

LÍRIO COSME JÚNIOR

PREFERÊNCIAS E COLONIZAÇÃO DE MADEIRA SECA POR CUPINS
Cryptotermes brevis

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS-BRASIL

2015

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

C834p
2015 Cosme Júnior, Lírio, 1987-
Preferências e colonização de madeira seca por cupins
Cryptotermes brevis / Lírio Cosme Júnior. – Viçosa, MG, 2015.
vi, 34f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Raul Narciso Carvalho Guedes.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. *Cryptotermes brevis*. 2. Térmita - Desenvolvimento.
3. Térmita - Alimentação. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Entomologia. Programa de Pós-graduação em
Entomologia. II. Título.

CDD 22. ed. 595.736

LÍRIO COSME JÚNIOR

PREFERÊNCIAS E COLONIZAÇÃO DE MADEIRA SECA POR CUPINS
Cryptotermes brevis

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADO: 08 de Maio de 2015.

Mateus Ribeiro de Campos

Terezinha M. Castro Della Lucia

Marcelo Mendes de Haro
(Coorientador)

Nelsa Maria Pinho Guedes
(Coorientadora)

Raul Narciso Carvalho Guedes
(Orientador)

Ao meu pai Lírío Cosme Pinto Gomes a minha mãe Adalfe Alves dos Santos
Gomes aos meus irmãos Hiran Alves Gomes e Lorena Alves Gomes ofereço.
Aos pesquisadores do futuro dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

A universidade Federal de Viçosa (UFV) pela estrutura física concedida para a realização do mesmo; as agências financiadoras de pesquisa: CAPES, CNPq e FAPEMIG; ao Departamento de Entomologia ao Núcleo de Microscopia e Microanálise do Centro de Ciências Biológicas, ao laboratório de propriedades físicas da madeira e ao professor Constantino pela identificação.

Agradeço aos meus professores de toda a vida, pois sem eles nunca teria chegado aonde cheguei; um especial agradecimento à professora Conceição Aparecida dos Santos, pelo incentivo. Ao professor Raul Narciso Carvalho Guedes que me orientou nessa jornada de 2 anos de maneira incrível, sempre com disposição e tempo para uma conversa em seu gabinete; ao professor Ricardo Marius Della Lúcia pela ajuda paciente e divertida, nunca esquecerei da frase que ele me disse no primeiro dia de orientação quando começamos a trabalhar juntos: *”a ciência pode ser chata para capeta, então, devemos descobrir um jeito de fazê-la divertida todos os dias”*.

Quero ainda agradecer ao “Team Raul”, um salve: Raul!; Raul!;Raul!; Lalalala!. Mas claro que me refiro a vocês amigos de Laboratório, que aguentaram as pancadas que tive de dar nas madeiras e esse meu jeito de viver às vezes debochado, às vezes brincalhão, às vezes raivoso. Então muito obrigado; Nelsa, Conrado, Kleber, Lucas, Daiane, Milaine, Gislaine, Marcelo, Matheus Chediak, Roberta, Mateus Campos, Alice, Hudson, Juliana, Lisbet, Laura, Mayra, Cleiton, Vinicius, Diego, Léo, Samir, Leila e aos novos membros. Espero que realizem os seus desejos e tenham sucesso em tudo que escolherem fazer.

Agradeço também aos meus colegas de república, pois no fim do dia são vocês que eu encontro para, conversar, rir ou tomar uma cerveja: Adriano, Rômulo, Gustavo, Rafael, Ícaro, Wenderson.

Por fim, agradeço a toda minha família, mesmo sem ser perfeita, é o que faz com que seja tão divertida essa breve passagem por esse pálido pontinho azul que é a Terra. Agradeço também aos Cavaleiros do Zodíaco por terem sido exibidos na TV na década de 90, o que ajudou a formar meu caráter de tal maneira que eu nunca desistisse de algo realmente importante.

Obrigado!

ÍNDICE

Dedicatória.....	ii
Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
1.Revisão de literatura	01
1.2.Termites: da origem a insetos pragas.....	01
1.3.Mandíbula: meios para defesa e alimentação.....	03
1.4.Propriedades da madeira e seus usos.....	04
2.Introdução.....	07
3.Material e Métodos.....	08
3.1.Coleta, manutenção criação e colonização em laboratório.....	08
3.2.Testes de preferência alimentar.....	10
3.2.1.Teste sem chance de escolha.....	10
3.2.2.Teste com chance de escolha.....	11
3.3.Avaliação do desgaste mandibular.....	11
3.4.Teste de respirometria.....	12
3.5.Determinação da densidade e dureza das madeiras.....	12
3.6.Análises estatísticas.....	13
4.Resultados.....	13
4.1.Manutenção, criação e colonização em laboratório.....	13
4.2.Teste com e sem chance de escolha.....	16
4.3.Desgaste mandibular.....	21
5.Trilha.....	23
6.Discussão.....	26
7.Referências Bibliográficas.....	31

RESUMO

COSME JÚNIOR, Lírio, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Maio de 2015. **Preferências e Colonização de Madeira Seca por Cupins *Cryptotermes brevis*.** Orientador: Raul Narciso Carvalho Guedes. Coorientadores: Ricardo Marius Della Lucia, Marcelo Mendes de Haro e Nelsa Maria Pinho Guedes.

Cupins, térmitas ou ainda térmitas (Isoptera), rivalizam com as formigas e seres humanos em biomassa e nível organizacional. Ocupando papel fundamental na decomposição de matéria vegetal e na ciclagem de seus nutrientes. Entretanto, algumas espécies, como *Cryptotermes brevis* (Walker, 1853) (Isoptera: kalotermitidae), membro da família Kalotermitidae, são parasitas vorazes de materiais celulósicos, Esta característica associada ao habito críptico, comportamento eussocial e a habilidade de conversão de fase jovem em fundadores de colônia torna difícil seu combate em meio urbano, onde podem destruir moveis ou até condenar construções inteiras. Este trabalho teve como objetivo testar o impacto causado pela espécie de térmita *C. brevis* em diferentes tipos de madeiras de largo uso no ambiente urbano. Para isso foram avaliadas preferências alimentares, padrão de colonização e dano pelos insetos fazendo uso desde técnicas como raio-X digital, respirometria, desgaste mandibular dos insetos, e análises físicas da madeira. Os cupins demonstraram uma clara preferência por madeira de densidade e durezas baixas, entretanto, consumiram madeiras tidas como duras e impalatáveis. Observou-se ainda um desgaste acentuado nas mandíbulas esquerdas dos insetos e taxa respiratória variável de acordo com a madeira consumida.

ABSTRACT

COSME JÚNIOR, Lírio, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May,2015. **Preferences and Colonization of Dry Wood by Termites *Cryptotermes brevis*.** Advisor: Raul Narciso Carvalho Guedes. Co-Advisors: Ricardo Marius Della Lucia, Marcelo Mendes de Haro and Nelsa Maria Pinho Guedes.

Cupins, termites or termitas (Isoptera), rival ants and humans in biomass and organizational level. Occupying key role in the decomposition of plant matter and the cycling of nutrients. However, some species such as *Cryptotermes brevis* (Walker, 1853) (Isoptera: Kalotermitidae), Kalotermitidae family member, are voracious parasites of cellulosic materials, this characteristic associated with cryptic habit, eusocial behavior and the young stage conversion ability to founders colony makes it difficult its combat in urban areas, where they can destroy furniture or even condemn entire buildings. This study aimed to test the impact caused by the species of termite *C. brevis* in different kinds of wide use of wood in the urban environment. For that were assessed dietary preferences, pattern of settlement and damage by insects from making use techniques such as digital X-ray, respirometry, mandibular wear of insects, and physical analysis of the wood. Termites have shown a clear preference for wood density and low hardness, however, consumed woods regarded as harsh and unpalatable. There was also a marked wear on the left jaws of insects and variable respiratory rate according to the wood consumed.

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.2. Térmites: da origem a insetos pragas

Segundo Constantino (2012) e Grimaldi e Engel (2005), a origem dos cupins remete a aproximadamente 145 milhões de anos atrás no cretáceo inferior, de onde vem os fosseis mais antigos já encontrados. De acordo com a teoria mais aceita, as espécies ancestrais de cupins evoluíram possivelmente de baratas sociais comedoras de madeira semelhantes ao gênero *Cryptocercus* (Scudder) (Dictyoptera: Cryptocercidae). Estas espécies ancestrais de cupins, ao manterem as restrições alimentares, a necessidade de transferências de endossimbiontes por meio trofalaxia proctodeal, além de reterem características juvenis e a ausência de reprodutores, deram origem ao comportamento eussocial Cameron, Lo, Bourguignon (2012). Ferramentas atuais como a filogenia molecular corroboram essa teoria ao demonstrar semelhanças e proximidades entre as espécies atuais de *Cryptocercus* (Blattodea), Mantodea (louva-deus) e Isoptera como sugere Lo, Tokuda, Watanabe (2000), formando o super grupo Dictyoptera.

A morfologia dos cupins é dividida, assim como a dos outros insetos em cabeça, tórax e abdômen. Os únicos indivíduos a possuírem asas são as castas reprodutivas primárias que também são os únicos a possuírem olhos completamente desenvolvidos. Por muito tempo esses insetos foram chamados de formigas brancas, devido as suas semelhanças com formigas a exemplo do eussocialismo, comportamento que leva a formação dos chamados “superorganismos”. Eussocialismo implica na divisão de castas, sobreposição de gerações e uma forte proximidade genética entre os indivíduos que compõem a colônia (Korb, 2008). As principais diferenças entre térmites e formigas estão na ausência do ferrão, presença de operários de sexos opostos, tórax e abdômen sem separação, diploidia e casal real constituindo o ninho, sendo o eussocialismo consequência de uma convergência adaptativa iniciada aproximadamente no cretáceo (Korb, 2008).

Os pseudogaters são “falsos operários” capazes de se metamorfosear para qualquer tipo de casta dentro da colônia, desde reprodutores primários (alados), secundários (substituição), soldados ou se manterem nessa forma juvenil por tempo indeterminado, segundo as condições do ambiente (Araujo; Costa Leonardo; Souza. 2008).

Segundo Borrer e Delong (2005) atualmente existem seis famílias compondo a ordem Isoptera (Mastotermitidae, Kalotermitidae, Termopsidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae e Termitidae), com aproximadamente 3.000 espécies. Dessas famílias, Kalotermitidae, Serritermitidae, Termitidae, Rhinotermitidae são encontradas no Brasil (Filho, 1993). Este autor divide de maneira clássica os cupins em inferiores e superiores, de acordo com a relação com seus simbioses e os espaços que ocupam em madeira, solo e árvores.

Os cupins possuem hábito críptico, o que os força a viverem escondidos, tanto no solo, quanto em árvores e madeira seca. Algumas espécies são capazes de construir estruturas extremamente complexas usando material cartonado, como fazem vespas e abelhas, ou mesmo usando terra e excrementos produzidos por eles mesmos, muitas vezes os únicos indicativos da presença desses insetos (Filho, 1993). Evans, Forschler, Grace (2013) demonstram em sua revisão que o Brasil ainda apresenta as mesmas famílias, entretanto, algumas espécies invasoras podem adentrar o país.

O sucesso evolutivo desse grupo, ainda segundo Filho (1993), permitiu aos cupins tornarem-se cosmopolitas, sendo encontrados em todas as regiões do mundo exceto os polos, habitando principalmente cidades onde vem a se tornar pragas, ou na natureza como importantes decompositores. Nem todos os térmitos são espécies praga (Araujo; Costa Leonardo; Souza, 2008). Na realidade somente uma minoria das espécies desses insetos é considerada destrutiva, sendo as demais espécies tidas como importantes como “cicladores” de matéria orgânica vegetal e animal, aerando o solo e criando abrigos e nichos para outras espécies de artrópodes e vertebrados, servindo de base na cadeia alimentar.

Segundo Chan, Koehler, Tucker e Pereira (2013), as famílias com espécies mais destrutivas aos seres humanos e suas construções, documentos e arte, pertencem a Rhinotermitidae, tendo *Coptotermes formosanus* (Shiraki 1909) (Isoptera: Rhinotermitidae) como a espécie mais destrutiva e ainda inexistente no país, mas com grandes chances de invasão, e Kalotermitidae, com 14 gêneros comedores de madeira seca e papel Evans (2013). Os cupins são responsáveis por danos estruturais a construções e outros patrimônios que somados beiram a casa dos bilhões de dólares em varias regiões do mundo. Isto, por si só, já justifica o manejo destas espécies (Ghaly & Edward, 2011).

Não fossem somente os danos estruturais, tem-se ainda o dano ao patrimônio histórico, a acervos de livros, documentos e esculturas, além de outros materiais que podem ser consumidos pelos insetos causando prejuízos muitas vezes incalculáveis financeiramente. Entretanto, são muito mais danosos no nível cultural, como mostra Flaeschen (2009) ao expor técnicas preventivas e de ação emergencial no combate a pragas.

Os cupins se tornam pragas à medida que os humanos avançam em direção à natureza, criando novos nichos aos quais essas criaturas podem explorar alterando de maneira significativa a vida e o estilo de vida que os mesmos possuem.

1.3. Mandíbula: meios para defesa e alimentação

Os cupins apresentam muitos meios para proteger-se de inimigos naturais. Alguns destes meios envolvem a arquitetura do ninho, formato da cabeça ou mesmo produção de compostos metabólicos capazes de deter o avanço de algumas ameaças. Contudo, o mais comum no que se refere à defesa desses insetos é a utilização de suas mandíbulas (Filho, 1993). Segundo Prestwich (1984) e Krishna & Weesner (1970), as mandíbulas dos cupins soldados são divididos em 3 tipos: “*phragmosis*”, “*mandibular biting*” e “*mandibular snapping*”, que desdobram-se em variações segundo as famílias e gêneros de térmites.

Ainda segundo esses autores, o tipo de mandíbula dos soldados de *Cryptotermes* sp. é “*phragmosis*”, onde o soldado com sua cabeça fortemente esclerotizada veda a entrada de ninhos podendo pinçar qualquer tipo de invasor. Este tipo de comportamento é encontrado nos cupins mais basais, cujas mandíbulas apresentam estruturas referidas como dentes e placas, variando em número e tamanho de acordo com a família (Constantino, 2012).

A defesa mecânica em cupins é tão efetiva que, segundo estudos realizados por Suzuki, Ohmura, Yoshimura (2009), a força de compressão exercida pelas mandíbulas destes pode variar de 4,8 N a 20N. Isto equivale a aproximadamente 2 kgf/cm², já a força aplicada no momento de fechar a mandíbula pode variar entre 0,7 kPa – 1,63 kPa equivalendo a 0,016 kgf/cm².

Cribbs, Stewart, Huang (2008) determinou por meio de técnicas de raios-X, que os cupins são capazes de alocar minerais como zinco e manganês nas mandíbulas, o que torna a estrutura destas em torno de 20x mais resistentes. Ainda

segundo o autor, isso pode ser uma característica evolutiva do grupo que se adaptou a consumir e viver dentro de madeiras com densidades variáveis e ausência de água.

1.4. Propriedades da madeira e seus usos

Pfeil (2003) diz que: “*A madeira é possivelmente, o material de construção mais antigo dado a sua disponibilidade na natureza e sua relativa facilidade de manuseio.*” Para o autor, mesmo que o material possa sofrer com ataques de agentes biológicos ou ter algum defeito, sua relação peso/resistência, relacionado com mais algumas características, o torna indispensável na construção e na confecção de produtos diversos. O autor separa as madeiras em dois tipos, “madeiras duras” e “madeiras macias”, segundo a origem da árvore da qual a madeira foi extraída. De forma geral os pinheiros (coníferas) são tidos como árvores de madeira macia e dicotiledôneas (árvores frondosas) são tidas como madeira dura. Entretanto, esse tipo de classificação é arbitrária, pois pode haver inversão dessa relação onde árvores frondosas são macias, caso de espécies da subfamília Caesalpinioideae (Terezo, 2010).

Pfeil (2003) explica que a madeira é composta de fibras longitudinais que são os elementos portantes (i.e., de sustentação) das árvores que podem ou não transportar substâncias de acordo com o tipo de madeira, canais, vasos e parênquima. Os compostos orgânicos principais na composição da madeira são a celulose, que reforça as paredes das fibras longitudinais, hemiceluloses e lignina, que conferem resistência à compressão das paredes das fibras. Por fim, as fibras conferem algumas propriedades físicas e mecânicas à madeira, sendo que as mais relevantes para esse trabalho de preferência alimentar foram à dureza e densidade básica. Dureza é a medida obtida pelo esforço necessário para a penetração de uma esfera na direção das fibras. Densidade básica é a medida obtida pela razão da massa seca e o volume saturado.

Para os experimentos conduzidos foram utilizadas madeiras de largo espectro dentro da construção civil, dos trabalhos mais pesados aos leves, chegando até o assoalho e mesclando madeiras já muito exploradas com alternativas, como sugere o Catálogo de Madeiras Brasileiras para a Construção Civil (IPT 2013).

Madeiras utilizadas seguem na tabela abaixo, com suas respectivas densidades oferecidas pelo catálogo referido acima:

Tabela 1. Madeiras avaliadas nos testes de preferência alimentar.

Nomes Científicos	Nome comum	Densidade Básica
<i>Pinus</i> sp.	Pinus	480 kg/m ³
<i>Clarisia racemosa</i>	Oiticica	467 kg/m ³
<i>Cariniana</i> sp.	Jequitibá Rosa	550 kg /m ³
<i>Hymenolobium petraeum</i>	Angelim Pedra	590 kg/m ³
<i>Eucalyptus</i> sp.	Eucalipto	670 kg/m ³
<i>Bagassa guianensis</i>	Tatajuba	683 kg/m ³
<i>Peltogyne</i> sp.	Pau-roxo	740 kg/m ³
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá	800 kg/m ³
<i>Diptery odorata</i>	Cumarú	908 kg/m ³

Essas densidades, assim como dureza, podem variar de acordo com a madeira e a região avaliada. O catálogo ainda classifica as madeiras com o uso na construção civil, numa tabela que é resumida a seguir:

Tabela 2. Usos da madeira na construção

Nomes Científicos	Nome comum	Pesada externa	Pesada interna	Leve externa	Interna decorativa	Interna estrutural	Internas esquadrias	Utilidade geral	Temporário	Assoalho
<i>Pinus</i> sp	Pinus			x		X		x		
<i>Clarisia racemosa</i>	Oiticica				X	X	x		x	
<i>Cariniana</i> sp.	Jequitibá Rosa			x	X			x	x	
<i>Hymenolobium petraeum</i>	Angelim Pedra		X	x	X	X	x		x	
<i>Eucalyptus</i> sp	Eucalipto			x	X	X		x		x
<i>Bagassa guianensis</i>	Tatajuba	X	X		X		x			x
<i>Peltogyne</i> sp	Pau-roxo	X	X	x	X			x		x
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá	X	X	x	X			x		x
<i>Diptery odorata</i>	Cumarú	X	X	x	X	X	x	x	x	x

Entretanto o catalogo somente cita se a madeira possui ou não resistência natural ao ataque de térmitas, fungos ou agentes marinhos, sem esclarecer ou exemplificar o tipo de injúria causada a madeira e sua intensidade. Sobre as madeiras utilizadas no experimento, elas possuem uma ampla faixa de ocorrência, sendo que as espécies podem ser encontradas de norte a sul do Brasil.

2. INTRODUÇÃO

A datar da pré-história, ou mesmo antes, quando nossos ancestrais ainda viviam nas árvores, os seres humanos vêm fazendo uso da madeira e seus derivados como matéria prima para suas atividades. Tais usos vão desde nobres, como construção de casas, ferramentas/armas, símbolos religiosos, até mesmo como combustível para produção de calor e fogo, ou mesmo energia mecânica, como em máquinas a vapor a madeira (Pfeil, 2003).

Acompanhando a jornada da humanidade desde a invenção da roda, ou a construção das caravelas portuguesas para chegar até o novo mundo, ou o acervo histórico das igrejas brasileiras, e outros, houve sempre a presença da madeira, mesmo que discretamente na forma de um simples lápis. Sob a regência da madeira os seres humanos conseguiram prosperar e atingir um novo patamar social, cultural e tecnológico. Entretanto, com a criação de novos nichos e da dependência crescente do homem por esse recurso, espécies oportunistas também viram na madeira uma forma de prosperar.

À semelhança de cães, gatos, baratas e carunchos, os cupins (térmitas) encontraram novos nichos criados pelos seres humanos aos quais poderiam explorar, a madeira usada diretamente na confecção de casas, por meio das vigas, escoras e tesouras usadas na construção. Outros alimentam-se nos cultivares vivendo nas árvores que fornecem madeira, ou embelezam praças e parques. Um último grupo de térmitas especializou-se no consumo de madeira seca presente em móveis, peças de arte e até mesmo papéis, sem terem de se preocupar com predadores como aranhas, lagartos e outros insetos por viverem escondidos dentro das próprias habitações humanas.

No que concerne ao uso da madeira, o Brasil é um país de dimensões continentais detentor de uma das maiores reservas madeireiras do mundo, exploradas desde a colonização (Cabral, 2004). O país apresenta um grande

potencial para o cultivo de espécies madeireiras exóticas como o eucalipto, contudo possui muitas espécies de cupins que causam relevante impacto econômico em madeira e produtos derivados, estes pertencentes às famílias Kalotermitidae e Rhinotermitidae (Evans, Forschler, Grace, 2013).

O Brasil exibe ainda limitações legislativas e funcionais que permitem a entrada de espécies exóticas, tanto de cupins como outras espécies, em uma confluência de fatores que exige e reforça a necessidade do estudo das espécies de cupins com alto impacto na produção e conservação da madeira.

Dessa maneira este trabalho teve como objetivo primário:

1. Avaliar a preferência alimentar os cupins da espécie *C. brevis*, um dos principais representantes da família Kalotermitidae, em relação a diferentes madeiras utilizadas na construção civil e residências, moveis e decoração, relacionando suas características com o desenvolvimento das colônias.

E, como objetivos secundários:

2. Avaliar o desgaste de peças bucais e alteração de taxas respiratórias dos insetos por madeira consumida.
3. Avaliar o desenvolvimento das colônias verificando o consumo das madeiras e o desenvolvimento das galerias.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Coleta, manutenção, criação e colonização em laboratório

Foram utilizados para os experimentos os cupins de madeira seca *C. brevis* (Isoptera: Kalotermitidae), identificados pelo Prof. Reginaldo Constantino do Departamento de Zoologia da Universidade de Brasília.

Os insetos foram coletados de moveis e objetos de madeira parasitada encontrados no campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e outras localidades. Utilizou-se para a coleta, serrotes, talhadeiras e martelos, a madeira estava parasitada pela presença de pelotas fecais periodicamente descartadas pelos insetos, que formam pequenos montículos (Vernard, 2004).

Os insetos foram mantidos no ninho original quando a situação permitia, por exemplo, quando o formato da madeira parasitada ou seu tamanho não excediam o espaço da sala. Caso contrário, os insetos eram confinados em potes

com madeira e papel, na sala de criação do Departamento de Entomologia, sob temperatura de 27°C, umidade relativa de 60%, e fotoperíodo de 10h, sendo acompanhados periodicamente; quando necessário foi oferecido mais papel e madeira para que os mesmos pudessem se alimentar.

Observou-se que os cupins buscam abrigo, não somente dentro da madeira, mas numa posição em que eles não ficam à vista. Baseado nisto, foi desenvolvido um corpo-de-prova (C.P) com formato de “cabana” (fig.1).

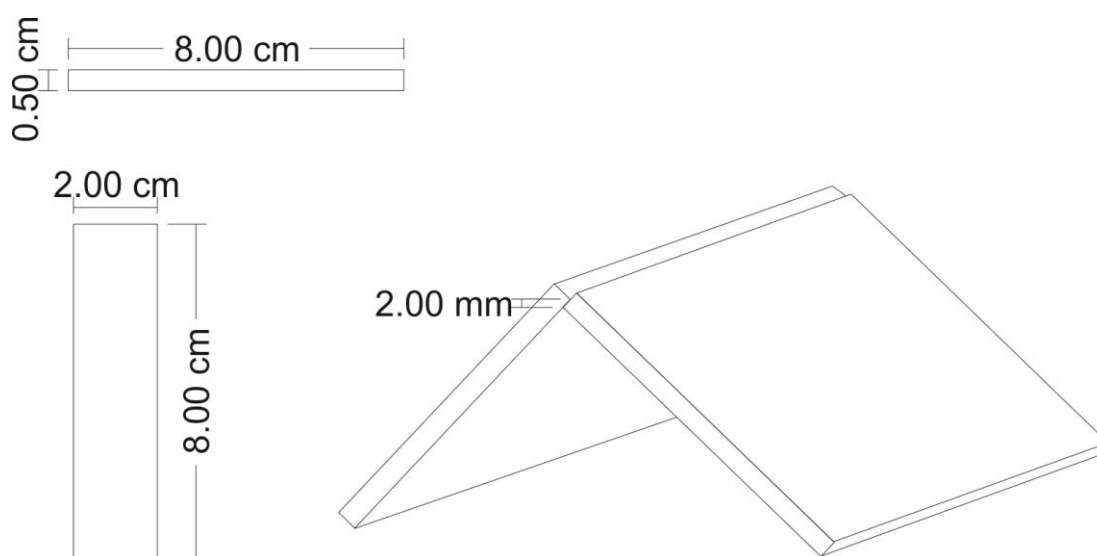


Figura 1: Foram coladas duas “águas” das madeiras, retiradas do cerne em todas as amostras de madeira, seguindo as proporções de 0,5 cm de espessura, 8 cm de comprimento e 2 cm de largura, com pequena sobreposição de 2 mm nessa largura, local onde as duas diagonais foram coladas. O adesivo utilizado foi o acetato de polivinila (PVA) comercial, considerado atóxico.

Esses C.P foram depositados em potes plásticos transparentes (500 mL de volume) com furos para entrada de ar, sobre uma placa de Petri, evitando assim, que os insetos se perdessem em algum vão do pote ou não conseguissem retornar à madeira. Tal artifício permitiu liberdade para que os insetos pudessem caminhar e escolher o melhor lugar para alimentação, diferentemente do sugerido pelo “Ensaio acelerado da resistência natural ou de madeira preservada ao ataque de térmitas do gênero *Cryptotermes*” (IPT,1980), que confina os térmites a somente uma região da madeira.

Para o experimento de colonização, os cupins em sua forma reprodutiva (alados), também conhecidas como siriris ou aleluias, foram coletados em

revoadas ocorridas na cidade de Viçosa, Minas Gerais, Brasil, entre os meses de setembro a dezembro, período de reprodução dos insetos. Os reprodutores alados foram separados em 3 (três) casais. Para realização do procedimento esperou-se que cada par se formasse a partir da perseguição da fêmea pelo macho, sendo oferecido substrato de madeira, *Pinus* sp. densidade básica 430 kg/m³ (Embrapa, 2011) nas seguintes proporções 0,5cm de espessura e 8cm de comprimento (Vernard, 2004; Evans et al., 2005,2007).

Foram colonizados 38 C.P, o progresso foi acompanhados periodicamente, por meio de um equipamento de raio-X digital (Faxitron HP modelo LX-60), na intensidade de 45 kV por aproximadamente 30 segundos. Os registros de raio-X foram feitos inicialmente a cada 4 dias e posteriormente a cada 30 dias, por um período de 220 dias. As galerias foram medidas através das fotografias fornecidas pelo equipamento de raios-X digital, usando o programa *Image Pro Plus*; o programa exige calibração por meio de uma referencia, para isso foi usado a largura de 2 cm da própria madeira, após isso podemos mediar a galera do inicio (entrada) até o fim da galeria, a altura foi medida entre os pontos mais distantes.

3.2. Testes de preferência alimentar

3.2.1. Teste sem chance de escolha

O teste sem chance de escolha foi realizado em 3 blocos, cada bloco com 18 (dezoito) potes, cada pote com um C.P (dois C.P de cada tipo de madeira em cada bloco). Estes C.P foram construídos com as madeiras da tabela 1. Foram liberados 30 cupins (29 pseudogaters e 1 soldado) em cada pote e acompanhados periodicamente a cada 30 dias. Ao final de cada 30 dias, as cabanas foram fotografadas; ao fim do experimento (120 dias), comparou-se a perda de peso de cada C.P. Contou-se o numero de insetos vivos e ovos; os corpos de prova também foram submetidos ao Raio-X, para acompanhamento das galerias quando necessário. Os testes de preferência alimentar foram adaptados do *Laboratory testing with termites* (1955) e do IPT (1980).

3.2.2. Teste com chance de escolha

O teste com chance de escolha foi realizado da seguinte forma: 3 blocos, representados por 3 bandejas, cada uma delas com 9 C.P diferentes e em duplicata, num total de 18 C.P, dispostos em círculo de maneira aleatória.

Os cupins foram liberados no centro de cada bandeja, num total de 900 insetos por bandeja. As três bandejas receberam os cupins na mesma ocasião. A cada quinze dias os corpos-de-prova foram fotografados e retornados às bandejas. Foram avaliados também o número de ovos e de insetos vivos juntos aos C.P e, ao fim do experimento (120 dias), comparou-se a perda de peso dos C.P que foram atacados e as que se mantiveram intactos. O desenvolvimento das colônias no interior das madeiras, quando ocorreu, foi acompanhado por imagens de raio-X.

3.3. Avaliação do desgaste mandibular

Para avaliar o desgaste mandibular dos insetos em relação à madeira consumida, foram dissecadas as cabeças de térmites do experimento de preferência alimentar sem chance de escolha após os 120 dias do experimento, e extraídas suas mandíbulas. Foram avaliados 20 pares de mandíbulas dos cupins de cada um dos tipos de madeiras consumidas; as mandíbulas foram retiradas com ajuda de micro-alfinetes, pinças e lupa, e depositadas em placas de Petri com parafilme para evitar que as mesmas pulassem devido à estática. Após a extração, as mandíbulas foram medidas com a ajuda do programa Leica Qwin Lite; foram medidas as alturas do ápice do dente apical até a base da mandíbula e a distância do dente apical (mais longo) até a sua inserção (Grassé, 1982). Após essas medições, as mandíbulas foram pesadas em balança analítica (Shimadzu AUW220D, Kyoto, Japan) separando direita de esquerda em grupos de 10, por madeira. Separou-se então 3 (três) pares de mandíbulas, representando cupins mantidos sob madeira macia, intermediária e dura, para avaliação em Microscópio Eletrônico de Varredura Leo, 1430VP, acoplado a sonda de raio-X (EDS), disponível no Núcleo de Microscopia e Microanálise, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de Viçosa.

3.4. Teste de respirometria

A avaliação de taxa respiratória dos cupins (*C. brevis*) foi feita em conjuntos de 10 indivíduos, previamente pesados, retirados do experimento sem chance de escolha pelo período de 120 dias. As determinações de atividade respirométrica foram realizadas em condições de laboratório utilizando-se um respirômetro do tipo TR3C equipado com analisador de CO₂ (Sable System International, Las Vegas, EUA) e metodologia adaptada de Guedes, Oliveira, Guedes (2006) a temperatura de 25°C. Cada um dos blocos foi individualmente acondicionado em câmara de 25 mL conectada a um sistema completamente fechado, onde o CO₂ produzido pelos insetos (µL de CO₂ / hora) é varrido por um fluxo de ar isento de CO₂ e mensurado por um leitor infravermelho de CO₂ conectado ao sistema.

3.5. Determinação da densidade e dureza das madeiras

A densidade de cada uma das espécies de madeira a serem estudadas foi determinada utilizando-se o método de Arquimedes: após medir o peso de certo corpo-de-prova, ele foi mergulhado em mercúrio metálico (densidade 13,5kg/cm³) e sofreu deslocamento (empuxo) para cima. O empuxo, determinado em balança analítica, foi dividido pela densidade do metal, achando-se assim o volume da madeira que, ao dividir o peso do corpo-de-prova, fornecia a densidade deste, na mesma unidade. O processo foi repetido com 5 amostras de cada uma das 9 madeiras utilizadas nesse experimento, extraindo a média entre elas. O peso entre as madeiras do mesmo tipo e as medidas do corte não variavam significativamente, sempre mantendo unidades próximas.

A dureza foi determinada por meio de medidor comercial de marca Mitutoyo, modelo Hardmatic HH-401. O equipamento funciona disparando uma pequena esfera de metal contra as regiões da madeira da qual se quer saber a dureza, medindo a altura do ricochete da esfera permitindo ao equipamento inferir a dureza em Vickers (HV), registrada em um monitor digital. Ao medir a dureza da região, fez-se o disparo da esfera metálica três vezes, em locais diferentes da madeira, ficando com os dois resultados menores e extraindo-se a média, isso porque a esfera causa deformações na madeira devido ao impacto, podendo interferir na medição.

3.6. Análises estatísticas

Os resultados dos testes com e sem chance de escolha, consumo, respirometria e desgaste de área mandibular foram submetidos à análise de variância, complementado com o teste de Tukey HSD, quando necessário (PROC GLM; SAS Institute 2008). Os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância foram inicialmente verificados (PROC UNIVARIATE; SAS Institute, 2008).

Quando tais pressupostos não foram atenderam, utilizou-se o teste (não-paramétrico) de Kruskal-Wallis + Dunn (PROC NPARWAY; SAS Institute, 2008).

A frequência no desgaste de mandíbula (direita e esquerda) foi analisada através do teste de chi-quadrado (PROC FREQ) (SAS Institute, 2001).

Análise de trilha foi usada para testar as relações hipotéticas entre a dureza e densidade da madeira e o desgaste mandibular em cupins, levando-se em consideração o consumo da madeira, além respiração e peso dos cupins. Esta análise foi realizada utilizando-se os procedimentos PROC REG e PROC CALIS (SAS Institute, 2008), seguindo orientações fornecidas por Mitchell (1993).

4. RESULTADOS

4.1. Manutenção, criação e colonização em laboratório

A criação e a manutenção das colônias de pseudogaters no laboratório foi bem sucedida, mesmo com as mortes eventuais causadas pela extração dos insetos da madeira, houveram revoadas e posturas; os cupins adaptaram-se bem à sala de criação sob condições controladas e os raio-x pareceu não interferir nos comportamentos ou mesmo ovos.

De maneira geral a colonização dos casais reais capturados em revoadas na madeira de pinus ocorreu de maneira aleatória, o que permitiu que não somente um casal por madeira, mas até três casais sobrevivessem. Houve também grupos intermediários com três indivíduos por colônia ou dois casais; no caso dos trios não se pode determinar o sexo dos indivíduos, mas devido à característica poligênica das colônias acredita-se que os trios em sua maioria são formados por

um macho e duas fêmeas. Para avaliar o desenvolvimento das colônias foram medidas as galerias no período de 220 dias como mostrado na Fig. 2.

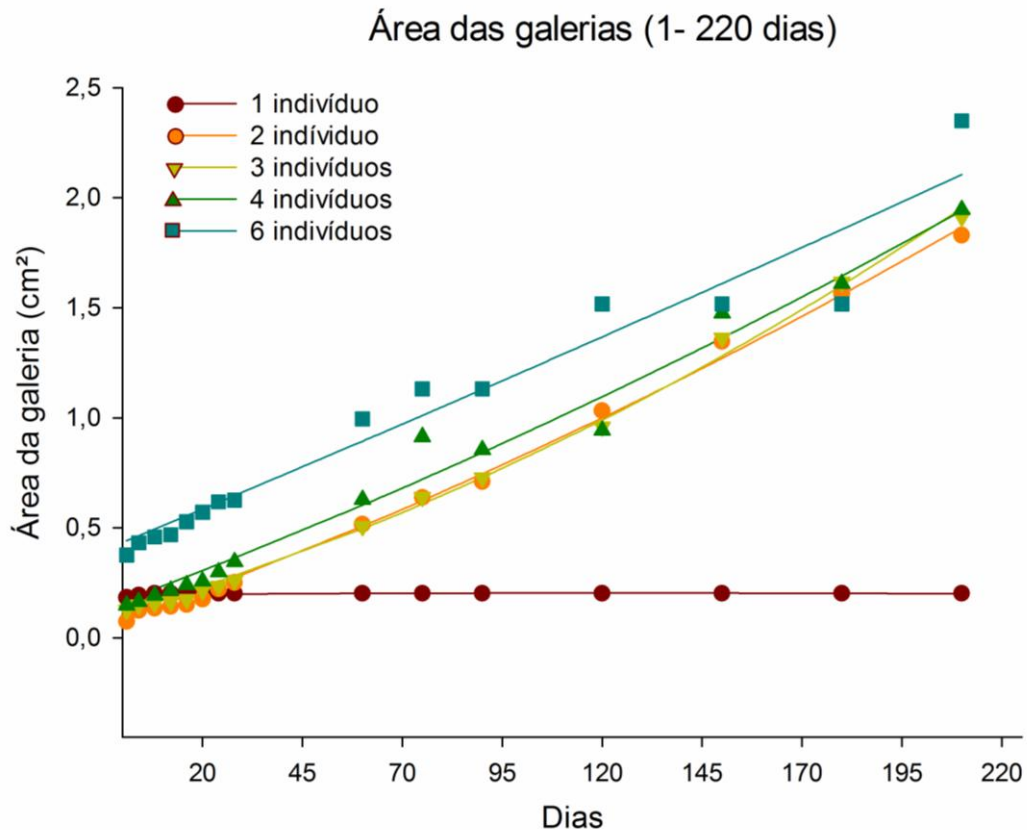


Figura 2: Desenvolvimento das galerias em *Pinus* com número diferente de casais em 220 dias.

Pode-se observar que há uma tendência nos primeiros 45 dias de um crescimento similar entre as colônias, principalmente entre aquelas de 1 a 4 indivíduos. Sendo que a uma maior tendência da colônia com 6 indivíduos a se desenvolver melhor.

Foram 220 dias, no 24° dia houve a presença de ovos, o aumento da galeria e a alocação das pelotas fecais. Entre o 128° dia e o 158° dia vemos surgimento de formas jovens, ao fim dos 220 dias podemos ver na ultima imagem da figura algo em torno de 5 a 6 seis insetos na galeria na temperatura de 27°C o desenvolvimento da colônia é acelerado quando se compara com outra metodologia (Harris, 1957). Em 220 dias os cupins consumiram aproximadamente 3,3 cm³ de madeira, sendo que o corpo de prova possuía volume aproximado de 8,95 cm³; em um ano completo eles poderiam devorar mais da metade da estrutura, mas se o crescimento da colônia continuasse com o aumento dos indivíduos, isso poderia ocorrer em até menos tempo.

Na figura 3 acompanhamos o desenvolvimento das colônias por intermédio do raio-X.

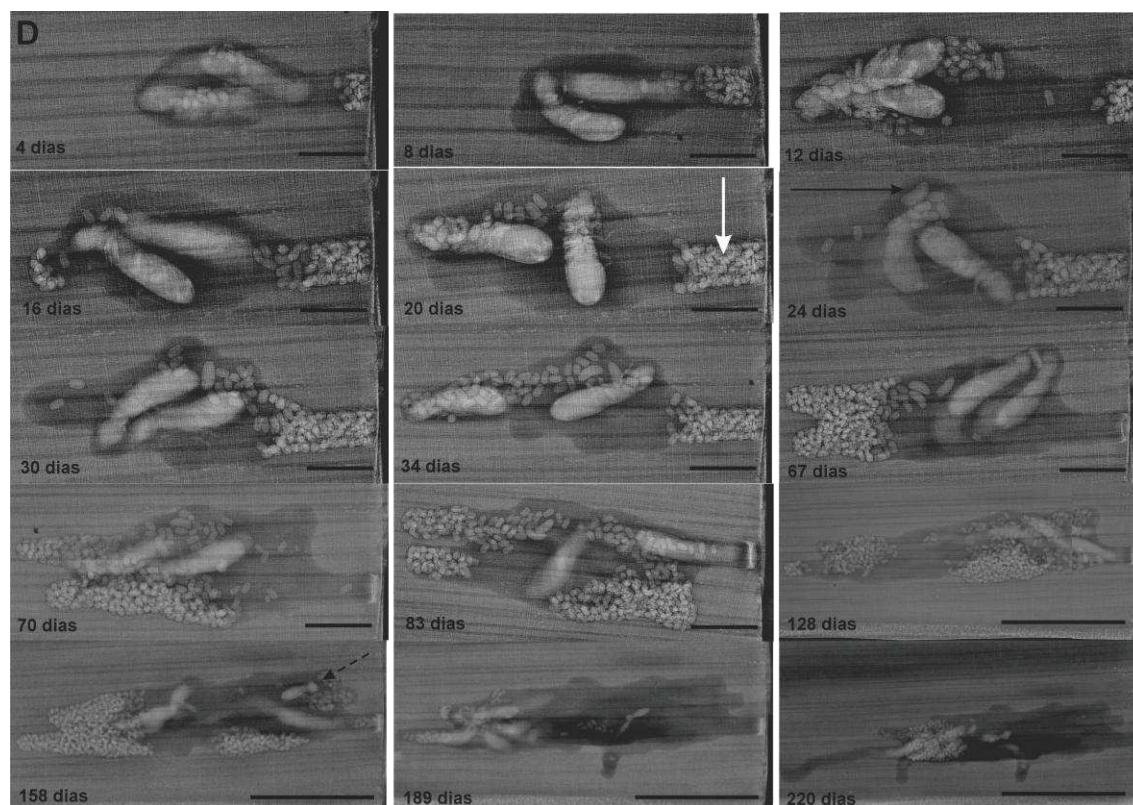


Figura 3: desenvolvimento da colônia em *Pinus* sp., um casal. Seta branca: fezes. Seta 24° dia: ovo. Seta tracejada 158° dia: forma jovem.

Tabela 3. Sumário das análises de regressão para o desenvolvimento das galerias em *Pinus* com número diferente de indivíduos em 220 dias (Figura 1). Todos os parâmetros estimados foram significativos a $P < 0.001$ pelo teste t de Student.

Número de indivíduos	Modelo	Parâmetros (\pm EP)		GL erro	F	P	R ²
		a	B				
1	$y^{-1}=a+bx$	4.92 ± 0.07	0.52 ± 0.03	13	260.16	< 0.001	0.95
2	$y=a+bx$	0.03 ± 0.01	0.008 ± 0.01	13	3385.54	< 0.001	0.99
3	$y=a+bx$	0.047 ± 0.02	0.008 ± 0.01	13	1376.63	< 0.001	0.99
4	$y=a+bx$	0.117 ± 0.02	0.008 ± 0.01	13	822.51	< 0.001	0.98
6	$y=a+bx$	0.411 ± 0.04	0.008 ± 0.01	13	239.44	< 0.001	0.98

4.2. Teste com e sem chance de escolha

Os ensaios com chance de escolha possibilitaram os resultados apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Preferência alimentar dos cupins em teste com chance de escolha após 120 dias. Média seguidas pela mesma letra não são significativamente diferentes pelo teste HSD de Tukey ($P < 0,05$).

	Vivos (n° indivíduos)	Consumo (g)
Pinus sp.	49.33 ± 43.94 a b	0.96 ± 0.84 a b
Jequitibá rosa	94.66 ± 20.85 a	1.24 ± 0.45 a
Oiticica	0.66 ± 0.33 b	0.10 ± 0.08 b c
Angelim pedra	5.30 ± 4.84 b	0.12 ± 0.04 b c
Eucalipto sp.	0.00 ± 0.00 b	0.02 ± 0.01 c
Tatajuba	0.66 ± 0.33 b	0.06 ± 0.01 b c
Pau-roxo	0.00 ± 0.00 b	0.24 ± 0.07 a b
Jatobá	0.66 ± 0.66 b	0.09 ± 0.04 b c
Cumarú	0.66 ± 0.66 b	0.15 ± 0.07 a b c

Os insetos preferiram consumir as madeiras mais macias e menos densas. O *Pinus* sp. não foi à madeira preferida, mesmo sendo a segunda mais atacada, menos que o Jequitibá Rosa, que é uma madeira de árvore frondosa e, portanto possuindo maior densidade e dureza como apresentado na tabela 5.

Tabela 5: Densidade e dureza das madeiras utilizadas nos experimentos com e sem chance de escolha. Médias seguidas pela mesma letra não são significativamente diferentes pelo teste HSD de Tukey ($P < 0,05$).

	Densidade kg/m ³	Dureza (HV)
Pinus	559,78 ± 6,08 d	401 ± 5,07 c
Jequitibá Rosa	590,73 ± 26,87 c d	402 ± 8,19 c
Oiticica	636,71 ± 15,53 c	421 ± 3,93 c
Tatajuba	783,85 ± 6,03 b	438 ± 14,11 b c
Eucalipto	800,00 ± 20,81 b	413 ± 22,82 c
Angelim Pedra	809,98 ± 15,26 b	443 ± 1,74 b c
Pau-roxo	978,51 ± 25,61 a	486 ± 13,55 a b
Cumarú	985,71 ± 8,87 a	490 ± 13,22 a b
Jatobá	1092,64 ± 9,82 a	517 ± 5,11 a

Até mesmo o número de insetos encontrados vivos na madeira de Jequitibá Rosa foram maiores, sugerindo algum fator de atração dessa madeira para esse tipo de cupim.

O consumo das madeiras mais duras e densas como Cumarú, Jatobá e Pau-Roxo pode ser justificado pela capacidade que as madeiras têm de absorver umidade do ar, afetando o peso da medição e/ou a possibilidade dos insetos terem experimentado e mudado de madeira. Tatajuba e Oiticica podem se encaixar na mesma situação; Jatobá e Angelim Pedra são constantes em seus resultados de colonização e consumo.

A figura 4 demonstra como ficou a madeira de Jequitibá Rosa após o experimento.



Figura 4: experimento com chance de escolha, cabanas. Seta aponta para jequitibá rosa, altamente atacado. Cabana apresenta uma porta de material celulósico, construída pelos cupins, para vedar a estrutura.

No experimento sem chance de escolha os resultados são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Teste sem chance de escolha, consumo, peso taxa respiratória dos cupins. Medias (\pm EP) seguida pela mesma letra em um histograma não são significativamente diferentes pelo teste HSD de Tukey ($P < 0,05$).

	Vivos (n° indivíduos)	Consumo (g)	Peso (mg)	Taxa respiratória (nmol CO ₂ /mg corpo)
Pinus sp.	12.33 \pm 1.38 a	0.25 \pm 0.03 a	4.56 \pm 0.17 a b	0.10 \pm 0.003 a b c d
Jequitibá rosa	11.50 \pm 1.74 a b	0.24 \pm 0.01 a b	3.97 \pm 0.12 b	0.11 \pm 0.008 a b
Oiticica	8.50 \pm 1.52 a b	0.14 \pm 0.01 c	4.74 \pm 0.07 a	0.08 \pm 0.001 b c d e
Angelim pedra	10.16 \pm 1.07 a b	0.19 \pm 0.01 a b c	4.42 \pm 0.21 a b	0.10 \pm 0.005 a b c
Eucalipto sp.	11.00 \pm 1.15 a	0.18 \pm 0.01 a b c	4.55 \pm 0.14 a b	0.10 \pm 0.005 b c d
Tatajuba	5.83 \pm 1.47 b	0.17 \pm 0.01 b c	4.58 \pm 0.21 a b	0.07 \pm 0.003 e
Pau-roxo	12.33 \pm 1.85 a	0.17 \pm 0.02 a b c	4.43 \pm 0.11 a b	0.09 \pm 0.003 b c d e
Jatobá	11.5 \pm 2.50 a	0.17 \pm 0.01 b c	4.59 \pm 0.14 a	0.09 \pm 0.004 d e
Cumarú	11 \pm 3.07 a b	0.12 \pm 0.01 c	4.24 \pm 0.09 a b	0.09 \pm 0.005 c d e

O numero de insetos vivos no experimento sem chance de escolha foi muito próximo, exceto na Tatajuba e na Oiticica; o Pinus, Pau-Roxo, Eucalipto e Jatobá apresentam o maior numero de vivos. O consumo das madeiras não variou muito, ficando muito próximos, ocorrendo maior variação entre Pinus, Jequitibá Rosa, Oiticica, Tatajuba e Cumaru. O peso dos insetos após 120 dias, assim como a taxa respiratória, ficaram próximas, as maiores variações do peso pertencem a Oiticica, Jequitibá Rosa e Jatobá. Já a taxa respiratória mais variante veio da Tatajuba e Jequitibá Rosa as demais madeiras ficaram próximas tendo o Pinus o resultado mais regular quando comparados vivos, consumo, peso e taxa respiratória.

A figura 5 mostra os estragos causados às madeiras e possíveis diferentes estratégias de consumo ao longo do tempo.

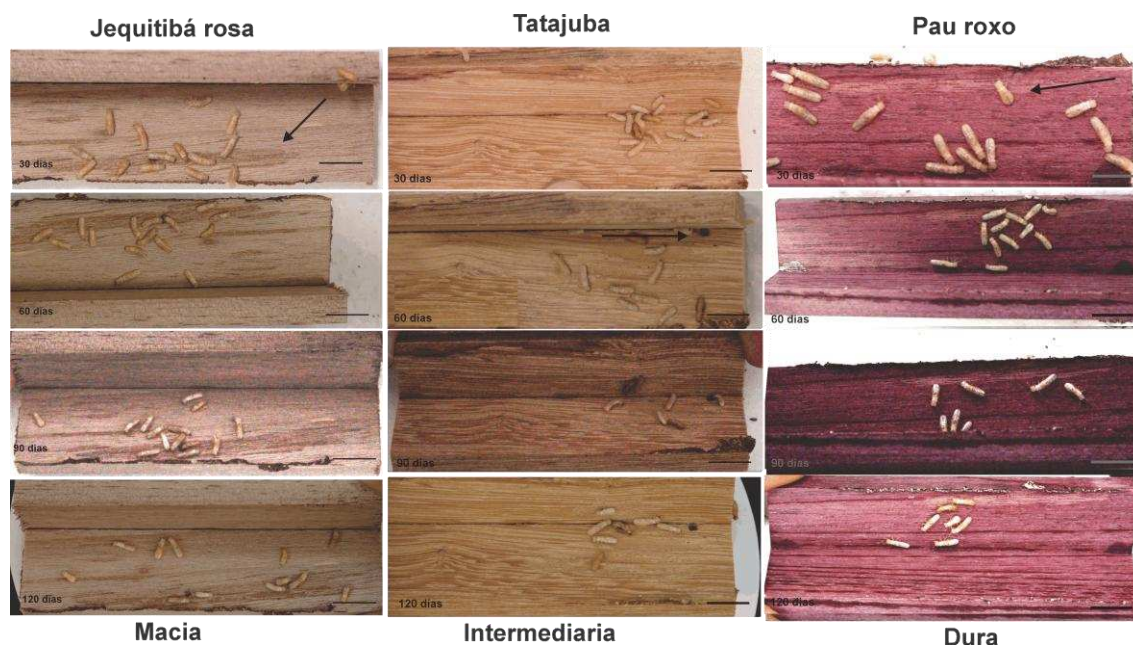


Figura 5: vista inferior de cabanas construídas com diferentes madeiras. Setas: Danos causados pelos cupins no decorrer do tempo.

4.3. Desgaste mandibular

Pode-se ver nos gráficos a seguir o peso e as áreas das mandíbulas após o consumo das madeiras em 120 dias de experimento sem chance de escolha.

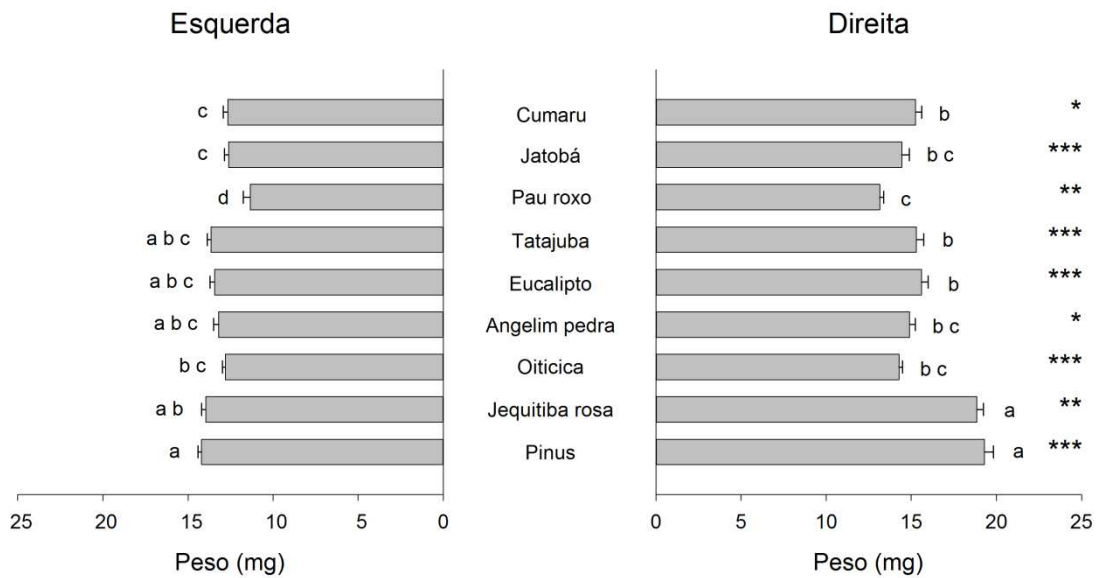


Figura 6: Peso das mandíbulas esquerda e direita após 120 dias do consumos. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey HSD ($P < 0,05$). Níveis de significância na assimetria da frequência do desgaste de mandíbulas em uma mesma madeira são representados por asteriscos (* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$).

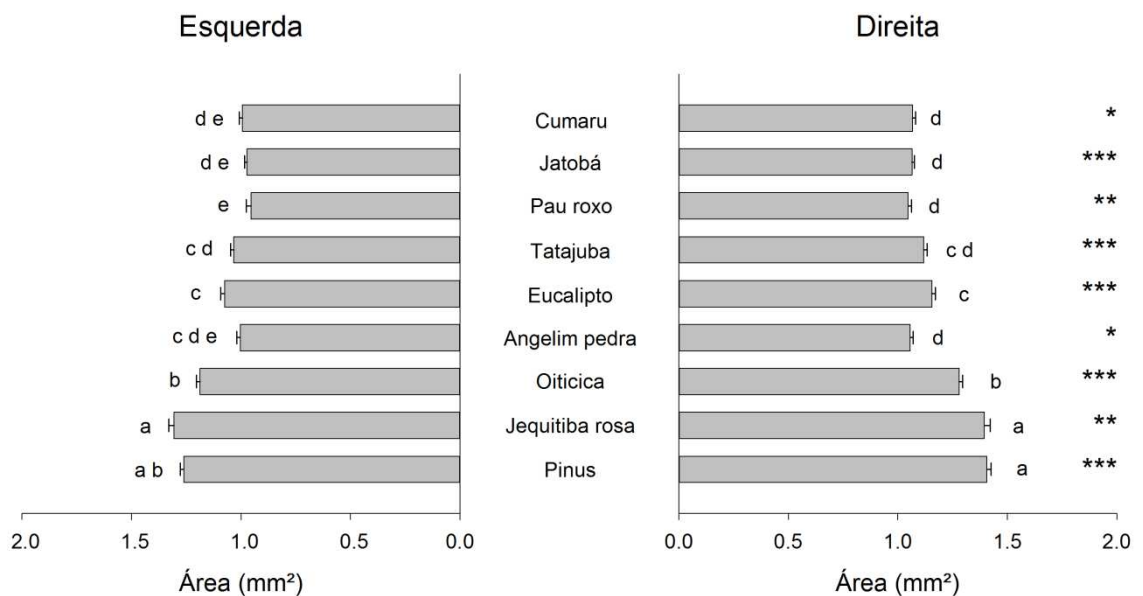


Figura 7: Área das mandíbulas esquerda e direita após 120 dias de consumo. Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey HSD ($P < 0,05$). Níveis de significância na assimetria da frequência do desgaste de mandíbulas em uma mesma madeira são representados por asteriscos (* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$).

Na figura 6 pode-se ver que o peso das mandíbulas direitas é significativamente maior do que o da mandíbula esquerda na maioria das madeiras. Isso é corroborado pela área das mandíbulas (Fig. 8), onde claramente a mandíbula direita é maior que a mandíbula esquerda em quase todas as madeiras. Sendo assim temos como resultado um desgaste preferencial das mandíbulas esquerdas dos cupins em relação à direita. As mandíbulas mais desgastadas estão nas madeiras mais duras, mesmo havendo um leve desgaste nas madeiras mais macias.

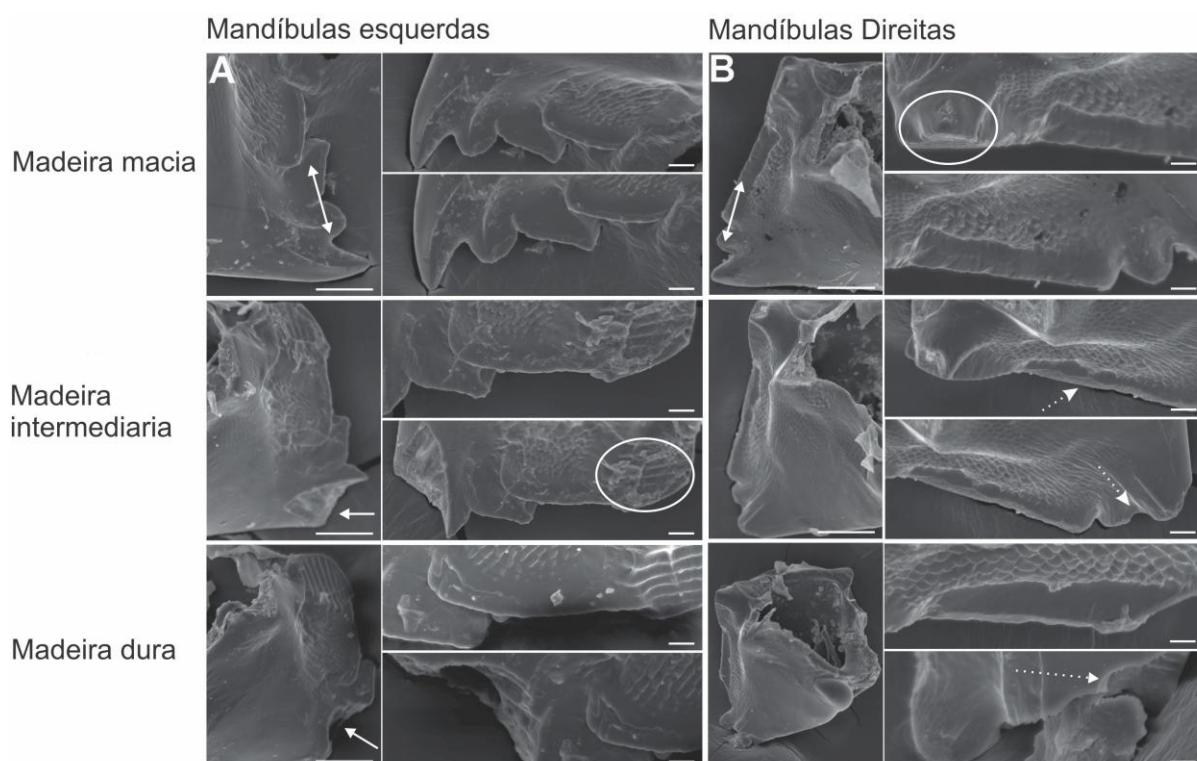


Figura 8: desgaste mandibular de 3 pares de mandíbulas em relação a madeira consumida. Coluna A mandíbula esquerda: setas duplas: dentes marginais. Setas simples: dentes apicais. Circulo: placa molar. Coluna B mandíbula direita: Seta dupla: dentes marginais. Setas tracejadas: dente apical. Circulo placa molar.

5. Trilha

As relações entre os fatores que possivelmente levam os cupins a consumirem uma madeira podem ser acompanhados da trilha abaixo:

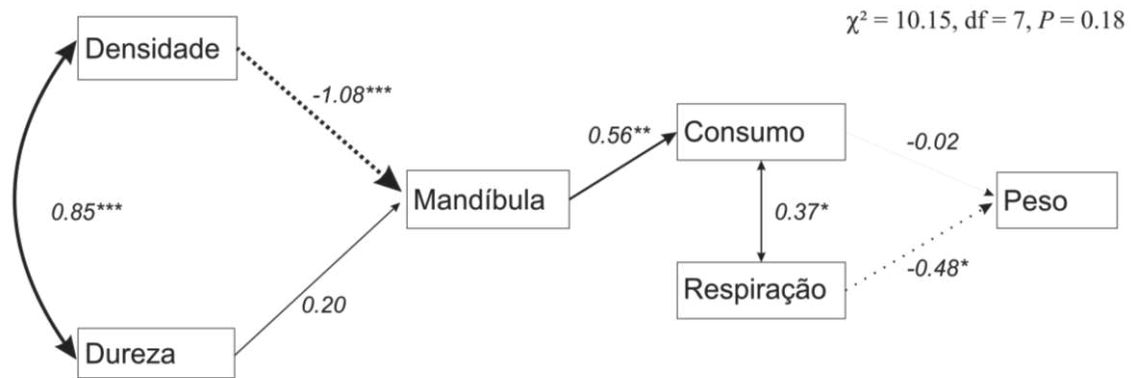


Figura 9: Trilha ilustrando a influência de dureza e densidade na taxa de desgaste mandibular, consumo, respiração e peso de cupins. O resultado de X^2 para o melhor ajuste do modelo e caminho indicado. Setas unidirecionais indicam relações causais (regressão), enquanto as setas bidirecionais indicam uma correlação entre as variáveis. Os níveis de significância são representados por asteriscos (* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$), e a espessura de cada linha é proporcional à intensidade da relação. Setas cheias indicam relações positivas, enquanto as setas tracejadas indicam as relações negativas. Efeitos diretos, indiretos e total de valores de coeficientes de trilha são totalmente apresentados na Tabela X do anexo.

Variável	Consumo			Peso			Gasto de mandíbulas		
	ED	EI	ET	ED	EI	ET	ED	EI	ET
Dureza	—	1.44×10^{-4}	1.44×10^{-4}	—	-2.58×10^{-5}	-2.58×10^{-5}	1.50×10^{-3}	—	1.50×10^{-3}
Densidade	—	-0.32	-0.32	—	0.05	0.05	-3.35	—	-3.35
Respiração	—	—	—	-0.18	—	-0.18	—	—	—
Consumo	—	—	—	-0.17	—	-0.17	—	—	—
Mandíbulas	0.09	—	0.09	—	-0.01	-0.01	—	—	—
R ²		0.31			0.23			0.72	
P		0.0023**			0.03*			< 0.001***	

Tabela X. Efeito direto (ED), indireto (EI) e total (ET) da análise de trilha (Figura 9) para o modelo de influência das propriedades da madeira sobre desgaste de mandíbulas, consumo de madeira, taxa respiratória e peso de cupins. Asteriscos indicam diferenças significativas a $P < 0,05$.

Pode-se ver uma correlação entre densidade e dureza das madeiras, onde a densidade apresenta relação negativa com a mandíbula tendo mais efeito sobre seu desgaste do que com a dureza. A mandíbula tem relação causal e positiva com o consumo, que apresenta uma correlação com a respiração. O consumo quase não apresenta relação com o peso. Já a respiração apresenta uma correlação negativa com o mesmo.

O que sugeriu que os insetos podem desenvolver diferentes estratégias para o consumo de madeiras diferentes, como pode ser ilustrado na figura 10, além de perceberem áreas menos duras e densas para consumir.

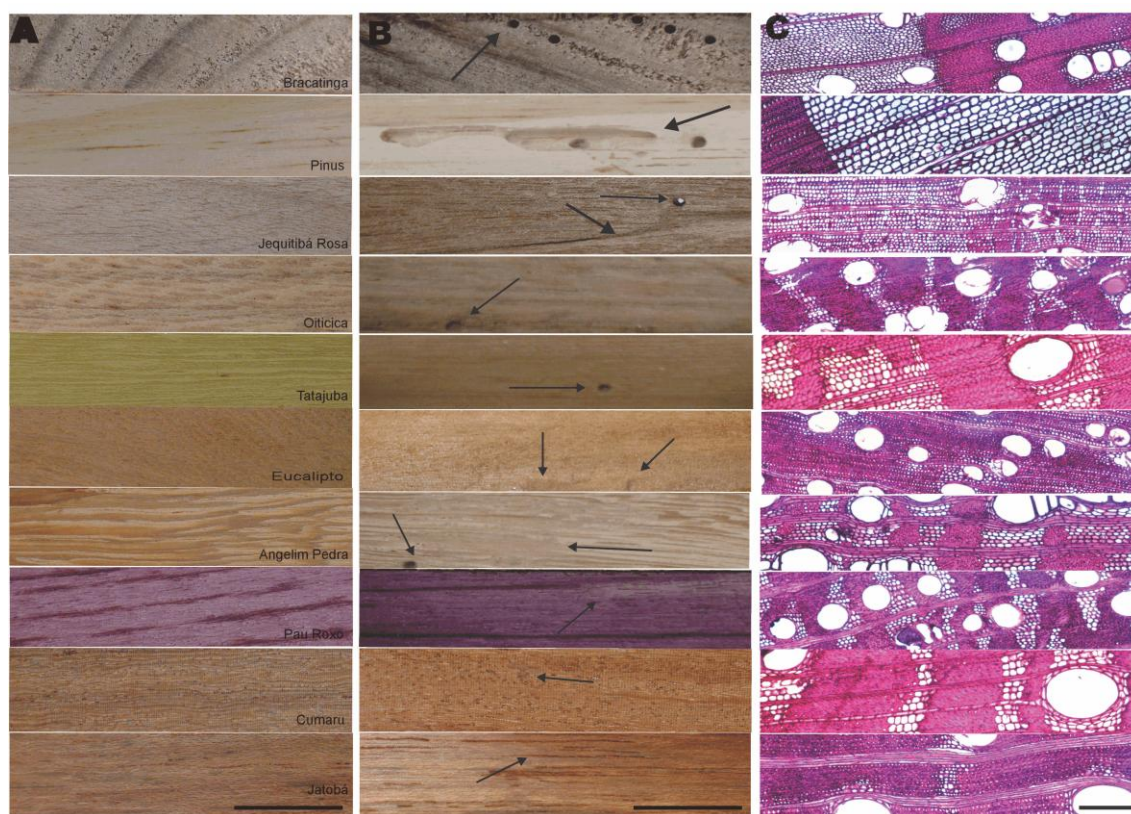


Figura 10: madeiras testadas nos experimentos. Coluna A: madeiras antes do ataque dos cupins; Coluna B: madeiras depois do ataque dos cupins; Coluna C: histologia das madeiras testada no experimento.

6. DISCUSSÃO

Neste trabalho procurou-se testar a hipótese de existência de preferência alimentar e desenvolvimento diferenciado das colônias de cupins em relação a diferentes madeiras e o que propicia esse fenômeno. As expectativas dessa hipótese giravam em torno da existência de uma possível preferência alimentar dos insetos por algumas madeiras menos duras e densas e conseqüentemente, isso levaria ao não desenvolvimento de colônias em outras madeiras (IPT 2013); esperou-se que houvesse um desgaste nas mandíbulas dos insetos em relação ao tipo de madeira consumida e uma alteração na taxa respiratória.

O experimento de preferência alimentar com chance de escolha demonstrou que mesmo havendo Pinus, os cupins preferiram uma madeira com um maior número de estruturas celulares como o Jequitibá Rosa, que apresenta vasos e canais, onde podemos encontrar o maior número de sobreviventes e o consumo foi acentuado. O resultado obtido ainda sugere que os insetos preferem madeiras mais macias e menos densas, o que corrobora com a hipótese inicialmente proposta. Entretanto percebe-se que existe um fator ótimo entre a relação dureza e densidade que afeta o desenvolvimento das colônias. Isso e outros fatores podem levar os insetos a permanecerem naquela madeira/região ou migrar para outros locais.

Seguindo a ordem de preferência o Angelim Pedra, uma madeira de dureza e densidades intermediárias apresentou um número de sobreviventes um pouco maior que as demais madeiras. Mesmo não apresentando um consumo muito alto, as alterações de peso podem se dever ao fato dos cupins experimentaram a madeira e depois migraram. Vale lembrar que madeiras podem variar em dureza e densidade, entre as espécies, dentro das espécies, e dentro do corte da madeira (Pfeil, 2003). Nesse experimento pode-se inferir que o Jequitibá rosa pode possuir algumas propriedades atrativas em relação às outras madeiras por apresentar a dureza e densidade ótimas, que estariam respectivamente entre 402 HV e 590,73kg/m³. Assim, exceto em casos de necessidade, como foi explorado no experimento sem chance de escolha, os insetos não atacariam outras madeiras.

No segundo experimento, sem chance de escolha, os resultados demonstraram que os insetos submetidos a madeiras duras e densas, cujos valores superavam o jequitibá rosa, tinham sua colonização e alimentação dificultadas.

Muitas vezes ao invés de perfurar as madeiras, os insetos preferiram raspar algumas regiões, causando não um buraco, mas uma depressão. Observando a região dessas depressões pode-se ver que a cor de algumas delas é diferente do resto da madeira. A região comida sempre fica fora do anel de crescimento, região mais dura da madeira. Os insetos então são capazes de perceber diferenças nos corpos de prova, como mostra Evans, Lai e Toledo (2005).

Ao seguir uma nova estratégia de consumo, isso possivelmente possibilitou aos insetos sobreviverem em madeiras tão diferentes. Comparativamente as sobrevivências foram maiores em Pinus, Jequitibá Rosa (deflagrando novamente a preferência observada no experimento com chance de escolha) e Pau-roxo, possivelmente porque os insetos conseguiram se alimentar com menores dificuldades. Mesmo o Pau-roxo sendo uma madeira muito dura e densa, seu consumo foi praticamente idêntico ao Angelim Pedra e Eucalipto, madeiras intermediárias, sugerindo que o *C. brevis* pode se adaptar a diversos tipos de madeiras.

Nas demais madeiras tanto o consumo como a sobrevivência variaram bastante, como foram os casos da Tatajuba, Oiticica e Cumaru onde a sobrevivência muitas vezes foi inversamente proporcional ao consumo o que pode indicar numa característica supernutricional da madeira. Um fator que poderia vir a explicar isso está na taxa respiratória, pois taxas respiratórias diferentes deveriam aparecer em insetos que consumiram madeiras com características físicas diferentes. Os cupins apresentaram menor taxa respiratória nas madeiras Tatajuba e Oiticica em comparação com os demais tipos de madeira, o que sugere que os cupins gastaram menos energia e conseqüentemente ganharam mais peso (Muradian, Issa, Jaffe, 1999).

O desgaste mandibular poderia ser outro fator a explicar a preferência alimentar dos cupins e as estratégias adaptadas para o consumo. Os pesos e áreas das mandíbulas variaram nos 120 dias de experimento, de acordo com as madeiras consumidas, havendo um maior desgaste nas mandíbulas, com quebras nos dentes, principalmente os apicais e ranhuras nas áreas de corte e maceração (placa mandibular) (Constantino, 2008), em madeiras mais duras e densas. Entretanto, não se esperava observar um desgaste assimétrico de mandíbulas com desgaste mais acentuado nas mandíbulas esquerdas dos insetos em relação à direita, o que mostra um direcionamento na forma da mastigação dos insetos.

Tal fato pode forçar o inseto a parar de se alimentar ou usar de outras estratégias, como desgastar mais a mandíbula direita, revezar com os demais membros da colônia o trabalho de consumir a madeira e alimentarem-se pelo uso da trofalaxia proctodeal para tentar poupar a mandíbula ou ainda cometer canibalismo.

As mandíbulas mais desgastadas estão presentes nos inseto que comeram as madeiras mais duras e densas, mesmo havendo um leve desgaste nas madeiras macias e intermediarias. Sendo assim, podemos pensar que já que o gasto com as estratégias para vencer esses obstáculos podem parecer não compensar o desgaste causado ao indivíduo, os insetos deveriam desistir. Por outro lado, os cupins são insetos eussociais e isto faz com que o número deles compense os esforços individuais, o que implica na superação dos obstáculos e no consumo (Araujo; Costa Leonardo; Sousa, 2008; Rafael et al 2008; Krishna e Weesner, 1970).

Outra hipótese a ser testada, dessa vez com os reprodutores alados, foi se o desenvolvimento das colônias em pinus era possível de ser acompanhada através do equipamento de Raio-X. Esperava-se que talvez a exposição à radiação do aparelho alterasse o comportamento, causasse esterilidade ou morte (Rela, Gomes, Thomé, Kodama, 2007). As duas primeiras hipóteses mostraram-se verdadeiras, pois foi possível acompanhar o desenvolvimento das colônias por meio do equipamento de raio X. Foi possível ainda observar a escolha dos parceiros que formariam os casais reais, o trabalho de escavação da madeira para formação da galeria e a movimentação dentro das galerias, postura de ovos e crescimento das ninfas; os insetos não alteraram o padrão de comportamento esperado, e não ficaram estéreis.

Sobre os resultados obtidos, a criação e desenvolvimento das galerias por casais reais em Pinus acompanhada por 220 dias. As colônias se desenvolveram bem com até seis indivíduos por C.P, mostrando um tipo de comportamento de alta tolerância a outros insetos da mesma espécie, mesmo com um recurso limitado, não havendo ataques ou mesmo canibalismo. Houve a formação de haréns com um macho e duas fêmeas ou uma fêmea e dois machos. Não houve muita diferença entre colônias de dois a quatro indivíduos, que mostraram crescimento muito semelhante, sendo que as colônias de seis indivíduos mostraram um desenvolvimento maior. As colônias de cupins são altamente dependentes da madeira e quando o recurso se esgota a colônia tende a morrer.

Entretanto, como os cupins são estrategistas “k”, sua população sempre varia em equilíbrio com o recurso (Southwood, Hassel, Conway, 1974) o que pode levar a sobrevivência de uma colônia pequena por mais tempo.

Por fim, como é mostrado na análise de trilha, há uma correlação entre densidade e dureza das madeiras. Estas duas variáveis estão muito próximas, mas existem diferenças básicas que as separam e influenciam a trilha. Se a dureza é a resistência de uma superfície em relação a sua capacidade de ser riscada, a densidade básica é a medida obtida pela razão da massa seca e o volume saturado (Madureira, Atencio, McCreath, 2009). A dureza não afetou significativamente o desgaste das mandíbulas, já a densidade apresenta relação negativa com este desgaste. Isto provavelmente acontece porque uma madeira menos densa possui mais espaços celulares que diminuiriam o impacto sobre as mandíbulas.

O desgaste mandibular tem relação causal com o consumo, o que sugere que os insetos possuem diferentes estratégias para infestar diferentes madeiras, pois necessitam minimizar os danos. O consumo apresenta uma relação causal e positiva com o peso, mas a relação é tão pouco robusta concluindo-se daí, que a quantidade de material consumido não é o mais importante para o ganho de peso dos insetos. Isto pode se dever ao fato de que nem tudo o que é consumido chega a ser absorvido pelos insetos, além do fato que eles gastarem energia para sintetizar água da madeira seca (Korb 2008).

O consumo ainda apresenta uma correlação bastante forte com a respiração, o que significa dizer que os insetos gastam muita energia para conseguir consumir a madeira. A respiração apresenta uma forte relação causal negativa com o peso, indicando que o ganho de peso do inseto depende da taxa respiratória, relacionada com o consumo da madeira, não necessariamente importando o quanto foi consumido, mas sim a qualidade/forma do alimento.

Em conclusão os insetos apresentaram uma preferência alimentar pelas madeiras com densidades menores, nesse caso pelo pinus e jequitibá rosa. Entretanto isso não impediu que as demais madeiras fossem consumidas, como demonstrou o experimento sem chance de escolha, desde que fossem alteradas as estratégias de consumo. Isso reforça a ideia de que se faz necessária à preservação das madeiras por meio de agentes inseticidas como verniz e outras fontes de proteção. Segundo, as peças bucais sofreram desgastes de acordo com as madeiras

consumidas e a taxa respiratória dos insetos também variou o que também pode ser influenciado pela competição/cooperação entre os próprios insetos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Ana Paula; COSTA LEONARDO, Ana; SOUSA, Og. **Insetos sociais: da biologia à aplicação**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2008, 225 – 236p, 286 – 296p, 348 – 356p.

BORROR, James; DELONG, Moore. **Introduction to the study of insects**. 7°. Ed. Thompson Brooks/Cole, Universidade de Minnesota, 2005. 864 p.

CABRAL, Diogo. **Produtores rurais e indústria madeireira no Rio de Janeiro final do século XVIII**. Ambiente & Sociedade – Vol. VII n°. 2 jul./dez. 2004.

CAMERON, Stephen; LO, Nathan; BOURGUIGNON, Thomas; SVENSON, Gavin; EVANS, Theodore. **A mitochondrial genome phylogeny of termites (Blattodea: Termitidae)**: Robust support for interfamilial relationships and molecular synapomorphies define major clades. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2012 . 163 –173p.

CONSTANTINO, Reginaldo. **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. 1°. Ed. Ribeirão Preto: Holos, 2012. 311-321p.

CRIBB, Bronwen; STEWART, Aaron; HUANG, Han; TRUSS, Rowan; NOLLER, Barry; RASCH, Ronald; ZALUCKI, Myron. **Unique zinc mass in mandibles separates drywood termites from other groups of termites**. *Naturwissenschaften* , 2008, 95:433–441p.

EVANS, Theodore; FORSCHLER, Brian; GRACE, Kenneth. **Biology of Invasive Termites: A Worldwide Review**. *Annual Review of Entomology* 58. 2013. 455–74p.

EVANS, Theodore; LAI, Joseph; TOLEDANO, Emilie; MCDOWALL, Lee; RAKOTONARIVO, Sandrine; LENZ, Michael. **Termites assess wood size by using vibration signals** . *PNAS*. Março, 2005, vol 2. 3732–3737p.

FILHO, Evôneo Berti. **Manual de pragas em florestas: Cupins ou Térmitas.** Volume 3, IPEF/SIF, 1993. 56 p.

FLAESCHEN, Jandira. **O método de atmosfera anóxia:** tratamento atóxico para a desinfestação de acervos bibliográficos. Rio de Janeiro - Museu de Astronomia e Ciências Afins – MAST / MCT. 2009. 84p.

GHALY, Abdel; EDWARDS, Skai. **Termite Damage to Buildings: Nature of Attacks and Preventive Construction Methods.** American Journal of Engineering and Applied Sciences 4 (2). 2011. 187-200p.

GRASSÉ, Pierre. **Termitologia: Anatomie, physiologie, reproduction des termites.** Ed.1°, editor: Masson, Paris, 5-29p, 247 – 288p, 1982.

GRIMALDI, David; ENGEL, Michael. **Evolution of the Insects.** 1°.Ed. Cambridge University Press, 2005. 227- 260p.

GUEDES, Raul; OLIVEIRA, Eugênio; GUEDES, Nelsa; RIBEIRO, Berghem; SERRÃO, José. **Cost and mitigation of insecticide resistance in the maize weevil, Sitophilus zeamais.** Physiological Entomology, 2006, 31, 30–38p.

HARRIS, Victor. **Termites: their recognition and control.** Ed.2°, editora: Longman group limited, Londres, 1-16p, 116-133p, 1971.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil.** Publicado IPT, 2013, 103p.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Ensaio acelerado da resistência natural ou de madeira preservada ao ataque de térmitas do gênero Cryptoterme (Fam. Kalotermitidae).** Publicado IPT; 1980.

KOEHLER, Philip; PEREIRA, Roberto; CHAN, Wai; TUCKEY, Cynthia. **Pests In and Around the Southern Home**. Florida University, 2013, 152-157p, 175-178p.

KORB, Judith. **Termites, hemimetabolous diploid white ants?** *Frontiers in Zoology*, vol.5, N°15, 2008.

KOSHIKAWA, Shigeyuki; CORNETTE, Richard; HOJO, Masaru; MAEKAWA, Kiyoto; MATSUMOTO, Tadao; MIURA Toru. **Screening of genes expressed in developing mandibles during soldier differentiation in the termite *Hodotermopsis sjostedti***. *FEBS Letters* 579 , 2005, 1365–1370p.

KRISHNA, kumar; WEESNER, Frances. **Biology of Termites**. Ed.2°, editora: Academic press, inc. Londres, 127-150p, 1970.

Laboratory testing with termites – Bulletin No. 277, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia, Melbourne, 1995, 64p.

LO, Nathan; TOKUDA, Gaku; WATANABE, Hirofumi; ROSE, Harley; SLAYTOR, Michael; MAEKAWA, Kiyoto; BANDI, Claudio; NODA, Hiroaki. **Evidence from multiple gene sequences indicates that termites evolved from wood-feeding cockroaches**. *Current Biology* Vol 10 No 13. 2000. 801-804p.

MADUREIRA, José; ATENCIO, Daniel; MCREATH, Ian. **Decifrando a terra** editora: IBEP Nacional, Segunda edição, 2009, 27- 42p.

MITCHELL RJ (1993) Path analysis: Pollination. In: Scheiner SM, Gurevitch J, editors. *Design and Analysis of Ecological Experiments*. New York: Chapman & Hall. 211–231p.

MURADIAN, Roldan; ISSA, Solange; JAFFE Klaus. **Energy Consumption of Termite Colonies Of *Nasutitermes ephratae* (Isoptera:Termitidae)** *Physiology & Behavior*, Vol. 66, No. 5, pp. 731–735, 1999.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michéle. **Estruturas da Madeira**. 6°. Ed. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos s.a, 2003. 224p.

PRESTWICH, Gleen. **Defense mechanisms of termites**. Annu. Rev. Entomol. 1984.29:201-232p.

RELA, Paulo; GOMES, Fátima; THOMÉ, Lúcia; KODAMA, Yasko. **Recuperação de um acervo: uso da Radiação Gama (Cobalto 60) na descontaminação de objetos do acervo do Instituto de Estudos Brasileiros –USP**, revista do ieb, n° 45, 2007.

SAS Institute (2008) SAS/STAT User's Guide. SAS Institute, Cary, NC, USA.

SOUTHWOOD, E; HASSEL, P; CONWAY, R. **Ecological Strategies and Population Parameters**. *The American Naturalist*. Vol. 108, No. 964 (Nov. - Dec., 1974), pp. 791-804.

SUZUKI, Youki; OHMURA, Wakako; YOSHIMURA, Tsuyoshi. **Elastic properties of the mandible in termites: Measurements of the force closing and strength of mandible**. *Journal of the society of materials Science*, 2009, 424-429p.

TEREZO, Rodrigo; SZÜCS, Carlos. **Análise de desempenho de vigas em madeira laminada colada de parica (*Schizolobium Amazonicum* Huber ex. Ducke)**; *Sci. For*, Piracicaba, v. 38, n. 87, 471-480p, set. 2010.

VERNARD, Lewis; POWER, Ariel; HARVERTY, Micahel. **Surface and subsurface sensor performance in acoustically detecting the western drywood termite in naturally infested boards**; *Forest Product Journal*, vol.54, n°6, 2004.