



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

POLICULTIVOS: ABORDAGENS CIENTÍFICAS E SUAS AVALIAÇÕES

VICTOR SALEK BOSSO

Araras

2026



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

POLICULTIVOS: ABORDAGENS CIENTÍFICAS E SUAS AVALIAÇÕES

VICTOR SALEK BOSSO

ORIENTADOR: PROF. DR. VICTOR AUGUSTO FORTI
COORIENTADORA: PROF.^a DR.^a ANASTÁCIA FONTANETTI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural como requisito parcial à obtenção do título de **MESTRE EM AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

Araras
2026

Bosso, Victor Salek

Policultivos: Abordagens científicas e suas avaliações /
Victor Salek Bosso -- 2026.
50f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São
Carlos, campus Araras, Araras
Orientador (a): Victor Augusto Forti
Banca Examinadora: Cristina Fachini, Leonardo Pinto de
Magalhães
Bibliografia

1. Policultivos. 2. Agricultura Sustentável. 3.
Abordagens Científicas. I. Bosso, Victor Salek. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Helena Sachi do Amaral - CRB/8
7083

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado de Victor Salek Bosso, realizada em 12/02/2026.

Comissão Julgadora:

Prof.^a Dr.^a Cristina Fachini (UFSCar)

Prof. Dr. Leonardo Pinto de Magalhães (USP)

Prof. Dr. Victor Augusto Forti (UFSCar)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, à minha bisavó que me ensinou o amor às plantas e à natureza, à minha avó que me ensinou a rir das adversidades, à minha mãe que me ensinou o amor à cozinha e que sempre apoiou meus estudos, gostaria muito que elas pudessem, ao menos, me ver hoje.

Agradeço à minha esposa, Helena, que eu tanto amo, que sempre me apoiou em tudo, inclusive a tomar a coragem para me inscrever no mestrado e retomar esse sonho antigo, mas que não tinha mais esperança de realizar.

Agradeço ao meu orientador Victor Forti, que mesmo antes de ser meu orientador, muitas vezes reacendeu no meu coração a esperança na pesquisa e na vida acadêmica, sem o apoio dele, com certeza, eu teria abandonado o mestrado. Agradeço à minha coorientadora Anastácia Fontanetti, quem me ajudou e me acolheu muito, desde sua disciplina e depois na orientação deste trabalho.

Agradeço a todos que vieram antes de mim, a quem trabalhou na agricultura, no ensino, na pesquisa e na extensão, pois estamos todos sobre os ombros de gigantes.

Agradeço à Divindade, aos Luminares, que pelo poder da sabedoria e do amor nos conduzem à felicidade sempre. Salve a Sua luz!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

SUMÁRIO

	Página
ÍNDICE DE TABELAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO E BREVE REFERENCIAL TEÓRICO	6
2. MATERIAIS E MÉTODOS	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
4. CONCLUSÕES	37
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1: Número de artigos sobre policultivos disponíveis em 09/04/2025 na <i>Web of Science</i> e suas porcentagens distribuídos por abordagem de pesquisa.	24
Tabela 2: Frequência (Freq.) e número de ocorrências (Ocor.) dos fatores de avaliação da abordagem Agronômica dos artigos sobre policultivos disponíveis em 09/04/2025 na <i>Web of Science</i>	27
Tabela 3: Frequência (Freq.) e número de ocorrências (Ocor.) dos fatores de avaliação da abordagem Ambiental dos artigos sobre policultivos disponíveis em 09/04/2025 na <i>Web of Science</i>	31
Tabela 4: Frequência (Freq.) e número de ocorrências (Ocor.) dos fatores de avaliação da abordagem Econômica dos artigos sobre policultivos disponíveis em 09/04/2025 na <i>Web of Science</i>	32
Tabela 5: Frequência (Freq.) e número de ocorrências (Ocor.) dos fatores de avaliação da abordagem Social dos artigos sobre policultivos disponíveis em 09/04/2025 na <i>Web of Science</i>	34

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Infográfico do fluxo de informação desde a pesquisa na <i>Web of Science</i> até a apresentação dos resultados deste trabalho.	14
Figura 2: Número de artigos sobre policultivos na <i>Web of Science</i> por ano de publicação, disponíveis em 09/04/2025.	16
Figura 3: Porcentagem de artigos sobre policultivos em cada Categoria da <i>Web of Science</i> a partir de 1% de ocorrência, disponíveis em 09/04/2025.	17
Figura 4: Porcentagem dos artigos sobre policultivos em cada periódico indexado na <i>Web of Science</i> a partir de 1% de ocorrência, disponíveis em 09/04/2025.	18
Figura 5: Clusters das culturas consorciadas nos artigos sobre policultivos indexados na <i>Web of Science</i> , disponíveis em 09/04/2025.	21
Figura 6: Porcentagem dos fatores avaliados nos artigos sobre policultivos indexados na <i>Web of Science</i> por abordagem, disponíveis em 09/04/2025.	23
Figura 7: Diagrama de Euler das abordagens dos artigos sobre policultivos disponíveis em 09/04/2025 na <i>Web of Science</i>	24

POLICULTIVOS: ABORDAGENS CIENTÍFICAS E SUAS AVALIAÇÕES

Autor: VICTOR SALEK BOSSO

Orientador: PROF. DR. VICTOR AUGUSTO FORTI

Coorientadora: PROF.^a DR.^a ANASTÁCIA FONTANETTI

RESUMO

Os policultivos têm potencial de aumentar a produtividade e a rentabilidade agrícola, melhorando as condições sociais e ambientais de seu entorno. Entretanto, apesar de muitos estudos relacionados a esse tema, pouco se sistematizou sobre quais seriam os fatores relevantes em sua avaliação e otimização, necessários à sua difusão. Este estudo analisou os fatores de avaliação utilizados nas publicações de maior impacto na *Web of Science (WoS)*, e identificou as lacunas de pesquisa encontradas nos estudos com policultivos. A pesquisa foi baseada na busca de artigos pelas palavras-chave *intercrop* OU polyculture OU polycultural* OU polycrop**. A partir da análise individual desses trabalhos destacaram-se os principais periódicos, categorias da WoS, culturas agrícolas utilizadas nos policultivos e os fatores estudados nas abordagens Agronômica, Ambiental, Econômica e Social. Observou-se que 80% dos artigos sobre policultivos disponíveis na WoS tinham uma abordagem agronômica, 11% uma abordagem ambiental, 6% uma abordagem econômica e apenas 4% trouxe a abordagem social como fator de análise. Apenas 37% apresentaram abordagem multi ou interdisciplinar, considerando ao menos duas das abordagens avaliadas. As categorias *Agronomy* e *Plant Science* concentram 40% dos artigos. Dos 210 periódicos identificados neste estudo, cinco deles concentraram 33% dos artigos analisados. Há uma grande concentração de pesquisas com policultivos envolvendo culturas *commodities*, bem como consorciando cereais com leguminosas. As pesquisas de abordagem fortemente disciplinar e focadas em apenas alguns campos das ciências agrárias em detrimento de abordagens interdisciplinares frequentemente produzem resultados de aplicação limitada e enviesada.

Destacam-se lacunas para pesquisas futuras: a mecanização, a agrobiodiversidade, a Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER), o processo da transição de sistema de cultivo e as políticas públicas.

Palavras-chave: Agricultura Sustentável, Consórcios, Interdisciplinaridade, Revisão de Escopo.

INTERCROPPING: SCIENTIFIC APPROACHES AND THEIR EVALUATIONS

Author: VICTOR SALEK BOSSO

Adviser: PROF. DR. VICTOR AUGUSTO FORTI

Co-adviser: PROF. DR. ANASTÁCIA FONTANETTI

ABSTRACT

Intercrop systems can enhance productivity and profitability while improving the social and environmental conditions of their surroundings. However, despite extensive research on the topic, the relevant factors for their evaluation and optimization—essential for widespread adoption—have not been systematically identified. This study analyzes the evaluation factors prevalent in high-impact publications indexed in the *Web of Science* (WoS) and identifies research gaps in intercrop studies. The methodology was based on a literature search using the keywords: *intercrop* OR *polyculture* OR *polycultural* OR *polycrop*. An individual analysis of the retrieved articles highlighted the leading journals, main WoS categories, agricultural crops used in intercrops, and the factors studied within Agronomic (80%), Environmental (11%), Economic (6%), and Social (4%) approaches. Merely 37% of the studies adopted a multi- or interdisciplinary perspective, considering at least two of these frameworks. The categories '*Agronomy*' and '*Plant Science*' collectively account for 40% of the articles. Furthermore, 33% of the analyzed publications were concentrated in just 5 out of 210 relevant journals. The study also discusses the limitations of a disciplinary approach that favors specific fields of agricultural science over interdisciplinary approaches and indicates gaps and opportunities for future research.

Keywords: Polyculture, Interdisciplinarity, Sustainable agriculture, Scope review.

1. INTRODUÇÃO E BREVE REFERENCIAL TEÓRICO

Policultivos são práticas agrícolas em que são cultivadas pelo menos duas espécies ou diferentes cultivares de uma mesma espécie, em um mesmo campo, durante, pelo menos, um período de seu ciclo produtivo. O plantio pode ser realizado de forma simultânea ou escalonada, em linhas ou à lanço, intercaladas ou na mesma linha, conforme o planejamento agrônômico (Brooker *et al.*, 2015; Maitra *et al.*, 2021).

Existem basicamente três tipos de policultivos relacionados aos arranjos das plantas no campo: (i) cultivos em faixas, (ii) plantio sequenciado e (iii) completamente misto (sem arranjo espacial definido), sendo os dois primeiros mais comuns em cultivos comerciais e o último mais utilizado na adubação verde. Além dos modelos isolados, também podem surgir combinações híbridas desses tipos básicos (Brooker *et al.*, 2015).

Os policultivos são considerados uma estratégia para aumentar a produtividade, a biodiversidade, a resiliência, a eficiência do uso de insumos e o controle de pragas e doenças bem como reduzir a degradação do solo e favorecer a segurança alimentar ao produzirem mais tipos de alimentos e/ou em mais épocas do ano (Tzemi *et al.*, 2025).

Os relatos sobre a prática de cultivos policulturais remontam a períodos antigos e compõem uma das hipóteses sobre a origem da agricultura. Populações tradicionais ao redor do mundo continuam a preservar sistemas agrícolas baseados em policultivos, mesmo diante do avanço da agricultura

industrial moderna, predominantemente centrada na monocultura (Brooker *et al.*, 2015; Harwood, 2024; Mazoyer; Roudart, 2010).

As vantagens desse sistema são reconhecidas desde o final do século XIX em diversas regiões do mundo e foram ampliadas a partir do surgimento da agroecologia (Harwood, 2024; Romero-Natale; Acevedo-Sandoval; Sanchez-Porras, 2024).

Os policultivos seguem presentes não só na agricultura de populações tradicionais, mas também em condições de baixo uso de insumos, às margens da agricultura moderna e em contextos agroecológicos. Em condições de baixo uso de insumos, os policultivos apresentam potencial de aumento da produtividade, vantagens econômicas e ambientais em relação à monocultura, que tem um potencial de apresentar uma alta produtividade, mas que é altamente dependente de insumos industriais, irrigação, mecanização e energia não-renovável (Harwood, 2024; Maitra *et al.*, 2021; Mazoyer; Roudart, 2010).

Particularmente nas condições de baixo uso de insumos; seja em uma transição agroecológica ou no contexto do campesinato com limitações de investimento nos pacotes tecnológicos da agricultura industrial; os policultivos são uma potente estratégia de aumento de produtividade, de redução de custos de produção e melhoria da qualidade do produto final, refletindo, por várias vias, no aumento da lucratividade e da estabilidade da renda da família agricultora (Bezerra Fernandes *et al.*, 2025; Maitra *et al.*, 2021; Tzemi *et al.*, 2025).

Policultivos, embora associados ao baixo uso de insumos, podem alcançar até quatro vezes mais produtividade com adubação adequada e práticas modernas, mostrando-se estratégicos também para o agronegócio capitalizado (Li *et al.*, 2020).

O incremento da biodiversidade, mesmo com apenas duas espécies, já oferece mais nichos ecológicos aos microrganismos e insetos benéficos, o que confere maior estabilidade ao agroecossistema, diminuindo o dano por agentes bióticos (Almeida *et al.*, 2024; Benyus, 2003; Wang *et al.*, 2024).

A maior diversidade biológica permite uma maior densidade total de plantas por conta da menor competição entre plantas diferentes comparado a plantas iguais, pois possuem necessidades nutricionais e arquiteturas complementares, limitando o nicho ecológico para plantas espontâneas. Assim, os policultivos além de uma maior produtividade potencial, a depender da espécie, do arranjo e da densidade, podem alterar o crescimento e a ocupação do espaço podendo diminuir a competição com plantas espontâneas e conseqüentemente o uso de herbicidas (Benyus, 2004; Fontanetti *et al.*, 2025; Wang *et al.*, 2024).

Devido às suas vantagens agrônômicas e ambientais, especialmente o aumento da resistência e resiliência, os policultivos tendem a ter uma produção com maior estabilidade ao longo dos anos, o que é evidenciado inclusive por pesquisas de longo prazo. Essa estabilidade temporal contribui para a renda e para a segurança alimentar da família agricultora (Benyus, 2003; Fuchs *et al.*, 2024; Lekgoathi *et al.*, 2025; Marin *et al.*, 2025; Tzemi *et al.*, 2025).

Essa maior diversidade, densidade e estabilidade do agroecossistema policultural favorecem a redução do uso de agrotóxicos, o que tem vantagens econômicas e ambientais, beneficiando a biodiversidade não só dentro dos limites físicos do agroecossistema bem como nos seus arredores (Wei *et al.*, 2025).

Policultivos também apresentam uma capacidade maior de sequestrar carbono no solo bem como de emitir menores taxas de gases de efeito estufa do que o plantio em monocultura, configurando-se como uma ótima alternativa de enfrentamento às mudanças climáticas (Dwivedi *et al.*, 2025; Rehman *et al.*, 2025).

Apesar da extensa literatura sobre o tema, permanecem diversas lacunas e incertezas quanto à avaliação abrangente dos policultivos de maneira integral, para além de parâmetros bem estabelecidos, como o Índice de Equivalência de Área e a Biodiversidade, e conseqüentemente, de como aprimorá-los para cada localidade. Essa limitação impacta diretamente as estratégias de aprimoramento adaptadas a cada localidade (Chen *et al.*, 2022; Keerthana; Venkatesh, 2025; Tzemi *et al.*, 2025).

Percebem-se quatro principais abordagens disciplinares da pesquisa em policultivos que se apresentam em termos da ocorrência de artigos publicados: (i) abordagem agronômica, (ii) ambiental, (iii) econômica e (iv) social.

A abordagem agronômica é a mais fortemente representada na pesquisa sobre policultivos, focada nos fatores de produtividade e quais podem ser manipulados para aumentá-la: fertilidade (condição química do solo), adubação (uso de adubos para melhorar a fertilidade), tipos de consórcios, espaçamento de plantio, irrigação, variedades, dinâmica da luz, competição e agressividade relativa das culturas dentro do consórcio (Ajayi; Fasinmirin; Faloye, 2025; Degebasa *et al.*, 2025).

A abordagem ambiental foca nas externalidades da produção consorciada, sejam elas positivas ou negativas, como aumento da biodiversidade, contaminação do solo, gases de efeito estufa e ciclos biogeoquímicos (Degebasa *et al.*, 2025; Romero-Natale; Acevedo-Sandoval; Sanchez-Porras, 2024).

A abordagem econômica considera aspectos relacionados à lucratividade do empreendimento rural e outros fatores que a definem como custos de produção, receita, investimento, agregação de valor, etc. É de fundamental importância não só para a atratividade à adoção técnica, bem como da manutenção e reprodução social e do campesinato (Tzemi *et al.*, 2025).

A abordagem social da pesquisa sobre policultivos foca os aspectos humanos que relativos à prática policultural, como a percepção, a valoração, o conhecimento, as relações sociais estabelecidas pelas pessoas agricultoras que gerem e vivem desses sistemas (Ha *et al.*, 2023; Ha *et al.*, 2024; Legba *et al.*, 2025)

Apesar de parecer que os policultivos sejam apenas um tópico das ciências agrárias, já fica bem evidente sua inerente complexidade, deflagrada pelas múltiplas dimensões da pesquisa sobre o tema. Como observado, os policultivos tem um forte aspecto interdisciplinar, no entanto, grande parte das publicações na área tem uma forte característica disciplinar (Brooker *et al.*,

2015; Vazeux-Blumental *et al.*, 2025), assim propõe-se que o presente trabalho contribua para que o enfoque interdisciplinar seja mais presente em futuras publicações.

Para compreender as diferentes abordagens científicas dadas aos policultivos, a análise de bibliografia apresenta-se como um conjunto de ferramentas interessantes, auxiliando no entendimento do estado da arte, bem como de lacunas e potencialidades para pesquisas futuras (Verdejo *et al.*, 2021).

Por se tratar de um campo complexo, inicialmente são muito úteis ferramentas de revisão de escopo que têm como objetivo mapear a extensão e a abrangência da literatura da área, destacando os conceitos-chave, os fatores de avaliação, os tipos de abordagem e as lacunas existentes na pesquisa sobre policultivos (Manzeke-Kangara *et al.*, 2023; Verdejo *et al.*, 2021).

Para aprofundar o entendimento utilizaram-se ferramentas da revisão sistemática, integrativa e bibliométrica, que também apresentam processos transparentes e replicáveis, ajudando a caracterizar a produção científica da área no tempo, nas áreas de pesquisa e nos periódicos, bem como das diferentes abordagens dadas ao tema pela comunidade científica (Romero-Natale; Acevedo-Sandoval; Sanchez-Porras, 2024).

Assim, sintetiza-se a pergunta geradora desta pesquisa:

Quais os fatores mais estudados na avaliação de policultivos?

E em consequência, define-se como objetivo desta pesquisa:

Compreender, na literatura recente, os principais fatores de avaliação de policultivos, considerando as abordagens Agronômica, Ambiental, Econômica e Social.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A investigação baseou-se em técnicas revisão sistemática e de escopo, empregando a base de dados *Web of Science (WoS)*. Optou-se por essa base por ser considerada a mais relevante, pois indexa apenas os periódicos mais citados e apresenta não só o índice de citações de cada artigo, mas também indica quais trabalhos o referenciaram (Clarivate Analytics, 2025). A pesquisa foi realizada configurando-se palavras-chave relacionadas por meio de operadores lógicos (booleanos) e de expressões regulares para refinar os resultados da pesquisa na WoS.

Para essa busca considerou-se as seguintes palavras-chave: *intercrop** OU *polyculture* OU *polycultural** OU *polycrop** em seus títulos, para acessar trabalhos que tivessem enfoque em policultivos, mas não os que tivessem os policultivos como pano de fundo. Por isso, não se considerou no campo *Topic*, o qual considera também resultados que apresentem o termo de busca no resumo ou nas palavras-chaves usadas pela autoria do texto. Foram incluídos apenas artigos originais, mas não os artigos de revisão para o conjunto de dados dessa pesquisa (Clarivate Analytics, 2025).

Consideram-se apenas trabalhos em condições agrícolas, em solo, excluindo-se aqueles relacionados a florestas, agroflorestas, ou em aquacultura, para poder delimitar um volume de artigos. Assim, utilizou-se uma nova linha de lógica para o refinamento da busca dos artigos:

NOT (fish OR *alga* OR wetland* OR aqua* OR pisci*OR shrimp* OR sea* OR *forest* OR review* OR *remediation* OR hydroponi* OR polyculturalism*)*

Não houve seleção temporal na busca dos artigos, mas selecionaram-se os de maior relevância por meio da função *Enriched Cited References*.

Em parte dos artigos de sua coleção principal, a *Web of Science* possui uma função de enriquecer as referências citadas, de modo a capturar a intenção do autor ao citar cada referência. Essa ferramenta destaca a importância para o autor de cada referência utilizada, a relação entre elas ou da função que elas exercem no texto (Clarivate Analytics, 2025).

Essa função foi utilizada como critério para filtrar os artigos que melhor articularam as referências citadas, obtendo-se os artigos com ainda maior relevância na área.

Ainda assim, foi necessário excluir alguns artigos de revisão ou que não abordavam policultivos, mas pluriculturalismo, por exemplo, que não foram filtrados pelos operadores lógicos e expressões regulares utilizados na pesquisa.

O pesquisador juntamente com seu orientador e mediante a leitura dos resumos e a observação da pergunta de pesquisa, determinaram as quatro abordagens mais comumente encontradas na literatura sobre policultivos: Agronômica, Ambiental, Econômica e Social.

A Figura 1 ilustra o fluxo de informação da metodologia de pesquisa utilizada, desde os termos de pesquisa utilizados até a obtenção dos resultados.

Avaliaram-se alguns parâmetros do universo de artigos selecionados, sendo alguns fornecidos pela WoS: (a) ano de publicação, (b) periódico onde foi publicado e (c) categoria (classificação da área de estudo do periódico) e outros criados pelo pesquisador: (d) consórcio estudado no artigo e (f) fatores de avaliação dentro de cada (g) abordagem de cada artigo.

Com base nas informações apresentadas nos resumos dos artigos destacaram-se quais as culturas envolvidas nos policultivos estudados em cada um dos artigos, considerando-se que um mesmo artigo pode estudar mais

de um consórcio. Igualmente, a partir dos resumos extraíram-se os fatores de avaliação que cada artigo considerou relevante a ponto de citá-lo no resumo.

Esses fatores de avaliação foram agrupados nas quatro abordagens científicas consideradas (agronômica, ambiental, econômica e social). Assim obteve-se o número total de fatores encontrados em cada uma das abordagens, a frequência de ocorrência desses fatores.

Os consórcios nomeados em cada artigo foram plotados com o software livre *VOSviewer* para gerar um mapa de cluster para apresentar graficamente as relações entre cada cultura nomeada nos consórcios, bem como o grau de prevalência de cada uma delas

Com o auxílio de um software livre *eulerr*, desenvolvido em linguagem R, representou-se em um diagrama de Euler em escala (proporcionalidade de área), o conjunto de artigos que apresenta apenas uma abordagem ou mais de uma abordagem, ilustrando por meio da sobreposição de áreas os artigos que estudaram os policultivos com mais do que uma abordagem (Larsson, 2024).

É importante destacar que fatores que aparentemente teriam sido estudados, mas que não foram nomeados explicitamente no resumo não foram considerados na avaliação desta pesquisa.

Fatores Relevantes na Avaliação de Policultivos

Fluxo de Informação



Figura 1: Infográfico do fluxo de informação desde a pesquisa na *Web of Science* até a apresentação dos resultados deste trabalho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A configuração de pesquisa (*intercrop*OR polyculture* OR polycultural* OR polycrop**) retornou 15.039 resultados (quando no campo *Topic*) e 7.321 resultados (quando essas palavras apareciam no título do trabalho) de artigos indexados na WoS.

Seguiu-se considerando a exclusão de artigos com as palavras-chave que direcionavam a artigos que não estivessem no escopo do trabalho: condições agrícolas, em solo. Assim chegou-se a um número ainda grande, mas que fosse possível de ser analisado em menos de um ano com a profundidade proposta:

intercrop OR polyculture* OR polycultural* OR polycrop* (Title)*
NOT (*fish* OR *alga* OR wetland* OR aqua* OR pisci* OR shrimp* OR sea OR *forest* OR review* OR *remediation* OR hydroponi*OR polyculturalisim**) (*Topic*)
AND Enriched Cited References

Essa configuração de pesquisa resultou em 917 artigos disponíveis na *Web of Science* no dia 9 de abril de 2025.

Observou-se uma tendência de crescimento do número de artigos publicados anualmente sobre policultivos, o que é comum a muitas áreas de estudo. O ano de 2025 apresenta um número menor, pois apresenta somente aqueles publicados até o dia nove de abril desse ano.

Apresenta-se a partir de 2019, pois se utilizaram apenas os artigos com *Enriched Cited References*, e não havia artigos que atendessem às configurações da pesquisa e com essa classificação antes de 2019 (Figura 2).

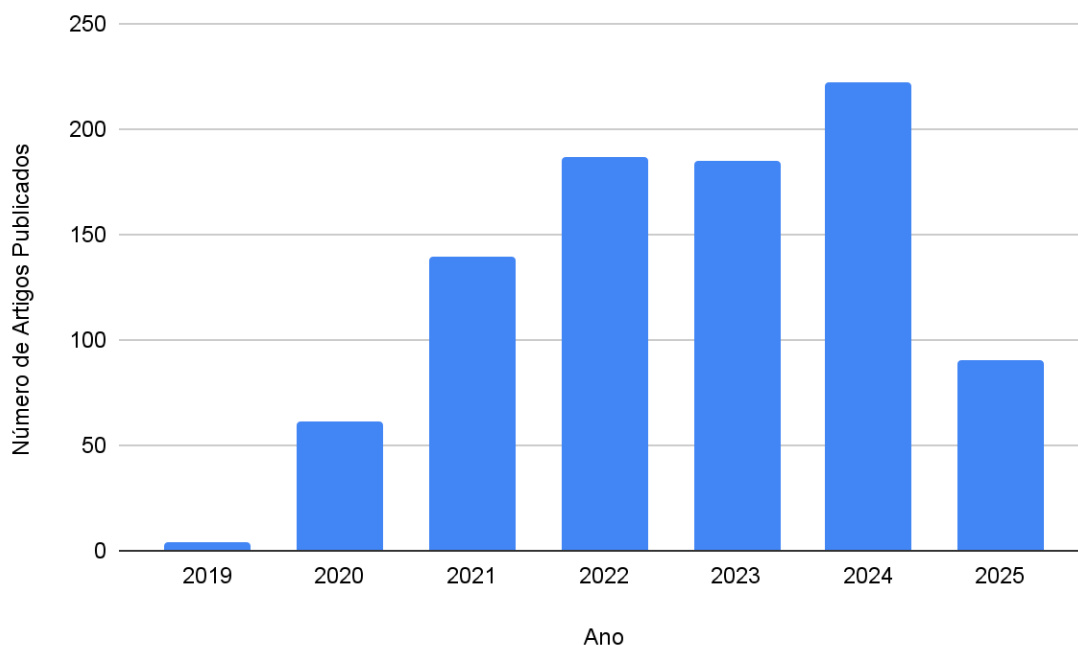


Figura 2: Número de artigos sobre policultivos na *Web of Science* por ano de publicação, disponíveis em 09/04/2025.

A figura 3 apresenta a distribuição dos artigos nas categorias que a WoS utiliza para classificar os periódicos. Essas categorias podem ser entendidas como áreas de estudo e um mesmo periódico pode ser classificado em mais de uma categoria, com o intuito de descrever melhor sua abordagem editorial.

Quanto à distribuição dos artigos nas categorias definidas pela WoS para classificar os periódicos. Pode-se notar que os artigos estão fortemente concentrados em poucas categorias como *Agronomy* e *Plant Sciences* que abarcam cada cerca de 40% das ocorrências. Embora um total de 52 categorias tenham sido observadas nos artigos estudados, apenas 17 delas foram relacionadas a pelo menos 1% dos artigos (Figura 3).

Muitas dessas categorias são relacionadas a uma abordagem fortemente disciplinar como: *Microbiology*, *Entomology* e *Chemistry*. Outras, no entanto, têm sua abordagem multidisciplinar bem destacada no nome da categoria como: *Agriculture*, *Multidisciplinary* e *Multidisciplinary Sciences*.

As duas categorias com maiores ocorrências de artigos são áreas que envolvem o entendimento de outras disciplinas de maneira mais aberta como *Agronomy* e *Plant Sciences*, mas que não podem ser classificadas como multidisciplinares.

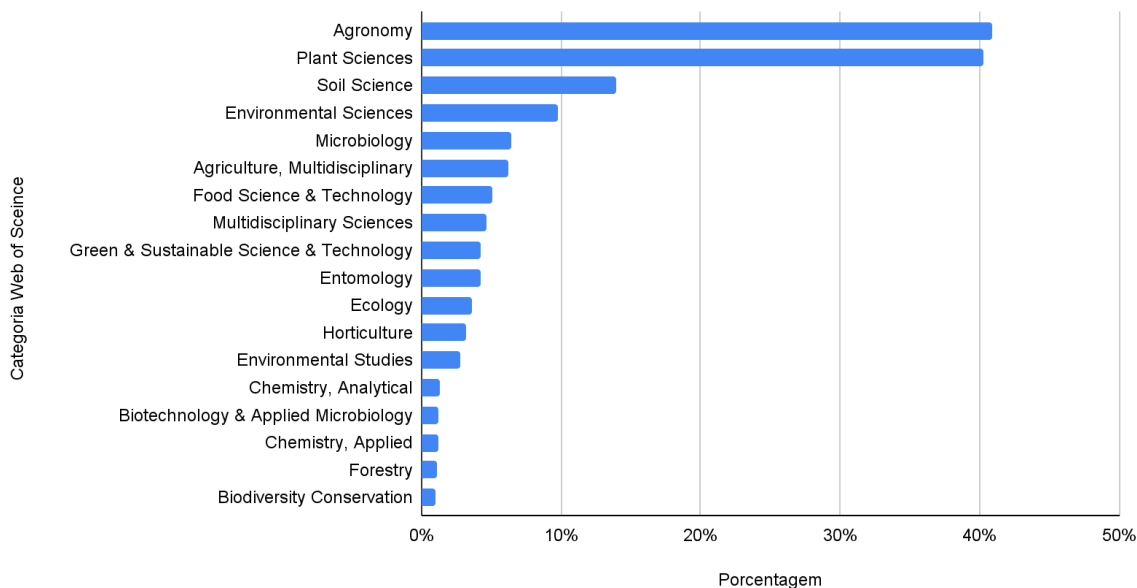


Figura 3: Porcentagem de artigos sobre policultivos em cada categoria da *Web of Science* a partir de 1% de ocorrência, disponíveis em 09/04/2025.

A distribuição dos artigos nos periódicos também segue um forte padrão de concentração, num universo de 210 periódicos apenas 15 respondem por pelo menos 1% dos artigos, ao passo que a que teve mais artigos publicados representa mais de 12% dos artigos (*Agronomy-Basel*) (Figura 4).

Igualmente observa-se a dominância de periódicos com um perfil de abordagem predominantemente disciplinar como: *Agronomy-Basel*, *Frontiers in Plant Science* e *Plant and Soil*, permeada por alguns periódicos de abordagem interdisciplinar como: *Sustainability* e *Frontiers in Sustainable Food Systems* (Figura 4).

Cabe aqui destacar que alguns periódicos da MDPI como o *Agronomy-Basel*, frequentemente publicam diversas edições temáticas, além das publicações mensais regulares, o que ajuda a explicar seu grande número de publicações.

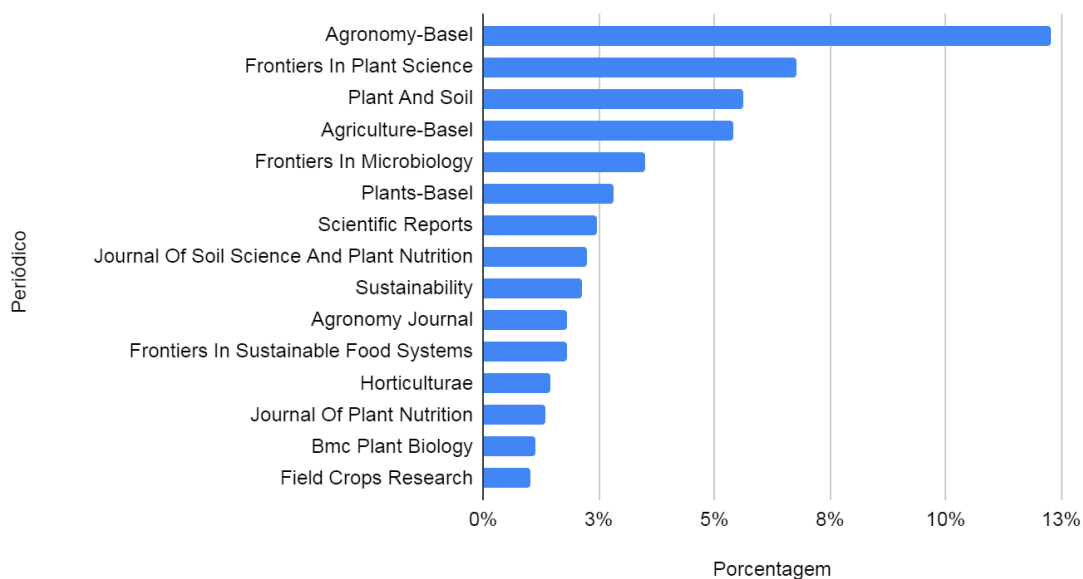


Figura 4: Porcentagem dos artigos sobre policultivos em cada periódico indexado na *Web of Science* a partir de 1% de ocorrência, disponíveis em 09/04/2025.

As culturas consorciadas nos experimentos dos artigos estudados apresentam uma forte predominância de *commodities* e com forte relação entre um cereal e uma leguminosa, os grandes exemplos são: milho com feijão ou soja; e trigo com fava ou ervilha. Outras culturas como hortaliças, frutas, adubos verdes, chá, etc. gravitam em torno dessas “grandes culturas” em consórcios variados, mas muito menos expressivos em termos de produção científica.

Essa concentração em poucas culturas não é uma particularidade da pesquisa em policultivos, aqui se nota um sintoma do sistema agroalimentar mundial contemporâneo que tende a se concentrar em *commodities*, que apresentam alta produtividade e lucratividade, o que contribui para a concentração da pesquisa científica nessas culturas (Martin *et al.*, 2019).

Por outro lado, os consórcios entre cereaiseleguminosas são especialmente frequentes, dada as vantagens de baixa competição e alta cooperação entre esses tipos de culturas. As leguminosas, além de favorecerem a fixação biológica de nitrogênio, também podem favorecer a

disponibilização do fósforo do solo. Pode-se notar em quase todos os clusters a presença de leguminosas. Já o uso de adubos verdes nos consórcios foi mais frequentemente pesquisado nas regiões tropicais. As gramíneas, por outro lado, contribuem com a alta produtividade primária não só em termos de produto econômico, mas também de biomassa para o sistema, inclusive para o solo (Tzemi *et al.*, 2025).

Destacam-se os principais *clusters* de culturas em consórcios na Figura 5: a maior cultura: o Milho (em cor de laranja, junto com amendoim, cana de açúcar, e batata); relacionando-se em especial com os *clusters* da Soja (em rosa, junto com chá), do Feijão (em roxo, junto com milho, capim limão e gergelim), do Sorgo (em azul escuro, junto com arroz, pimentão, canola e mandioca).

Mais distante, mas com fortes relações está o *cluster* do Trigo (em verde, junto com culturas de clima temperado: fava, mostarda e grão de bico), da Braquiária (em marrom, junto com mombaça e café), bastante comum em pesquisas brasileiras.

A cultura de maior representatividade no conjunto estudado foi o milho, com forte relação com outras grandes culturas de outros *clusters*; como a soja, o feijão e o trigo que são também elementos centrais de outros *clusters*. Isso era esperado por várias razões: o milho é a espécie mais cultivada no mundo e é um componente em policultivos tradicionais com o milpa mexicano, além de possuir uma arquitetura que permite que não sofra concorrência por luz com a maioria das culturas (Ajayi; Fasinmirin; Faloye, 2025).

As olerícolas são um grupo que se esperava encontrar mais pesquisas, dado que nas hortas é bastante comum o consórcio de culturas

Percebe-se que os consórcios mais frequentes, representados nos clusters são na sua maioria de pares de plantas, raramente três ou mais espécies e de modo a favorecer uma melhor ocupação de diferentes nichos ecológicos pelos componentes do policultivo, inclusive a complementaridade é um dos fatores utilizados para avaliar as relações planta-planta dentro do consórcio, bem como o aumento da eficiência do uso de recurso (Feng *et al.*, 2022; Zhu, 2023).

Identificou-se que as pesquisas sobre alguns desses consórcios tem sido mais comuns em algumas regiões do globo. Por exemplo, Trigo é particularmente pesquisado na Europa, Ásia, e Norte da África. A China apresentou uma grande diversidade de espécies de plantas medicinais cultivadas em policultivos. No Brasil notaram-se muitas pesquisas com capins tropicais exóticos (Braquiária, Mombaça, Napier), inclusive em consórcio com o milho, algo que não é comum consorciar duas gramíneas, também se observou uma ocorrência considerável de policultivos com café, pesquisados em território nacional.

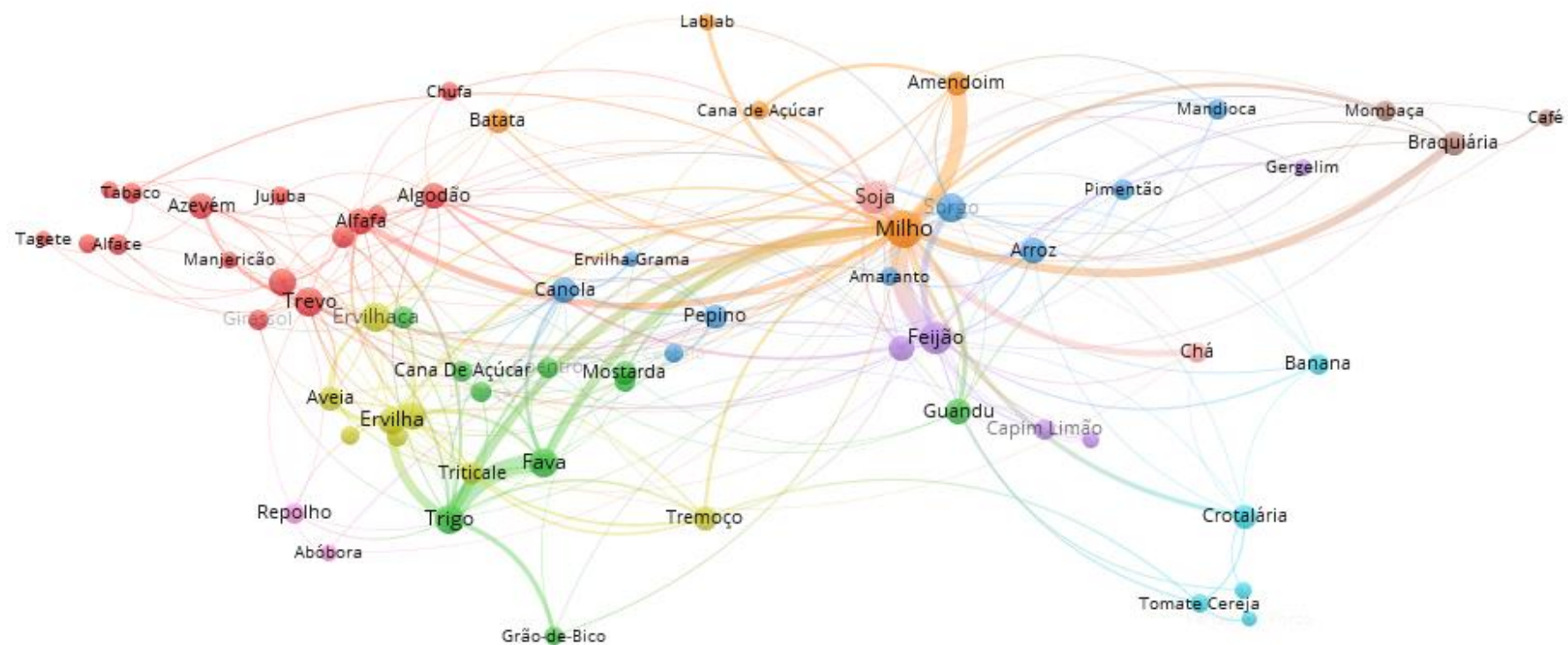


Figura 5: Clusters das culturas consorciadas nos artigos sobre policultivos indexados na Web of Science, disponíveis em 09/04/2025.

Os fatores de avaliação dos policultivos utilizados nos artigos estudados apresentam uma grande predominância da abordagem agrônômica, com quase metade do número total de fatores observados (45,8%), seguida pelas abordagens econômicas (25,5%), social (14,4%) e ambiental (14,4%) (Figura 6).

Essa distribuição demonstra que além de existirem mais pesquisas com uma abordagem disciplinar dentro do contexto agrônômico, essa abordagem também é estudada mais a fundo, o que se evidencia pelo número maior de fatores de avaliação estudados dentro dessa abordagem.

É previsível que a abordagem agrônômica seja a mais presente nas pesquisas sobre policultivos, pois, de fato, trata-se de uma técnica agrícola. No entanto, uma abordagem interdisciplinar pode potencializar a eficácia e a eficiência de uma tecnologia no campo, na aplicação pelas pessoas, pois trabalha com uma visão mais ampla, antevendo e tratando outras questões (Brooker *et al.*, 2015).

É essencial que pesquisas com abordagens multidisciplinares, além de somente um olhar agrônômico, sejam realizadas para que se possa materializar toda a potencialidade dos policultivos em benefícios nas esferas ambiental, social e econômica. Por exemplo, avanços em tecnologia agrônômica podem não ter efetividade na realidade de vida das pessoas se tais técnicas não resultarem em um retorno econômico maior, ou necessitarem de investimentos impeditivos, ou se não considerarem as condições ergonômicas e de trabalho, bem como questões culturais (Freire, 2014; Kloppenburg, 1991).

Embora de essencial importância para a ciência e para a sociedade, as abordagens sociais têm abordado aspectos técnicos e produtivos com menor frequência nas últimas décadas. Por exemplo, a sociologia rural tinha, entre as décadas de 1940 e 1960, os estudos de adoção e difusão de tecnologias no topo de sua agenda. Essa perspectiva foi substituída por uma abordagem não mais social, mas agora agrônômica, econômica, industrial e mercadológica (Freire, 2014; Geels, 2004; Kloppenburg, 1991; Nikulin; Trotsuk, 2024; Ruttan, 1996).

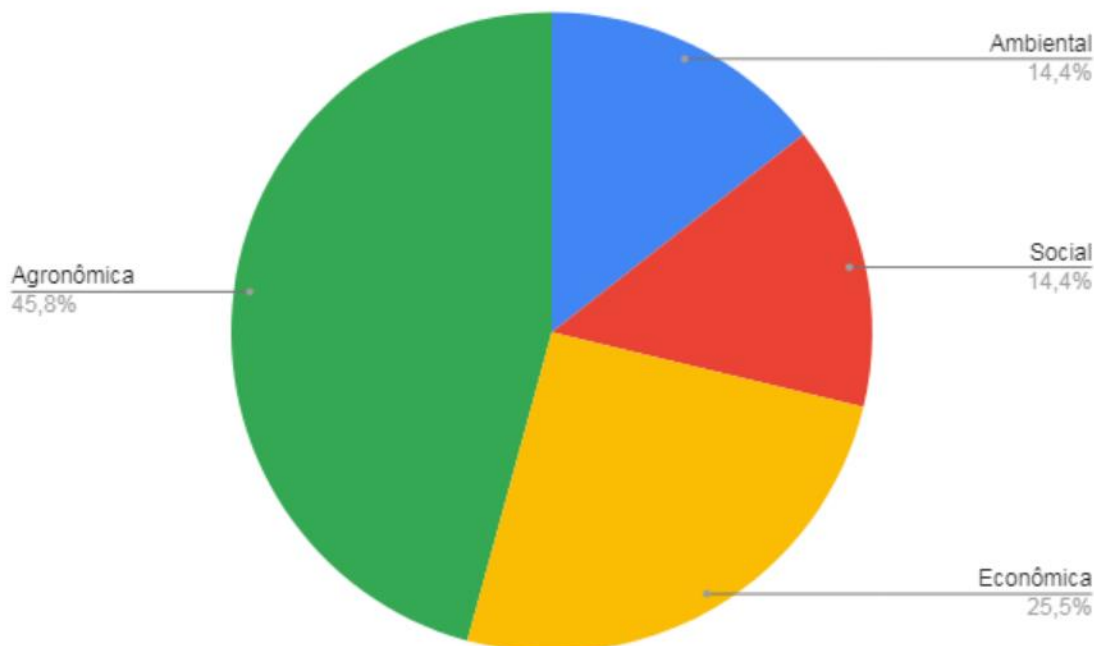


Figura 6: Porcentagem dos fatores avaliados nos artigos sobre policultivos indexados na *Web of Science* por abordagem, disponíveis em 09/04/2025.

Com base no diagrama de Euler sobre as abordagens avaliadas, a predominância da abordagem agronômica é reforçada, bem como da baixa ocorrência de pesquisas multidisciplinares sobre policultivos considerando mais de uma abordagem de análise (Figura 7).

A seguir, em número total de artigos aparece a abordagem ambiental, seguida, da econômica e em último lugar a social, sempre com pequenos conjuntos de intersecção. Cabe destacar que foi encontrado apenas um artigo que apresentasse todas as quatro abordagens consideradas, mas que por otimização matemática do software utilizado, esse único ponto em 885 artigos avaliados não foi destacado no diagrama.

A abordagem social teve uma menor ocorrência e também pequena interação com as demais abordagens, salvo a abordagem agronômica, inclusive, curiosamente apresenta uma intersecção bastante menor com a abordagem econômica do que a que se esperava encontrar.

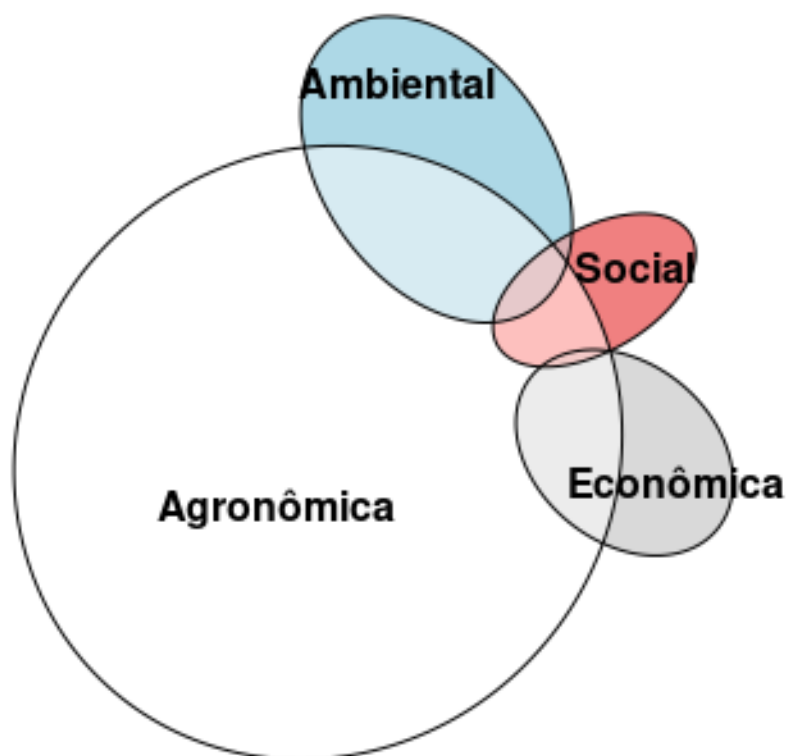


Figura 7: Diagrama de Euler das abordagens dos artigos sobre policultivos disponíveis em 09/04/2025 na *Web of Science*.

Na Tabela 1 apresentam-se com mais detalhe os dados utilizados para gerar o Diagrama de Euler apresentado na Figura 7.

Tabela 1: Número de artigos sobre policultivos disponíveis em 09/04/2025 na *Web of Science* e suas porcentagens distribuídos por abordagem de pesquisa.

Abordagem de Pesquisa	Número de Artigos	Porcentagem
Total Agronômica	874	98,8%
Total Econômica	66	7,5%
Total Ambiental	116	13,1%
Total Social	42	4,8%
Só Agronômica	685	77,4%
Só Econômica	1	0,1%
Só Ambiental	3	0,3%
Só Social	6	0,7%
Total Disciplinar	695	78,5%

Agronômica + Econômica	53	5,9%
Agronômica + Ambiental	92	10,4%
Agronômica + Social	22	2,5%
Econômica + Ambiental	0	0%
Econômica + Social	0	0%
Ambiental + Social	1	0,1%
Total Multidisciplinar (Dupla)	168	18,9%
Econômica + Ambiental + Social	0	0%
Agronômica + Ambiental + Social	10	1,1%
Agronômica + Econômica + Social	2	0,2%
Agronômica + Econômica + Ambiental	9	1,0%
Total Multidisciplinar (Tripla)	21	2,3%
Todas as 4 Abordagens	1	0,1%
Total Multidisciplinar	190	21,4%

Na Tabela 2 constam os fatores de avaliação da abordagem agronômica, os cinco fatores mais frequentes, respectivamente, foram:

A comparação de diferentes *Sistemas de Cultivo* apareceu em primeiro lugar (473 artigos, 53%). Esses trabalhos compararam o desenvolvimento das espécies em sistema em monocultura com seu desenvolvimento em condições semelhantes, mas em sistema de policultivo.

Logo a seguir, em segundo lugar (468 artigos, 53%) aparecem avaliações diretas de *Produtividade* das culturas, normalmente representadas em quilogramas de produto por hectare.

Em terceiro lugar (410 artigos, 46%) estão as avaliações de *Arranjo* dos policultivos, que consideram diferentes consórcios, diferenças de desenho, de espaçamento, bem como de variações temporais no plantio de cada espécie do consórcio ou de orientação espacial das linhas de plantio.

Vale destacar que a maioria dos trabalhos analisados chegou a produtividades maiores nos policultivos do que nas monoculturas equivalente.

Poucos artigos avaliaram arranjos em que os policultivos foram menos favoráveis, indicando que já há disponível na literatura um bom referencial de como projetar o arranjo de um policultivo para uma determinada condição ambiental.

Destacam-se em quarto lugar avaliações de *Crescimento*, produção de biomassa e taxa de crescimento das plantas presentes em 30% dos artigos avaliados e em quinto lugar (29% dos artigos), têm-se os fatores de avaliação com metodologias que envolvam temas relacionados à *Bioquímica* como: fotossíntese, respiração, genômica, proteômica, pigmentos, mecanismos químicos de defesa das plantas, compostos voláteis, etc.

Em sexto e sétimo lugares estão as avaliações de *Fertilidade e Adubação* (29% e 27%, respectivamente), a primeira considera a condição química de disponibilidade de nutrientes no solo, considerando inclusive a solubilização de nutrientes por ações bióticas, mas não por adição de nutrientes, o que é considerado adubação.

Em oitavo lugar (27%) apareceram avaliações da *Biologia do Solo*, relações das plantas com as diferentes formas de vida do solo, com destaque para as interações positivas ou negativas com bactérias e fungos do solo.

Pode-se notar que os principais fatores de avaliação da abordagem agrônômica procuram determinar os principais tratamentos e variáveis para maximizar a produtividade dos policultivos especialmente focados em arranjo e análises do solo e das plantas.

Muitas dessas avaliações procuram, de maneira bastante similar e repetitiva, controlar variações no tratamento: arranjo das espécies no consórcio, adubação, inoculação de microrganismos, irrigação, etc. e as variáveis dependentes desses tratamentos: disponibilidade e absorção de nutrientes, crescimento, diversidade de microorganismo, compostos bioquímicos, etc. sempre tentado maximizar a produtividade, mas sem muito se atentar para os processos que deveriam ser realizados no campo para alcançar tais produtividades encontradas nas parcelas de pesquisa (Ajayi; Fasinmirin; Faloye, 2025;).

É importante destacar que cada artigo pode ter apresentado mais de um fator de avaliação, portanto as frequências de ocorrência das Tabelas 2 a 5 não somam a unidade.

Tabela 2: Frequência (Freq.) e número de ocorrências (Ocor.) dos fatores de avaliação da abordagem Agronômica dos artigos sobre policultivos disponíveis em 09/04/2025 na *Web of Science*.

Fator	Descrição	Freq.	Ocor.
Sistema de Cultivo	Comparação entre monocultivos e policultivos	53%	473
Produtividade	kg/ha	53%	468
Arranjo	Comparação de Arranjos de Policultivos	46%	410
Crescimento	Crescimento das Plantas, Produção de Biomassa	30%	267
Bioquímica	Análises Bioquímicas, genéticas, de pigmentos	29%	260
Fertilidade	Concentração, solubilização, mobilização de nutrientes	29%	254
Adubação	Nutrientes adicionados	27%	243
Biologia do Solo	Análise de Microbiologia do solo, fungos, bactérias	27%	238
LER e suas Adaptações	Índice de Equivalência de Área	20%	174
Matéria Orgânica	Manejo da matéria orgânica do solo	17%	147
Qualidade do Produto	Tamanho, aparência	15%	132
Qualidade Nutricional	Análises nutricionais	12%	110
Absorção	Total de nutrientes absorvido pela planta	12%	109
Competição	Capacidade de competir por recursos com a outra cultura	12%	102
Manejo	Tratos culturais, preparo de solo	11%	98
Déficit Hídrico	Experimentos sem irrigação ou em clima favorável ao déficit hídrico	10%	88
Morfologia	Forma como a planta se desenvolve	8%	73
Controle de Pragas	Ações que diminuem a ocorrência e/ou dano de pragas	8%	67
Controle de Doenças	Ações que diminuem a ocorrência e/ou dano de Doença	7%	65
Física do Solo	Atributos físicos do solo, porosidade, estrutura, umidade	6%	57
Interação planta-planta	Outras interações não citadas	6%	55
Controle de Plantas	Ações que diminuem a ocorrência e/ou dano de	5%	46

Espontâneas	plantas espontâneas		
Fixação	Quantidade de N fixado biologicamente	5%	44
Dinâmica da Luz	Relações de luz e sombra nas culturas	4%	37
WUE (Water Use Efficiency)	Produtividade por volume de água utilizado	4%	32
Agressividade	Vantagem produtiva em relação à outra cultura	3%	25
NUE (Nitrogen Use Efficiency)	Produtividade por kg de nitrogênio utilizado	3%	23
Irrigação	Quantidade de água usada, modo e frequência	2%	22
LUE (Eficiência do Uso do Solo)	Produção em relação à área e ao tempo	2%	22
Data de Plantio	Data relativa do plantio das culturas	2%	21
ATER (Area Temporal Equivalent Ratio)	Índice de Equivalência Espacial-Temporal	2%	15
Acamamento	Tombamento anormal das plantas, dificulta a colheita mecanizada	1%	9
Melhoramento	Melhoramento genético para adaptação a policultivos	1%	8
Mecanização	Dificuldades da colheita mecanizada de policultivos	1%	7
pLER	Índice de Equivalência de Área Parcial	1%	7
Polinização	Influência de polinizadores na produtividade	1%	6
Replantio	Espécies plantadas em momentos diferentes	1%	6
Temperatura da Planta	Avaliação térmica da planta	1%	5
Tempo de Corte	Tempo necessário para a colheita ou corte de material	0,5%	4
Eficiência de Uso P	Produtividade / kg P	0,3%	3
Metais Pesados	Solos contaminados	0,3%	3
Temperatura do Ar	Avaliação térmica	0,3%	3
Temperatura do Solo	Avaliação térmica do solo	0,3%	3
SPI	Índice de Produtividade do Sistema	0,2%	2
TLER	Índice de Equivalência de Área Total	0,2%	2
CPR (Crop Performance Ratio)	Índice de Performance da Cultura	0,1%	1
ELER	Índice Econômico de Equivalência de Área	0,1%	1
Salinidade	Plantio em solos salinos	0,1%	1

Para estudos de policultivo, é comum a análise de diversos índices específicos, como é o caso do *Índice de Equivalência de Área (Land Equivalent Ratio: LER)*. Definido por Mead e Wiley (1980), esse índice é um dos fatores de maior relevância na produção científica sobre produtividade de policultivos e procura relacionar qual seria a área necessária para ter a produção obtida em cada hectare de um determinado policultivo comparado ao sistema de monocultivo de cada cultura inserida no sistema. Para esse índice, quando acima de um ($LER > 1$), quanto maior seu valor, mais produtivo é um policultivo comparado ao sistema de monocultivo (Mead; Wiley, 1980).

Existem muitas variações e aprimoramentos desse índice, mas sem ainda um consenso na literatura especializada sobre qual seria a avaliação mais adequada, pode-se citar, por exemplo:

Índice de Equivalência Espacial-Temporal (*Area Time Equivalent Ratio: ATER*), Eficiência do Uso do Solo (*Land Use Efficiency: LUE*), Índice de Equivalência de Área Parcial (*partial Land Equivalent Ratio: pLER*), Índice Econômico de Equivalência de Área (*Economic Land Equivalent Ratio: ELER*), Índice de Equivalência de Área Total (*Total Land Equivalent Ratio: TLER*) que representam conceitos semelhantes ao LER (Tabela 2), mas com avaliações mais detalhadas (Ajayi; Fasinmirin; Faloye, 2025; Folina *et al.*, 2025; Narimani *et al.*, 2024).

Dentro do conjunto de artigos estudados nesta pesquisa encontraram-se valores de LER de até 1,91: o que representa uma produtividade da terra quase duas vezes maior do que a monocultura (Dimande *et al.*, 2024).

Um desafio técnico à adoção de policultivos são as dificuldades na colheita mecanizada de grãos cultivados em condições policulturais, pois ocorre muita mistura dos diferentes grãos e frequentes embuchamentos, o que gera uma série de problemas como o aumento dos custos de colheita, diminuição da qualidade do produto e aumento das perdas na colheita. Ainda assim, há poucos trabalhos (apenas 1% do conjunto estudado) que abordam o tema representando uma ótima área de estudo para futuras pesquisas (Dowling *et al.*, 2021; Fletcher *et al.*, 2016; Sozzi *et al.*, 2024)

Outro fator que dificulta a colheita mecanizada em condições policulturais é o acamamento, trata-se do tombamento das plantas, normalmente causado pelo estiolamento, decorrente da baixa luminosidade, que é mais frequente quando se consorciavam espécies de alturas distintas, como os tradicionais consórcios milho-feijão ou milho-soja. No entanto, este ainda é um fator relativamente estudado, mas ainda possui muito potencial de avanço (Gu *et al.*, 2025; Gu *et al.*, 2024).

Atributos de solo, tanto em avaliações físicas, químicas, de fertilidade ou biológicas também têm grande relevância na pesquisa sobre policultivos (Chen *et al.*, 2022; Dwivedi *et al.*, 2025; Ibrahim *et al.*, 2025).

Já a abordagem ambiental apresentou um número de artigos expressivamente menor do que a abordagem agrônômica e os fatores mais estudados nessa abordagem foram, respectivamente: *Gases de Efeito Estufa (GEE)* com 2,1% dos artigos, *Ciclo do Nitrogênio* (1,2%), *Emissão e Sequestro de CO₂* (cada um com 1,1%) destaca-se aqui também a *Biodiversidade* (0,9%) que apareceu em quinto lugar (Tabela 3).

Em sua maioria, os artigos com a abordagem ambiental dos policultivos fizeram avaliações relativas ao carbono e ao efeito estufa, alguns trabalhos abordaram de maneira mais detalhada quais gases e se tratava de emissão ou sequestro (Ramires *et al.*, 2025; Mirzaei *et al.*, 2025).

Considerou-se como *Ciclo de Nitrogênio* os artigos que abordassem as questões relativas à sua dinâmica biogeofísica com implicações para além dos limites do agroecossistema, aqueles que focaram somente nos limites da parcela de produção, como a fixação biológica de nitrogênio, foram considerados dentro da abordagem agrônômica, aqui se destacam, por exemplo, as emissões de óxido nítrico (Pierre *et al.*, 2025).

Igualmente, os artigos que foram classificados como avaliações de *biodiversidade*, dentro da abordagem ambiental, são os que consideraram benefícios ambientais à biodiversidade para além dos limites da parcela ou do agroecossistema, considerando benefícios dos policultivos para o ambiente externo, favorecendo a existência de seres vivos que não contribuem diretamente à produtividade agrícola (Almeida *et al.*, 2024; Wang *et al.*, 2024).

Esperava-se, nas hipóteses da presente pesquisa, um maior número de artigos que avaliassem a biodiversidade como um fator ambiental, ou seja, que implica em externalidades positivas dos policultivos, como o aumento da diversidade de espécies no entorno da área produtiva.

Tabela 3: Frequência (Freq.) e número de ocorrências (Ocor.) dos fatores de avaliação da abordagem Ambiental dos artigos sobre policultivos disponíveis em 09/04/2025 na *Web of Science*.

Fator	Descrição	Freq.	Ocor.
Gases do Efeito Estufa	Gases de Efeito Estufa	2,1%	19
Ciclo do Nitrogênio	Dinâmica Biogeofísica do Nitrogênio	1,2%	11
Emissão de Carbono	Emissão de monóxido de Carbono	1,1%	10
Sequestro de Carbono	Sequestro de Carbono no solo	1,1%	10
Biodiversidade	Biodiversidade além dos limites do agroecossistema ou inclusão de espécies nativas do local	0,9%	8
Ciclo do Fósforo	Dinâmica Biogeofísica do Fósforo	0,5%	4
Metano	Medição da emissão de metano	0,3%	3
Pegada de Carbono	Tonelada de CO ₂ equivalente emitida direta ou indiretamente	0,3%	3
Ciclo do Carbono	Dinâmica Biogeofísica do Carbono	0,2%	2
Contaminação de Nitrogênio	Contaminação de águas por compostos nitrogenados	0,2%	2
Densidade Energética	Gasto de energia por kg de produto	0,1%	1
Economia de Energia	Redução de gasto de energia	0,1%	1
Eficiência de Emissão de CO ₂ (CEE)	Produção / kg CO ₂ emitido	0,1%	1
Eficiência Energética	Produção/ Joule	0,1%	1
Mudanças Climáticas	Efeitos e Adaptações	0,1%	1
Pegada de Acidificação	Potencial de acidificação do solo	0,1%	1
Pegada de Eutrofização	Potencial de eutrofização dos corpos d'água	0,1%	1
Pegada de Toxicidade Humana	Potencial de contaminação com substâncias perigosas	0,1%	1
Produtividade Energética	Produção / ha / Joule	0,1%	1
Sustainable Value Index (SVI)	Índice de Valor Sustentável (US\$)	0,1%	1
Uso de Energia	Quantidade de energia consumida na produção	0,1%	1

Quanto à abordagem econômica, os fatores mais estudados foram *Lucratividade* (3,2% dos artigos), *Estabilidade* (2,8%), *Índice de Vantagem Monetária* (1,7%) e *Custo-Benefício* (1,6%) (Tabela 4). A maioria dos fatores avaliados pelos artigos que tiveram uma abordagem econômica considerou aqueles relacionados a receita, investimentos e custos, bem como de uma grande diversidade de índices que relacionam esses fatores básicos, mas não há um consenso sobre qual seria a melhor maneira de avaliar e comparar esses sistemas do ponto de vista econômico.

As avaliações econômicas de policultivos ainda são muito raras. Ainda são necessários mais estudos sobre como uma maior produtividade da terra pode ser expressa em resultados econômicos. Em termos geográficos, esse tipo de avaliação foi mais frequente na Índia e na África (Dwivedi *et al.*, 2025; Gidey *et al.*, 2025).

A abordagem econômica ainda tem muito a contribuir para a interdisciplinaridade da pesquisa em policultivos, por exemplo, contribuindo com a abordagem social, dado que não se encontrou nenhum artigo com avaliações das duas abordagens.

Tabela 4: Frequência (Freq.) e número de ocorrências (Ocor.) dos fatores de avaliação da abordagem Econômica dos artigos sobre policultivos disponíveis em 09/04/2025 na *Web of Science*.

Fator	Descrição	Freq.	Ocor.
Lucratividade	Lucro / Receita	3,2%	28
Estabilidade	Produção Estável ao longo dos anos	2,8%	25
Índice de Vantagem Monetária (MAI)	(Receita Combinada das Colheitas * (LER - 1)) / LER	1,7%	15
Custo-Benefício	Comparação monetária entre sistemas	1,6%	14
Receita	Entrada financeira	1,6%	14
Retorno Líquido	Lucro efetivo, abatidos impostos e taxas	1,1%	10
Custos	Custo dos sistemas produtivos	1,0%	9
Retorno econômico	Receita / Investimento	0,8%	7
Lucro	Receita – Custos	0,7%	6

Benefício Econômico	Lucro + valorização do capital	0,6%	5
Receita Líquida	Receita efetiva, abatidos impostos e taxas	0,3%	3
Baixo Insumo	Baixo uso de insumos	0,2%	2
Eficiência Econômica	Lucro/Custos	0,2%	2
NEEB (Net Ecosystem Economic Benefit)	Benefício Econômico-Ecossistêmico Líquido	0,2%	2
Taxa de Retorno Marginal	Benefício econômico adicional da nova cultura	0,2%	2
Valor Presente Líquido	Valor considerando as taxas de juros	0,2%	2
Viabilidade Econômica	Se o investimento se paga	0,2%	2
Acesso ao Mercado	Capacidade de acessar diferentes mercados	0,1%	1
Cadeias de Valor	Agregação de valor	0,1%	1
Diversidade de Renda	Diferentes produtos e fontes de renda	0,1%	1
Eficiência Econômica Relativa	Comparação com empreendimentos similares	0,1%	1
Eficiência Monetária (\$/ha/dia)	US\$/ ha /dia	0,1%	1
Etiquetamento	Diferenciação do produto	0,1%	1
IAI	Índice de Vantagem do Policultivo	0,1%	1
Margem Bruta	Lucro Bruto / Receita Líquida	0,1%	1
Menor Variação de Receita	Receita mais estável ao longo dos anos	0,1%	1
MVI	Valor de Vantagem Monetária	0,1%	1
Níveis de Investimento	Valor investido em diferentes sistemas de cultivo	0,1%	1
Rendimento Econômico	Lucro / Investimento	0,1%	1
Retorno Bruto	Receita / Investimento	0,1%	1
Retorno Parcial	Parte do Investimento que já foi paga	0,1%	1
RNR	Taxa de Retorno Neutro	0,1%	1
RVT	Valor Relativo Total	0,1%	1
Subsídio Público	Estímulo ao policultivo	0,1%	1
Taxa de Retorno	Lucro Líquido / Investimento	0,1%	1
Vantagem Econômica	Capacidade de obter lucro ou eficiência superior	0,1%	1
Vantagem Monetária	Lucro ou benefício financeiro	0,1%	1

Na abordagem social destacam-se como os fatores mais frequentes as pesquisas em pequenas propriedades: *Campesinato* (2,8%), da *Percepção* que as pessoas envolvidas na agricultura têm dos sistemas, do ambiente e da própria agricultura e o *Comportamento* das pessoas em relação aos policultivos (ambas com 0,7%), o uso de *Métodos Participativos* junto com as pessoas que praticam policultivos ou outras formas de agricultura, bem como técnicos e especialistas trabalhando em condições de igualdade de participação de falas e decisão (0,6%) e o *Conhecimento* que elas têm sobre os sistemas de policultivo e sobre agricultura de maneira geral (Tabela 5). Estes seriam fatores de grande preponderância na decisão de adotar esse tipo de sistema.

Podem-se resumir os fatores avaliados pela abordagem social em dois grandes grupos: fatores intrínsecos à pessoa e externos a ela. Dentre os fatores intrínsecos destacam-se além da *Percepção* e do *Conhecimento*, seu *Comportamento*, *Valor Instrumental da Agricultura*, mas também *Nível de Renda*, *Idade* e *Escolaridade*. Já dentre os fatores externos à pessoa destacam-se o *Apoio Político*, acesso a Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER), *Organização Social*, *Pesquisa*, *Acesso a Mercado*, *Certificação*, *Logística* (Ha et al., 2024).

Nota-se na pesquisa acadêmica de alto nível encontrada na *Web of Science* elevada carência de trabalhos que abordem as questões culturais relativas a policultivos, mesmo sendo prática de diversas populações tradicionais ao redor do mundo (Ba; Wang; Wang, 2023).

Tabela 5: Frequência (Freq.) e número de ocorrências (Ocor.) dos fatores de avaliação da abordagem Social dos artigos sobre policultivos disponíveis em 09/04/2025 na *Web of Science*.

Fator	Descrição	Freq.	Ocor.
Campesinato	Pequenas propriedades rurais	2,8%	25
Percepção	Forma como a pessoa percebe a agricultura e o ambiente	0,7%	6
Comportamento	Forma como a pessoa age em relação à agricultura	0,7%	6
Participativo	A comunidade participa das decisões	0,6%	5
Conhecimento	Nível de conhecimento sobre policultivos	0,5%	4
Variedades Crioulas	Uso de variedade crioulas	0,5%	4

ATER	Acesso a Assistência Técnica e Extensão Rural	0,5%	4
Apoio Político	Políticas para a transição, subsídios	0,3%	3
Organização Social	Cooperativismo, associativismo, relacionamento com outras pessoas influentes	0,3%	3
Pesquisa	Acesso à produção científica	0,2%	2
Sistema Tradicional	Sistema agrícola tradicional do local	0,2%	2
Acesso a Mercado	Potencial de acessar diferentes mercados	0,1%	1
Certificação	Certificação agroecológica	0,1%	1
Escolaridade	Nível de escolaridade da pessoa agricultora	0,1%	1
Gênero	Diferenças entre os gêneros das pessoas	0,1%	1
Idade	Idade da pessoa tomadora de decisão na propriedade	0,1%	1
Renda	Renda da família agricultora	0,1%	1
Segurança Alimentar	Atendimento regular e permanente às necessidades nutricionais	0,1%	1
Sem Mecanização	Somente trabalho humano ou tração animal	0,1%	1
Valor Instrumental	Crença na agricultura como um meio para algo	0,1%	1

É importante destacar que apesar de os policultivos terem uma grande potencialidade para uma agricultura mais eficiente agrônômica e economicamente, mais adequada ambientalmente e mais rica socialmente, ainda existem lacunas consideráveis não só de conhecimento sobre o tema como também de abordagem e conseqüentemente grandes potencialidades de pesquisa sobre o tema.

Dentre os temas em que se percebe maior carência destacam-se: a Representatividade Cultural de populações tradicionais; a Mecanização, especialmente de Colheita e Ergonomia, bem como algum grau de consenso sobre quais seriam os fatores mais adequados para cada avaliação, pois em alguns aspectos encontra-se uma miríade de fatores de avaliação que não conversam entre si e dificultam enormemente o avanço das pesquisas sobre policultivos.

Em outros aspectos é fundamental tentar estabelecer um consenso na comunidade científica sobre quais seriam os fatores de avaliação mais adequados, para que as publicações e seus resultados possam ser mais

facilmente comparados, especialmente em aspectos relacionados às métricas de produtividade, de competição e agressividade, além dos fatores econômicos.

Policultivos são uma prática comumente abordada e proposta no contexto da agroecologia, mas pouquíssimos artigos analisados declararam uma perspectiva agroecológica.

Destaca-se a possibilidade do desenvolvimento de um indicador para a avaliação multidisciplinar de policultivos que contemple aspectos agronômicos, econômicos, sociais e ambientais.

Entende-se a agroecologia como uma ciência, um movimento e uma prática. Neste sentido, somente 3 dos 885 artigos analisados continham o termo *agroecolog** em seus títulos. Nas palavras-chaves dos artigos o termo apareceu 15 vezes e em 38 resumos. O termo não foi considerado como um fator de avaliação, pois não se trata de uma variável ou tratamento da pesquisa do artigo, mas de uma abordagem e que foi pouco presente nas publicações analisadas (Wezel *et al.*, 2009).

4. CONCLUSÕES

Observou-se um número relevante de fatores que têm sido estudados nas quatro abordagens de pesquisa científica em policultivos que foram consideradas (agronômica, ambiental, econômica e social), com especial destaque para a abordagem agronômica tanto em número de fatores, como de artigos encontrados. As demais abordagens representam grandes oportunidades de pesquisa com grande potencial de aprofundamento da compreensão sobre policultivos, especialmente em pesquisas de abordagem multi ou interdisciplinar, em muitas situações é possível e desejável a inclusão de fatores de avaliação de outras abordagens, trazendo maior riqueza e profundidade para a produção científica no tema.

As avaliações de produtividade, comparação de sistemas de cultivo e de arranjo destacaram-se na abordagem agronômica; já na ambiental foram bastante frequentes avaliações de gases de efeito estufa, biodiversidade e ciclos biogeofísicos. As pesquisas de abordagem econômica focaram em lucratividade, estabilidade e vantagem monetária e na abordagem ambiental destacaram-se avaliações do campesinato, percepção, comportamento e conhecimento.

Há muitos fatores de avaliação que têm grande importância, mas que são pouco estudados, dentre eles destacam-se: a mecanização, especialmente de colheita; a ATER e adoção de policultivos pelas pessoas, o processo da transição de sistema de cultivo e políticas públicas de incentivo. Destaca-se que seria muito frutífero para o futuro desenvolvimento da pesquisa e da

prática com policultivos a criação de um índice multidisciplinar de avaliação de policultivos que considere fatores agronômicos, ambientais, econômicos e sociais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Micael José de *et al.* Influence of Intercropping on *Eugenia dysenterica* (Mart.) DC. Fruit Quality. **Horticulturae**, v. 10, n. 10, p. 1028, 2024.

AJAYI, Ajibola John; FASINMIRIN, Johnson Toyin; FALOYE, Oluwaseun Temitope. Growth and yield of maize/okra intercrop under different plant spacings and cropping systems. **Ecological Frontiers**, v. 45, n. 2, p. 328-336, 2025.

BA, Qing-Xiong; WANG, Hong-Zen; WANG, Mei-Hsiang. Agrobiodiversity, social institutions, and indigenous farming practices: A case study of the Rukai in Wutai, Taiwan. **Human Ecology**, v. 51, n. 6, p. 1127-1140, 2023.

BENYUS, Janine M. **Biomimética: Inovação Inspirada pela Natureza**. Editora Cultrix, 2003.

BEZERRA FERNANDES, Patrick *et al.* Crop-livestock integrated system and grass-legume intercropping on soil chemical composition and plant production in Brazilian savannah. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, p. 1-19, 2025.

BROOKER, Rob W. *et al.* Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. **New Phytologist**, v. 206, n. 1, p. 107-117, 2015.

CHEN, Huixian *et al.* Cassava–soybean intercropping alleviates continuous cassava cropping obstacles by improving its rhizosphere microecology. **Frontiers in Microbiology**, v. 16, p. 1531212, 2025.

CLARIVATE ANALYTICS. **Web of Science**. [s.d.]. Disponível em: <https://webofscience.zendesk.com/hc/en-us/articles/27713957430033-Enriched-Cited-References-Citation-Function-Class>.

CLARIVATE ANALYTICS. Enriched Cited References - Citation Function Class. [S. I.]: Clarivate, 2025. Disponível em: <https://www.webofscience.zendesk.com/hc/en-us/articles/27713957430033-Enriched-Cited-References-Citation-Function-Class>. Acesso em: 10 mai. 2025.

DEGEBASA, Lemma *et al.* Interaction of Intercropped Common Bean and NPS Blended Fertilizer application reduced the severity of Striga hermontica infestation and enhanced the productivity of Sorghum in Fedis, Eastern Ethiopia. **Phytoparasitica**, v. 53, n. 2, p. 31, 2025.

DIMANDE, Paulo; ARROBAS, Margarida; RODRIGUES, Manuel Ângelo. Intercropped maize and cowpea increased the land equivalent ratio and enhanced crop access to more nitrogen and phosphorus compared to cultivation as sole crops. **Sustainability**, v. 16, n. 4, p. 1440, 2024.

DWIVEDI, A. P. *et al.* Soil Quality Parameters, Crop Yields and Economics as Influenced by Intercropping with Autumn Sugarcane in Subtropical India. **Sugar Tech**, p. 1-13, 2025.

DOWLING, Alyce *et al.* Legume-oilseed intercropping in mechanised broadacre agriculture—a review. *Field Crops Research*, v. 260, p. 107980, 2021.

FENG, Liang *et al.* Bandwidth row ratio configuration affect interspecific effects and land productivity in maize–soybean intercropping system. *Agronomy*, v. 12, n. 12, p. 3095, 2022.

FENG, Liang *et al.* Maize–soybean intercropping: A bibliometric analysis of 30 years of research publications. **Agronomy Journal**, v. 114, n. 6, p. 3377-3388, 2022.

FLETCHER, Andrew L. *et al.* Prospects to utilise intercrops and crop variety mixtures in mechanised, rain-fed, temperate cropping systems. **Crop and Pasture Science**, v. 67, n. 12, p. 1252-1267, 2016.

FOLINA, Antigolena *et al.* Optimizing Fodder Yield and Quality Through Grass–Legume Relay Intercropping in the Mediterranean Region. **Plants**, v. 14, n. 6, p. 877, 2025.

FONTANETTI, Anastácia *et al.* Weed community in organic maize-legume intercropping system. **Phytoparasitica**, v. 53, n. 1, p. 13, 2025.

FREIRE, Paulo. **Extensão ou comunicação?**. Editora Paz e Terra, 2014.

FUCHS, Kathrin *et al.* Intercropping legumes improves long term productivity and soil carbon and nitrogen stocks in sub-Saharan Africa. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 38, n. 10, p. e2024GB008159, 2024.

GEELS, Frank W. From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. **Research policy**, v. 33, n. 6-7, p. 897-920, 2004.

GIDEY, Tesfay *et al.* Effects of wheat and faba bean intercropping on yield, land-use efficiency and economic revenue in semi-arid areas. **Agronomy Journal**, v. 117, n. 2, p. e70031, 2025.

GU, Yan *et al.* Effects of narrow-wide row planting patterns on canopy photosynthetic characteristics, bending resistance and yield of soybean in maize–soybean intercropping systems. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 9361, 2024.

GU, Yan *et al.* Optimising Potassium Levels Improved the Lodging Resistance Index and Soybean Yield in Maize-Soybean Intercropping by Enhanced Stem Diameter and Lignin Synthesis Enzyme Activity. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 211, n. 2, p. e70036, 2025.

HA, Thanh Mai *et al.* Farmers' intention towards intercropping adoption: the role of socioeconomic and behavioural drivers. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 21, n. 1, p. 2270222, 2023.

HA, Thanh Mai *et al.* Heterogeneity in farmers' stage of behavioural change in intercropping adoption: an application of the Transtheoretical Model. **Agricultural and Food Economics**, v. 12, n. 1, p. 12, 2024.

HARWOOD, Jonathan. The forgotten history of intercropping. **Plants, People, Planet**, v. 6, n. 5, p. 1121-1128, 2024.

IBRAHIM, Musawar *et al.* Root separation modulates AMF diversity and composition in tomato–potato onion intercropping systems. **Frontiers in Microbiology**, v. 16, p. 1554644, 2025.

KEERTHANA, R.; VENKATESH, S. A systematic study of intercropping agricultural system using fuzzy and inverse fuzzy hypersoft hypergraph: R. Keerthana, S. Venkatesh. **Journal of Applied Mathematics and Computing**, v. 71, n. 3, p. 4067-4094, 2025.

KLOPPENBURG JR, Jack. Social theory and the de/reconstruction of agricultural science: Local knowledge for an alternative agriculture 1. **Rural sociology**, v. 56, n. 4, p. 519-548, 1991.

LARSSON, Johan (2024). *Eulerr: Area-Proportional Euler and Venn Diagrams with Ellipses*. R packageversion 7.0.2, disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=eulerr>.

LEGBA, Eric C. *et al.* Productivity and Profitability of Maize-Mungbean and Maize-Chili Pepper Relay Intercropping Systems for Income Diversification and Soil Fertility in Southern Benin. **Sustainability**, v. 17, n. 3, p. 1076, 2025.

LEKGOATHI, Boitumelo Patience; KGOPA, Pholosho Mmateko; SOUNDY, Puffy. Effects of Deficit Irrigation and Intercropping of Dry Beans with Two African Leafy Vegetable Crops on Growth and Yield. **Agronomy**, v. 15, n. 2, p. 370, 2025.

LI, Chunjie *et al.* Syndromes of production in intercropping impact yield gains. **Nature Plants**, v. 6, n. 6, p. 653-660, 2020.

MAITRA, Sagar *et al.* Intercropping—A low input agricultural strategy for food and environmental security. **Agronomy**, v. 11, n. 2, p. 343, 2021.

MANZEKE-KANGARA, Muneta Grace *et al.* Do agronomic approaches aligned to regenerative agriculture improve the micronutrient concentrations of edible portions of crops? A scoping review of evidence. **Frontiers in Nutrition**, v. 10, p. 1078667, 2023.

MARIN, Antoine *et al.* Contrasting performances of modern and landrace cultivars in wheat mixtures and wheat-legume intercrops in organic and low input conditions. **Euphytica**, v. 221, n. 3, p. 20, 2025.

MARTIN, Adam R. *et al.* Regional and global shifts in crop diversity through the Anthropocene. **PLoS One**, v. 14, n. 2, p. e0209788, 2019.

MAZOYER, Marcel; ROUDART, Laurence. História das agriculturas no mundo. **Do Neolítico à crise contemporânea. São Paulo, Brasil: UNESP**, 2010.

MEAD, Roger; WILLEY, RoW. The concept of a 'land equivalent ratio land advantages in yields from intercropping. **Experimental agriculture**, v. 16, n. 3, p. 217-228, 1980.

MIRZAEI, Morad *et al.* Integrating organic fertilizers in maize-mung bean intercropping: implications for soil carbon dynamics and greenhouse gas reduction. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 130, n. 2, p. 197-211, 2025.

NARIMANI, Yosof *et al.* Cereal-Based Intercropping Systems Improve Yield Advantage and Crop Yield under Superabsorbent Application in Semiarid Conditions. **Legume Science**, v. 6, n. 3, p. e70002, 2024.

NIKULIN, A. M.; TROTSUK, I. V. Some (relatively) new conceptual 'frames' supplementing the study of human capital in rural sociology. **ВестникРоссийскогоуниверситетадружбынародов. Серия: Социология**, v. 24, n. 1, p. 228-240, 2024.

PIERRE, Jacques Fils *et al.* Nitrogen losses mitigated with maize–legume intercropping in the Yucatan Peninsula. **Agrosystems, Geosciences & Environment**, v. 8, n. 1, p. e70066, 2025.

RAMIRES, Maiara Figueiredo *et al.* Intercropping with oilseeds enhances greenhouse gas mitigation during the initial establishment phase of tung trees. **Agroforestry Systems**, v. 99, n. 3, p. 1-12, 2025.

REHMAN, Sana Ur *et al.* Combined effects of reduced tillage and strip intercropping on soil carbon sequestration in semi-arid environment. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, p. 1-16, 2025.

ROMERO-NATALE, Aline; ACEVEDO-SANDOVAL, Otilio Arturo; SANCHEZ-PORRAS, Arturo. Ecosystem Services in the Milpa System: A Systematic Review. **One Ecosystem**, v. 9, p. e131969, 2024.

RUTTAN, Vernon W. What happened to technology adoption-diffusion research? **Sociologia Ruralis**, v. 36, n. 1, 1996.

SOZZI, Marco *et al.* Mechanization of Field Plot Experiments Designed to Test Different Intercropping Layouts. In: **2024 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor)**. IEEE, 2024. p. 637-642.

TZEMI, Domna *et al.* Profitability of intercropping legumes with cereals: A farm-level analysis. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 21, p. 101804, 2025.

VAZEUX-BLUMENTAL, Noa *et al.* Revival of traditional agricultural systems—A multidisciplinary on-farm survey of maize-bean intercropping reveals unexpected competition effects on beans. **Plants, People, Planet**, 2025.

VERDEJO, Catalina *et al.* What you need to know about scoping reviews. **Medwave**, v. 21, n. 02, 2021.

WANG, Yanjia *et al.* Long-term effects of intercropping on multi-trophic structure and bio-thermodynamic health of mixed eucalyptus-native tree plantations. **Journal of Applied Ecology**, v. 61, n. 1, p. 103-119, 2024.

WEZEL, Alexander *et al.* Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. **Agronomy for sustainable development**, v. 29, n. 4, p. 503-515, 2009.

ZHU, Shuang-Guo *et al.* Soil water and phosphorus availability determines plant-plant facilitation in maize-grass pea intercropping system. **Plant and Soil**, v. 482, n. 1, p. 451-467, 2023.