer a multidisciplinaridade envolvida nos SIPAs.

5. Resultados

Os resultados obtidos neste artigo demonstram a evolução dos SIPAs e as características dos elementos que os compõem. A compreensão dessas características nos permite analisar, a partir da perspectiva acadêmica, a racionalidade por trás da implementação desses sistemas, cujos diversos benefícios refletem na melhoria das dimensões ambiental, econômica e social. Os SIPAs podem, portanto, ser considerados sistemas de agricultura sustentável. No entanto, para que sua adoção resulte em um desempenho otimizado, é essencial uma gestão eficiente e embasada em conhecimento multidisciplinar, tanto por parte dos produtores quanto dos extensionistas.

As diversas modalidades de integração dependerão das características do agricultor e das condições geomorfológicas, pedológicas e de fatores externos e internos, como: mudanças climáticas, flutuações de preços, características dos solos, disponibilidade de recursos naturais, perfil dos agricultores, tecnologia implementada nas unidades produtivas, mão de obra qualificada, infraestrutura, capacidade gerencial e acompanhamento técnico, entre outras variáveis. Esses fatores compõem um conjunto de elementos que precisam ser avaliados pelo produtor com base em seus objetivos.

Sendo assim, o planejamento para a implementação desses sistemas deve ser contínuo e fundamentado em tomadas de decisão alinhadas aos objetivos do produtor, considerando suas necessidades e expectativas a curto, médio e longo prazo. Isso não apenas garante a adequada integração e sinergia dos sistemas, mas também permite uma gestão eficiente, assegurando o retorno de cada atividade integrada. Além disso, facilita a alocação de recursos e, consequentemente, viabiliza a continuidade dos sistemas, possibilitando ajustes e otimizações para o aprimoramento do modelo produtivo.

Considerações finais

As vertentes da árvore de conhecimento nos levam a refletir sobre as abordagens que deram lugar para a implementação dos SIPAs. Estas vertentes não só mostram as principais bases que fundamentam os ganhos dos SIPAs, mas trazem elementos conceituais pretéritos aos próprios sistemas SIPAs. Por meio da identificação destas vertentes, conseguimos confirmar a multidisciplinaridade dos conceitos aplicados na estruturação dos SIPAs, permitindo identificar o arcabouço teórico para implantação desses sistemas. Assim, a compreensão dessas vertentes pode justificar e motivar a transição e adoção de sistemas agrícolas mais sustentáveis, considerando os próprios desafios enfrentados pelos agricultores.

Recomenda-se, para futuras pesquisas, analisar a dimensão sociocultural, assim como seus aportes nas diferentes regiões onde esses sistemas já são implementados. Sugere-se que é preciso analisar de forma holística as configurações desses sistemas, assim como apresentar

indicadores que consigam atingir as três dimensões destacadas nesta pesquisa (dimensão ambiental, econômica e social), isto com o fim de avaliar o impacto real desses sistemas

Considera-se relevante delinear possíveis arranjos experimentais que permitam estimar com precisão os ganhos, tanto econômicos quanto ambientais e sociais desses sistemas. Estes estudos devem explorar as sinergias entre os componentes e analisar quais as melhores configurações espaço-temporais de cada arranjo, considerando as especificações das regiões onde serão executados. Além disso, sugere-se que tais estudos abordem tanto a abrangência desses sistemas quanto as especificações de cada arranjo implementado no sistema.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, N. “Integração Lavoura-Pecuária: Entenda Como Funciona Adoção de Técnica Pela Embrapa.” *Vert-Capital.com*, 2022, www.vert-capital.com/noticia/integracao-lavoura-pecuaria-veio-para-ficar-entenda-como-funciona-adocao-de-tecnica-pela-embrapa. Accessed 31 Mar. 2025.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I.; MONTALBA, R. Technological Approaches to Sustainable Agriculture at a Crossroads: An Agroecological Perspective. *Journal Sustainability*. 2017, p 1-13.

ALTIERI, M. A.; ROSSET, P. Agroecology and the conversion of large-scale conventional systems to sustainable management, *International Journal of Environmental Studies* Volume 50, Issue 3-4, 1996, p. 165–185.

ANGHINONI, I., CARVALHO, P. D. F., COSTA, S. D. A. Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropico brasileiro. *Tópicos em ciência do solo*, v. 8, n. 2, 2013, p. 325-380.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. *bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis*. *Journal of Informetrics*, v. 11, n. 4, 2017, p. 959-975.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A. D.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; GALERANI, P. R. Transferência tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária floresta no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 10, 2011. p. 1-12.

BALBINO, L. C.; VILELA, L.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P.; PULROLNIK, K.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J. L. S. da. Integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF): Região Sul. Brasília: Embrapa, 2012. 83 f.

BALBINOT JÚNIOR, A. A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. *Ciência Rural*, v. 39, n. 6, 2009. p. 1925-1933.

BELARMINO, L. C.; DE SOUZA, A. R. L.; AZAMBUJA, I. H. V.; MIRITZ, L. D. Aspectos da economia do arroz irrigado no bioma Pampa. In: *SOBER - Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*. Campinas, 56, 2018.

BELFER-COHEN, A.; GORING-MORRIS, A. N. *Becoming Farmers: The Inside Story* *Current Anthropology* 2011, p. 209- 220.

BONAUDO T.; BENDAHAN, A. B.; SABATIER, R.; RYSCHAWY, J.; BELLON, S.; RYSCHAWY, J.; BELLON, S.; LEGER, F.; MAGDA, D.; TICHIT, M. Agroecological principles for the redesign of integrated crop–livestock systems. *European Journal of Agronomy*. 2013. p. 43-51

CARVALHO, J. D. S.; KUNDE, R. J.; STÖCKER, C. M.; LIMA, A. C. R. D.; SILVA, J. L. S. D. Evolução de atributos físicos, químicos e biológicos em solo hidromórfico sob sistemas de integração lavoura-pecuária no bioma Pampa. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 9, 2016. p. 1131-1139.

CARVALHO, P. C. D. F.; MORAES, A. D.; PONTES, L. D. S.; ANGHINONI, I.; SULC, R. M.; BATELLO, C. Definições e terminologias para sistema integrado de produção agropecuária. *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, n. 5spe, 2014. p. 1040-1046.

CASTANHO, R. B., & TEIXEIRA, M. E. S. (2017). A evolução da agricultura no mundo: da gênese até os dias atuais. *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium*, Ituiutaba, v. 8, n. 1, 2017, p. 136-146.

CHAVAS, J. P.; KIM, K. Measurement and sources of economies of scope: a primal approach. *Journal of Institutional and Theoretical Economics* 2007, p. 411-427.

CHILDE, V. G. *Man makes himself*, Watts; London; 1936.

COIMBRA, C. H. G.; PERINA, R. A.; FAUSTOS, D. A. análise econômica de um sistema de integração lavoura pecuária. *IPecege*, v1, 2015, p. 63-80.

CONCEIÇÃO, C. J. SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO: potenciais opções para o Brasil Instituto de pesquisa econômica aplicada – Ipea 2023, p. 2-36

DEVENDRA, C. Goats: challenges for increased productivity and improved livelihoods. *Outlook on Agriculture*, v. 28, n. 4, 1999, p. 215-226.

DORNELLES, R. R. Produção animal em sistemas integrados de produção agropecuária em terras baixas da fronteira oeste do Rio Grande do Sul. Dissertação Mestrado em Ciência Animal, Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana, 2020. F, 65

DUARTE, P. M.; SANTANA, V. T. P.; DALMAS, A. D.; BARIVIERA, I. E. Integração lavoura-pecuária (ILP): uma revisão literária. *UNICIÊNCIAS*, v. 22, 2018, p. 106-109.

DUBOIS, J. C. L. Para utilizar de forma correta a terminologia SAF. Rio de Janeiro, REBRAF, Documentação técnica, v. 21, n. 05, 2004.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. ILPF em número 05. Brasília: Embrapa, 2005.

EUAN, F. T.; BAHHADY, F. A. A model-farm approach to research on crop-livestock integration: conceptual framework and methods. *Agricultural Systems*, v. 49, n. 1, 1995. p. 1-16.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. DOS. Resposta do arroz irrigado à adubação verde e química no Estado de Tocantins. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n. 4, 2007. p. 387-392.

FAMA, E. F. *Foundation of Finance*. New York: Basic Book, 1976.

FAO. International consultation on integrated crop-livestock systems for development: the way forward for sustainable production intensification. *Integrated Crop Management*, v. 13, p. 1-73, 2010. Disponível em: <https://www.fao.org>. Acesso em: 8 fev. 2025.

FIGUEIREDO, R. S.; FERNANDES, K. C. C.; NETO, O. J. Retorno e risco da diversificação de culturas agrícolas: uma análise à luz da Teoria do Portfólio RAU/UEG – *Revista de Administração da UEG*, v.7, 2016. p 47-59.

FRANZLUEBBERS, A. J.; LEMAIRE, G.; CARVALHO, P. C. D. F.; SULC, R. M.; DEDIEU, B. Toward agricultural sustainability through integrated crop-livestock systems: environmental outcomes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2014, p. 1-3.

GAMEIRO, A. H.; ROCCO, C. D.; FILHO, J. V. C Linear Programming in the economic estimate of livestock-crop integration: application to a Brazilian dairy farm, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2016, P181-189.

GAMEIRO, H. G. Estimativa de ganhos econômicos pela integração da pecuária com a produção vegetal: aplicação de programação linear. Tese, faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, 2014. f, 181.

GLÉRIA, A. A., SILVA, R. M., SANTOS, A. P. P., SANTOS, K. J. G., PAIM, T. P. Produção de bovinos de corte em sistemas de integração lavoura pecuária. *Archivos de zootecnia*, v. 66, n. 253, 2017, p. 141-150,

HENDRICKSON, J. R.; HANSON, J. D.; TANAKA, D. L.; SASSENATH, G. Principles of integrated agricultural systems: introduction to processes and definition. *Renewable Agriculture and Food Systems*, v. 23, n. 4, 2008. p. 265-271.

IBGE. Projeções da população do Brasil e unidades da federação: 2000-2070. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html>. Acesso em: 12 fev. 2025.

INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY – ICS. International Chronostratigraphic Chart – v. 2023/09. Disponível em: . Acesso em: 02 abril. 2025.

KEULEN, H.; SCHIERE, H. Crop-livestock systems: old wine in new bottles? In: Brisbane, Australia: Proceedings of the 4th International Crop Science Congress. New directions for a diverse planet. Proceedings of the IV International Crop Science Congress, Australia, 2004.

KICHEL, A.N.; MIRANDA, C.H.B. Sistema de integração agricultura & pecuária. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. (Embrapa Gado de Corte. Circular Técnica, 53).

KLUTHCOUSKI, J; CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; SALTON, J. C.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; BALBINO, L. C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MÜLLER, M. D. Conceitos e Modalidades da Estratégia de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. in: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (Ed.). Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 21-33.

LEITE, B; MASCARENHAS, G; CRUZ FILHO, J. R; MENDES, P; BRITO, R. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) perguntas e Respostas, Documento Técnico 2: IABS. ISBN 978-85-64478-61-9, 2017, p 68.

LINHARES, M. Y. L. Religião e história agrária. *Estudos Históricos*, v. 15, 1995. p. 17-26.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, 2009, p. 133-146.

MACHADO, P. L. O. A.; MADARI, B. E.; BALBINO, L. C. Manejo e conservação do solo e água no contexto das mudanças ambientais – Panorama Brasil. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. (Org.). Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais. Rio de Janeiro: Embrapa, 2010, p. 41-52.

MACLAREN, C., SWANEPOEL, P., BENNETT, J., WRIGHT, J. DEHNEN-SCHMUTZ, K. Cover crop biomass production is more important than diversity for weed suppression. *Crop Science*, v. 59, n. 2, p. 733-748, 2019.

MARKOWITZ, H. M. Portfolio selection. *The Journal of Finance*, v.7, n.1, 1952, p.77-91.

MENDONÇA, G. G.; AUGUSTO, J. G.; BONACIM, P. M.; MENEGATTO, L. S.; SIMILI, F. F.; GAMEIRO, A. H. Questões econômicas e gerenciais envolvidas na adoção e manutenção

de sistemas de integração lavoura-pecuária. Revista de educação continuada em medicina do CRMW-SP. v. 16, n.1, 2018. p.46-53.

MILHOMES, A. K. M.; ÁVILA, M. L. a percepção de risco associada as mudanças climáticas e capacidade adaptativa dos agricultores familiares agroecológicos no semiárido brasileiro. Dissertação de mestrado, do programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural da Universidade de Brasília, 2022, f. 149.

MORAES, A. D.; PELISSARI, A.; ALVES, S. J.; CARVALHO, P. D. F.; CASSOL, L. C. Integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil. In: MELLO, N. A.; ASSMANN, T. S. (Ed.). Encontro de integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. Pato Branco: Imprepel, 2002, p. 3-42.

ODUM, H. T. Environmental accounting: emergy and environmental decision making. John Wiley & Sons, Inc., 1996.

PANZAR, J. C.; WILLIG, R. D. Economies of scope. American Economic Review, 1981, p. 268-272.

POPE, R. D.; PRESCOTT, R. Diversification in relation to farm size and other socioeconomic characteristics. Am. J. Agric. Econ. 1980, p. 554–559.

POSSAS, M. S. Concorrência e Competitividade: Notas Sobre Estratégia e Dinâmica Seletiva na Economia Capitalista. Tese de doutorado. UNICAMP, 1993.

QUEVEDO, M.; CANEVER, M.; SELAU. Estimativa dos ganhos econômicos com a rotação do arroz com a soja em Terras Baixas, dissertação de mestrado, programa de pós-graduação de desenvolvimento territorial e sistemas agroindustriais da Universidade Federal de pelotas, 2020, f. 107.

RYSCHAWY, J.; CHOISIS, N.; CHOISIS, J. P.; JOANNON, A.; A. GIBON, A. Mixed crop-livestock systems: an economic and environmental-friendly way of farming? The Animal Consortium 2012, p. 1722-1730.

SENE, S. M. D.; BACHA, C. J. C. Adoção dos sistemas integrados na agropecuária do Brasil. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 62, n.1. 2024, p. 1-21

SICHOONGWE, K., MAPEMBA, L., NG'ONG'OLA, D., AND TEMBO, G. The Determinants and Extent of Crop Diversification Among Smallholder Farmers: A Case Study of Southern Province Zambia. 2014, p. 150-159.

SVIZZERO, S.; TISDELL, C. A. Theories about the Commencement of Agriculture in Prehistoric Societies: A Critical Evaluation. Rivista di storia economica, v. 30, n. 3, 2014, p. 255-280.

TORRES, J. L. R.; ASSIS, R. L.; LOSS, A. Evolução entre os sistemas de produção agropecuária no Cerrado: convencional, Barreirão, Santa Fé e Integração Lavoura-Pecuária, Informe Agropec, v. 39, 2018, p. 7-17.

VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; JÚNIOR, R. G.; PULROLNIK, K. Evolution of integrated crop-livestock and crop-livestock-forestry systems in Brazil. II World Congress on Integrated Crop-Livestock-Forestry Systems, 2021, p. 922-929.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 46, n. 10, 2011, p. 1.127-1.138.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G.B.; MARCHÃO, R.L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; BARIONI, L.G.; BARCELLOS, A.O. Integração Lavoura-Pecuária. In: FALEIRO, F.G.;

FARIAS NETO, A.L. Eds. Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008, p. 931-962.

WILLCOX, G. Capítulo: Near East (Including Anatolia): Origins and Development of Agriculture Centre National de la Recherche Scientifique, Berrias, France, Springer Nature Switzerland, C. Smith (ed.), Encyclopedia of Global Archaeology 2020, p. 7695-7709.