



**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**  
**Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira**  
**Centro de Pesquisas do Cacau**



**BOLETIM TÉCNICO Nº 213**

# **CUPINS (BLATTODEA: TERMITOIDAE) EM CULTIVOS DE EUCALIPTOS: ALIADOS OU PROBLEMAS?**

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



**2019**

© 2019 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.  
Todos os direitos reservados. Permitida a reprodução parcial ou total desde que citada a fonte e que não seja para venda ou qualquer fim comercial.  
A responsabilidade pelos direitos autorais de textos e imagens desta obra é do autor.

Ano 2019  
Tiragem: 1.000 exemplares  
Elaboração, distribuição, informações:  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento  
Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira  
Superintendência Regional no Estado da Bahia  
Centro de Pesquisas do Cacau

**Comissão de Editoração:** Dan Érico Vieira Petit Lobão; Edna Dora Martins Newman Luz; George Andrade Sodré; Jacques Hubert Charles Delabie; José Raimundo Bonadie Marques; José Basílio Vieira Leite; José Inácio Lacerda Moura; José Luís Bezerra; Karina Peres Gramacho; Manfred Willy Muller; Raúl René Melendez Valle; Uilson Vanderlei Lopes.

**Editor:** Ronaldo Costa Argôlo.  
**Coeditor:** Quintino Reis de Araujo.

**Normalização de referências bibliográficas:** Maria Christina de C. Faria.  
**Editoração eletrônica:** Selenê Cristina Badaró e Jacqueline C. C. do Amaral.

F  
633.745  
N 163

SALES, M. J. D. e DELABIE, J. H.C. 2019. Cupins (Blattodea: termitoidae) em cultivos de eucaliptos: aliados ou problemas? Ilhéus, BA, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico, nº 213. 28p.



**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**  
Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira  
Centro de Pesquisas do Cacau



ISSN 0100-0845

**CUPINS (BLATTODEA: TERMITOIDAE) EM  
CULTIVOS DE EUCALIPTOS: ALIADOS OU  
PROBLEMAS?**

*Maria José D. Sales  
Jacques H.C. Delabie*

**BOLETIM TÉCNICO N° 213**

Ilhéus-Ba

2019



## SUMÁRIO

1.	Resumo	7
2.	Abstract	8
3.	Introdução	9
4.	Térmitas e serviços ecossistêmicos	11
5.	Taxocenose de térmitas em eucaliptais	14
5.1.	Possíveis entraves para o reconhecimento do papel benéfico da taxocenose de térmitas em plantios de eucaliptos	16
5.1.1.	Aspectos inerentes ao cultivo	16
5.1.2.	Ausência de estudos que quantificam os serviços da taxocenose de térmitas em plantios de eucaliptos	18
5.1.3.	Ausência de estudos que considerem a sinergia dos processos ambientais	18
5.2.	Por que é importante reconhecer os benefícios de uma comunidade de térmitas diversificada em plantio de eucaliptos	19
6.	Considerações finais	
7.	Agradecimentos	20
8.	Literatura Citada	21
		21



# CUPINS (BLATTODEA: TERMITOIDAE) EM CULTIVOS DE EUCALIPTOS: ALIADOS OU PROBLEMAS?

*Maria José D. Sales<sup>1,2</sup>; Jacques H.C. Delabie<sup>1,3</sup>*

## 1. RESUMO

Os cupins ou térmitas são reconhecidamente importantes pragas em diversos sistemas agrícolas, causando danos de grande importância econômica, apesar de desempenharem papel relevante para o sucesso no estabelecimento de plantas e na manutenção da biodiversidade local. Neste ensaio, a aparente contradição do papel dos cupins em determinados agrossistemas é discutida, com ênfase na monocultura do eucalipto, indicando possíveis entraves para o reconhecimento da taxocenose de térmitas como indispensável à manutenção de processos ecológicos vitais, bem como utilizá-la como importante fonte de diversificação da oferta de serviços ecossistêmicos. Os cupins são reconhecidos como engenheiros de ecossistemas em função do impacto que suas diferentes atividades provocam no meio em que vivem. Em função de seu comportamento construtor e da diversidade de hábitos alimentares, colaboraram para o aumento da capacidade de infiltração da água e aeração do solo, e participam dos ciclos biogeoquímicos de vários elementos. Aumentam a disponibilidade de macronutrientes para as plantas e por isso estão relacionados ao aumento do rendimento em cultivos e aumento da heterogeneidade dos ecossistemas. Em ambientes áridos, a atividade dos térmitas está relacionada à maior umidade do solo, aumentando a resistência dos ecossistemas à seca. Em agrossistemas, esses insetos têm um papel ambíguo, já que há espécies causadoras de danos significativos, mas a maioria das espécies de cupins contribui para a melhoria das características físico-químicas do solo, como aumento da porosidade, a disponibilidade de macronutrientes e a taxa de infiltração da água, e por

---

<sup>1</sup>Laboratório de Mirmecologia, Centro de Pesquisa do Cacau, CEPLAC, 45600-970 Itabuna, Bahia, Brasil, [mjdsales@uesc.br](mailto:mjdsales@uesc.br), [jacques.delabie@gmail.com](mailto:jacques.delabie@gmail.com) <sup>2</sup>PPG Ecologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Estadual de Santa Cruz, 45662-900 Ilhéus, Brasil. <sup>3</sup> Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual de Santa Cruz, 45662-900 Ilhéus, Bahia, Brasil.

consequência, o rendimento dos sistemas agrícolas. Contudo, há vários entraves para o reconhecimento dos benefícios causados pelos cupins em agrossistemas: a maioria dos estudos não considera a ação integrada de vários aspectos inerentes ao cultivo, como natureza da planta cultivada, idade do plantio, técnicas de manejo e sua influência na estrutura da comunidade de cupins, ou sinergia dos processos ambientais para com o desenvolvimento da taxocenose de térmitas e de sua biota associada. Outro entrave é a carência de estudos quantitativos para determinação do papel dos cupins na provisão de serviços ecossistêmicos em plantios. Considerando o potencial dos cupins como grupo chave para a oferta de diversos serviços ecossistêmicos, compreender quais benefícios esse grupo de organismos traz aos agrossistemas e quais fatores afetam suas populações, são essenciais a fim que se possam estabelecer práticas de manejo das plantações que assegurem a oferta contínua dos serviços ecossistêmicos desempenhados pelos cupins.

**Palavras-chave:** termitas, taxocenose de térmitas, silvicultura, serviços ecossistêmicos.

## 2. ABSTRACT

**Termites (blattodea: termitoidae) in eucalyptus cultivation: allied or problems?** Termites are recognized as important pests in various agricultural systems, responsible of damages of great economic importance, although they also play an important role in establishing plants and maintaining local biodiversity. In this essay, the apparent contradiction of the role of termites in certain agrosystems, with emphasis on eucalyptus monoculture, is discussed, indicating possible obstacles for the recognition of the termite taxocenosis as indispensable for the maintenance of vital ecological processes, as well as to use these insects as an important source of diversification of ecosystem services. Termites are recognized as ecosystem engineers based on the impact their different activities have on the environment in which they live. Due to their constructive behavior and diversity of food habits, they collaborate to increase the water infiltration capacity and aeration of the soil, and participate in the biogeochemical cycles of several elements. They increase the availability of macronutrients to plants and therefore are related to increased crop yields and increased ecosystem heterogeneity. In arid environments, termite activity is related to higher soil moisture, increasing the resistance of ecosystems to drought. In agrosystems, these insects play an ambiguous role, as there are species causing significant damage, but



## Cupins (blattodea: termitoidae) em cultivos de eucaliptos

most species of termites contribute to the improvement of physical and chemical characteristics of the soil, such as increased porosity, macronutrient availability and the rate of water infiltration, and consequently the yield of agricultural systems. However, there are several obstacles to recognizing the benefits of termites in crops: most studies do not consider the integrated action of several aspects inherent to the agrosystem, such as the nature of the crop, age of planting, management techniques and their influence on the structure of the termite community, or the synergy of environmental processes for the development of the termite taxocenosis and its associated biota. Another obstacle is the lack of quantitative studies to determine the role of termites in the provision of ecosystem services in plantations. Considering the potential of termites as a key group for the provision of various ecosystem services, understanding what benefits this group of organisms brings to agrosystems and what factors affect their populations are essential in order to establish planting practices that ensure supply continuous ecosystem services performed by termites.

**Key words:** termites, termitofauna, silviculture, ecosystem services, management.

### 3. INTRODUÇÃO

A fauna edáfica possui papel chave no funcionamento dos ecossistemas devido à grande diversidade de espécies que ocorre em diferentes níveis tróficos e influência nos processos químicos, físicos e biológicos de formação e estrutura do solo (Maynard et al., 2015; Delabie et al., 2018). A macrofauna edáfica, cuja biomassa é composta majoritariamente por formigas, cupins e minhocas (Aquino et al., 2008), possui uma grande diversidade de hábitos alimentares, e por isso, é indispensável à fragmentação do resíduo vegetal e sua redistribuição, assim como ao controle populacional da maioria dos demais invertebrados. Além disso, dada à grande mobilidade e atividade de escavação que apresentam, contribui diretamente na estruturação do solo (Lima et al., 2010).

A produtividade dos ecossistemas está diretamente relacionada à diversidade da macrofauna edáfica (Brussaard et al., 1997). A ingestão de partículas minerais e a movimentação destas para a criação de estruturas biogênicas alteram as características físicas dos solos onde os organismos vivem, participando da pedogênese, melhoria da porosidade e estrutura, infiltração da água, ciclagem de nutrientes e aumento da produtividade primária (Menezes et al., 2009).

Dentre os invertebrados que vivem no solo, os térmitas ou cupins (Blattodea: Termitidae) possuem cerca de 3.000 espécies (Constantino, 2018) e desempenham papel relevante no estabelecimento e desenvolvimento de plantas e na manutenção da biodiversidade local (Sanders & Van Veen, 2011). Como alteram as características físico-químicas do ambiente através das atividades de forrageamento e construção de túneis e ninhos, bem como pela diversidade de hábitos alimentares, aumentam a produtividade primária, criando ou auxiliando na manutenção de habitats para diversas espécies de microrganismos, plantas e animais e por isso, às vezes, a expressão “engenheiros dos ecossistemas” é usada para designá-los (Jones et al., 1994).

Os benefícios das atividades dos cupins são evidentes nos ambientes naturais, mas também em sistemas agrícolas. São funcionalmente próximos das minhocas, participando da criação de macroporos no solo, aumentando a capacidade de infiltração da água e disponibilidade de nutrientes que podem ser absorvidos pelas plantas. São considerados cada vez mais indispensáveis para a sustentabilidade agrícola em climas áridos, contribuindo em um aumento de até 36% da infiltração da água no solo em alguns agrossistemas (Evans et al., 2011).

Contudo, térmitas são reconhecidamente pragas importantes em numerosos sistemas agrícolas. Na América do Sul, 77 espécies de cupins entram nessa categoria, das quais aproximadamente 69% causam danos exclusivamente em agrossistemas (Constantino, 2002). Porém, esses danos podem ser superestimados (Calderon & Constantino, 2007) e é preciso aumentar esforços no sentido de padronizar a quantificação dos prejuízos (Mitchell, 2002).

Há poucos estudos que apontam os impactos positivos de espécies de cupins não praga, e que, baseados em métodos quantitativos, demonstrem o grau de benefícios da taxocenose de térmitas nesses sistemas. O reconhecimento de que a perda da diversidade taxonômica e funcional compromete o rendimento de qualquer cultivo estimula a adoção de técnicas de controle mais seletivas, como por exemplo, a simples remoção da rainha de colônias de espécies praga reduziu em 48% o uso de pesticidas organofosforados na Etiópia (Wakgari & Getu, 2015), preservando espécies que não causam danos.

Neste ensaio foi abordado comparativamente o papel aparentemente contraditório dos cupins em atividades agrícolas ou silviculturais, com ênfase na monocultura de eucalipto, indicando possíveis entraves para o reconhecimento da taxocenose de térmitas como indispensável à manutenção de processos ecológicos vitais, bem como destacar sua importância na oferta de serviços ecossistêmicos.

#### **4. TÉRMITAS E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS**

Serviços ecossistêmicos podem ser definidos como os benefícios resultantes dos processos ecossistêmicos, que propiciam bem-estar e asseguram a manutenção da vida humana (Daily, 1997; Costanza et al., 1997; Boyd & Banzhaf, 2007). Esses serviços estão atualmente organizados nas categorias provisão, regulação/manutenção e cultural (Haines-Young & Potschin-Young, 2018), os quais são resultados do funcionamento dos ecossistemas, ou seja, da interação entre as espécies e destas com o meio (De Groot et al., 2002).

A biodiversidade têm papel decisivo na oferta, quantidade e diversidade de serviços ecossistêmicos (Worm et al., 2006; Mace et al., 2012) e, considerando que as ações antrópicas levam à extinção massiva de espécies, é relevante compreender quais os impactos da perda de espécies sobre as funções dos ecossistemas (Balvanera et al., 2006; Cardinale et al., 2012). A fauna edáfica é um ator indispensável do funcionamento dos ecossistemas já que participa de

vários processos ecossistêmicos, influenciando nas características químicas, físicas e biológicas de formação e estrutura do solo (Maynard et al., 2015; Delabie et al., 2018).

A macrofauna edáfica, cuja biomassa é composta majoritariamente por formigas, cupins e minhocas (Aquino et al., 2008), possui uma grande diversidade de hábitos alimentares, e por isso, é indispensável à fragmentação do resíduo vegetal e sua redistribuição, assim como ao controle populacional da maioria dos demais invertebrados. Além disso, dada à grande mobilidade e atividade de escavação que apresentam, contribui diretamente à estruturação do solo (Lima et al., 2010).

Os térmitas são os artrópodes de solo mais abundantes em regiões tropicais e, juntamente com as formigas, são numericamente dominantes em áreas de floresta úmidas (Bourguignon et al., 2009), somando cerca de 30% do total da biomassa animal na Amazônia Central (Fittkau & Klinge, 1973). Colônias com milhares de cupins, com densidade de até 10.000 indivíduos/m<sup>2</sup> (Eggleton et al., 1996), revolvem o solo em diversas atividades e são capazes de translocar toneladas de solo por hectare/ano (Bagine, 1984; Kaiser et al., 2017). A redistribuição de partículas do solo está diretamente relacionada à sua composição orgânica e mineral, bem como à capacidade de drenagem (Evans et al., 2011; Anantharaju et al., 2014). Essas atividades aumentam a porosidade do solo, o teor de matéria orgânica, melhorando sua distribuição, facilitando a ventilação, infiltração da água assim como o estabelecimento do sistema radicular das plantas (Kaschuk et al., 2006; Jouquet et al., 2015). De fato, os térmitas exercem relevante papel nos processos pedogênicos e na ciclagem de nutrientes (Jouquet et al., 2004; Jouquet et al., 2016b). As alterações que as atividades realizadas por esses insetos produzem nos ecossistemas influenciam a disponibilidade de recursos para outros organismos, aumentando a heterogeneidade ambiental (Jouquet et al., 2007). Em resumo, participam da manutenção da integridade estrutural e funcional dos ecossistemas terrestres e agrossistemas (Freyman et al., 2008; Viana-Junior et al., 2014).

As atividades da taxocenose de cupins contribuem ao aumento da produtividade primária em ecossistemas áridos (Evans et al., 2011), tais como a caatinga, onde a ocorrência de murundus, formações que resultam de uma atividade contínua e antiga de toda uma população de cupins, é comum (De Souza & Delabie, 2016; Martin et al., 2018). Nas savanas, a ocorrência de cupinzeiros está diretamente relacionada ao aumento da produtividade primária, já que a construção desses promove a concentração de diversos nutrientes do

solo assim como a capacidade de infiltração da água (Jouquet et al., 2002; Pennisi, 2015).

O comportamento construtor, aliado à abundância numérica e o hábito alimentar tornam os cupins responsáveis por grande parte dos processos que vão da decomposição do material vegetal ao fluxo de nutrientes nas florestas tropicais e savanas (Konaté et al., 1999; Bourguignon et al., 2009; Souza et al., 2012). Graças à presença de simbioses no intestino, os térmitas podem assimilar uma grande variedade de material celulósico, participando de diversos ciclos biogeoquímicos (Dahlsjö et al., 2014), inclusive, associados à fixação do nitrogênio atmosférico e liberação do metano pela ação dos simbioses intestinais (Jouquet et al., 2015; Jouquet et al., 2007).

Como se alimentam de madeira em diferentes estágios de composição, são responsáveis de 58-64% da decomposição desse material nas florestas tropicais, tendo significativa participação no ciclo do carbono. Esses insetos são sensíveis às perturbações ambientais, e diante do fato das ações antrópicas estarem associadas às mudanças climáticas (por exemplo, poluição, conversão de florestas em áreas agricultáveis, entre outros), o papel da taxocenose de cupins na decomposição da madeira em ambientes tropicais e, por consequência, a forma com que participam intensamente dos fluxos de carbono, deveriam ser incluídos em modelos globais do ciclo do carbono, o que poderia contribuir a aumentar a precisão de previsões climáticas ao longo prazo (Griffiths et al., 2019).

Os térmitas contribuem ainda com a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, aumentando a resistência dos ecossistemas à seca, isto por que a abundância destes insetos chega a dobrar em períodos secos. Durante a seca, solo de áreas com cupinzeiros ativos possuem maiores taxas de umidade (as construções aumentam a infiltração da água no solo em 36%, diminuindo a perda por evapotranspiração) e de disponibilidade de nutrientes (a decomposição da serrapilheira é 41% maior) de que as de áreas sem cupins (Ashton et al., 2019). Os cupins participam de vários processos ecossistêmicos, como a decomposição de material lignino-celulósico, formação do solo, ciclagem de nutrientes, entre outros. Assim, possuem influência no aumento do crescimento de plantas, da diversidade da flora e fauna. São elementos essenciais à integridade do funcionamento dos ecossistemas e à oferta e à manutenção de serviços ecossistêmicos (Jouquet et al., 2011). Junto com outros engenheiros de ecossistemas, os cupins podem colaborar amenizando os efeitos das mudanças globais de origem antrópica em diversas regiões (Bonachela et al., 2015).

## 5. TAXOCENOSE DE TÉRMITAS EM EUCALIPTAIS

Formigas e cupins têm papéis funcionais tão importantes quanto às minhocas nos agrossistemas (Jouquet et al., 2006; Evans et al., 2011). Afetam significativamente o balanço de nitrogênio e de fósforo do solo (Fall et al., 2001), macronutrientes diretamente relacionados com produtividade primária dos ecossistemas, sendo que as taxas de ciclagem de nitrogênio nas proximidades de cupinzeiros são mais elevadas do que nas áreas adjacentes (Fukuda et al., 2003); em regiões áridas são mesmo consideradas “ilhas de fertilidade” (Sileshi et al., 2010).

Agrossistemas apresentam menos espécies de cupins do que áreas de mata nativa (Junqueira et al., 2008; Almeida et al., 2016), em função, principalmente, da remoção da vegetação nativa, das atividades de preparo do solo para a atividade agrícola e a aplicação de defensivos agrícolas. A conversão de florestas em cultivos reduz a disponibilidade de alimento e locais para nidificação e altera as condições microclimáticas, favorecendo algumas poucas espécies que podem se tornar economicamente danosas (Lavelle et al., 1997; Junqueira et al., 2004; Silva et al., 2015). Na Austrália, onde a maior parte das 600 espécies de eucaliptos é nativa e faz parte das árvores dominantes, a fauna de cupins de eucaliptais é inferior às das florestas nativas do entorno, e essa redução da biodiversidade pode levar à superpopulação de algumas espécies que se tornam pragas. Há registros de perdas de 25% da produção de madeira, sendo *Coptotermes* sp. a principal espécie praga em plantios comerciais adultos na Austrália (Ewart, 1991).

Poucas espécies de Termitoidea, porém, são destacadas pelo seu potencial como praga, causando danos severos em diversos sistemas (Constantino, 2002; Junqueira et al., 2004; Junqueira et al. 2008; Jasmi & Ahmad, 2011). Cupins estão entre os principais causadores de danos em sistemas agroflorestais no mundo, atacando várias partes da planta, podendo até mesmo comprometer todo um plantio (Manzoor et al., 2010). O ataque por térmitas é considerado um dos principais fatores limitantes para o sucesso da implantação do eucalipto em regiões tropicais (Nair, 2007). Desde sua implantação no Brasil, há registros de danos por cupins: em apenas dois anos, a Cia. Paulista de Guarani perdeu cerca de 20.000 árvores (Andrade, 1911) e, entre 1908 e 1942, o ataque por esses insetos foi responsável pela perda de 70% dos eucaliptos jovens da Companhia (Fonseca, 1949).

Embora possuam distribuição agregada, os danos que os térmitas causam são severos. Em plantios comerciais, o limite de mortalidade aceitável está na faixa de 2 a 5%; acima disso, o replantio tem custo elevado (Wilcken e Raetano, 1995). Em um hectare de plantio de eucaliptos de seis anos, estima-se a produtividade de eucaliptais em 240m<sup>3</sup> de madeira. Caso o ataque atinja 20% de um hectare, a perda corresponde a 48 m<sup>3</sup> de madeira, o equivalente a 333 árvores (Wilcken e Raetano, 1998).

Há basicamente dois grupos de cupins-praga em eucaliptais: cupins de mudas e cupins de cerne (Wilcken et al., 2002). O ataque dos térmitas às mudas pode iniciar poucos dias depois do plantio até dois anos de implantação no campo. O ataque aos eucaliptos por cupins é comumente registrado nos primeiros anos do plantio no campo (Wilcken e Raetano, 1998), e mudas recém-plantadas (4-9 meses) são particularmente suscetíveis a ataques com mortalidades que variam entre 10 e 80% na Índia (Nair & Varma, 1985) e em Uganda (Brown, 1965), chegando a 90% na Etiópia (Cowie & Wood, 1989), aproximando-se ocasionalmente de 100% em algumas áreas na África do Sul (Mitchell, 2002). Há registros de danos significativos também em outros eucaliptais africanos, com perda na ordem de 50-80% (Wardell, 1987), assim como na Índia, com perda de 4-80% (Nair & Varma, 1985). No Brasil, o ataque por *Cornitermes* sp. provocou danos em 18% das mudas de *Eucalyptus grandis* (Wilcken e Raetano, 1995).

Térmitas que atacam plantas novas com até um ano de idade estão entre as mais temidas pragas de mudas de eucalipto em regiões tropicais e subtropicais (Wilcken et al., 2002). Causam a destruição do sistema radicular e o anelamento do caule, que podem levar à morte das mudas. Mesmo quando não provocam a mortalidade das mudas, têm efeito significativo na redução e no atraso do desenvolvimento das plantas jovens, aumentando a susceptibilidade destas à outras pragas, podendo futuramente comprometer o rendimento do plantio (Leitão-Lima et al., 2013).

Um dos meios mais utilizados para evitar os danos diretos e indiretos causados pelos cupins de mudas é a prevenção: aplicação de cupinicida com efeito residual longo (Wilcken et al., 2002) na parte subterrânea das mudas antes da implantação destas no campo para estabelecer uma barreira protetora, impedindo que os cupins acessem as raízes das mudas (Resende et al., 1993), especialmente em áreas com histórico de infestação por esses insetos (Antunes et al., 2016). O tipo de manejo da área de cultivo também pode estar relacionado ao ataque por cupins: áreas onde não é realizada limpeza antes da implantação das mudas

(cultivo mínimo) são menos propensas ao ataque. Isso é por que reduz a atratividade das mudas como fonte de água e alimento. Há ainda a possibilidade de controle biológico, onde a utilização de entomopatógenos –fungos (Neves & Alves, 2000), bactérias (Wilcken e Raetano, 1995) e nematódeos (Rosa et al., 2008) - vem sendo testada.

Os danos em árvores adultas também são extensamente descritos na literatura (Nair, 2007). Térmitas que atacam árvores com dois ou mais anos de idade penetram pelas raízes e abrem túneis dentro do tronco, deixando as árvores ocas após destruir o cerne (Zanetti et al., 2005). Uma das principais espécies de cupim de cerne que provocam esse tipo de dano é *Coptotermes testaceus* (Linnaeus, 1758) (Wilcken et al., 2002). A detecção do problema, em geral, se dá tardiamente no momento do corte, quando já não há mais nenhuma medida mitigadora a ser tomada. Causam ainda danos secundários que podem facilitar a infecção por fungos patogênicos, tais como o cancro (*Cryphonectria cubensis* (Bruner) Hodges, Ascomycetes), que podem ser letais para a planta.

Em Kerala, na Índia, menos de 30% das espécies de cupins encontradas por Nair & Varma (1985) e por Varma & Swaran (2007) eram consideradas causadoras de danos em eucaliptais. No Brasil, Calderon & Constantino (2007) examinaram 1.600 plantas de eucaliptos na Fazenda São Miguel, localizada no município Buritis (MG) e constataram que apenas três dessas árvores (0,2%) mostravam danos no cerne causado por *Coptotermes* sp.. Apesar de 21% das espécies de térmitas encontrados durante o estudo ser relatadas na literatura como pragas, os autores chegaram à conclusão que esses insetos não constituem um problema significativo na região estudada.

## **5.1 Possíveis entraves para o reconhecimento do papel benéfico da taxocenose de térmitas em plantios de eucaliptos**

### **5.1.1 Aspectos inerentes ao cultivo**

A conversão de áreas naturais em monoculturas tem grande impacto sobre a estrutura das comunidades, de modo geral, diminuindo a diversidade taxonômica e funcional. No entanto, vários fatores podem afetar a taxocenose de cupins. A variedade ou a espécie de planta cultivada, por exemplo, pode estar relacionada a uma maior susceptibilidade ao ataque (Zanetti et al., 2005); o tipo de solo, onde solos arenosos podem estar relacionados à maior intensidade de ataque



de cupins em plantios de eucaliptos (Moraes et al., 2002). O tipo de irrigação também pode alterar a riqueza específica da taxocenose de cupins, e plantios que adotam o gotejamento apresentam maior número de espécies, já que a precipitação e a umidade relativa do ar podem ter influência sobre os térmitas (Silva et al., 2015).

O tipo de manejo do plantio é outro aspecto a ser considerado. A simplificação do ambiente imposta pela implantação da monocultura está diretamente relacionada aos danos causados por cupins, já que há menor diversidade de recursos alimentares. Assim, existem plantios onde há esforços para minimizar o impacto da substituição da cobertura vegetal, como, por exemplo, a prática de cultivo mínimo, onde os resíduos da colheita são deixados no campo, cobrindo o solo diminuem a incidência de ataque às mudas, já que estas deixam menos atrativas como fonte de alimento e umidade (Antunes et al., 2016). Isso garante a manutenção de uma taxocenose de cupins funcionalmente mais diversa, o que implica em benefícios para o plantio, reconhecendo assim o papel dos cupins no aumento da produtividade (Junqueira & Florêncio, 2018).

Sekamatte et al. (2003) observaram que plantios de milho em consórcio com leguminosas apresentavam menores índices de danos por cupins e maior rendimento dos grãos de milho. Outro fator que também pode afetar a riqueza e abundância da comunidade de térmitas é o tipo de uso do solo (grau de perturbação). Há um decréscimo do número de espécies à medida que aumenta o grau de perturbação da área (Jones et al., 2003).

A influência da idade do cultivo na estrutura da taxocenose de cupins é pouco destacada na literatura. Plantios mais velhos tendem a apresentar um maior número de espécies e frequência elevada de espécies humívoras do que em áreas plantadas mais recentemente, já que quanto maior o tempo de implantação, maior a quantidade e diversidade de recursos alimentares e habitats (Gonçalves e Oliveira, 2006; Junqueira et al., 2009). Em eucaliptais, as plantas se tornam menos susceptíveis a partir de dois anos de idade (Debelo & Degaga, 2017). Contudo, há poucos estudos que investiguem como e quais fatores influenciam sinergicamente a dinâmica das comunidades de térmitas durante o ciclo de produção do eucalipto.

A riqueza da taxocenose de cupins de uma área perturbada pode ainda ser influenciada pela proximidade ou não de áreas de vegetação nativa, já que estas poderiam funcionar como fontes de reprodutores alados capazes de colonizar, se estabelecer e mesmo modificar o ambiente, auxiliando a sua restauração (Eggleton et al., 1996; Couto et al., 2019). Em eucaliptais, um estudo

mostrou que a composição específica era diferente na comparação entre a borda e o interior dos talhões, enquanto a riqueza era aproximadamente a mesma (Almeida et al., 2016).

### **5.1.2 Ausência de estudos que quantificam os serviços da taxocenose de térmitas em plantios de eucaliptos**

Há poucos estudos que quantifiquem a contribuição dos cupins na decomposição de material celulósico, aumento das taxas de infiltração de água, de translocação de partículas de solo atributos físico-químicos em vegetação nativa e disponibilidade de nutrientes (Bagine, 1984; Mando et al., 1996; Léonard & Rajot, 2001; Jouquet et al., 2007; Dawes, 2010; Evans et al. 2011; Dosso & Kone, 2016, Kaiser et al. 2017). Existe uma tendência de padronizar metodologias voltadas à quantificação de serviços ecossistêmicos, o que pode ser um estímulo à realização de estudos voltados à determinação do papel da taxocenose de térmitas no rendimento de agrossistemas.

Experimentos que avaliem a contribuição da taxocenose de cupins para o aumento da produtividade primária dos agrossistemas e seu impacto positivo na recuperação da estrutura e qualidade do solo nesses sistemas (Mando & Miedema, 1997; Jouquet et al., 2014) iriam justificar uma posição de destaque em programas de monitoramento para os agrossistemas florestais, incentivando a adoção de métodos não-químicos. Isso pode levar a uma diminuição significativa dos danos e custos de controle (Wilcken et al., 2002; Calderon & Constantino, 2007).

### **5.1.3 Ausência de estudos que considerem a sinergia dos processos ambientais**

A ocorrência de danos causados por térmitas em agrossistemas dificilmente leva em consideração que existe atuação conjunta de vários fatores biológicos e ambientais na determinação da incidência dos ataques por esses insetos. Os ataques podem ter picos em períodos de seca, e a perda de vigor causada pelo estresse hídrico aumenta a probabilidade de morte de plantas que, em condições ambientais mais favoráveis, sobreviveriam (Nair & Varma, 1985). O ataque por cupins em plantios de eucalipto, por exemplo, pode ainda ser mais intenso em função da espécie de eucalipto cultivada e do tipo de solo (Moraes et al., 2002);

Desta forma, ao detectar a presença de termitas em mudas mortas, a causa da morte pode ser imediatamente associada unicamente ao ataque por esses insetos. Portanto, em muitos casos, há dificuldade em definir de forma clara se o ataque de cupins ocorreu antes ou depois da morte das mudas, e se essa foi a causa primária ou teve esse impacto ampliado por uma condição preexistente (Nair & Varma, 1985). Desta forma, muitos danos atribuídos a cupins em plantios de eucaliptos podem ser superestimados, o que leva a recomendar tratos culturais desnecessários.

## **5.2 Por que é importante reconhecer os benefícios de uma comunidade de térmitas diversificada em plantio de eucaliptos**

As atividades humanas estão modificando as paisagens numa velocidade maior do que os ambientes naturais conseguem se recuperar. A demanda por recursos naturais altera de forma tão profunda o ambiente que, em função da perda da biodiversidade e de ambientes naturais, muitos dos serviços ambientais serão limitados ou até perdidos antes mesmo que se compreendam os processos que os direcionam.

Considerando o potencial dos cupins como grupo-chave para a oferta de diversos serviços ecossistêmicos (Jouquet et al., 2011), é relevante compreender quais benefícios esse grupo de organismos traz aos agrossistemas e quais fatores afetam suas populações, a fim de se estabelecer práticas de manejo das plantações que assegurem a oferta contínua dos serviços ecossistêmicos desempenhados por estes (Berti Filho e Fontes, 1995; Kaiser et al., 2017).

Logo, avaliar a taxocenose e grupos funcionais permite conhecer qual recurso alimentar prevalece no sistema, como os diferentes organismos respondem às variáveis ambientais e como os agrossistemas podem afetar a diversidade, em especial, da taxocenose de cupins. O conhecimento sobre o papel das áreas de matas nativas próximas aos plantios também pode incentivar a manutenção e ampliação de áreas com vegetação nativa, permitindo a recolonização constante dos talhões por reprodutores alados de espécies de cupins já presentes no ambiente ou não, assegurando assim a oferta de um maior número de serviços ecossistêmicos pela taxocenose de cupins.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos que buscam compreender fatores que afetam a taxocenose de cupins como ocorrência, distribuição espacial, abundância, riqueza, equitabilidade e interações ecológicas, são fundamentais para informar sobre o quanto os térmitas podem interferir na estrutura e evolução dos ecossistemas (Junqueira et al., 2004). É necessário que essa ideia seja desenvolvida especialmente no Brasil, já que a maioria dos estudos sobre contribuição da taxocenose de cupins na oferta de serviços ecossistêmicos aborda a fauna africana (Jouquet et al., 2016a). Além disso, um importante entrave para o reconhecimento dos cupins como auxiliares em eucaliptais – não desconsiderando os prejuízos causados por algumas poucas espécies – é a escassez de estudos que adotam uma metodologia que avalia de forma quantitativa os serviços ecossistêmicos prestados por esses organismos.

Contudo, a realização de experimentos que comprovem que uma taxocenose mais diversa de térmitas está relacionada a um ambiente com uma maior produtividade primária pode ser o estímulo para a adoção (ou ampliação) de técnicas *ecofriendly*. Esses experimentos podem ainda elucidar de que forma as mudanças nos ambientes provocadas por ações antrópicas podem levar à extinção de espécies indispensáveis à manutenção dos processos ecossistêmicos ou à invasão por outras espécies, capazes de se instalar no agrossistema e proliferar. Essas últimas se tornam boas candidatas a se tornar pragas do cultivo, uma vez que podem se aproveitar da simplificação das cadeias tróficas impostas pela monocultura (Wilcken et. al., 2002).

Os princípios do manejo de um cultivo de eucaliptos o mais conservacionista possível poderiam ser baseados em cinco propostas:

- 1) respeitar ao máximo a diversidade de térmitas já naturalmente ocorrendo nas áreas vizinhas do plantio, seja através da manutenção de zonas de mata nativa, capoeiras ou até margens com vegetação secundária em contato com os talhões de eucaliptos, de forma a permitir a colonização por uma diversidade maior de cupins;
- 2) em caso de replantio após um ciclo completo de plantação, conservar a sobra de vegetação viva ou morta no chão, minimizar a aplicação de inseticidas e outros insumos susceptíveis de alterar a diversidade dos térmitas residentes;
- 3) quando possível, utilizar mudas com aplicação preventiva de inseticidas ou repelentes (vale para formigas cortadeiras também, entre as principais pragas

dos eucaliptais), isso a fim de evitar o ataque por certas espécies de *Syntermes* ou outras espécies eventualmente desfolhadoras;

4) fazer o controle preventivo das espécies de *Syntermes* que constroem montículos e presentes nas áreas, lembrando que não são todas as espécies de *Syntermes* que fazem essas construções, algumas são completamente subterrâneas.

5) manter o controle constante de espécies exóticas eventualmente presentes nos talhões com os meios apropriados e disponíveis, tal como *Coptotermes* sp., térmita que ataca os tecidos vivos dos eucaliptos e que constitui certamente a parte mais delicada do manejo de uma plantação.

Enfim, o estudo do comportamento das comunidades edáficas frente a desequilíbrios pode se tornar uma ferramenta fundamental no que diz respeito às práticas conservacionistas, tanto no auxílio à fiscalização e monitoramento de áreas de preservação, incentivo à preservação de áreas nativas e ampliação das reservas já existentes. Estes estudos podem ainda contribuir na detecção de áreas prioritárias para a conservação, auxiliando à compreensão sobre a importância da manutenção das condições originais dos ecossistemas remanescentes, sugerindo assim estratégias adequadas de conservação dos ecossistemas (Davies et al., 2003).

## 7. AGRADECIMENTOS

A primeira autora (MJDS) agradece a Copener pelas facilizações oferecidas para conhecer mais sobre os térmitas que vivem em eucaliptais, assim como à CAPES pela sua bolsa de estudo. JHCD agradece o CNPq pela sua bolsa de Produtividade em Pesquisa.

## 8. LITERATURA CITADA

ALMEIDA, C. S. et al. 2016. The impact of edge effect on termite community (Blattodea: Isoptera) in fragments of Brazilian Atlantic Rainforest. *Brazilian Journal of Biology*, 77(3):19-526.

- ANTUNES, L. R. et al. 2016. Derrogação para uso de Fipronil em florestas certificadas FSC® no Brasil 2016. Documentos Técnicos IPEF, 3(3):1-23.
- ANANTHARAJU, T. et al. 2014. Sampling and identification of termites in Northeastern Puducherry. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2(3):225-230.
- ANDRADE, E. N. 1911. Manual do plantador de eucaliptos. São Paulo: Typographia Brazil de Rothschild. 343 p.
- AQUINO, A. M. et al. 2008. Populações de minhocas em sistemas agroflorestais com café convencional e orgânico. *Ciência e Agrotecnologia*, 32(4):184-1188.
- ASHTON, L. A. et al. 2019. Termites mitigate the effects of drought in tropical rainforest. *Science*, 363(6423):174-177.
- BAGINE, R. K. 1984. Soil translocation by termites of the genus *Odontotermes* (Holmgren) (Isoptera: Macrotermitinae) in an arid area of Northern Kenya. *Oecologia*, 64(2): 263-266.
- BALVANERA, P. et al. 2006. Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology letters*, 9(10):146-1156.
- BERTI FILHO, E. ; FONTES, L. R. 1995. Alguns aspectos atuais da biologia e controle de cupins. Piracicaba: FEALQ. 183 p.
- BONACHELA, J. A. et al. 2015. Termite mounds can increase the robustness of dryland ecosystems to climatic change. *Science*, 347(6222):651-655.
- BOURGUIGNON, T. et al. 2009. Insights into the termite assemblage of a Neotropical rainforest from the spatio-temporal distribution of flying alates. *Insect Conservation and Diversity*, 2(3):153-62.
- BOYD, J. ; BANZHAF, S. 2007. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological economics*, 63(2-3): 616-626.
- BROWN, K. W. 1965. Termite control research in Uganda (with special reference to the control of attacks in *Eucalyptus* plantations). *East African Agricultural and Forestry Journal*, 31(2):218-223.
- BRUSSAARD, L. 1997. Biodiversity and ecosystem functioning in soil. *Ambio*, 26(8):563-570.
- CALDERON, R. A.; CONSTANTINO, R. 2007. A survey of the termite fauna (Isoptera) of an eucalypt plantation in Central Brazil. *Neotropical Entomology*, 36(3): 391-395.
- CARDINALE, B. J. et al. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486(7401):59-67.

Cupins (blattodea: termitoidae) em cultivos de eucaliptos

- CONSTANTINO, R. 2002. The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. *Journal of Applied Entomology*, 126(7/8):355-365.
- CONSTANTINO, R. 2018. On-line Termite Database. <http://www.unb.br/ib/zoo/docente/constant/catal/catnew.html>. (Acesso em: 25 jan 2019)
- COSTANZA, R. et al. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630):253-260.
- COUTO, A. A. V. de O. et al. 2019. Sharing of termites (Blattodea: Isoptera) between sugarcane matrices and Atlantic Forest fragments in Northeast Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 63(2):108-111.
- COWIE, R. H. ; WOOD, T. G. 1989. Damage to crops, forestry and rangeland by fungus-growing termites (Termitidae: Macrotermitinae) in Ethiopia. *Sociobiology*, 15(2): 139-153.
- DAHLSJÖ, C. A. et al. 2014. First comparison of quantitative estimates of termite biomass and abundance reveals strong intercontinental differences. *Journal of Tropical Ecology*, 30(2):143-152.
- DAILY, G. C. 1997. *Nature's services*. Island Press, Washington, DC.
- DAVIES, R. G. et al. 2003. Evolution of termite functional diversity: analysis and synthesis of local ecological and regional influences on local species richness. *Journal of Biogeography*, 30(6):847-877.
- DAWES, T. Z. 2010. Impacts of habitat disturbance on termites and soil water storage in a tropical Australian savanna. *Pedobiologia*, 53(4):241-246.
- DE GROOT, R. S. et al. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological economics*, 41(3):393-408.
- DE SOUZA, H. J.; DELABIE, J. H. C. 2016. 'Murundus' structures in the semi-arid region of Brazil: testing their geographical congruence with mound-building termites (Blattodea: Termitoidea: Termitidae). In: *Annales de la Société Entomologique de France (NS)*. p.369-385.
- DEBELO, D. G. & DEGAGA, E. G. 2017. Study on termite damage to different species of tree seedlings in the Central Rift Valley of Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*, 12(3):161-168.
- DELABIE, J. H. C. et al. 2018. Fauna fóssil e da serapilheira associada ao cultivo do cacau no Sudeste da Bahia, pp. 255-304. In: J.O. Souza Jr. (Org.), *Cacau: Cultivo, Pesquisa e Inovação*, Editus, Ilhéus –BA, Brasil, 558 p. ISBN 978-85-7455-484-6.

- DOSSO, K.; KONE, F. 2016. Influence de l'activité des termites sur les propriétés du sol dans la région de Lamto (Côte d'Ivoire): mesure de la vitesse d'infiltration de l'eau et de la quantité de matière organique en conditions expérimentales. *Journal of Applied Biosciences*, 105(1):0203-10214.
- EGGLETON, P. et al. 1996. The diversity, abundance and biomass of termites under differing levels of disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, southern Cameroon. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 351(1335):51-68.
- EVANS, T. A. et al. 2011. Ants and termites increase crop yield in a dry climate. *Nature Communications*, 2:262.
- EWART, D. M. 1991. Termites and forest management in Australia - 1. on Current Research on Wood-Destroying Organisms and Future Prospects for Protecting Wood in Use, 10-14.
- FALL, S. et al. 2001. Comparative distribution of organic matter in particle and aggregate size fractions in the mounds of termites with different feeding habits in Senegal: *Cubitermes niokoloensis* and *Macrotermes bellicosus*. *Applied Soil Ecology*, 17(2):131-140.
- FITTKAU, E. J.; KLINGE, H. 1973. On biomass and trophic structure of the Central Amazonian rain forest ecosystem. *Biotropica*, 5(1):2-14.
- FONSECA, J. P. 1949. Experiências de combate químico a cupins subterrâneos no Horto Floresta de Guaraní. *Arquivos do Instituto Biológico*, 19:57-88.
- FREYMANN, B. P. et al. 2008. The importance of termites (Isoptera) for the recycling of herbivore dung in tropical ecosystems: a review. *European Journal of Entomology*, 105(2,):165-173.
- FUKUDA, E. et al. 2003. Effects of mounds of a termite *Cornitermes cumulans* on grass production and behavior of grazing cattle in semitropical grasslands in Brazil. *Grassland Science*, 49:24-25.
- GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S. 2006. Resistência ao ataque de cupim-de-madeira seca (*Cryptotermes brevis*) em seis espécies florestais. *Cerne*, 12(1):80-83.
- GRIFFITHS, H. M. et al. 2019. Termites can decompose more than half of deadwood in tropical rainforest. *Current Biology*, 29(4):118-119.
- HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN-YOUNG, M. 2018. Revision of the common international classification for ecosystem services (CICES V5. 1): a policy brief. *One Ecosystem*, 3: e27108.



Cupins (blattodea: termitoidae) em cultivos de eucaliptos

- JASMI, A. H.; AHMAD, A. H. 2011. Termite incidence on an *Araucaria* plantation forest in Teluk Bahang, Penang. *Insects*, 2(4):469-474.
- JONES, C. G. et al. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Ecosystem Management*, 69: 130-147.
- JONES, D. T. et al. 2003. Termite assemblage collapse along a land-use intensification gradient in lowland Central Sumatra, Indonesia. *Journal of Applied Ecology*, 40(2): 380-391.
- JOUQUET, P. et al. 2002. Termite soil preferences and particle selections: strategies related to ecological requirements. *Insectes Sociaux*, 49(1):1-7.
- JOUQUET, P. et al. 2004. The soil structural stability of termite nests: role of clays in *Macrotermes bellicosus* (Isoptera, Macrotermitinae) mound soils. *European Journal of Soil Biology*, 40(1):23-29.
- JOUQUET, P. et al. 2006. Soil invertebrates as ecosystem engineers: intended and accidental effects on soil and feedback loops. *Applied Soil Ecology*, 32(2), 153-164.
- JOUQUET, P. et al. 2007. Role of the fungus-growing termite *Pseudacanthotermes spiniger* (Isoptera, Macrotermitinae) in the dynamic of clay and soil organic matter content. An experimental analysis. *Geoderma*, 139(1):127-133.
- JOUQUET, P. et al. 2011. Influence of termites on ecosystem functioning. Ecosystem services provided by termites. *European Journal of Soil Biology*, 47(4):215-222.
- JOUQUET, P. et al. 2014. Utilization of earthworms and termites for the restoration of ecosystem functioning. *Applied Soil Ecology*, 73:34-40.
- JOUQUET, P. et al. 2015. Influence of soil type on the properties of termite mound nests in Southern India. *Applied Soil Ecology*, 96:282-287.
- JOUQUET, P. et al. 2016a. Abundance and impact on soil properties of cathedral and lenticular termite mounds in Southern Indian woodlands, *Ecosystems*, 20(4):769-780.
- JOUQUET, P. et al. 2016b. Termites: the neglected soil engineers of tropical soils. *Soil Science*, 181(3/4):157-165.
- JUNQUEIRA, L. K. et al. 2004. Seasonal species richness of termite in an *Eucalyptus* plantation in Anhembi, state of São Paulo, Brazil. *Acta Biologica Leopoldensia*, 26(2): 241-248.
- JUNQUEIRA, L. K. et al. 2008. Térmitas em florestas implantadas de eucalipto e remanescentes florestais: uma abordagem ecológica. *Bioikos*, 22(1):3-14.

- JUNQUEIRA, L. K. et al. 2009. Termite (Isoptera) diversity in *Eucalyptus*-growth areas and in forest fragments. *Sociobiology*, 53(3):805-828.
- JUNQUEIRA, L. K.; FLORÊNCIO, D. F. 2018. Termite damage in agriculture areas and implanted forests: an ecological approach. *Termites and Sustainable Management*. pp.37-50. DOI:10.1007/978-3-68726-1-2
- KAISER, D. et al. 2017. Ecosystem services of termites (Blattoidea: Termitoidea) in the traditional soil restoration and cropping system Zaï in northern Burkina Faso (West Africa). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 236:198-211.
- KASCHUK, G. et al. 2006. Termite activity in relation to natural grassland soil attributes. *Scientia Agricola*, 63(6):583-588.
- KONATÉ, S. et al. 1999. Influence of large termitaria on soil characteristics, soil water regime, and tree leaf shedding pattern in a West African savanna. *Plant and Soil*, 206(1):47-60.
- LAVELLE, P. et al. 1997. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology*, 33(4):159-193.
- LEITÃO-LIMA, P. da S. et al. 2013. Danos de *Cornitermes cumulans* Kollar, 1832 (Isoptera: Termitidae) em mudas de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*. *Brazilian Journal of Agriculture-Revista de Agricultura*, 88(2):152-161.
- LÉONARD, J.; RAJOT, J. L. 2001. Influence of termites on runoff and infiltration: quantification and analysis. *Geoderma*, 104(1):17-40.
- LIMA, S. S. et al. 2010. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(3):322-331.
- MACE, G. M. et al. 2012. Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. *Trends in Ecology & Evolution*, 27(1):19-26.
- MANDO, A. et al. 1996. Effects of termites on infiltration into crusted soil. *Geoderma*, 74(1-2):107-113.
- MANDO, A.; MIEDEMA, R. 1997. Termite-induced change in soil structure after mulching degraded (crusted) soil in the Sahel. *Applied Soil Ecology*, 6(3):241-249.
- MANZOOR, F. et al. 2010. Survey of termites in forests of Punjab: Pakistan. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 4(11):790-796.
- MARTIN, S. J. et al. 2018. A vast 4,000-year-old spatial pattern of termite mounds. *Current Biology*, 28(22): R1292-R1293.

Cupins (blattodea: termitoidae) em cultivos de eucaliptos

- MAYNARD, D. S. et al. 2015. Temperate forest termites: ecology, biogeography, and ecosystem impacts. *Ecological Entomology*, 40(3):199-210.
- MENEZES, C. E. G. et al. 2009. Macrofauna edáfica em estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual e pastagem mista em Pinheiral (RJ). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(6):1647-1656.
- MITCHELL, J. D. (2002). Termites as pests of crops, forestry, rangeland and structures in southern Africa and their control. *Sociobiology*, 40(1):47-69.
- MORAES, J. C. et al. 2002. Effect of Eucalyptus species and soil type on infestation levels of heartwood termites (Insecta: Isoptera) in reforested areas of Brazil. *Sociobiology*, 39(1):145-153.
- NAIR, K. S. 2007. Tropical forest insect pests: ecology, impact, and management. Cambridge University Press, 424p.
- NAIR, K. S. S.; VARMA, R. V. 1985. Some ecological aspects of the termite problem in young eucalypt plantations in Kerala, India. *Forest Ecology and Management*, 12(3-4):287-303.
- NEVES, P. J.; ALVES, S. B. 2000. Selection of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. strains for control of *Cornitermes cumulans* (Kollar). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, 43(4):2000.
- PENNISI, E. 2015. Africa's soil engineers: Termites. *Science*, 347(6222):596-597.
- RESENDE, V. F. et al. 1993. Avaliação do carbossulfan, em liberação controlada, para proteção de mudas de eucalipto contra cupins de solo. *Revista Arvore*, 7:10-15.
- ROSA, J. M. O. et al. 2008. Patogenicidade de *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) ao cupim de montículo *Cornitermes cumulans* (Isoptera: Termitidae). *Nematologia Brasileira*, Piracicaba, 32(4):260-269.
- SANDERS, D.; VAN VEEN, F. J. 2011. Ecosystem engineering and predation: the multi-trophic impact of two ant species. *Journal of Animal Ecology*, 80(3):569-576.
- SEKAMATTE, B. M. et al. 2003. Effects of maize-legume intercropping on termite damage to maize, activity of predatory ants and maize yields in Uganda. *Crop Protection*, 22(1):87-93.
- SILESHI, G. W. et al. 2010. Termite induced heterogeneity in African savanna vegetation: mechanisms and patterns. *Journal of vegetation science*, 21(5):923-937.
- SILVA, A. P. T. et al. 2015. Espécies de cupins (Isoptera) em cultura de eucalipto sob diferentes sistemas de manejo de irrigação, em região de transição cerrado-pantanal de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Revista Árvore*, 39(1):137-146.

- SOUZA, H. B. D. A. et al. 2012. Termite assemblages in five semideciduous Atlantic Forest fragments in the northern coastland limit of the biome. *Revista Brasileira de Entomologia*, 56(1):67-72.
- VARMA, R. V.; SWARAN, P. R. 2007. Diversity of termites in a young eucalypt plantation in the tropical forests of Kerala, India. *International Journal of Tropical Insect Science*, 27(2):95-101.
- VIANA-JUNIOR, A. B., et al. 2014. Termite assemblages in dry tropical forests of Northeastern Brazil: Are termites bioindicators of environmental disturbances?. *Sociobiology*, 61(3):324-331.
- WAKGARI, M.; GETU, E. 2015. Effect of integration of cultural, botanical, and chemical methods of mound treatment on termites (*Macrotermes subhyalinus* Rambur) colonies in Ghimbi District of Western Ethiopia. *East African Journal of Sciences*, 9(1):41-48.
- WARDELL, D. 1987. Control of termites in nurseries and young plantations in Africa: established practices and alternative courses of action. *Commonwealth Forestry Review*, 66(1):77-89.
- WILCKEN, C. F. et al. 2002. Termite pests in *Eucalyptus* forests of Brazil. *Sociobiology*, 40(1): 179-190.
- WILCKEN, C. F.; RAETANO, C. G. 1995. Controle de cupins em florestas. In: Berti Filho, E.; Fontes, L. R. (ed.) *Alguns aspectos atuais da biologia e controle de cupins*. Piracicaba: FEALQ. pp. 141-154.
- WILCKEN, C. F. ; RAETANO, C. G. 1998. Atualidades no controle de cupins em florestas de eucalipto. In: E.; Fontes, L. R. Berti Filho, (ed.) *Cupins: o desafio do conhecimento*. Piracicaba, SP, FEALQ. pp.173-185.
- WORM, B. et al. 2006. Impacts of Biodiversity Loss on Ocean Ecosystem Services. *Science*, 314(5800):787–790.
- ZANETTI, R. et al. 2005. Estimation of wood volume losses by heartwood termites (Insecta: Isoptera) in *Eucalyptus* plantations in the State of Minas Gerais, Brazil. *Sociobiology*, 45(3):75-83.





