

11 A 13  
DE DEZEMBRO  
DE 2024

EVENTO PRESENCIAL  
NA UFRPE RECIFE



2º Congresso Internacional de Agroecologia  
e Desenvolvimento Territorial (CIADT)

11º Seminário de Agroecologia e  
Desenvolvimento Territorial (SEADT)

TEMA

Agroecologia política, sistemas alimentares e transições agroecológicas



## SAFs e fungos entomopatogênicos: um olhar sobre a diversidade e o potencial de controle biológico

Julie Erica da Rocha Alves E-Mail: [julie.eric@ufpe.br](mailto:julie.eric@ufpe.br)

Ana Carla da Silva Santos. E-Mail: [ana.carla.bio@hotmail.com](mailto:ana.carla.bio@hotmail.com)

Thiago Vitor da Silva. E-Mail: [thiago.vitors@ufpe.br](mailto:thiago.vitors@ufpe.br)

Roger Fagner Ribeiro Melo. E-Mail: [roger.melo@ufpe.br](mailto:roger.melo@ufpe.br)

Patricia Vieira Tiago. E-Mail: [patricia.tiago@ufpe.br](mailto:patricia.tiago@ufpe.br)

**Linha de Pesquisa:** III – Transições Socioecológicas e Sistemas Produtivos Biodiversos

### 1 Introdução

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) surgem como uma alternativa estratégica para mitigar os conflitos entre práticas agrícolas convencionais e a conservação ambiental. Esses sistemas imitam a dinâmica de ecossistemas naturais, combinando espécies arbóreas e culturas agrícolas de maneira planejada, promovendo interações ecológicas que favorecem tanto a biodiversidade quanto a sustentabilidade produtiva (LÔBO et al., 2021). Semelhante às florestas naturais, a regulação de pragas nos SAFs pode ser controlada por fungos entomopatogênicos, que têm se destacado como importantes agentes de controle biológico ao utilizar artrópodes como hospedeiros para se desenvolver e completar seu ciclo de vida (NEVES et al., 2021).

Embora reconhecidos por sua função no equilíbrio ecológico, os estudos sobre a diversidade de fungos entomopatogênicos nesses sistemas ainda são escassos. Em áreas de monocultivo, a baixa diversidade vegetal e o uso intensivo de agrotóxicos comprometem a presença desses fungos, reduzindo sua eficiência no controle biológico (ALTIERI & NICHOLLS, 2010; GONÇALVES, 2020). Em contrapartida, os SAFs, ao promoverem maior diversidade de espécies vegetais e um ambiente mais próximo ao natural, podem oferecer

condições ideais para o desenvolvimento e manutenção dessas populações de fungos (SOUZA & CASTILHO, 2022; SENAR, 2017).

Este estudo investigou a diversidade de fungos entomopatogênicos em três SAFs de diferentes estágios de implantação, uma área de floresta natural e uma de monocultivo na Zona da Mata de Pernambuco. Avaliando a relação entre a sucessão ecológica e as práticas de manejo, buscou-se compreender como essas variáveis afetam a riqueza, abundância e diversidade dos fungos entomopatogênicos, além de relatar novas espécies com potencial para uso no controle biológico de artrópodes (ALVES et al., 2021; RICKLEFS, 2003).

## **2 Referencial teórico**

A agricultura convencional, amplamente praticada no mundo, contribui para a degradação dos ecossistemas. Esse modelo agrícola é marcado pelo uso intensivo de insumos químicos e pela monocultura, práticas que reduzem a biodiversidade, contaminam o solo e os corpos d'água, e esgotam os recursos naturais (ALTIERI & NICHOLLS, 2010; GONÇALVES, 2020). O cultivo contínuo de uma única espécie em grandes áreas favorece o surgimento de pragas e doenças, tornando as lavouras mais vulneráveis e dependentes de pesticidas, aumentando o uso de agrotóxicos (CERRI ET AL., 2007).

Em contraste, a agroecologia propõe integrar princípios ecológicos ao manejo agrícola, criando sistemas produtivos mais diversificados e resilientes (GLIESSMAN, 2005). Os SAFs exemplificam essa abordagem, combinando espécies florestais e cultivos agrícolas e promovendo maior diversidade ecológica (LÔBO et al., 2021). A estrutura dos SAFs permite a interação entre diferentes espécies, beneficiando a ciclagem de nutrientes e a conservação de água e solo (SILVA, 2013). A diversidade ecológica dos SAFs também favorece a presença de inimigos naturais das pragas, potencializando o controle biológico de forma sustentável (SOUZA & CASTILHO, 2022).

A sucessão ecológica é um processo essencial nos SAFs, especialmente em áreas de transição agroecológica, onde sistemas degradados estão em recuperação (ODUM, 1969). A sucessão promove o estabelecimento gradual de espécies que restauram a fertilidade do solo e aumentam a diversidade de plantas e animais (CASWELL, 1976). Nesses ambientes, a sucessão estabiliza o sistema e eleva sua complexidade ecológica e resiliência (PERONI & HERNÁNDEZ, 2011).

No que se refere ao controle biológico de artrópodes, este é um fenômeno natural em que populações de pragas são reguladas por seus inimigos naturais, como predadores, parasitóides e patógenos (VAN DEN BOSCH et al., 1982). Entre os agentes biológicos, os

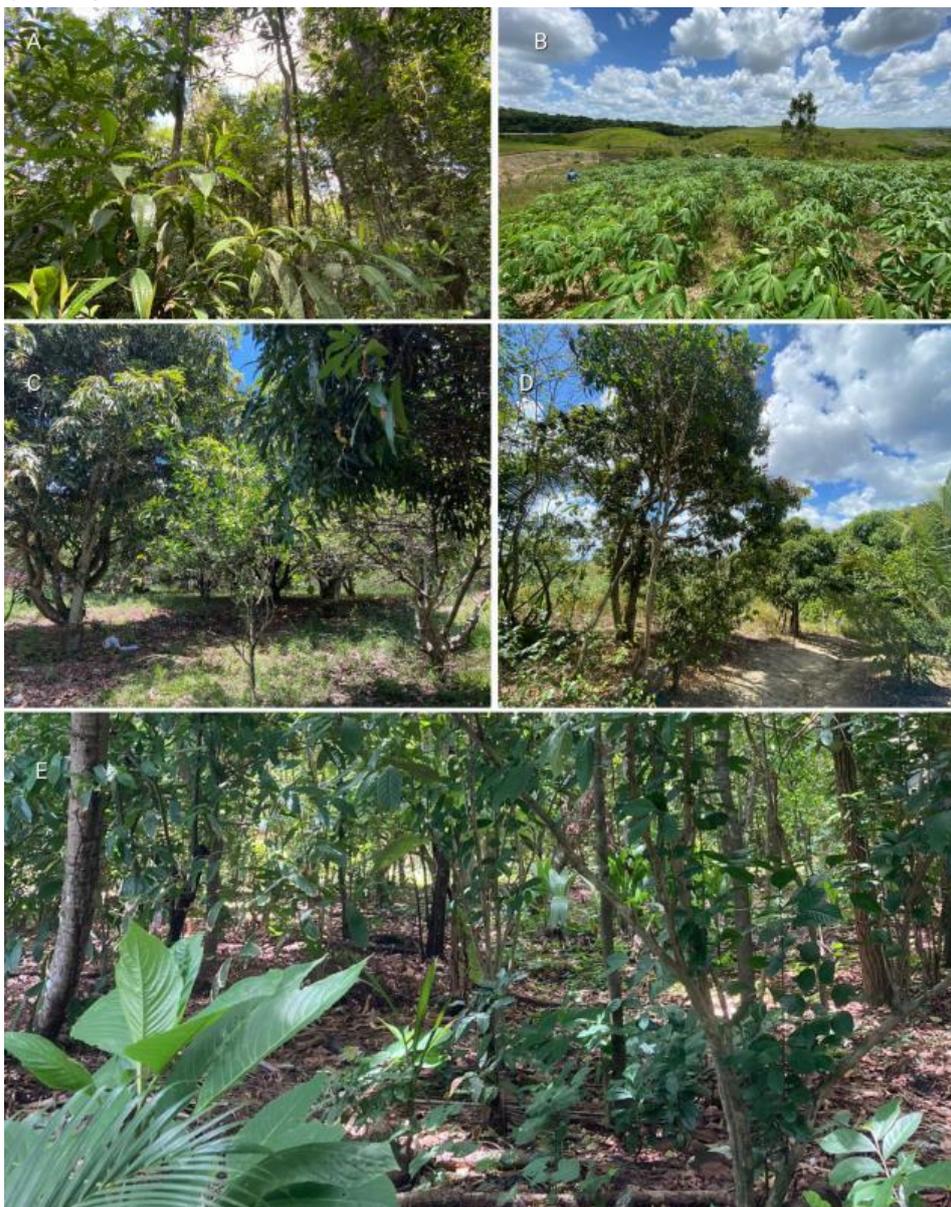
fungos entomopatogênicos se destacam por sua capacidade de infectar e matar artrópodes, utilizando seus corpos como hospedeiros para se reproduzir (DEVOTTO et al., 2000). Esses fungos têm sido amplamente utilizados em programas de controle biológico por seu potencial para reduzir as populações de pragas sem os impactos negativos associados ao uso de pesticidas químicos (ALVES, 1998).

### **3 Metodologia**

#### **3.1 Áreas de estudo**

Foram selecionados três tipos de sistemas distintos para a pesquisa: Sistema Agroflorestal, Sistema de Monocultura de Mandioca e Mata Atlântica. As amostras foram coletadas em uma propriedade do Sítio São João (7°53'11"S 34°53'36"W), com 1 hectare e 28 anos de SAF, em Abreu e Lima (PE). No Assentamento Chico Mendes III, foram coletadas amostras em duas propriedades de SAF (7°57'27"S 35°06'24"W), com 3 hectares cada (11 e 12 anos de SAF), além de uma área de monocultura de macaxeira (*Manihot esculenta*) (7°57'17"S 35°06'22"W) e uma remanescente de Mata Atlântica (7°57'32"S 35°06'30"W), em Paudalho (PE) (Figura 1).

**Figura 1.** Composição das Áreas de Coleta. (A) Remanescente de Mata Atlântica; (B) Monocultura de Macaxeira; (C) SAF 11;(D)SAF 12;(E) SAF 28.



Fonte: A autora (2024).

O assentamento Chico Mendes III ocupa cerca de 430 hectares e abriga 55 famílias desde 2008. Em transição agroecológica desde 2009, a área anteriormente dedicada à monocultura de cana-de-açúcar agora abriga policulturas e sistemas agroflorestais. O sítio São João, com aproximadamente 1 hectare, passou por transformações a partir de 1993, após orientações agroecológicas de Ernest Gotsch, e também adota SAFs com uma ampla diversidade de plantas frutíferas e florestais. Os SAFs estudados são manejados sem o uso de agrotóxicos, com incorporação de matéria orgânica, exceto o SAF 28, que não tem realizado podas recentemente. A área de monocultivo é dedicada exclusivamente ao cultivo de macaxeira,

seguindo práticas convencionais, enquanto o fragmento de Mata Atlântica na área é composto por vegetação perenifólia com árvores emergentes de até 40 metros de altura e densa vegetação arbustiva.

### **3.2 Coleta e triagem de artrópodes parasitados**

Foram realizadas três coletas nas áreas estudadas, em fevereiro, maio e julho de 2023. As coletas foram feitas por busca ativa minuciosa, com foco na parte inferior das folhas de arbustos, árvores, lianas e herbáceas, durante o dia por uma hora em cada local, com duas pessoas: uma seguindo a trilha e a outra explorando 5 metros adentro da mata, garantindo melhor cobertura.

Os fungos entomopatogênicos e seus hospedeiros foram armazenados em microtubos, etiquetados e levados aos Laboratórios do Departamento de Micologia da UFPE. Os artrópodes parasitados foram examinados e fotografados sob lupa (LEICA EZ4) em até 48 horas após a coleta, sendo armazenados em potes plásticos com algodão e sílica gel para preservação.

### **3.3 Identificação dos Fungos**

A identificação dos fungos entomopatogênicos foi realizada por técnicas morfológicas e moleculares para garantir precisão taxonômica. Na análise morfológica, foram feitos cortes manuais de estruturas fúngicas, montados em lâminas com ácido láctico ou corante azul de Aman. As microestruturas foram observadas e descritas ao microscópio óptico (Leica DM2500), permitindo a identificação dos fungos até o nível de gênero. Nos casos com crescimento em cultura, a técnica de microcultivo em Batata Dextrose Ágar (BDA) foi aplicada para analisar estruturas de valor taxonômico.

Na identificação molecular, o DNA foi extraído de culturas em BDA ou de artrópodes parasitados, utilizando o DNA Wizard Genomic DNA Purification Kit. Fragmentos de quatro loci (SSU, LSU, TEF, ITS) foram amplificados por PCR e sequenciados. As sequências foram editadas e alinhadas com outras do GenBank utilizando o software MEGA. As análises filogenéticas foram conduzidas por máxima verossimilhança (RAxML) e inferência bayesiana (MrBayes), para estabelecer as relações evolutivas entre os fungos.

### **3.4 Análise dos índices ecológicos**

Para avaliar a diversidade de fungos de artrópodes das áreas estudadas, foram usados os índices de riqueza de espécies (S), diversidade de Shannon (H'), Equitabilidade de Pielou (J), e dominância de Berger-Parker (d) e Past Software (Hammer et al. 2001).

#### 4 Resultados e Discussão

A pesquisa avaliou a diversidade de fungos entomopatogênicos em três áreas de SAFs, uma floresta natural e uma área de monocultivo, totalizando 159 espécimes de artrópodes parasitados, dos quais 112 foram identificados, abrangendo 12 espécies distribuídas entre seis gêneros de fungos: *Akanthomyces*, *Cordyceps*, *Gibellula*, *Lecanicillium*, *Metarhizium* e *Ophiocordyceps*. A riqueza de espécies foi significativamente maior nas áreas de SAFs e na floresta natural em comparação com a área de monocultivo, onde nenhum fungo entomopatogênico foi encontrado (Tabela 1).

**Tabela 1.** Frequência absoluta (FA), frequência relativa (FR%), classificação da frequência e distribuição das espécies de fungos nos sistemas agroflorestais com diferentes tempos de implantação (SAF 11, SAF 12, SAF 28) e Mata Atlântica (MA).

	SAF 11			SAF 12			SAF 28			MA			TOTAL
	FA	FR%	CLASS										
<i>Akanthomyces</i> sp. nov.	0	0	-	0	0	-	0	0	-	1	3,2	R	1
<i>Cordyceps javanica</i>	0	0	-	2	8,7	R	0	0	-	0	0	-	2
<i>Gibellula</i> sp. nov.	8	36,5	C	15	65,2	A	15	41,7	A	10	32,2	C	48
<i>Lecanicillium</i> sp.	0	0	-	0	0	-	0	0	-	1	3,2	R	1
<i>Metarhizium blattodeae</i>	1	4,5	R	0	0	-	0	0	-	0	0	-	1
<i>Ophiocordyceps lloydii</i>	11	50	A	1	4,3	R	0	0	-	15	48,4	A	27
<i>Ophiocordyceps</i> sp. 1	2	9	R	0	0	-	0	0	-	0	0	-	2
<i>Ophiocordyceps</i> sp. 2	0	0	-	1	4,3	R	0	0	-	0	0	-	1
<i>Ophiocordyceps</i> sp. 3	0	0	-	4	17,4	O	0	0	-	0	0	-	4
<i>Ophiocordyceps</i> sp. 4 nov.	0	0	-	0	0	-	21	58,3	A	0	0	-	21
<i>Ophiocordyceps</i> sp. 5	0	0	-	0	0	-	0	0	-	2	6,5	R	2
<i>Ophiocordyceps</i> sp. 6	0	0	-	0	0	-	0	0	-	2	6,5	R	2
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>			<b>23</b>			<b>36</b>			<b>31</b>			<b>112</b>

Fonte: A autora (2024).

A contagem das espécies evidenciou que, no SAF 11, duas espécies foram registradas como raras, uma como abundante e uma como comum. O SAF 12 apresentou cinco espécies, das quais três eram raras, uma abundante e uma ocasional. No SAF 28, duas espécies foram observadas, ambas abundantes. A mata (MA) apresentou seis espécies, com quatro raras, uma abundante e uma comum. O SAF 28 destacou-se com a maior frequência absoluta total de 36 espécimes de fungos, superando os outros SAFs (22 e 23) e a mata (31) (Tabela 1).

O SAF 11 possuía espécies exclusivas como *M. blattodeae* e *Ophiocordyceps* sp. 1. No SAF 12, ocorreram as exclusivas *C. javanica*, *Ophiocordyceps* sp. 2 e *Ophiocordyceps* sp. 3. O SAF 28 destacou-se com *Ophiocordyceps* sp. 4 nov., enquanto a mata abrigou várias exclusivas como *Ophiocordyceps* sp. 5, *Ophiocordyceps* sp. 6, *Akanthomyces* sp. e *Lecanicillium* sp., evidenciando a maior diversidade de espécies exclusivas (Figura 2). Notavelmente, *Gibellula*

sp. nov. apresentou uma frequência absoluta total de 48 espécimes, sendo a única espécie presente em todos os sistemas.

**Figura 2.** Espécies de fungos dos sistemas agroflorestais e Mata Atlântica (MA). (A-B) SAF 11. (C-E) SAF 12. (F) SAF 28. (G-J) Mata Atlântica (MA). (K-L) Compartilhados. (A) *Metarhizium blattodeae*; (B) *Ophiocordyceps* sp. 1.; (C) *Cordyceps javanica*; (D) *Ophiocordyceps* sp. 2; (E) *Ophiocordyceps* sp. 3; (F) *Ophiocordyceps* sp. 4 nov.; (G) *Ophiocordyceps* sp. 5; (H) *Ophiocordyceps* sp. 6; (I) *Akanthomyces* sp.; (J) *Lecanicillium* sp.; (K) *Ophiocordyceps lloydii*; (L) *Gibellula* sp. nov.



Fonte: A autora (2024).

Os índices ecológicos demonstraram variações significativas na diversidade entre os SAFs, a floresta natural e o monocultivo. A mata apresentou a maior taxa de espécies (6), confirmando a maior biodiversidade esperada em ecossistemas naturais. Entre os SAFs, o SAF 12 mostrou maior diversidade de espécies (5), seguido pelo SAF 11 (4) e SAF 28 (2) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Taxa de riqueza, Diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), Equitabilidade de Pielou (J) e Dominância de Berger-Parker dos fungos identificados nos sistemas agroflorestais com diferentes tempos de implantação (SAF 11, SAF 12, SAF 28) e Mata Atlântica (MA).

Índices ecológicos	SAF 11	SAF 12	SAF 28	MA
<b>Taxa_S</b>	4	5	2	6
<b>Shannon-Wiener (<math>H'</math>)</b>	1,073	1,068	0,6792	1,291
<b>Equitabilidade de Pielou (J)</b>	0,7739	0,6636	0,9799	0,7208
<b>Berger-Parker (d)</b>	0,9705	1,276	0,2791	1,456

Fonte: A autora (2024).

O índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) foi superior nas áreas de SAFs, com valores de 2,54 no SAF 11, 2,65 no SAF 12 e 2,35 no SAF 28, sugerindo uma alta diversidade. A floresta natural apresentou um valor de 2,48, próximo aos SAFs (Tabela 2). A variação nos índices de diversidade pode estar relacionada às interações biológicas em cada estágio de sucessão. Durante as fases iniciais e intermediárias, as interações são mais intensas, enquanto nos estágios finais, pode ocorrer a exclusão competitiva, resultando em perda de espécies (PERONI & HERNÁNDEZ, 2011; ODUM, 1969).

Em relação a uniformidade na distribuição das espécies, o SAF 28 apresentou a maior equitabilidade (0,9799), sugerindo uma distribuição mais uniforme das poucas espécies presentes. Isso pode indicar que, apesar do baixo número de espécies, nenhuma domina amplamente a comunidade. Em contraste, o SAF 12 teve a menor equitabilidade (0,6636), sugerindo uma maior dominância de algumas espécies. A mata e o SAF 11 apresentam valores intermediários, refletindo uma distribuição relativamente uniforme das espécies presentes (Tabela 2).

O índice de Berger-Parker (d) reflete a dominância de espécies. A mata apresentou o maior índice de dominância (1,456), sugerindo que, apesar da alta diversidade, algumas espécies dominam o ecossistema. O SAF 12 também apresentou um alto índice (1,276), indicando dominância significativa. O SAF 11 apresentou um índice menor (0,9705), sugerindo uma comunidade mais equilibrada. O SAF 28 teve o menor índice de dominância (0,2791), o que é coerente com sua alta equitabilidade, apesar da baixa diversidade (Tabela 2).

Os resultados confirmaram que a mata natural possui a maior diversidade de fungos, como esperado devido à complexidade do ecossistema (CANUTO ET AL., 2017). Os SAFs, especialmente SAF 11 e SAF 12, mostraram diversidade considerável, evidenciando seu potencial como sistemas agroecológicos sustentáveis. A manutenção adequada e a

diversificação de plantas nos SAFs são fatores chave para sustentar a alta diversidade de fungos. A baixa diversidade no SAF 28 pode ter sido intensificada por fatores como a falta de manejo, mas mais estudos são necessários.

## 5 Conclusões

Três possíveis espécies novas para a ciência foram identificadas, das quais duas são encontradas em SAFs. A presença de espécies raras e novas, como *M.blattodeae* e *Gibellula* sp. nov., indica que os SAFs são ricos em potencial para a descoberta de novos fungos entomopatogênicos. Dessa forma, os SAFs representam uma estratégia eficiente e resiliente para promover agroecossistemas mais sustentáveis e equilibrados, com benefícios ecológicos e econômicos de longo prazo.

## 6 Agradecimentos (opcional)

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e aos agricultores Gercina, Alberto, Lenir, Maria e Ulisses.

## 7 Referências

- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. Diseños agroecológicos para incrementar labiodiversidad de entomofauna benéfica en agroecosistemas. In: *SOCLA*. Medellín, p. 3-80, 2010.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Revista Ecosistemas*, v. 16, n. 1, p. 3-12, 2007.
- ALVES, A. L.; SANTOS, A. C. S.; MATTOS, J. L. S.; COSTA, P. M. O.; MOTTA, C. M. S.; MELO, R. F. R.; TIAGO, P. V. Diversity of filamentous fungi communities in the soil of agroecological crop polycultures and the Atlantic Rain Forest. *Archives of Agronomy and Soil Science*, p. 1-13, 2021.
- ALVES, S. B. Controle microbiano de insetos. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ), 1998. p. 1163.
- CANUTO, J. C.; URCHEI, M. A.; CAMARGO, R. C. R. Conhecimento como base para a construção de Sistemas Agrícolas Biodiversos. In: CANUTO, J. C. (Org.). *Sistemas Agroflorestais: experiências e reflexões*. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 216.
- CASWELL, H. Community structure: a neutral model analysis. *Ecological Monographs*, v. 46, n. 3, p. 327-354, 1976.
- CERRI, C. E. P. et al. Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. *Scientia Agricola*, v. 64, n. 1, p. 83-99, 2007.

DEVOTTO, L. M.; GERDING, A.; FRANCE, A. Hongos entomopatogênicos: uma alternativa para a obtenção de biopesticidas. *Bioleche*, v. 23, p. 30-33, 2000.

GLIESSMAN, S. R. *Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável*. Porto Alegre: Editora da Universidade – UFRGS, 3. ed., 2005.

GONÇALVES, P. A. S. A importância da diversidade vegetal no manejo ecológico de insetos em agroecossistemas: uma revisão. *ScientificElectronicArchives*, v. 13, n. 6, 2020.

LÔBO, R. L. de L. et al. Sistemas agroflorestais na recuperação de áreas degradadas. *BrazilianJournalofDevelopment*, v. 7, n. 4, p. 38127–38142, 2021.

NEVES, P. M. O. J. et al. Utilização de *Beauveria bassiana* (BALS) VUILL no manejo integrado da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolitidae). In: VENZON, M.; NEVES, W. S.; PAULA JÚNIOR, T. J.; PALLINI, A. (Eds.). *Controle alternativo de pragas e doenças: opção ou necessidade?* Belo Horizonte: EPAMIG, 2021. p. 152.

ODUM, E. P. *Fundamentos de ecologia*. São Paulo: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

PERONI, N.; HERNÁNDEZ, M. I. M. Ecologia de populações e comunidades. Licenciatura em Ciências Biológicas na Modalidade a Distância do Centro de Ciências Biológicas da UFSC, Florianópolis, 2011. p. 123.

RICKLEFS, R. E. *A economia da natureza*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 5. ed., 2003.

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. *Sistemas agroflorestais (SAFs): conceitos e práticas para implantação no bioma amazônico*. Brasília: SENAR, 2017. 1. ed.

SILVA, H. W. A extensão rural agroecológica sob o desenvolvimento sustentável. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, Viçosa, v. 3, n. 1, p. 25-29, 2013.

SOUZA, F. P.; CASTILHO, T. P. R. Uso de sistemas agroflorestais para o controle biológico natural em propriedades rurais. *ScientificElectronicArchives*, v. 15, p. 71-75, 2022.

VAN DEN BOSCH, R.; MESSENGER, P. S.; GUTIERREZ, A. P. *An introduction to biological control*. New York: Plenum Press, 1982. v. 36, p. 247.  
**Gráficos, tabelas, quadros e equivalentes:** ABNT NBR 14724:2011.