



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS-FCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS**



**ESTUDO DO MECANISMO DA BARREIRA DE AREIA
CONTRA *Nasutitermes* sp. (ISOPTERA: TERMITIDAE)**

CRISTIANO SOUZA DO NASCIMENTO

MANAUS

2009



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS-FCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS**



CRISTIANO SOUZA DO NASCIMENTO

**ESTUDO DO MECANISMO DA BARREIRA DE AREIA
CONTRA *Nasutitermes* sp. (ISOPTERA: TERMITIDAE)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais (PPG-CIFA) da Universidade Federal do Amazonas, para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, Área de Concentração em Manejo e Tecnologia de Produtos Florestais.

Orientador: PhD. Basílio Frasco Vianez - INPA

MANAUS

2009



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
STRICTO SENSU EM CIÊNCIAS
FLORESTAIS E AMBIENTAIS - PPGCIFA



PARECER

Defesa nº 089

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Amazonas, após arguir o mestrando **Cristiano Souza do Nascimento** em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado **"ESTUDO DO MECANISMO DA BARREIRA DE AREIA CONTRA *NASUTITERMES SP.* (ISOPTERA: TERMITIDAE)"**, é de parecer favorável à APROVAÇÃO do acadêmico habilitando-o ao título de Mestre "*Magister Scientiae*" em Ciências Florestais e Ambientais, na área de concentração em Manejo e Tecnologias dos Recursos Florestais Tropicais (MTRF).

PhD. Bazílio Frasco Vianez
Pesquisador da Coordenação de Pesquisa em Produtos Florestais - INPA
Orientador e Presidente da banca examinadora

Dra. Raimunda Liège Souza de Abreu
Pesquisadora da Coordenação de Pesquisa em Produtos Florestais - INPA
Primeira examinadora

Dr. Nabor da Silveira Pio
Professor e pesquisador do Departamento Ciências Florestais - UFAM
Segundo examinador

Manaus, 21 de agosto de 2009.

Prof. Dr. Lizit Alencar da Costa
Coordenador do Programa de Pós Graduação em
Ciências Florestais e Ambientais – PPG-CIFA
Prof. Dr. Julio César Rodríguez Tello
Vice-coordenador

A minha esposa Silvina pelo companheirismo,
amizade e compreensão e a minha mãe Antonia,
pelo e incentivo na realização deste.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Antonia Nascimento, a quem devo minha formação, pelo apoio e incentivo;

À minha esposa Silvina Ramos pela compreensão e apoio nesta jornada;

Ao Dr. Basílio Frasco Vianez pela orientação e confiança;

À Pesquisadora Ana Paula Ribeiro Barbosa (*in memoriam*) minha eterna orientadora, que desde a graduação teve um papel imprescindível e único na minha formação profissional, acreditando sempre no meu potencial, direcionando-me a trabalhar na pesquisa;

Ao pesquisador Dr. José Wellington de Moraes responsável pelo Laboratório de Biologia e Sistemática de Fauna de Solo/CPEN/INPA, pela amizade e apoio constante;

À Dra. Maria de Jesus Coutinho Varejão responsável pelo Laboratório de Química da Madeira/CPPF/INPA, pela acolhida e por ter cedido espaços para realização dos experimentos, sugestões e amizade;

À pesquisadora Dra. Maria Aparecida de Jesus pela amizade e auxílios materiais;

À mestranda do curso de entomologia – INPA, Ester Paixão pelo auxílio na análise estatística;

À Eng. Civil Vanessa Almeida pelo auxílio na elaboração dos desenhos;

Aos colegas Adriana Santos, Elias Soares e Karen de Santis pela amizade que criamos durante o transcorrer deste curso;

Aos colegas do laboratório de Química da Madeira pela amizade;

À Coordenação de Pesquisa em Produtos Florestais- CPPF/INPA, mais precisamente ao Laboratório de Química da Madeira, onde foi executado este trabalho;

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais pela oportunidade;

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas/FAPEAM pela concessão da bolsa;

Enfim, é com imensa alegria que deixo aqui consignados sinceros agradecimentos a quantos comigo estiveram e me apoiaram ao longo desta jornada.

“A fé necessita de uma base, base que é a inteligência perfeita daquilo em que se deve crer. E, para crer, não basta ver; é preciso sobretudo, compreender”.

Allan Kardec

RESUMO

Os danos causados por cupins do gênero *Nasutitermes*, o classificam como uma das principais pragas de madeiras em centros urbanos. Várias alternativas vêm sendo estudadas para o controle de cupins, entre elas as barreiras de areia têm mostrado efetividade, além de serem caracterizadas como um produto ecologicamente correto. Este estudo teve como objetivo avaliar em testes de laboratório barreiras de areia contra cupins *Nasutitermes* sp. Inicialmente foram realizados ensaios granulométricos em areia comercial e em seguida, foram selecionadas quatro frações da areia peneiradas com diâmetros de 0,85-4,75 mm e duas misturas com partículas nos diâmetros de 1,68-4,75 mm (Mix 1) e 0,85-1,99 mm (Mix 2) para os testes biológicos de penetração. No primeiro ensaio (Bioteste 1) foram utilizados tubos de vidro (25 X 110 mm) preenchidos com serragem umidificada, agar 2%, camada de areia umidificada (60 mm), agar 2%, frações de serragem e 50 cupins (41 operários e 9 soldados). Estas unidades foram tampadas e dispostas em uma plataforma cercada por água próximo a colônia-mãe. A penetrabilidade foi avaliada num período de 2 semanas e, ao final do teste foi quantificada a sobrevivência. No segundo experimento (Bioteste 2), béqueres de 250 mL foram utilizados e preenchidos da mesma forma que o os tubos-teste, sendo que não foi adicionado o agar e nem os cupins nesta composição. Estas unidades foram dispostas em torno da colônia-mãe de *Nasutitermes* sp. por 30 dias. Em paralelo aos ensaios foi realizada a biometria de cupins *Nasutitermes* coletados na cidade de Manaus. O substrato controle (partículas < 0,85 mm de diâmetro) foi totalmente penetrado (60 mm) em menos de 72h em ambos biotestes. Para o Bioteste 1, as frações de areia de 1,68-1,99 mm de diâmetro (M12) apresentaram a menor penetração (3,33 mm). Camadas formadas por partículas de 0,85-1,67 mm (M20) tiveram uma penetração de média de 21,67 mm de profundidade. Entretanto, as camadas de areia composta de partículas nas dimensões 2,38-4,75 mm (M8), 2,00-2,37 mm (M10) e 1,68-4,74 mm (Mix 1) não foram penetradas. No bioteste 2 foi observada apenas uma leve escavação/penetração de 3,33 mm na barreira formada por partículas de 0,85-1,67 mm de diâmetro (M20). As demais frações foram praticamente negligenciadas pelos cupins (penetração de 0%). A sobrevivência do *Nasutitermes* sp. nos bioensaios foi de 52% no substrato controle e 34,67% em média para as demais frações tratamentos. A biometria dos cupins revelou dimensões de 4,35 mm (corpo inteiro) e largura da cabeça de 1,10 mm, para os operários da espécie testada. No ensaio granulométrico detectou-se maior teor de partículas finas (< 0,85 mm) na areia comercial. Com base nas dimensões mínimas das partículas de cada fração testada, desenvolveu-se uma regressão simples para estimar as dimensões dos interstícios nas barreiras de areia de acordo com a distribuição das partículas. Ao final deste estudo, concluiu-se que a faixa granulométrica efetiva contra cupins *Nasutitermes* sp. em barreiras de areia é de 1,68 a 4,75 mm, sendo esta classificada como impenetrável.

Palavras-chave: Barreiras de Areia; Cupins *Nasutitermes*; Métodos Preventivos, Testes Biológicos.

ABSTRACT

The damages caused by termites of *Nasutitermes* genus classify itself as one of the main pests of wood in urban areas. Several alternatives have been studied for the control of termites, among them the sand barriers have been showed effectiveness, beyond their characterization as a product correct ecologically. This study had as objective to evaluate in tests of laboratory sand barriers against *Nasutitermes* sp. termites. Firstly, granulation tests were performed in commercial sand and following, four fractions of the sieved sand were selected with diameters of 0.85-4.75 mm and two mixtures with particles in the diameters of 1.68-4.75 mm (Mix 1) and 0.85-1.99 mm (Mix 2) for the biological tests by penetration of the termites. In the first essay (Biotest 1) tubes of glasses (25 X 110 mm) were used and they filled out with four layers humidified sawdust, agar 2%, humidified sand (60 mm), agar 2%, sawdust-bait fractions and 50 termites (41 workers and nine soldiers). These sets were covered and disposed in closed up platform by near water to the main colony and the penetration of termites was measured in a period of two weeks. At last of the test the survival was quantified. In the second experiment (Biotest 2) beackers of 250 mL were used and full up of the same way that the tube-tests, not added agar and termites. These sets were disposed around the main colony of *Nasutitermes* sp. by 30 days. At the same time were performed the measurement of *Nasutitermes* collected in Manaus city. The control substrate (particles <0.85 mm diameter) had penetration completely (60 mm) at least of three days in both biotests. Biotest 1, the fractions of sand of 1.68-1.99 mm (M 12) presented the least penetration (3.33 mm). Layers formed by particles of 0.85-1.67 mm (M 20) had a penetration of 21.67 mm of depth. However, at the layers of sand composed of particles of the dimensions 2.38-4.75 mm (M8), 2.00-2.37 mm (M10) and 1.68-4.74 mm (Mix 1) there was not penetration. In the Biotest 2 was just observed a light excavation and/ or penetration of 0.33 mm at barrier formed by particles of 0.85-1.67 mm (M20). The other fractions were completely neglected for the termites (null penetration). At biotests of *Nasutitermes* sp. survival was 52% in the control substrate and 34.67% on average for the other treatment fractions. Biometry of the termites revealed dimensions of 4.35 mm (whole body) and head width 1.10 mm, between the workers. Granulometry essays larger contents of fine particles were detected (< 0.85 mm) at the commercial sand. Basis in the minimum dimensions of the particles of each fraction was performed a simple regression to evaluate these interceptions at sand barriers in accordance with the distribution of the particles. It was concluded that the effective granulometry strip by *Nasutitermes* sp. termites at sand barriers from 1.68 to 4.75 mm can be classified as impenetrable.

Keywords: Sand barriers; *Nasutitermes* termites; Preventive methods; Biological tests.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
Lista de Figuras.....	xi
Lista de Tabelas.....	xiv
Lista de Quadros.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVOS.....	04
2.1 Geral.....	04
2.2 Específicos.....	04
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	05
3.1 BIODETERIORAÇÃO DA MADEIRA.....	05
3.2 OS CUPINS.....	13
3.2.1 Cupins-praga em áreas urbanas.....	18
3.2.2 Cupins do gênero <i>Nasutitermes</i>	21
3.2.3 Comportamento de forrageamento de <i>Nasutitermes</i> sp.....	25
3.2.4 Comunicação química em <i>Nasutitermes</i> sp.....	27
3.3 TÉCNICAS DE PRESERVAÇÃO DA MADEIRA.....	29
3.3.1 Métodos Convencionais.....	30
3.3.2 Novas Técnicas de Proteção da Madeira.....	34
3.3. 2.1 Barreiras físicas (Barreiras não químicas).....	35
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	44
4.1 Material.....	44
4.1.1 Área de estudo.....	44
4.1.2 Coleta e manutenção de cupins.....	44
4.1.3 Obtenção das frações de areia e ensaios granulométricos.....	46

4.2 Métodos.....	47
4.2.1 Preparação do substrato-teste.....	47
4.2.2 Bioensaio de penetrabilidade.....	49
4.2.3. Biometria dos cupins.....	52
4.2.4 Análise Estatística.....	52
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
5.1 Bioteste de Penetrabilidade.....	53
5.2 Sobrevivência dos cupins no Bioteste 1.....	62
5.3 Biometria dos cupins.....	66
5.4 Ensaio Granulométrico.....	69
5.5 Relação partículas versus interstícios em barreiras de areia.....	72
6. CONCLUSÃO.....	78
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Aspecto da madeira degradada fisicamente.....	06
Figura 2- Madeiras atacadas por organismos xilófagos: A– <i>Pycnopus sanguineus</i> ; B- <i>Lenzites</i> sp.; C– <i>Cryptotermes</i> sp.; D– <i>Coptotermes</i> sp.....	07
Figura 3- Estrutura química da celulose.....	08
Figura 4- Estrutura química dos açúcares que compõem a hemicelulose.....	08
Figura 5- Estrutura básica de lignina.....	09
Figura 6- Peças de madeira biodegradadas por fungos e cupins: A- Fungo de podridão branca; B- Fungo de podridão parda; C– Cupins de madeira-seca; D- Coleópteros.....	10
Figura 7- Seção transversal da madeira, em destaque o cerne (no interior) e o alburno (parte mais clara).....	11
Figura 8- Ciclo de vida dos Isopteras com a formação de cada casta.....	14
Figura 9- Principais hábitos dos cupins: A– Arborícola; B– Montículo; C– Subterrâneo; D– Madeira-seca.....	15
Figura 10- Foto em microscópio eletrônico de varredura de soldado <i>Nasutitermes</i> sp.....	17
Figura 11- Grânulos fecais de isopteras: I - Representação de resíduo fecal de cupim de madeira seca (A) e de madeira úmida (B); II - Foto em microscópio eletrônico de varredura de resíduos fecais de cupins de madeira-seca.....	19
Figura 12- Infestação de <i>Nasutitermes</i> sp. em edificações.....	22
Figura 13- Soldados de <i>Nasutitermes</i> : A- <i>Nasutitermes glabitergus</i> ; B– <i>Nasutitermes mexicanus</i> ; C– <i>Nasutitermes acajutlae</i> ; D– <i>Nasutitermes rippertii</i>	24
Figura 14- Soldados e operários de <i>Nasutitermes</i> : A- <i>Nasutitermes guayanae</i> ; B– <i>Nasutitermes corniger</i> ; C– <i>Nasutitermes ephratae</i> ; D– <i>Nasutitermes nigriceps</i>	25
Figura 15- Plataforma de impregnação de madeira.....	31
Figura 16- Uma casa coberta com lona para aplicação de gás (H ₃ Br) contra cupins de madeira-seca.....	35

Figura 17- Ant caps utilizados em estruturas de uma edificação.....	36
Figura 18- Tela de aço inoxidável (Termimesh®) aplicada em fundações nos EUA.....	36
Figura 19- Bioensaio para avaliar a penetração de cupins subterrâneos: A- substrato que apresenta resistência; B- controle e substratos rompidos.....	38
Figura 20- Ensaio em laboratório com o BTB: A- Tamashiro em um de seus experimentos; B- partículas de rocha basáltica triturada.....	40
Figura 21- Resultados do teste de barreira com cupim subterrâneo <i>C. formosanus</i> : A- substrato impenetrável a base de BTB; B- substrato sem resistência.....	40
Figura 22- Aplicação do Granitgard em torno de uma residência.....	42
Figura 23- Mapa da área urbana de Manaus/AM.....	45
Figura 24- Colônias de <i>Nasutitermes</i> sp. coletadas: A- armazenamento em tanque com água; B- testes de alimentação.....	46
Figura 25- Peneiramento da areia: A- areia limpa e seca; B- jogos de peneiras de aço; C- Agitador de peneiras (Ro-Tap/Testing Sieve Shaker).....	47
Figura 26- Proporção das partículas de areia utilizadas nos bioensaios.....	48
Figura 27- Unidades utilizadas nos biotestes de penetrabilidade: A- Tubo-teste; Béquer-teste.....	49
Figura 28- Vista geral do Bioteste 1 durante a execução.....	50
Figura 29- Béqueres-teste dispostos em torno da colônia de <i>Nasutitermes</i> sp.....	51
Figura 30- Mensuração dos cupins: a- comprimento do corpo; b- comprimento da cabeça e c-largura da cabeça.....	52
Figura 31- Penetração de <i>Nasutitermes</i> sp. em frações de areia em testes vertical e no sentido descendente (Tubo-teste).....	54
Figura 32- Avaliação da penetrabilidade de areia (Bioteste 1), início e final: A- controle (< 0,85 mm); B- fração da peneira 20 (0,85-1,67 mm); C- fração da peneira 8 (2,38-4,75 mm).....	55
Figura 33- Penetração de <i>Nasutitermes</i> sp. em frações de areia em testes vertical e no sentido descendente (Béquer-teste).....	56
Figura 34- Avaliação da penetrabilidade de areia (Bioteste 2), início e final: A- controle (< 0,85 mm); B- fração da peneira 20 (0,85-1,67 mm).....	57
Figura 35- Barreiras de areias finas “quebradas” no período de 48 h	59

Figura 36- Sobrevivências de <i>Nasutitermes</i> sp. no Bioteste 1, no período de 15 dias.....	63
Figura 37- Sobrevivências de cupins <i>Nasutitermes</i> sp. nas casta de soldados e operários no Bioteste 1.....	65
Figura 38- Serragem de <i>Simarouba amara</i> (marupá) utilizada na dieta dos cupins.....	66
Figura 39- Mandíbulas do operário de <i>Nasutitermes ephratae</i> que ocorrência na Amazônia.....	69
Figura 40- Aspecto geral das frações peneiradas.....	71
Figura 41- Esquema da disposição das partículas: A- camada compactada; B- camada não compactada.....	73
Figura 42- Esquema do empacotamento das partículas de areia nos tubos-teste com objetivo de estimar os espaços vazios.....	74
Figura 43- Curva padrão da disposição da partículas em camadas de areia: A- areia compactada; B- areia sem compactação.....	75
Figura 44- Formas geométricas utilizadas para representação dos interstícios em barreiras de areia.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Médias de penetração dos cupins <i>Nasutitermes</i> sp. em 60 mm de camada de areia de várias frações peneiradas e misturas, no período de 15 dias, no Bioteste 1.....	53
Tabela 2- Biometria dos cupins da casta operária (mm).....	67
Tabela 3- Biometria dos cupins da casta soldado (mm).....	67
Tabela 4- Distribuição granulométrica da areia testada.....	70
Tabela 5- Tamanho real das partículas utilizadas nos testes de penetração.....	71
Tabela 6- Relação da largura da cabeça dos cupins operários com as dimensões da partícula/vazio em barreiras de areia.....	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Número de gêneros e espécies de cupins nas famílias de Isoptera.	13
Quadro 2 – Espécies de maior frequência na Amazônia e seus hábitos.....	20

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material extremamente versátil que pode ser utilizado para os mais diversos fins: energético, na construção civil, em obras de arte, na indústria moveleira, entre outros. A ampla utilização da madeira pelo homem é determinada por uma série de características apresentadas por este material, dentre as quais estão: baixo custo, grande disponibilidade, alta resistência em relação ao seu peso, excelente trabalhabilidade, uma gama elevada de cores e texturas tornando-a agradável esteticamente, requer baixo insumo energético para sua produção, além de ser uma matéria-prima renovável (OLIVEIRA et al., 1986; KOCH, 1992).

Contrapondo-se a inúmeras vantagens apresentadas pela madeira e seus derivados determinantes para a sua ampla utilização, existe a biodeterioração, visto que a composição química da madeira é fonte natural de carboidratos e nutrientes para vários organismos (bactérias, fungos, insetos e brocas marinhas), assim denominados xilófagos. Dentre estes, fungos e cupins são responsáveis pelos maiores danos econômicos em madeiramento das construções e ainda em sistemas silviculturais.

Os cupins são insetos da Ordem Isoptera, com cerca de 2.750 espécies descritas no mundo; No Brasil, cerca de 290 espécies já foram registradas. A principal característica dos cupins é que eles são insetos sociais, isto é, constituem colônias formadas por diferentes categorias de indivíduos, ou castas, cada uma delas desempenha um papel específico na sociedade. Uma colônia típica de cupins contém: a casta dos reprodutores e duas castas não reprodutoras ou neutras, os operários e os soldados (CONSTANTINO, 1999).

Das espécies de cupins catalogadas atualmente menos de 10% são consideradas pragas, esta posição está associada com base ao impacto econômico do dano, expresso em custos de prevenção, controle e reparo (ROBINSON, 1996).

Levantamentos da termitofauna brasileira diagnosticaram espécies de cupins-pragas em estruturas de madeira, em culturas agrícolas e em florestas plantadas e nativas como na Amazônia brasileira (BANDEIRA, 1989; 1993; APOLINÁRIO; MARTIUS, 2004). De acordo com os relatos de BANDEIRA (1998), os maiores estragos são causados por espécies do gênero *Nasutitermes*, *Coptotermes* e *Cryptotermes* na madeira estrutural e em edificações, e por *Coptotermes* em plantas vivas, tanto nos cultivos agrícolas como em florestas nativas. De todos os cupins encontrados em seu estudo, os da família Termitidae são os mais destruidores de madeiras de edificações, sendo os do gênero *Nasutitermes* os mais importantes, responsáveis por 50% dos estragos, destacando-se *N. corniger*. O autor relata ainda que as espécies de *Nasutitermes* destroem madeira dura ou mole, seca ou úmida, trabalhada ou não, porém preferem o alburno ao cerne.

Nos Estados Unidos, cupins subterrâneos são responsáveis por 80% de participação no US\$ 1,5 bilhão gastos anualmente para o controle de cupins (SU, 1991). No Brasil não se dispõe de uma estatística de prejuízos relativos ao ataque de cupins. No entanto, alguns trabalhos publicados por pesquisadores brasileiros indicam o potencial de dano que essa praga pode representar. Lelis (1994) estimou que os gastos necessários para o tratamento curativo de 240 edifícios infestados na cidade de São Paulo perfaziam um total de US\$ 3,35 milhões.

Na Austrália, o Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), importante órgão de pesquisa, levantou que aproximadamente US\$ 200 milhões são gastos todos os anos em virtude do ataque de cupins em área urbana. Dados apresentados mostram que uma em cada cinco casas é atacada por cupins na Austrália. Dentro de três meses essas pragas podem danificar até um quarto de uma casa de tamanho médio (CSIRO, 2007).

Em tecnologia da madeira o ramo que se ocupa com os estudos e processos contra a biodegradação é a “Preservação da Madeira”. Os relatos históricos a cerca da biodegradação e

proteção da madeira são antigos. No Antigo Testamento, o Livro Levítico narra fatos sobre o apodrecimento em habitações de madeiras chamado de “Lepra de Habitações” onde se utilizavam rituais para eliminação por meio do sacrifício de pássaros. Mais à frente tem se relatos que Noé utilizou piche pra proteger a madeira utilizada para construção da Arca.

Os métodos utilizados contra a biodegradação, tais como preservantes químicos e inseticidas para o solo, têm sido bastante difundidos no mundo inteiro, entretanto, Su e Scheffrahn (1998), reconheceram que estes devem ser mais eficazes, de baixo custo, menos tóxicos e mais seletivos.

Novas tecnologias desenvolvidas nos últimos anos incluem as de controle de cupins subterrâneos devido a barreiras físicas. Estudos de barreiras físicas contra o ataque de cupins subterrâneos, consistindo métodos preventivos estão sendo desenvolvidos em estados americanos (EUA) e países como Canadá e Austrália. Estas pesquisas se desenvolvem com materiais que podem ser colocados em torno da fundação como barreiras físicas à invasão de térmitas.

Métodos utilizando telas de aço inoxidável, areia e controladores de umidade vêm sendo estudados. Algumas barreiras de agregados de materiais de construção mostraram efetividade a cupins *Coptotermes*, *Heterotermes* e *Reticulitermes* e geraram patentes em países desenvolvidos. No Havaí as novas construções utilizam rocha basáltica triturada para o controle de cupins. Este método é regulamentado junto aos órgãos sanitários e substituem os convencionais métodos de tratamento de solo com produtos químicos. No Brasil as barreiras físicas são quase que desconhecidas, e estudos sobre a penetrabilidade por cupins do gênero *Nasutitermes* na areia são escassos ou inexistentes.

As barreiras de areia têm grande apelo porque são amplamente disponíveis, relativamente baratas, de material não-sintético, não tóxico e de longa duração o que a caracteriza como um produto ecologicamente correto.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar os mecanismos da barreira de areia contra cupins *Nasutitermes* sp. (Isoptera: Termitidae) visando determinar seu potencial como método de prevenção contra o ataque desses insetos.

2.2 Específicos

- Desenvolver testes em laboratório com barreiras de areia a fim de determinar as faixas granulométricas mais eficazes na prevenção do ataque de cupins *Nasutitermes* a estruturas de madeira.
- Avaliar a eficácia das técnicas utilizando barreiras de areia a espécies de cupins *Nasutitermes* sp..
- Avaliar a biometria dos cupins *Nasutitermes* sp. para correlação entre tamanho dos cupins e dimensões das partículas.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 BIODETERIORAÇÃO DA MADEIRA

O material madeira é o recurso natural mais antigo de que dispõe o homem. Desde sempre, da madeira se obtém combustível, ferramentas, alimentos e proteção. A ampla utilização da madeira pelo homem é determinada por uma série de características apresentadas por este material, dentre as quais estão: baixo custo, disponibilidade, excelente trabalhabilidade, uma gama elevada de cores e texturas tornando-a agradável esteticamente. Também requer baixo insumo energético para sua produção, é renovável, pois é continuamente produzida por florestas naturais ou por meio de reflorestamento e pode ser reciclada (OLIVEIRA et al., 1986; KOCH, 1992).

Além disso, o uso da madeira como material para a construção civil ganha espaço no mercado e a sua demanda tende a aumentar futuramente como uma forma de minimizar problemas ambientais, pois na sua produção ocorre a captura de CO₂ pela árvore, que é retido na constituição química da madeira (COSTA, 1998; ZERBE, 1992). Desta forma, toda a madeira empregada em construções estaria contribuindo para a diminuição do CO₂ livre na atmosfera.

No estado em que é normalmente utilizada, a madeira já não apresenta vida, sendo a parte morta de um vegetal, e está sujeita à próxima etapa de seqüência natural de todo ser vivo, a biodeterioração. Dessa forma a madeira sofre, obviamente, todos esses processos causados por agentes físicos, químicos e biológicos.

Pelos agentes físicos, como variações da temperatura, precipitação pluviométrica, exposição às intempéries, fogo, radiação ultravioleta e água, a madeira sofre degradação de seus constituintes poliméricos (Figura 1). Enquanto, que os agentes químicos como o acúmulo

de substâncias químicas presentes no meio ambiente e no solo, partículas de poluentes da atmosfera e da água provocam a redução de várias propriedades físicas da madeira (KOLLMAN et al., 1975; MORESCHI, 2005).



Figura 1- Aspecto da madeira degradada fisicamente.
Fonte: WOOD ANATOMY, acesso em 2007.

Os agentes biológicos podem atuar logo após a derrubada da árvore, pois as toras ficam predispostas à colonização por um grande número de microrganismos que provocam a biodeterioração. Dentre os seres capazes de se estabelecer na madeira, fungos e cupins são os de maior importância econômica pela sua alta capacidade destrutiva (Figura 2). Porém estes microrganismos contribuem para a manutenção do equilíbrio na natureza, ao transformar os compostos químicos da madeira morta em substâncias vitais para o desenvolvimento de nova vida (NASCIMENTO, 2000). As características edafoclimáticas das regiões tropicais e subtropicais favorecem o desenvolvimento desses organismos (PAES et al., 2002; PAES et al., 2003).

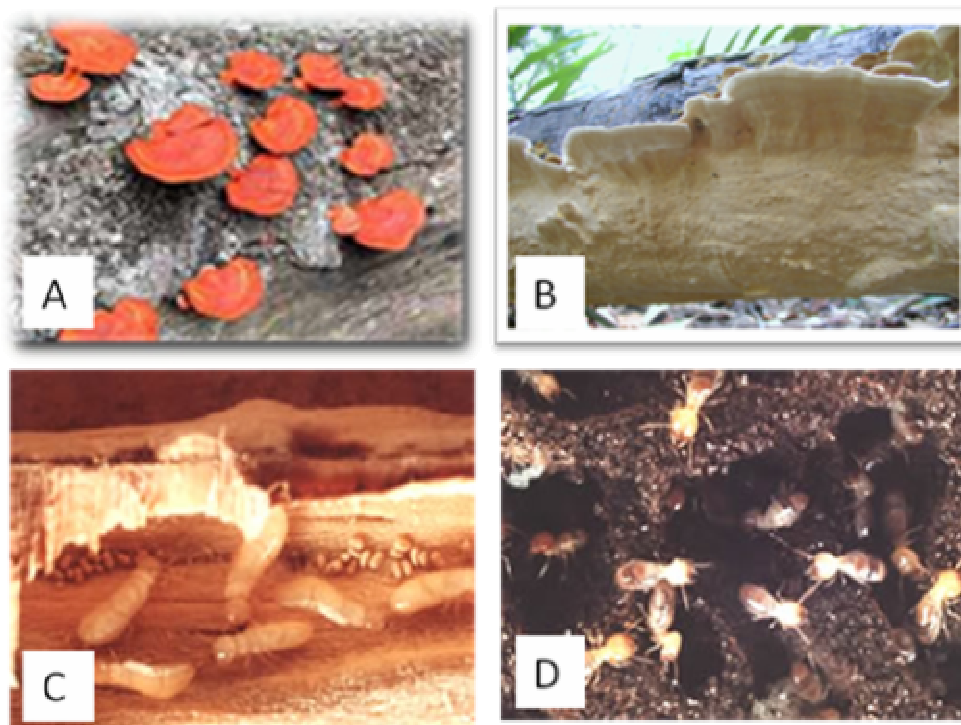


Figura 2- Madeiras atacadas por organismos xilófagos: A– *Pycnoporus sanguineus*; B- *Lenzites* sp.; C– *Cryptotermes* sp.; D– *Coptotermes* sp..

Fonte: CUPINS, acessado em 2008.

Os organismos que se alimentam da madeira são chamados de xilófagos. Estes organismos reconhecem os polímeros naturais da parede celular (celulose, hemicelulose e lignina) como fonte de nutrição, retirando daí, a energia necessária para a sua sobrevivência. Alguns destes organismos possuem sistemas enzimáticos específicos e/ou protozoários capazes de metabolizar essas macromoléculas em unidades digeríveis (LEPAGE et al., 1986; MEDEIROS, 2004) (Figuras 3, 4 e 5).

A madeira apresenta comportamento pós-derrubada distinto, dependendo dos fatores ambientais como: insolação, aeração, temperatura e ataque por microrganismos xilófagos. As condições de temperatura, umidade, aeração, pH e tipos de extrativos da madeira são fatores importantes na determinação dos microrganismos aptos a atacá-la e tem muita influência na

velocidade da biodeterioração (CAVALCANTE, 1983; CARDIAS, 1985; BARBOSA et al., 2007).

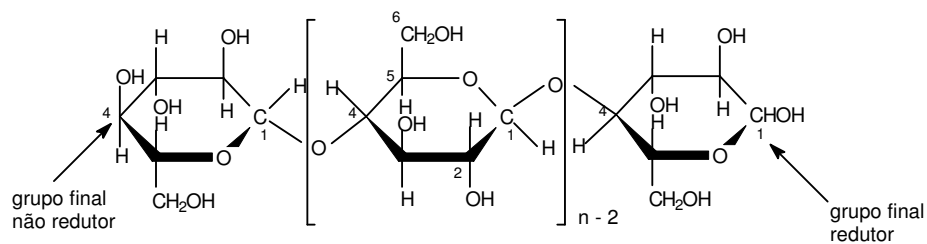


Figura 3- Estrutura química da celulose.
Fonte: Adaptado de Nascimento, 2000.

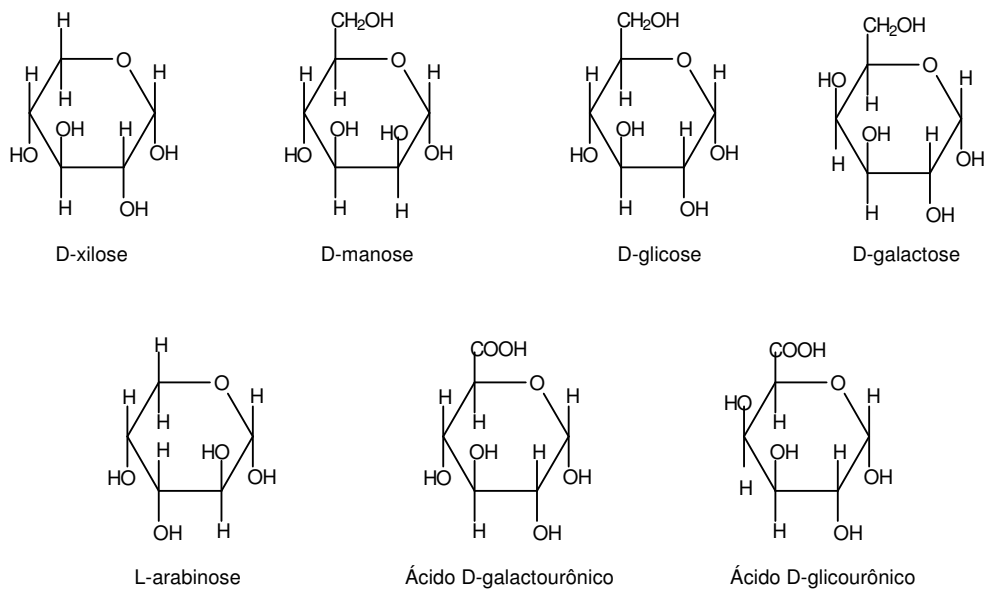


Figura 4- Estrutura química dos açúcares que compõem a hemicelulose.
Fonte: Adaptado de Nascimento, 2000.

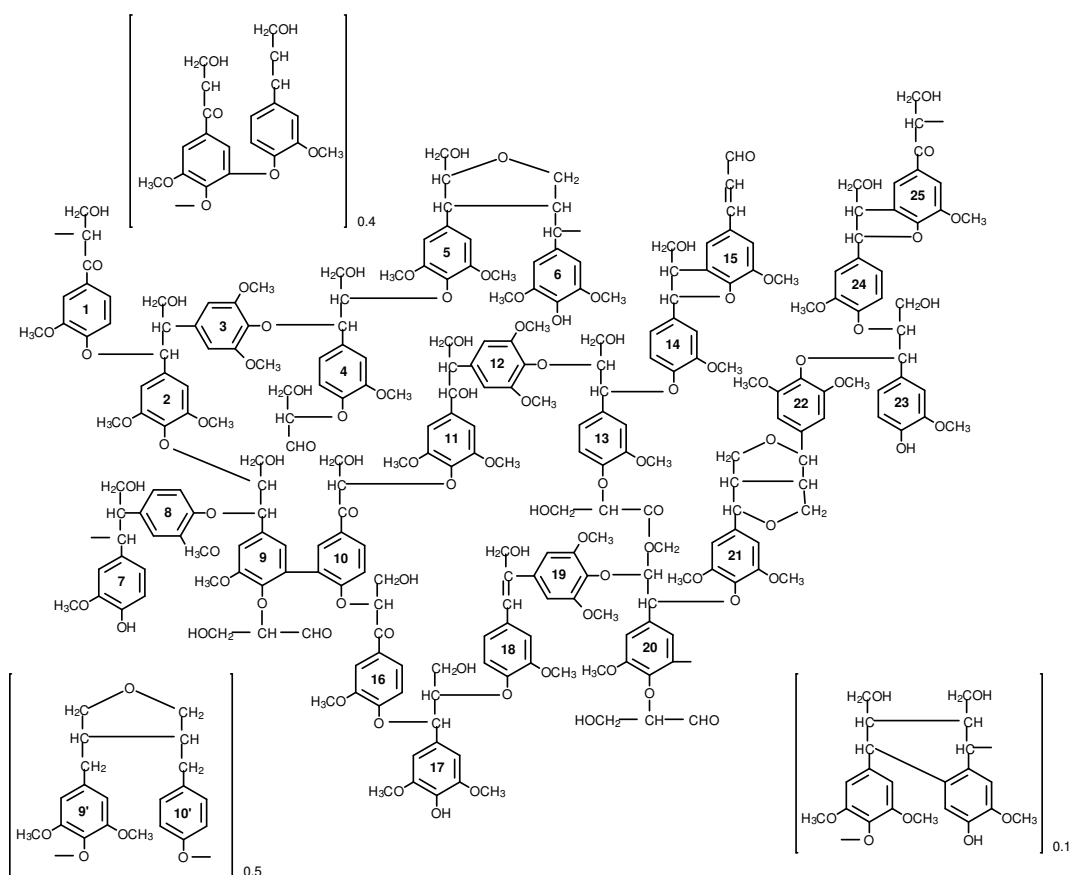


Figura 5- Estrutura básica de lignina.
Fonte: Adaptado de Nascimento, 2000.

Os diversos segmentos de cadeia produtiva que envolvem a utilização tecnológica do material madeira têm demonstrado que a proteção da madeira contra organismos xilófagos é de grande relevância, visto que muitas espécies apresentam baixa durabilidade natural. Na Figura 6 é ilustrada a matéria-prima madeira em processo de biodeterioração.

A durabilidade natural da madeira e sua preservação são dois fatores que determinam, em grande parte, sua utilização, principalmente em países tropicais. Vários autores têm citado que a durabilidade da madeira está ligada às suas características físicas, mecânicas, anatômicas e principalmente químicas (FENGEL; WEGENER, 1984; BARBOSA et al., 1991; SILVA; SILVA, 1991).

Quanto à característica química esta é associada a determinados compostos presentes nos extrativos. Essas substâncias têm sido bastante estudadas nos últimos anos em virtude da resistência conferida a organismos xilófagos a determinadas espécies madeiras quando ocorrem naturalmente. Sendo assim, os extrativos podem ter características repelentes e/ou tóxicas a organismos biodegradadores (BARBOSA et al., 2007).



Figura 6- Peças de madeira biodegradadas por fungos e cupins: A- Fungo de podridão branca; B- Fungo de podridão parda; C- Cupins de madeira-seca; D- Coleópteros.

Fonte: BROWN ROT, acessado em 2007; WHITE ROT, acessado em 2007; Eleotério (2000); Gold (2008).

Na maioria das madeiras, o alburno (parte mais externa do tronco), geralmente é degradado mais rapidamente que o cerne (parte mais interna). Isto pode estar associado à deposição dos extrativos no cerne (SUPRIANA, 1985) (Figura 7).

Os extrativos podem se localizar dentro da parede celular do tecido xilemático, mas não estão ligados quimicamente a elas (FENGEL; WEGENER, 1984). Têm presença marcante nas suas características, tais como cheiro, cor, resistência mecânica, densidade e higroscopicidade (SILVA; SILVA, 1991).

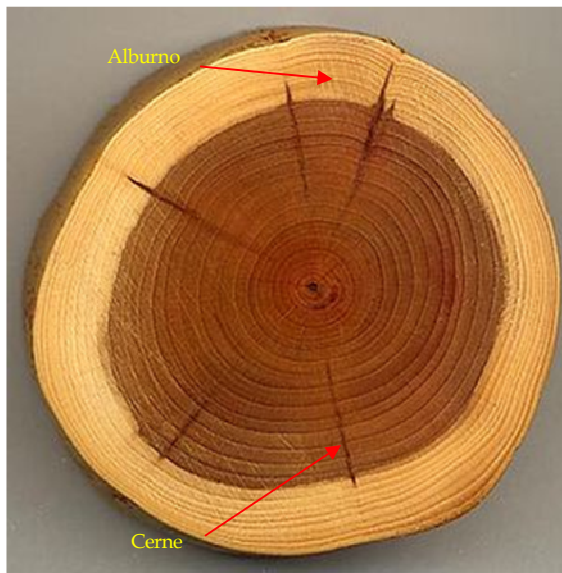


Figura 7- Seção transversal da madeira, em destaque o cerne (no interior) e o alburno (parte mais clara).
Fonte: WOOD, acessado em 2008.

Spear (1970) considera que madeiras resistentes são impalatáveis ou repelentes aos cupins. Sendo assim, madeiras que não possuem estas características devem ser evitadas em regiões de altos índices de infestações.

Estudos tecnológicos e levantamentos a cerca da durabilidade de espécies florestais da Amazônia vem sendo desenvolvidos nos últimos anos por pesquisadores do Instituto Nacional da Amazônia – INPA (CARDIAS et al., 1985; INPA/CPPF, 1991; JESUS et al., 1998).

Jesus et al. (1998), estudando a durabilidade natural de madeiras do Amazonas ao longo de 10 anos de exposição em campo de apodrecimento, constataram degradação de 73,9% em espécies florestais estudadas.

Abreu et al. (2002), ao avaliar toras de 19 espécies florestais estocadas em indústrias madeireiras de Manaus, registraram danos causados em toras de copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne), caucho (*Micrandra* sp.) e virola (*Virola surinamensis* (Rol. ex Rottb.) Warb).

Portanto, o conhecimento básico da diversidade e biologia dos organismos xilófagos é de fundamental importância para seu controle. É importante que sejam realizados estudos acerca da composição da fauna biodegradadora da madeira em grandes centros urbanos a fim de que sejam esclarecidos quais são as espécies que se apresentam como pragas potenciais, e que, em estudos futuros, possam ser direcionados esforços para minimizar os prejuízos causados por esses organismos.

3.2 OS CUPINS

Os cupins são insetos que ocorrem nas regiões tropicais e temperadas entre os paralelos 52° N e 45° S. Em ambientes tropicais tais como florestas úmidas e savanas podem ser a fauna dominante, mas podem também ser abundantes em regiões áridas. Os cupins pertencem à ordem Isoptera, que conta com mais de 2860 espécies distribuídas em 7 famílias (Quadro 1). Nas Américas ocorrem 546 espécies sendo que no Brasil, registraram-se cerca de 300 espécies. Este número de espécies é seguramente subestimado uma vez que há ausência de levantamentos em várias regiões brasileiras, principalmente no norte e nordeste (CONSTANTINO, 1999; MARICONI et al., 1999).

Família	Gêneros	Espécies
Hodotermitidae*	3	19
Kalotermitidae	21	417
Mastotermitidae*	1	1
Rhinotermitidae	15	368
Serritermitidae **	1	1
Termitidae	237	2.020
Termopsidae*	5	20

Quadro 1- Número de gêneros e espécies de cupins nas famílias de Isoptera.

* famílias não existentes no Brasil ** ocorrência apenas no Brasil.

Fonte: Grimaldi (2005).

Os cupins existem há muito tempo. Foram encontrados restos de cupins fossilizados em formações que tinham 55 milhões de anos. Os cupins também são conhecidos como térmitas, que vem do latim “tarmite”, que significa verme da madeira. Seu “trabalho” já era tão devastador, que os cidadãos daquela época consideravam que os exércitos de cupins eram como invasores vindos do céu, cujo único propósito era “consumir e digerir seus lares”. A

palavra cupim tem origem na língua tupi, e designa tanto o inseto quanto sua habitação (BECKER, 1977; FERREIRA, 1986).

Os cupins são considerados insetos eussociais, ou seja, formam colônias de indivíduos com sobreposição de gerações, cuidado cooperativo da prole e divisão de trabalho. A estrutura social desses insetos é composta por indivíduos que se desenvolvem por paurometabolia, morfologicamente distintos (polimórficos) e classificados em castas com funções específicas dentro da colônia (GRASSÉ, 1986).

Três castas são encontradas em um ninho de cupins: a - Os operários que formam a casta mais numerosa e se ocupam de todas as funções rotineiras, tais como obtenção de alimento, construção e reparação do ninho e túneis, cuidados com a prole e fornecimento de alimento às outras castas; b - Os soldados que são os responsáveis pela guarda do ninho e pela proteção dos operários durante o forrageamento e; c - Os reprodutores que são os responsáveis pela geração de novos indivíduos e pela multiplicação das colônias (KRISHNA, 1970) (Figura 8).

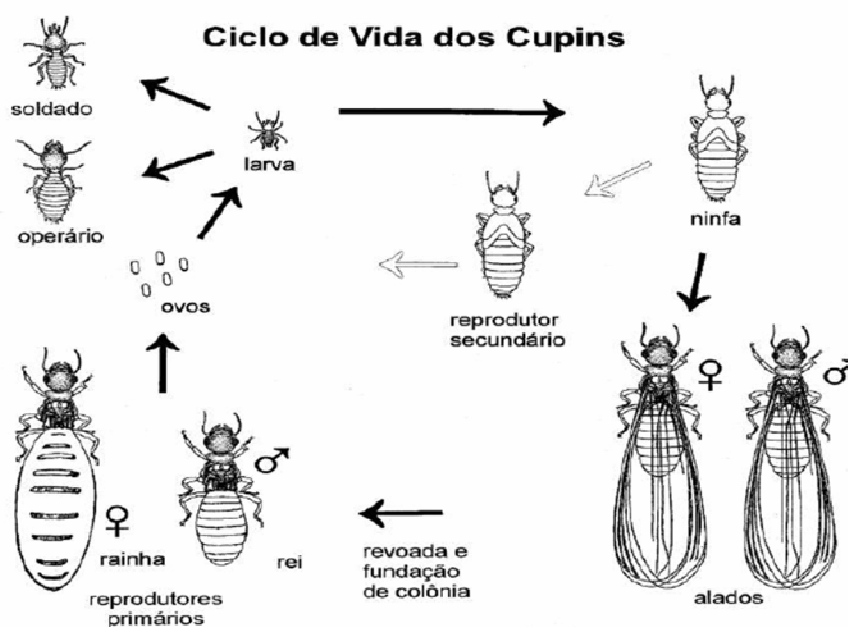


Figura 8- Ciclo de vida dos Isopteras com a formação de cada casta.
Fonte: Adaptado de Fontes, 1995.

As moradias dos cupins são ninhos que permitem isolar os indivíduos do meio externo. A comunicação com o exterior nunca é direta, com exceção das épocas de revoada quando ocorre à saída dos alados. Este enclausuramento protege contra invasores e permite controlar a circulação de ar para regular as condições de umidade, temperatura e de composição dos gases no interior do ninho. Os ninhos de cupins variam quanto à forma, à localização, ao tamanho, à coloração, ao material utilizado na sua construção e estrutura. A estrutura dos ninhos de cupins é diversa (COSTA-LEONARDO, 2002) (Figura 9).

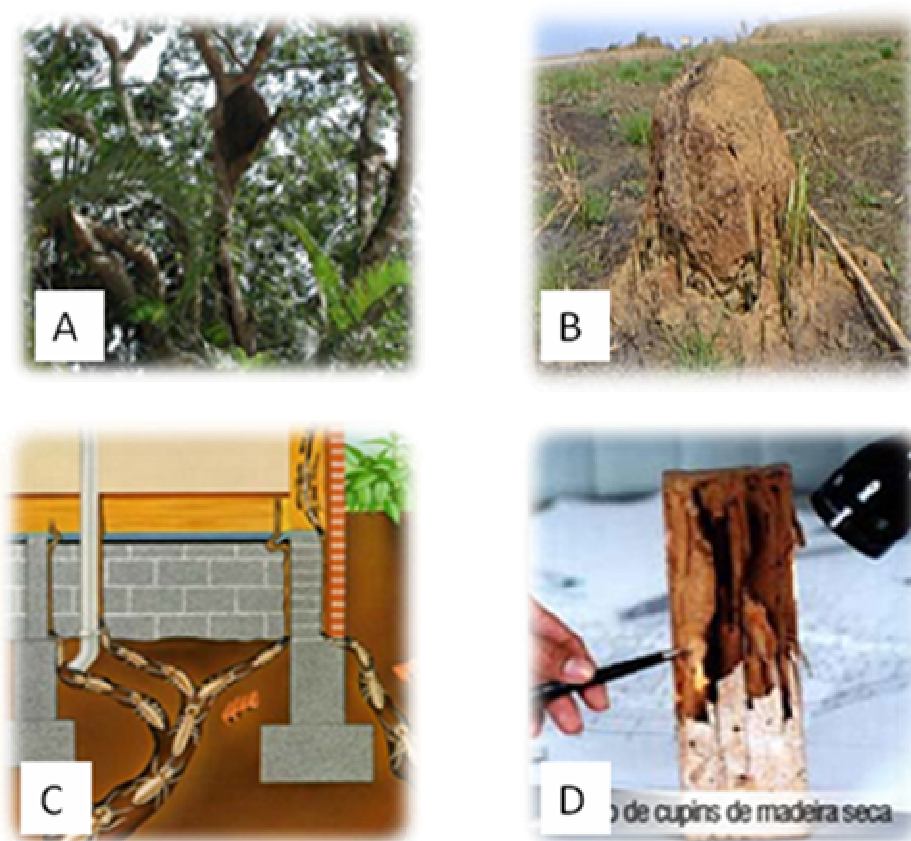


Figura 9- Principais hábitos dos cupins: A– Arborícola; B– Montículo; C– Subterrâneo; D– Madeira-seca.

Fonte: Issa (2007); CUPINS PRAGA, acessado em 2007.

Geralmente possuem três câmaras: real, de cria e de armazenamento de alimento (podem estar ausentes) e galerias de forrageamento. Podem ser classificados em quatro tipos,

conforme os ninhos: a) na madeira, considerada a forma de nidificação mais primitiva; b) subterrâneos, constituídos de uma câmara única ou múltiplas câmaras interligadas em redes; c) epígeos, se iniciam de forma subterrânea, mas com o crescimento da colônia desenvolvem uma parte aérea em forma de montículo e d) arborícolas de forma esférica ou elipsoidal, construídos em árvores ou similares (NOIROT, 1970).

O comportamento dos cupins apresenta dois processos importantes na comunicação intracolônia: trofalaxia e “grooming” ou lambedura. A trofalaxia envolve a troca de líquidos entre indivíduos. Os cupins podem regurgitar para os companheiros de ninho o alimento parcialmente digerido que se encontra no papo ou saliva (trofalaxia estomodeal). Além disso, conteúdo intestinal pode ser passado via anal (trofalaxia anal ou proctodeal). O “grooming” ou lambedura é realizado sempre antes da trofalaxia (SANTOS, 2004).

Sobre a superfície do corpo de um companheiro pode ocorrer o contato sensorial que é mais intenso quando é realizado sobre mandíbulas e palpos onde há maior número de mecanorreceptores e quimiorreceptores (COSTA-LEONARDO, 2002).

Segundo Grassé (1986), os cupins são fototrópicos negativos e, portanto vivem confinados no interior dos ninhos e, de maneira geral, não possuem olhos sendo que os quimiorreceptores, localizados nas extremidades das antenas em conjunto com pêlos sensoriais distribuídos pelo seu corpo, são os responsáveis pela percepção dos estímulos olfato e tato (Figura 10). De acordo com o mesmo autor, os cupins também possuem sensilas nos palpos maxilares e labiais, e a importância da olfação é evidenciada pela detecção de alimento ou de outras substâncias pelas quais são repelidos quando nocivas.

Em relação à visão dos alados, estes adquirem fototropismo positivo possivelmente ao longo de seu período de desenvolvimento, para que possibilite a sua saída da colônia de origem. O fototropismo positivo é mais acentuado no momento da revoada sendo que após a perda das asas os cupins tornam-se fototrópicos negativos (OLIVEIRA et al., 1986).

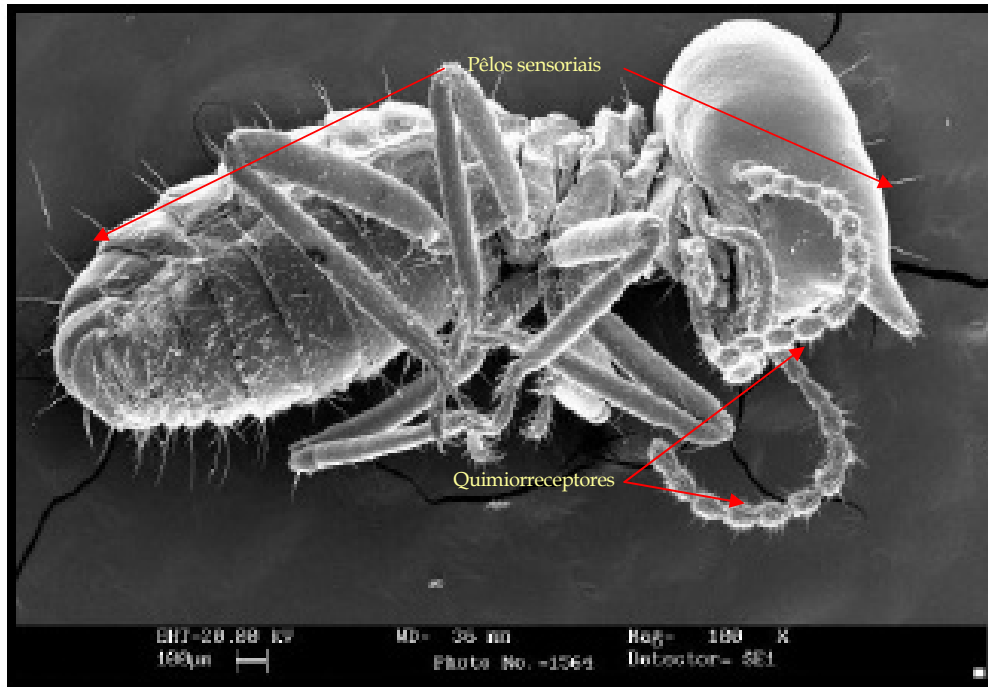


Figura 10- Foto em microscópio eletrônico de varredura de soldado *Nasutitermes* sp.
Fonte: Eleotério (2000).

De acordo com seu grau evolutivo, os cupins podem ser divididos em dois grupos: a) superiores e b) inferiores. Os cupins superiores pertencem à família Termitidae. As demais famílias pertencem ao grupo dos cupins inferiores.

Os cupins inferiores se caracterizam por construir ninhos pouco elaborados. As colônias contam com pequeno número de indivíduos e possuem castas pouco definidas. Os cupins superiores possuem colônias populosas, castas bem definidas e ninhos bem elaborados (GRASSÉ, 1986).

Robinson (1996) considera os térmitas um dos mais bem sucedidos entre os insetos sociais, devido à longa vida de suas colônias e por utilizarem celulose como alimento. Este material é um dos mais abundantes da face da Terra, porque a degradação da celulose é feita por meio da ação de enzimas, mas o processo digestivo é efetuado principalmente pela ação de protozoários simbiotes. Além da madeira, outras fontes alimentares são utilizadas pelos

cupins como húmus, líquens, fezes de herbívoros, ou fungos cultivados no interior dos ninhos (NOIROT, 1992; MEDEIROS, 2004; ALBUQUERQUE et al., 2008).

3.2.1 Cupins-praga em áreas urbanas

Em área urbana são considerados dois grupos de cupins: os que são benéficos e fazem parte da fauna autóctone nos grandes parques, reservas e jardins, importantes para a manutenção da homeóstase ambiental e os que ocasionam prejuízos econômicos pelos danos que causam no madeiramento das construções, visto que, de maneira geral, apenas são percebidos quando já houve comprometimento da estrutura das edificações (FONTES, 1995).

Acredita-se que o estabelecimento dos cupins nas cidades é devido à diminuição de áreas naturais, pela implementação de monoculturas, plantio de florestas de espécies introduzidas e ao alastramento das cidades, fazendo com que os cupins, em busca de alimento e refúgio, estabeleçam-se nas praças e construções dos grandes centros urbanos, onde algumas espécies tornam-se pragas importantes. São várias as causas que têm levado os cupins a terem sucesso em áreas urbanas sendo que, a grande quantidade de áreas sombreadas, e a utilização de madeiras não resistentes e não tratadas quimicamente como material de construção, são alguns exemplos.

Harris (1971) relata danos em documentos, livros, madeiras de construções e materiais de origem orgânica, causados por *Reticulitermes* sp. na Europa e nos Estados Unidos, *Coptotermes* sp. na Austrália, Ásia e parte da África, *Macrotermes* sp. e *Odontotermes* sp. na África do Sul, Índia e sudeste da Ásia, *Mastotermes* no norte da Austrália e *Cryptotermes* nos países tropicais e região costeira dos continentes.

O sinal mais característico de infestação por térmitas são as galerias e a presença de grânulos fecais. As diferenças morfológicas entre os grânulos fecais eliminados por cupins de madeira seca e de madeira úmida são de grande importância. Os excrementos dos cupins de madeira úmida, assim como os dos cupins de madeira seca, são alongados e com extremidades arredondadas, mas as arestas que separam as depressões laterais não são proeminentes (EDWARDS; MILL, 1986). Estas diferenças podem ser observadas na Figura 11.

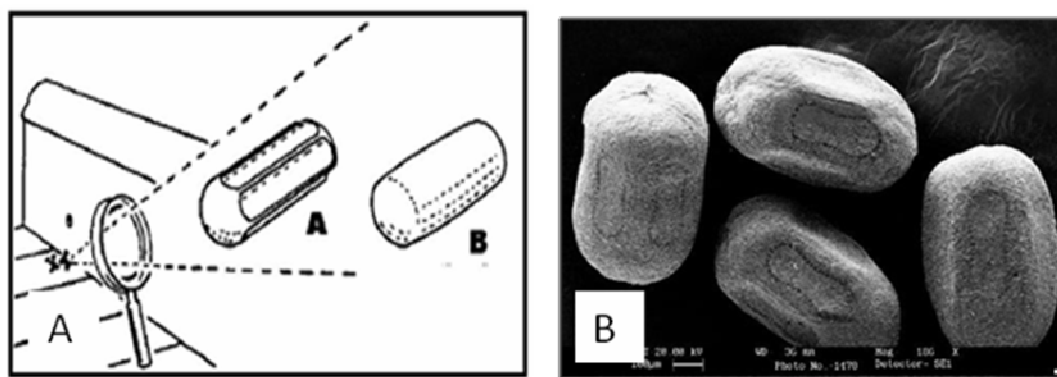


Figura 11- Grânulos fecais de isopterás: I - Representação de resíduo fecal de cupim de madeira seca (A) e de madeira úmida (B); II - Foto em microscópio eletrônico de varredura de resíduos fecais de cupins de madeira seca.
Fonte: Eleotério (2000).

Não obstante o total de cupins existentes no mundo, apenas 10% das espécies são consideradas pragas, entretanto, estas provocam enormes prejuízos (FONTES, 1995, AMARAL, 2002). A condição de praga urbana é determinada em base ao impacto econômico do dano, expresso em custos de prevenção, controle e reparo (ROBINSON, 1996).

Os gastos em todo o mundo para tratamentos curativos em áreas urbanas estão estimados, segundo Edwards e Mill (1986), na ordem dos dois bilhões de dólares anuais.

Nos Estados Unidos o prejuízo é de um bilhão de dólares ao ano (ROBINSON, 1996). No Brasil, os cupins causam anualmente enormes prejuízos e danificam edificações históricas onde a perda não é só econômica, mas também artística e histórica. Em São Paulo, por exemplo, para combater infestações em apenas 96 edificações foram gastos 3,1 milhões de dólares (ROMAGNANO; NAHUZ, 2006).

Um levantamento recente mostrou que no Brasil existem 68 espécies de cupins-praga. Destas, 22 são pragas urbanas, 34 agrícolas e 12 agrícolas e urbanas. Os danos causados a construções urbanas são atribuídos principalmente a três espécies de cupins: *Cryptotermes brevis*, *Coptotermes gestroi* e *Nasutitermes* sp. (CONSTANTINO, 2002; COSTA-LEONARDO, 2002). No Quadro 2, são apresentadas as espécies de maior frequência na Amazônia.

Espécies	Hábito	
	Nidificação	Alimentar
KALOTERMITIDAE <i>Cryptotermes</i> sp.	Madeira	Madeira
RHINOTERMITIDAE <i>Coptotermes testaceus</i> (Linnaeus, 1758)	Subterrâneo	Madeira
<i>Heterotermes</i> sp	Subterrâneo	Madeira
TERMITIDAE <i>Armitermes holmgreni</i> Snyder, 1926	Arborícola	Madeira/Húmus
<i>Nasutitermes acangussu</i> Bandeira & Fontes	Arborícola	Madeira
<i>Nasutitermes</i> cf. <i>minor</i> (Holmgren, 1906)	Serapilheira	Madeira/Folha
<i>Nasutitermes</i> cf. <i>simples</i> Emerson	Arborícola	Madeira
<i>Nasutitermes</i> cf. <i>tatarendae</i> Holmgren	Arborícola	Madeira
<i>Nasutitermes corniger</i> (Motschulsky, 1855)	Arborícola	Madeira
<i>Nasutitermes costalis</i>	Arborícola	Madeira
<i>Nasutitermes coxpoensis</i>	Arborícola	Madeira
<i>Nasutitermes ephratae</i> (Holmgren, 1910)	Arborícola	Madeira
<i>Nasutitermes gaigei</i> Emerson, 1925	Madeira	Madeira
<i>Nasutitermes macrocephalus</i> (Silvestri, 1903)	Arborícola	Madeira
<i>Nasutitermes surinamensis</i> (Halmgren)	Arborícola	Madeira
<i>Subulitermes</i> sp.	Inquilino	Húmus
<i>Microcerotermes exiguus</i> (Hagen, 1858)	Arborícola	Madeira
<i>Microcerotermes strunckii</i> (Sörensen, 1884)	Arborícola	Madeira
<i>Termes medioculatus</i> Emerson, 1949	Inquilino	Madeira/Húmus

Quadro 2 – Espécies de maior frequência na Amazônia e seus hábitos.
Fonte: Vasconcellos et al. (2005); Constantino (1999).

3.2.2 Cupins do gênero *Nasutitermes*

Na América do Sul estes cupins são conhecidos também como nasutos. Com 74 espécies descritas somente na região Neotropical o gênero *Nasutitermes* (Termitidae: Nasutitermitinae) é um dos mais ricos em biodiversidade de espécies (representa 54% das espécies de cupins). No Brasil este gênero está representado por aproximadamente 47 espécies que se distribuem em ambientes de matas tropicais, cerrados e caatingas (ZORZENON; POTENZA, 1998; CONSTANTINO, 1999, 2002). Com exceção de Brasília-DF e São Paulo-SP, o gênero *Nasutitermes* é citado como uma das principais pragas de madeiras em centros urbanos do Brasil, na agricultura e, sobretudo na Região Norte na Amazônia brasileira, onde eles são mais abundantes (BANDEIRA, 1993; APOLINÁRIO; MARTIUS, 2004).

Bandeira (1998) lista seis espécies do gênero coletadas em Belém-PA, responsáveis por mais de 50% dos danos em madeiramentos de edificações, com destaque para *N. corniger*. A taxa de infestação de cupins do gênero *Nasutitermes* em casas com mais de 10 anos em favelas e bairros periféricos da cidade de Belém (PA) é próxima de 100%. Em recente levantamento na cidade de Manaus/AM, Pierrot (2007) destaca a Termitofauna urbana constituída de 84% de cupins do gênero *Nasutitermes*.

A invasão feita pelo homem do habitat natural dos cupins levou a destruição da flora natural. Isto provocou nos cupins situados nesses ambientes uma mudança de comportamento pela qual passaram a forragear nas edificações (LELIS, 2001).

A preferência deste gênero por áreas arborizadas faz de prédios rodeados de árvores as construções mais susceptíveis a ataques. Nos municípios de Manaus-AM, Belém-PA, Olinda-PE, e João Pessoa-PB, cupins arborícolas que fazem parte da fauna brasileira infestam madeiras em áreas urbanas que expandiram sobre áreas de vegetação silvestre. Importantes

infestações urbanas desses insetos também estão sendo relatadas em outros estados como São Paulo, Mato Grosso, Minas Gerais e Rio de Janeiro (BANDEIRA et al., 1989; MILL, 1991; BANDEIRA et al., 1998).

Os ninhos destes cupins podem ser encontrados sobre as árvores, mas também dentro das residências, em edículas e em pontos altos das edificações como forros e sótãos (FONTES, 1995) (Figura 12).

Estes insetos preferem o alburno ao cerne da madeira. Por outro lado, são pouco seletivos com relação à espécie, pois atacam madeiras duras ou moles. Também, não apresentam seletividade quanto ao estado destas, pois atacam madeiras secas ou úmidas, manufaturadas ou não (BANDEIRA et al., 1998).

Em adição ao crescimento das populações de cupins urbanos, no Brasil encontra-se uma série de fatores que contribuem para o crescimento do problema; como a deficiência de formação técnica em controle de cupins, carência de informações sobre a biologia de espécies de cupins economicamente importantes em ambiente urbano e a desinformação generalizada da população com relação aos problemas que esses insetos podem causar (MILANO, 1998).



Figura 12- Infestação de *Nasutitermes* sp. em edificações.
Fonte: CUPINS EM HABITAÇÕES, acessado em 2007; Issa (2007); Pierrot (2007).

Para Forti e Andrade (1995), apesar dos cupins ocorrerem em grande quantidade e de provocarem danos consideráveis, em área urbana, os cupins não têm despertado o interesse dos pesquisadores brasileiros, sendo ainda pouco estudados, verificando ainda a existência de poucos taxonomistas especialmente para a família Termitidae, cujas Figuras 13 e 14 mostram a similaridade morfológica deste gênero.

Os ninhos de *Nasutitermes* sp. são populosos com castas não-reprodutivas bem definidas: (I) operários pequenos e grandes; e (II) soldados ou nasutos (VASCONCELLOS; BANDEIRA, 2006). A estrutura do ninho é elaborada com madeira mastigada e, ocasionalmente, outros materiais como areia cimentada e fluídos salivares e fecais. Ao contrário da maioria dos cupins, *Nasutitermes* sp. constroem ninhos cartonados acima da superfície do solo e geralmente ao redor de galhos ou forquilha de troncos de árvores (THORNE; HAVERTY, 2000).

A nidificação em árvores tem permitido a *Nasutitermes* sp. colonizar e explorar novos habitats. Algumas espécies constroem ninhos divididos em vários cálies interconectados por túneis e galerias. Estes ninhos denominados policálicos são observados em *N. corniger* (Motschulsky), *N. princeps* (Desneux), *N. nigriceps* (Haldeman), *N. tatarendae* (Holmgren), *N. ephratae* (Holmgren) e em *N. globiceps* (Holmgren). Geralmente uma rede de trilhas ou “galerias” construídas na superfície do tronco ou na parte interna deste interliga o ninho principal e os cálies com as fontes de alimento protegendo os cupins da luz e dessecação (THORNE; HAVERTY, 2000; SILVA, 2008).

Nos ninhos policálicos, cada cálie com pelo menos uma rainha é denominado ninho satélite ou secundário. A coexistência de várias rainhas funcionais em uma mesma colônia denomina-se poliginia (VASCONCELLOS, 1999). Ninhos secundários podem às vezes também ser poligínicos (conter muitas rainhas). A multiplicação de colônias ocorre após as revoadas dos alados de ambos os sexos. Durante estes vôos, a fêmea dispersa feromônios e ao

aterriçar seleciona um macho para formar um par. Ambos os insetos perdem as asas e a fêmea escolhe um lugar adequado onde irá fundar a colônia. No Brasil as revoadas de *Nasutitermes* sp. ocorrem na primavera. Outra possibilidade de multiplicação de ninhos é a fundação através de brotamento que acontece quando alados de ambos os sexos deixam o ninho parental e junto a operários e soldados fundam um ninho secundário que fica ligado por meio de túneis ao ninho parental (COSTA-LEONARDO, 2002; SILVA, 2008).

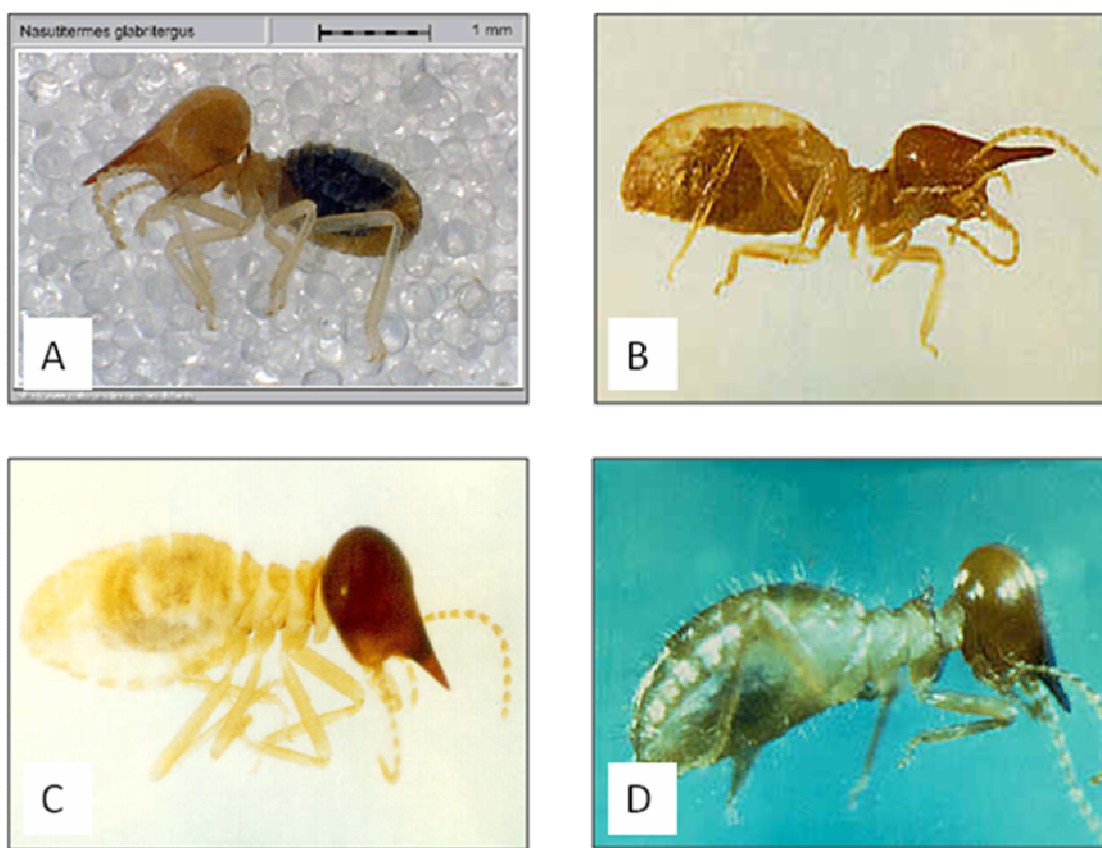


Figura 13- Soldados de *Nasutitermes*: A- *Nasutitermes glabitergus*; B- *Nasutitermes mexicanus*; C- *Nasutitermes acajutlae*; D- *Nasutitermes rippertii*.

Fonte: NASUTITERMITINAE acessado em 2008; NASUTITERME, acessado em 2008.

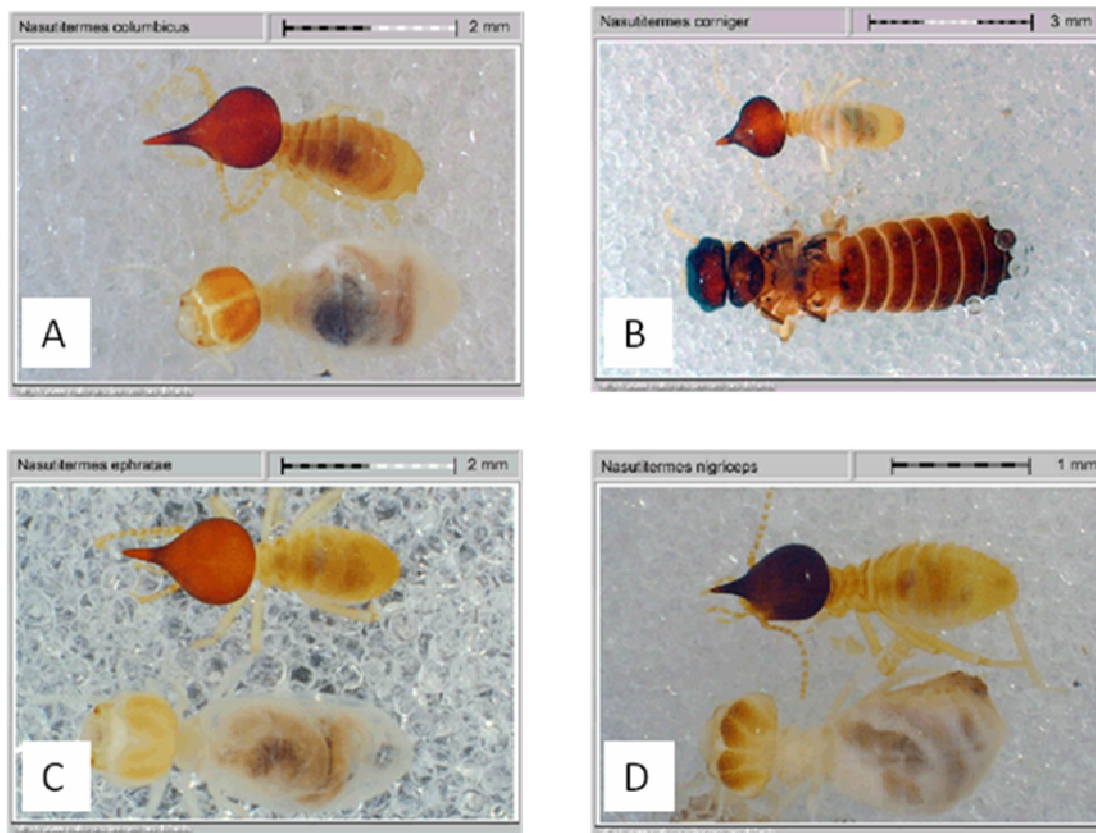


Figura 14- Soldados e operários de *Nasutitermes*: A- *Nasutitermes guayanae*; B- *Nasutitermes corniger*; C- *Nasutitermes ephratae*; D- *Nasutitermes nigriceps*.

Fonte: NASUTITERMITINAE acessado em 2008.

3.2.3 Comportamento de forrageamento de *Nasutitermes* sp.

A maior parte dos estudos sobre o forrageamento de *Nasutitermes* tem sido feita com *N. ephratae* e *N. corniger*, quanto à exploração de novas fontes de alimento, principalmente à noite quando a colônia está mais ativa. Soldados em grupos de 2-5 saem do ninho em várias direções e quando uma fonte de alimento é encontrada, o soldado retorna ao ninho pressionando o abdome contra o substrato no qual deixa uma trilha de feromônio que irá recrutar novos soldados. Após o retorno dos soldados recrutados, começa a segunda fase do

forrageamento, na qual são recrutados os primeiros operários. Mais tarde acontece o recrutamento em massa de operários (MURADIAN et al., 1998; SILVA, 2008). Durante as primeiras 24 horas, a contínua deposição de fezes sobre a trilha serve para a construção dos túneis. Depois de 48-72 horas, os túneis estão prontos.

Na fase de construção dos túneis, os soldados de *N. ephratae* alinham-se em ambos os lados da trilha com a cabeça para o lado externo da trilha, formando duas linhas defensivas. Em outras espécies do gênero, como *N. corniger*, este comportamento não é observado e os soldados misturam-se na trilha com os operários e ninfas (ISSA, 1995; ARAB; ISSA, 2000).

Os cupins podem mostrar preferência para forragear madeiras específicas com evidências que essas preferências podem ser modificadas através da experiência alimentar (BECKER, 1977; BUSTAMANTE; MARTIUS, 1998). A preferência estaria determinada por propriedades físico-químicas como a densidade, umidade, dureza e concentração de nutrientes, resinas e metabólitos secundários (FENGEL; WEGENER, 1984; LEPAGE, 1986). A densidade é determinada pela porcentagem de espaços vazios contidos na madeira e pode variar de uma espécie a outra de 0,20 a 1,20 g/cm³. Segundo alguns autores, algumas espécies de cupins (*N. corniger* e *N. tatarendae*) preferem as madeiras de densidade baixa (BULTMAN et al., 1979; BUSTAMANTE, 1993). Os metabólitos secundários por sua vez podem atuar como repelentes ou atraentes de certas espécies de cupins (CARTER; CAMARGO, 1983; NASCIMENTO, 2000; BARBOSA et al., 2006).

Preferências por madeiras de espécies nativas da várzea Amazônica com distinto grau de decomposição foram constatadas em testes em laboratório em algumas espécies de *Nasutitermes*, mas não em *N. corniger* (BUSTAMANTE, 1993). Entretanto, em infestações urbanas constata-se que madeiras de algumas espécies são mais atacadas por este cupim do que outras.

O conhecimento da biologia e do comportamento das espécies de cupins nativos considerados pragas urbanas ainda é incipiente. Em relação às espécies do gênero *Nasutitermes*, pouco se conhece sobre os fatores que regulam o comportamento de forrageamento. O entendimento deste aspecto é fundamental para o estabelecimento de novas estratégias de controle.

3.2.4 Comunicação química em *Nasutitermes* sp.

Nasutitermes sp. como a maioria dos insetos sociais comunicam-se essencialmente por meio de sinais tácteis e químicos. No entanto, a comunicação química é preponderante, pois se sabe que em mais de 2790 espécies de cupins a participação dos feromônios é predominante na regulação das atividades sociais.

Os feromônios são substâncias químicas mensageiras que atuam nas interações de organismos da mesma espécie. Nos cupins eles podem participar na regulação dos mais diversos comportamentos, como defesa, acasalamento, reconhecimento parental, formação de trilhas, agregação de indivíduos no substrato alimentar, etc.

Dois destes comportamentos, como a formação de trilha e a agregação sobre um substrato, estão estreitamente ligados à exploração do recurso alimentar. A trilha serve para orientar os cupins até uma fonte alimentar e no seu retorno ao ninho. Além disso, orienta indivíduos no momento da reparação de galerias e do ninho (GRASSÉ, 1986).

No caso dos *Nasutitermes* sp. o feromônio de trilha origina-se na glândula externa localizada na parte anterior do 5º esternito abdominal de soldados e operários. O feromônio da glândula esternal é secretado em quantidades variáveis nas diferentes castas. Nos operários jovens a glândula é menos desenvolvida e nos imaturos não é funcional. A secreção flui para

uma cavidade situada entre as células glandulares e a cutícula do inseto. Quando esta região é pressionada contra o solo o feromônio é liberado. O início do forrageamento é sempre feito por soldados que utilizam esses hormônios para marcação das trilhas durante as viagens (TRANIELLO, 1981; SANTOS, 2004).

A agregação de cupins em uma fonte alimentar pode ser consequência dos odores liberados pelo próprio recurso. Entretanto, certas espécies de cupins subterrâneos liberam sobre o recurso alimentar substâncias específicas com ação feromonal que provoca agregação de indivíduos e tem efeito fago-estimulante. Esta substância é produzida nas glândulas salivares localizadas entre o meso e o metatórax. As glândulas estão constituídas por dutos ligados a um conjunto de ácinos secretores e a dois reservatórios transparentes. Estas glândulas estão presentes em todas as castas de Isoptera (REINHARD; KAIB, 2001; SILVA, 2008).

3.3 TÉCNICAS DE PRESERVAÇÃO DA MADEIRA

Os cupins atacam todo e qualquer material de origem vegetal, principalmente madeira, em virtude de seu alimento principal ser a celulose, em busca da energia necessária ao seu metabolismo. Além disso, a madeira fornece as proteínas e os sais minerais essenciais ao desenvolvimento do inseto. Árvores inteiras ou até mesmo pedaços encontrados no solo proporcionam aos cupins alimento suficiente para manter a colônia por vários anos (BICALHO et al., 1999).

É importante que sejam realizados estudos acerca da composição da termitofauna de grandes centros urbanos a fim de que sejam esclarecidos quais são as espécies que se apresentam como pragas potenciais, e que, em estudos futuros, possam ser direcionados esforços para minimizar os prejuízos causados por esses insetos.

Segundo Cavalcante (1983), a “Preservação da Madeira” é definida como um conjunto de processos, produtos, técnicas e pesquisas destinadas a alterar, medir ou estudar o retardamento da deterioração da madeira, protegendo-a contra agentes deterioradores e aumentando sua durabilidade. Este ramo da Tecnologia da Madeira pode ser dividido em preservação química, natural, biológica e indireta.

Os métodos utilizados contra a biodegradação têm sido bastante difundidos no mundo inteiro, entretanto, Su e Scheffrahn (1998), reconhecem que estes devem ser mais eficazes em termos de custos. Estes parâmetros de avaliação que incluem mão-de-obra para aplicação, equipamentos e materiais, devem ser mais completos, onde seria inserido o risco inerente da responsabilidade, sanitária e ambiental. As responsabilidades são supostamente incorporadas como uma parte do custo da operação (por exemplo, seguros) por uma empresa de controle de pragas.

Para justificar o custo com tratamento da madeira, os potenciais danos causados por cupins (D) devem exceder as taxas (F), assim $D > F$. O valor total da operação custos para uma empresa de controle de pragas (T) inclui mão-de-obra (l), materiais (m), equipamentos (e), responsabilidade (b) e outros (o), assim $T = l + m + e + b + o$. O custo total de operação (T) é passado para o consumidor, juntamente com o lucro líquido (P), assim $F = T + P$, $D > T + P$ ou $D > l + m + e + b + o + P$. O custo pela responsabilidade (b) inclui os perigos ambientais e de saúde devido ao uso inseticida/preservantes e danos adicionais de reinfestação (SU; SCHEFFRAHN, 1998)

A seguir, serão descritos os métodos convencionais e as novas técnicas para proteção da madeira.

3.3.1 Métodos Convencionais

Os métodos convencionais de combate a organismos xilófagos têm como princípio a utilização de produtos químicos. Estes inseticidas, hoje principalmente organofosforados e piretróides, apresentam toxicidade para o homem e outros seres vivos e risco de contaminação ambiental.

A preservação química se faz por meio de introdução de produtos químicos dentro da estrutura da madeira (Figura 15), visando torná-la tóxica aos organismos que a utilizam como alimento. A preservação química da madeira é provavelmente o método mais antigo. O primeiro foi feito por Noé, que teria sido instruído por Deus para que protegesse o casco de sua embarcação com piche (RICHARDSON, 1993).

De maneira geral, os produtos químicos utilizados contra a biodegradação têm sido bastante difundidos no mundo inteiro. Um bom preservante de madeira deve reunir algumas

características como boa toxidez, não ser volátil e nem lixiviável, facilidade de ser encontrado no mercado, deve ser econômico, inodoro e inofensivo a pessoas e animais domésticos.

Os preservantes comerciais empregados atualmente pertencem a dois grupos distintos: preservativos oleosos, como por exemplo, o creosoto e pentaclorofenol; e preservativos hidrossolúveis compostos de sais de arsênio (CCA) e boro (CCB) (DEON, 1989). O consumo desses preservantes gera gastos da ordem de bilhões de dólares, no esforço de controlar insetos.



Figura 15- Plataforma de impregnação de madeira.
Fonte: Xavier (2004).

Embora o CCA seja o preservante químico mais utilizado no tratamento da madeira e existam inúmeros registros comprovando a sua eficiência, tem aumentado às restrições quanto ao uso da madeira tratada com o CCA. Essas restrições têm sido impostas com base na perda dos componentes do CCA ao longo do tempo, por lixiviação ou volatilização, e que poderiam trazer riscos de contaminação ao ser humano e o meio ambiente (JANKOWSKY et al., 2002).

Nos Estados Unidos, a Environmental Protection Agency – EPA anunciou, em 2003, uma decisão voluntária das indústrias para cessar a produção de madeira tratada com CCA em uso residencial, playground e decks. Não surgiram, entretanto, limitações de uso do produto para as utilidades rurais e industriais, como postes, mourões e dormentes.

Na União Européia, países de vanguarda ambiental, como Suécia e Dinamarca, já proibiram o uso do arsênio e restringiram, a partir de 2004, o uso de madeira tratada com preservantes baseados em cromo e cobre, em algumas aplicações especiais, como uso doméstico; o cromo e o cobre não sofreram restrições para uso industrial e comercial (SILVA, J., 2006).

Em geral os preservantes sintéticos têm amplo espectro de atividade que acaba provocando extermínio indiscriminadamente de insetos considerados benéficos ao homem. Além disso, para certos inseticidas, já existem registros de que aproximadamente 520 espécies de insetos apresentam resistência a estes tipos de produtos (FERREIRA, 2002). Com isso sempre haverá necessidade do uso de maiores quantidades, que causam danos ecológicos e poluição do meio ambiente. (VIEIRA et al., 2003).

Outra forma de prevenção dos cupins por produtos químicos é a utilização das tradicionais técnicas de tratamento do solo com inseticidas a fim de restringir o acesso do cupim à madeira estrutural. Ressalta-se que esta ferramenta tem sua origem na cultura agrícola (NOLLER *et al.*, 2005).

O tratamento do solo tem sido amplamente utilizado por empresas comerciais de controle de cupim subterrâneo desde o início do século passado. No início, era aparentemente um pensamento de “erradicar” cupins subterrâneos, mas esses tratamentos foram utilizados mais tarde para servir de barreiras para o forrageamento dos cupins as fontes de infestação. No período de 1930-1950, o Ministério da Agricultura Americano, registrou os principais inseticidas utilizados para tratamentos do solo: arsenato de sódio; triclorobenzeno; DDT; pentaclorofenol; creosoto e brometo de etila (SU; SCHEFFRAHN, 1998).

Os ciclodienos (heptacloro, aldrin e dieldrin), eram os principais termicidas utilizados no controle de cupim, seus fabricantes dominaram o mercado de tratamento de cupins subterrâneos até meados da década de 1980. A persistência ambiental e danos a saúde humana

quando diz respeito aos ciclodienos é considerada longa, o que levou à sua retirada do mercado em meados da década de 1980.

Atualmente, os organofosforados (clorpirifos), piretróides (permetrina, cipermetrina, fenvalerato e bifenthrin) e nicotinoide (imidaclopride) são comercializados como compostos a base de termiticidas para solo para controlar a praga nos EUA. Os atuais termiticidas são mais caros e menos persistentes do que o ciclodienos. Entretanto, o tratamento do solo por termicidas irá continuar devido ao seu uso na pré-construção, onde é recomendado pelos códigos de construção exigida pelas instituições financeiras em muitas áreas do EUA, independentemente da presença de populações de cupim subterrâneo próximo a estruturas (SU; SCHEFFRAHN, 1998).

Em 1987, o International Research Group on Wood Preservation (IRGWP) realizou um levantamento em seus 55 países membros para conhecer as espécies de cupim de grande importância econômica de diversas regiões zoogeográficas e os produtos químicos utilizados no controle. Os organoclorados e organofosforados tiveram uma frequência entorno de 50%, seguido dos produtos a base de arsênio 18% (FRENCH, 1989).

Por conta do uso indiscriminado de inseticidas/preervantes químicos e a pressão da indústria química no mercado internacional, o Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas (UNEP, 2000) realizou na Suíça um Workshop sobre a Biologia e Manejo de Cupins no Mundo, onde o objetivo maior visava formular um número imediato de ações que promovesse a redução/eliminação de 12 POPs (Persistent Organic Pollutants) no meio ambiente.

3.3.2 Novas Técnicas de Proteção da Madeira

A limitação da eficiência de alguns inseticidas químicos vem conduzindo ao desenvolvimento de técnicas alternativas. Tecnologias conscientes, que visam proteção do meio ambiente e da saúde humana já estão disponíveis em países de primeiro mundo e outras estão em desenvolvimentos as quais estarão disponíveis em um futuro próximo (NOLLER et al., 2005).

A fim de minimizar a biodegradação da madeira e evitar, ou pelo menos atenuar as conseqüências de inseticidas/preservantes químicos, a eficiência de várias técnicas e novos compostos preservantes tem sido estudados, como por exemplo, aqueles de origem natural, por apresentarem eficiência e também menor dano ao meio ambiente, sendo utilizados como preservantes naturais para a madeira, inseticidas para o solo e/ou iscas (YAZAKI, 1982; CABRERA, et al., 2001; BARBOSA et al., 2007).

Em geral, as metodologias abordadas até aqui são direcionadas ao tratamento contra cupins subterrâneos, entretanto, umas das técnicas bastante utilizadas para o combate de cupins de madeira-seca é a fumigação, técnica esta bastante conhecida no mundo (Figura 16).

Na Europa existe um processo de tratamento da madeira sem a utilização de produtos químicos. Esse sistema, conhecido como tratamento térmico da madeira, utiliza o calor/água e consiste em expor a madeira a temperaturas elevadas (120 a 250°C). (SILVA, P., 2006).

Outra corrente de pensamento sugere técnicas de controle biológico, programas de manejo (IPM) e ainda técnicas indireta de preservação com controladores de umidade, reguladores de crescimento (IGRs) e as barreiras físicas.



Figura 16- Uma casa coberta com lona para aplicação de gás (H_3Br) contra cupins de madeira-seca.

Fonte: Gold (2008).

3.3. 2.1 Barreiras físicas (Barreiras não químicas)

A preservação indireta pode ser conceituada como o tratamento do meio em que a madeira esta/será utilizada, constituindo, portanto, num método preventivo cujo a barreira física é um destes métodos. O “ant caps” (chapas de metal) foi uma das primeiras formas de barreiras físicas contra cupim, embora não tenha tido sucesso pela falta de vistoria periódica nos locais onde foram aplicados (Figura 17). Outras técnicas de barreiras físicas são a utilização de telas de aço inoxidável (Termimesh[®]) (Figura 18) e os controladores de umidade, visando proteger a estrutura da madeira de organismos que a utilizam como alimento (LELIS, 2001).



Figura 17- Ant caps utilizados em estruturas de uma edificação.
Fonte: Boyd et al. (2002).



Figura 18- Tela de aço inoxidável (Termimesh®) aplicada em fundações nos EUA.
Fonte: CSIRO (2007).

Estudos com barreiras físicas vêm sendo desenvolvidos há algum tempo, principalmente por pesquisadores de países como a Austrália, Canadá e Estados Unidos, onde

essas barreiras são aplicadas e possuem empresas especializadas para este tipo de serviço, que no Brasil, entretanto, ainda é pouco conhecido.

Os estudos de barreiras contra cupim foram fundamentados na biologia dos térmitas, onde foi possível compreender como os cupins forrageiam, ou seja, investigando os sistemas de galerias. Em meados do século XX, estudou-se o processo de escavação dos túneis de *Coptotermes acinaciformis* (Froggatt), *C. brunneus* Gay, *C. frenchi* Hill, *C. lacteus* (Froggatt) (Rhinotermitidae) e *Nasutitermes exitiosus* (Hill) (Termitidae) na Austrália, de *Hodotermes mossambicus* (Hagen) e *Microhodotermes viator* (Latreille) (Hodotermitidae) na África do Sul, e *C. formosanus* Shiraki, no EUA (FRENCH et al., 2003).

Verificou-se que estas espécies de cupim construíam um grande e complexo sistema de galerias, composto entre 5 a 30 galerias a partir do ninho. Estas galerias medem até 6 cm de largura e 130 m de comprimento e 120 cm de profundidade a superfície do solo.

Novas técnicas vêm mostrando efetividade promissora no controle de cupins subterrâneos, uma delas é conhecida como “*sand barriers*” ou barreiras de areia. Ebeling e Pence (1957) relataram sobre a relação do tamanho da partícula e a penetração de cupins subterrâneos através de barreiras de areia ou de cinzas vulcânicas (Figura 19).

A teoria desses pesquisadores dizia que a barreira de areia não era penetrada em virtude do tamanho das partículas, ou seja, partículas que eram demasiadamente grande para os cupins, não podiam ser removidas pelas diferentes proporções com as suas mandíbulas, ou ainda as partículas pequenas formavam um solo mais compacto sem espaços vazios ou ainda eram impossíveis de serem agarradas pelos isópteros.

Na época da publicação de Ebeling e Pence (1957), a barreira física ficou restrita ao meio acadêmico visto que as barreiras químicas de solo, a base do inseticida ciclodieno era o "método de tratamento preferencial" contra cupins subterrâneos (EBELING; FORBES, 1988).

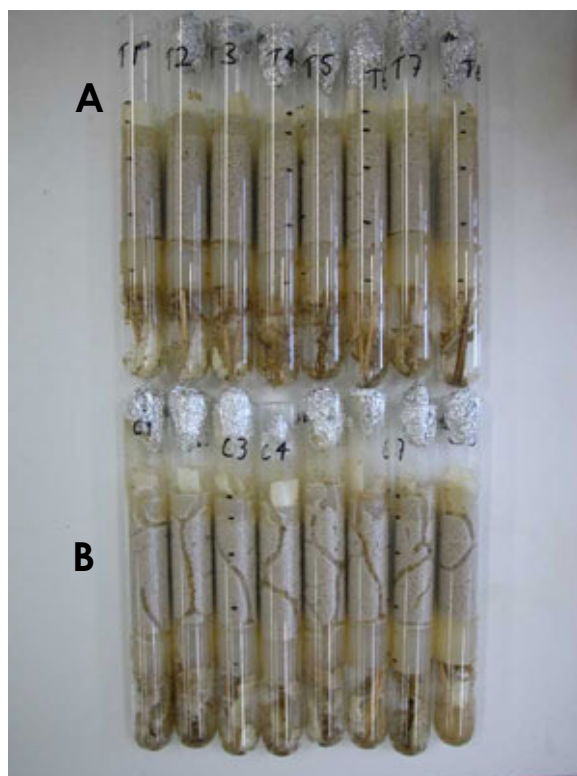


Figura 19– Bioensaio para avaliar a penetração de cupins subterrâneos: A- substrato que apresenta resistência; B- controle e substratos rompidos.

Fonte: SAND BARRIER, acessado em 2007.

Nos Estados Unidos, Ebeling e Forbes (1988), solicitaram a proteção sobre a utilização de barreiras de areia. E foram precursores em fornecer detalhes para a instalação de barreiras de areia na pré-construção de edifícios.

Estudos realizados por Su et al. (1991) e Su e Scheffrahn (1992) avaliaram a penetração de cupins em substratos de coral triturado na Flórida. Lewis et al. (1996) relataram a eficácia em campo das barreiras de areia instaladas para controlar e reparar onze casas na Califórnia por cupins.

Investigações feitas por Myles (1992) no Canadá mostraram que cerca 21% da população vivem em municípios infestados por cupins. Novos desenvolvimentos na construção de produtos e na ciência dos materiais oferecem a possibilidade de desenvolver

novos tipos de barreiras físicas, como as barreiras de agregados (Myles, 1992). As barreiras de areia têm grande apelo porque são amplamente disponíveis, relativamente baratas, de material não-sintético, não tóxico e de longa duração.

Estudos de Myles (1994) conduziram ao uso de barreiras de areia em conjuntos habitacionais construídos em Toronto. O produto deste projeto foi a “Casa Saudável” financiada pela Hipoteca Canadense e a Corporação Housing. As fundações das construções foram envolvidas com rocha calcária triturada com partículas de 1.4 a 2.8 mm.

Dando continuidade nesta nova linha de pesquisa, Myles (1997a,b) testou a penetrabilidade de vários tipos de areias comerciais e ainda cascalhos, peneirados oriundos de diversos locais a fim de estudar o efeito frente populações de cupins subterrâneos *Reticulitermes flavipes*.

No Havaí, estudos independentes realizados por Tamashiro e colaboradores (1987), chegaram a conclusões semelhantes a seus colegas americanos Ebeling e Pence (1957). A conclusão do estudo dizia: “Este estudo desenvolveu uma forma segura, rentável, efetiva e permanente contra cupins subterrâneos, sem a utilização de termiticidas”.

A valorização da barreira foi baseada em experiências de laboratório e de campo, que demonstraram que o cupim subterrâneo, *Coptotermes formosanus* Shiraki, tinha dificuldade em penetrar certos substratos. Estudos indicaram a capacidade de substratos para impedir este tipo de cupim na construção de galerias ou de mastigar esse material em função do tamanho, peso e dureza das partículas que compõem o substrato. Um dos muitos tipos de substrato analisados por Tamashiro e seus colaboradores (1991) foi o cascalho basáltico produzido a partir da trituração de rochas basálticas (Figura 20).

As barreiras constituídas de basalto com 50% ou mais de partículas com diâmetros de 1.7-2.8 mm não foram penetradas por cupins subterrâneos *Coptotermes formosanus* em ensaios de laboratório e em experimentação em campo (TAMASHIRO et al., 1991).

Não houve movimento pelos cupins para além dos primeiros 10 mm máximo de penetração, o que foi feito no primeiro dos dois dias de experimentação. Após 4 anos esse substrato permaneceu impenetrável (Figura 21).

A partir deste estudo foi desenvolvido um produto comercial conhecido como Barreira basáltica contra cupim (BTB) produzidos pela Ameron HC & D, e certificado dentro das normas de construção da cidade de Honolulu desde 1998.

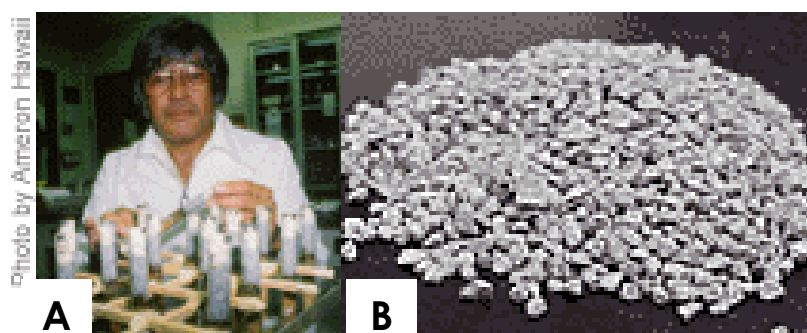


Figura 20- Ensaio em laboratório com o BTB: A- Tamashiro em um de seus experimentos; B- partículas de rocha basáltica triturada.
Fonte: Tamashiro (2007).

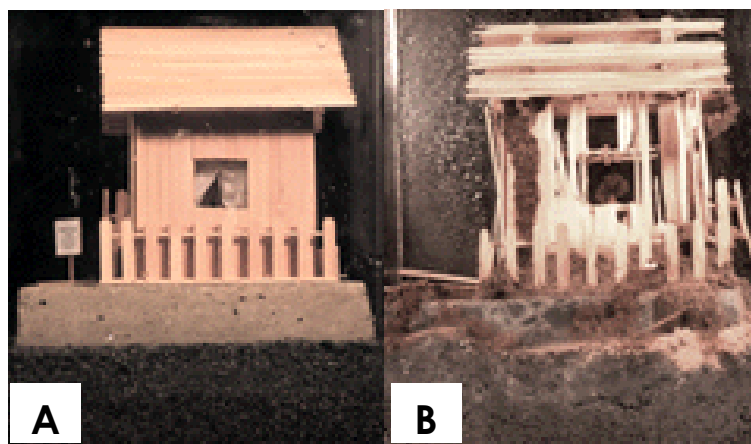


Figura 21– Resultados do teste de barreira com cupim subterrâneo *C. formosanus*: A- substrato impenetrável a base de BTB; B- substrato sem resistência.

Fonte: Tamashiro (2007).

De acordo com as especificações elaboradas por Tamashiro e a empresa Ameron HC & D, a BTB deve ser colocada por baixo e em torno de todas as novas construções em uma camada continua de 100 mm em todas as direções em que os cupins subterrâneos poderiam entrar na estrutura. A barreira pode ser utilizada debaixo de lajes de concreto, em lugares que se utiliza cerca de madeira, abaixo e em torno de fundações, e assim por diante. Também pode ser utilizada ao redor do perímetro das estruturas existentes após a escavação. (SU; SCHEFFRAHN, 1998; YATES et al., 2000; 2003).

Estudos indicam que cerca de uma em cinco casas é susceptível de ser infestadas por cupins subterrâneos na Austrália. Estes dados forçaram pesquisadores australianos a buscar soluções para esta problemática (EVANS, 2003).

Entre 1974 e 1980, quase nenhuma pesquisa em matéria de barreiras contra cupins foi realizada. Contudo, em julho de 1990, após avaliações em laboratório e campo pelo Dr. J. R. J. French (CSIRO) chegou-se a resultados promissores contra cupins quando utilizado uma barreira a base de fragmentos de granito (FRENCH et al., 2003).

Foram registradas as dimensões efetivas contra *Coptotermes acinaciformis* (Froggatt) em bioensaios de laboratório em Melbourne. O tamanho mínimo da abertura para que os cupins possam forragear é de 1,4 mm de diâmetro, mas em 1,1 mm os cupins não passam.

O agregado de granito triturado foi credenciado e concedido à companhia de mineração, E.B. Mawson & Sons, Pty Ltd. no Estado de Victoria. Este substrato é usado na proteção de edifícios contra infestação de cupins. No mercado, a barreira de granito da Mawson tem o nome comercial de “Granitgard®” (FRENCH et al., 2003) (Figura 22).

O Granitgard esta credenciado no sistema de barreira física contra cupim que está incorporada na Standard australiana, recentemente revisada – Para proteção de edifícios contra cupins subterrâneos Parte 1: Novos edifícios (AS. 3660,1-2.000). Este artigo descreve avaliações em laboratório e campo realizadas para determinar a aptidão do granito triturado da

Mineradora Mawson em Cohuna pelo CSIRO como uma barreira física contra cupim. As informações obtidas nesta avaliação foram fundamentais na conquista nacional de acreditação para este produto como uma barreira física contra cupim, e sua inclusão nas normas australiana (AS. 3660) em 1993.



Figura 22- Aplicação do Granitgard em torno de uma residência.
Fonte: CSIRO (2007).

Em 1996, o credenciamento nacional foi concedido a Mawson para as áreas do norte do continente Australiano, Trópico de Capricórnio para a instalação de barreiras de granito contra *Mastotermes darwiniensis*.

Ahmed e French (1994), e French et al. (2003) apresentaram novos estudo, comprovando a eficácia em campo do Granitgard na Austrália.

As pesquisas com barreiras físicas na Austrália não pararam. Novos bioensaios em campo ao Norte do Território Australiano trazem uma análise da resposta dos cupins para diferentes larguras de fendas em concreto. Este estudo informou a abertura mínima para

penetração de *M. darwiniensis* (Froggatt) que era de 3.1 mm, *Coptotermes acinaciformis* 1.5 mm, *Schedorhinotermes intermedius breinli* (Colina) 1.4 mm, *Heterotermes validus* Colina 1.5 mm e para *H. vagus* (Colina) 1.8 mm (LENZ et al. 1997).

Os resultados efetivos dos estudos com barreiras de areia vêm gerando oportunidades comerciais significantes para produtores de agregado nos EUA, Canadá e Austrália, possibilitando assim a entrada na área lucrativa de controle de cupins. E mais, essa ferramenta de controle de cupins subterrâneos é tida como um método ecologicamente correto.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

4.1.1 Área de estudo

A cidade de Manaus situa-se na Amazônia Central, à margem esquerda do Rio Negro, próxima ao encontro com as águas do Rio Solimões (03°08'02" S e 60°01'34" W). Limita-se com os municípios de Presidente Figueiredo, Careiro, Iranduba, Rio Preto da Eva, Itacoatiara e Novo Airão. Caracterizada por planícies, baixos planaltos e terras firmes, com uma altitude média inferior a 100 m. Possui uma área de 11.401,06 Km² e 2.006.870 habitantes, densidade populacional de 176 hab./Km² (IBGE, 2008).

O clima de Manaus é considerado equatorial, com aumento de chuvas no inverno e temperatura média de 30°C, tendo uma umidade relativa elevada (80 - 90%).

A vegetação da capital é densa, e tipicamente coberta pela floresta Amazônica. Com uma flora diversificada, abriga vários tipos de plantas. Há espécies com folhas permanentes, encarregadas de deixar a floresta com um verde intenso o ano todo (PIERROT, 2007).

4.1.2 Coleta e manutenção de cupins

Inicialmente foram realizadas excursões a campo para quatro zonas de Manaus: Norte, Leste, Oeste e Sul (Figura 23), para coleta de cupins *Nasutitermes* sp.. As coletas foram casualizadas até quando se atingiu o N= 10. Foram coletados cupins no tronco das espécies *Clitoria* sp. – Leguminosae (paliteira), *Mangifera indica* L. – Anacardiaceae (mangueira) e

Eugenia sp - Myrtaceae (jambeiro); em postes de madeira, em solo, em construções de alvenaria e de madeira. Coletas ativas dos cupins foram realizadas nos túneis de forrageamento, utilizando pinças entomológicas e pincel. Para cada foco de coleta foram capturados quarenta indivíduos, entre operários e soldados. Os indivíduos foram acondicionados em álcool 70% e etiquetados. O propósito destas coletas foi realizar uma biometria dos térmitas, segundo recomendado por Su et al. (1991) e French et al. (2003), quando ensaiados em testes de barreiras físicas.

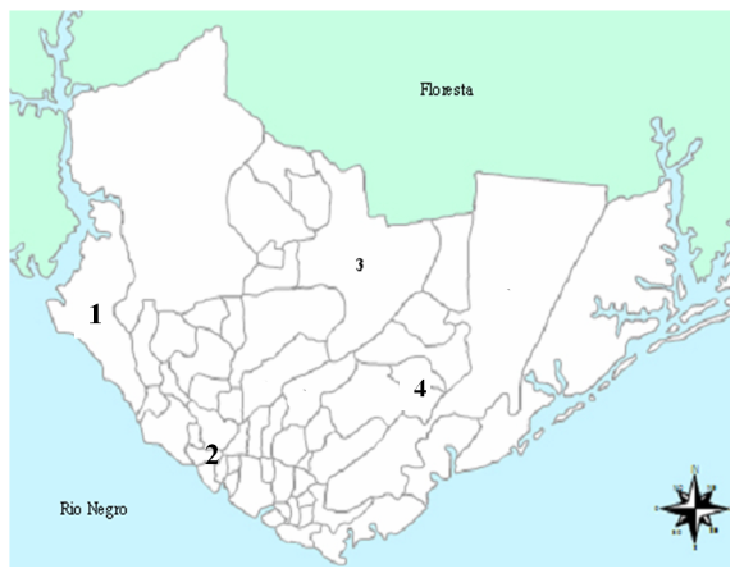


Figura 23- Mapa da área urbana de Manaus/AM.
Fonte: Adaptado de Pierrot (2007).

Uma outra excursão a campo ao redor do Campus do INPA I, foi realizada para coleta de duas colônias de cupins do gênero *Nasutitermes*. Foi adotado o critério de tamanho, de fácil retirada, com pouco material lenhoso e vigor.

As colônias coletadas foram transportadas para o pátio coberto do setor de Serraria/CPPF/INPA, e armazenadas em caixas BRASILIT[®] sobre uma base de concreto cercada com água para retenção dos cupins. Futuramente, amostras destes cupins serão enviadas para um especialista para identificação da espécie.

Amostras de *Simarouba amara* (marupá) foram postas próximas as colônias como alimento, ressalta-se que esta espécie tem baixa durabilidade natural e é bastante palatável a organismos xilófagos (BARBOSA et al., 2007) (Figura 24). Testes de alimentação foram inicialmente realizados para verificar a vitalidade das colônias e assim melhor padronização dos testes.

Para os bioensaios de penetrabilidade foram adquiridos no mercado local ~20 Kg de areia para construção civil. Este material foi posto pra secar e realizado a retirada de materiais orgânicos presentes.

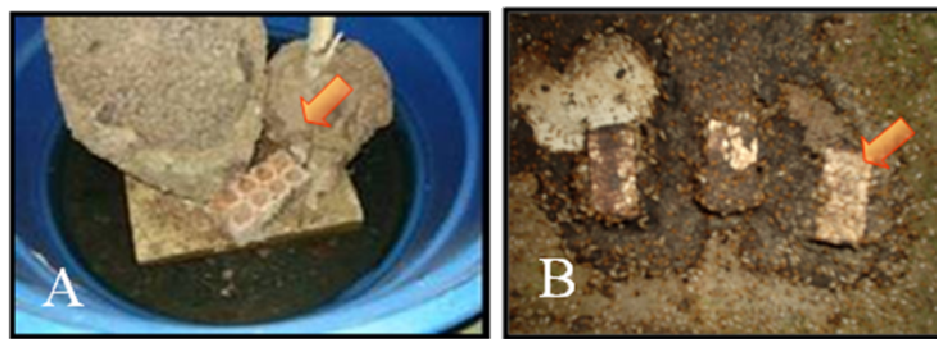


Figura 24- Colônias de *Nasutitermes* sp. coletadas: A- armazenamento em tanque com água; B- testes de alimentação.

4.1.3 Obtenção das frações de areia e ensaios granulométricos

O substrato utilizado no bioensaio é areia de construção civil, este material é composto de minerais do grupo dos silicatos (~90%), na sua maioria cristais de quartzo (SiO_2) arredondados e lisos com densidade de $2,80 \text{ g/cm}^3$ (LOPEZ et al., 2005). A areia foi peneirada por uma série de dez peneiras (Malhas 4, 8, 10, 12, 20, 40, 60, 80, 100 e 200) (Figura 25), obtendo assim grupos de dez tamanhos uniformes: $> 4,76 \text{ mm}$; $4,75\text{-}2,38 \text{ mm}$; $2,37\text{-}2,00 \text{ mm}$; $1,99\text{-}1,68 \text{ mm}$; $1,67\text{-}0,85 \text{ mm}$; $0,84\text{-}0,425 \text{ mm}$; $0,424\text{-}0,250 \text{ mm}$; $0,249\text{-}0,180 \text{ mm}$; $0,179\text{-}$

0,150 e 0,149-0,075 mm de diâmetro respectivamente. Ao, final foram pesadas as frações obtidas em cada peneira e determinado o rendimento.

Utilizando um paquímetro digital (Modelo Cd-6 Mitutoyo) foram mensuradas dez amostras-grãos de areia de cada fração obtida, a fim de se certificar o real diâmetro das partículas.

Nas frações de areia obtidas, foi determinada a capacidade de retenção de água. Este dado é importante para fazer o ajuste de umidade a 75%, segundo é normatizado pela ASTM (1994), quando aplicada a técnica *Soil-block Test* (ASTM D-3345).

Utilizando o programa AutoCAD foi montado um esquema de empacotamento, para medição dos espaços vazios (interstícios) formados pelo alojamento das partículas de cada fração testada. Com o resultado destas medições produziu-se uma regressão simples.

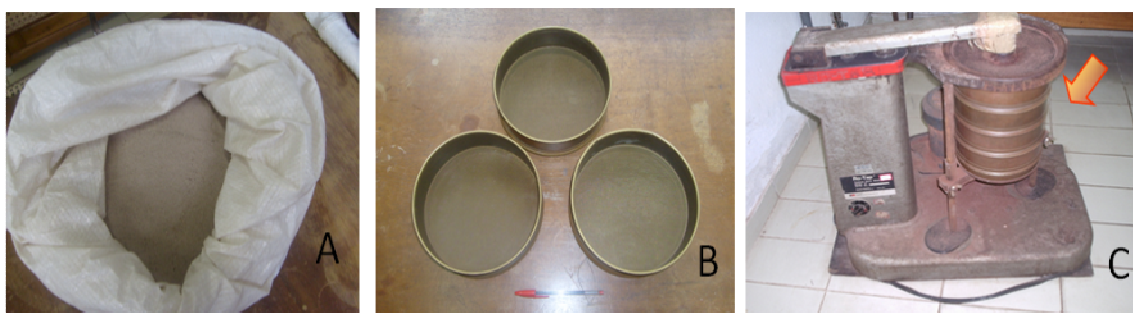


Figura 25- Peneiramento da areia: A- areia limpa e seca; B- jogos de peneiras de aço; C- Agitador de peneiras (Ro-Tap/Testing Sieve Shaker).

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Preparação do substrato-teste

Inicialmente foram montados tubos de vidro preenchidos com frações de areia (60 e 100 mm de altura) obtidas na malhas 40, 60, 80, 100 e 200. Os resultados deste ensaio indicaram a melhor granulometria a ser utilizada como substrato controle.

Para os testes biológicos de penetração foram selecionados as frações de areia com diâmetros de 4,75-2,38 mm (Malha 8), 2,37-2,00 mm (Malha 10), 1,99-1,68 mm (Malha 12), 1,67-0,85 mm (Malha 20) e < 0,85 mm passado pela peneira de Malha 20 (Controle). Duas misturas denominadas Mix 1 (25% de partículas 1,68-1,99 mm e 75% de partículas 2,38-4,75 mm) e Mix 2 (25% de partículas 0,85-1,67 mm e 75% de partículas 1,68-1,99 mm) também foram selecionadas para os bioensaios. A proporção de partículas para cada fração é ilustrada na Figura 26.

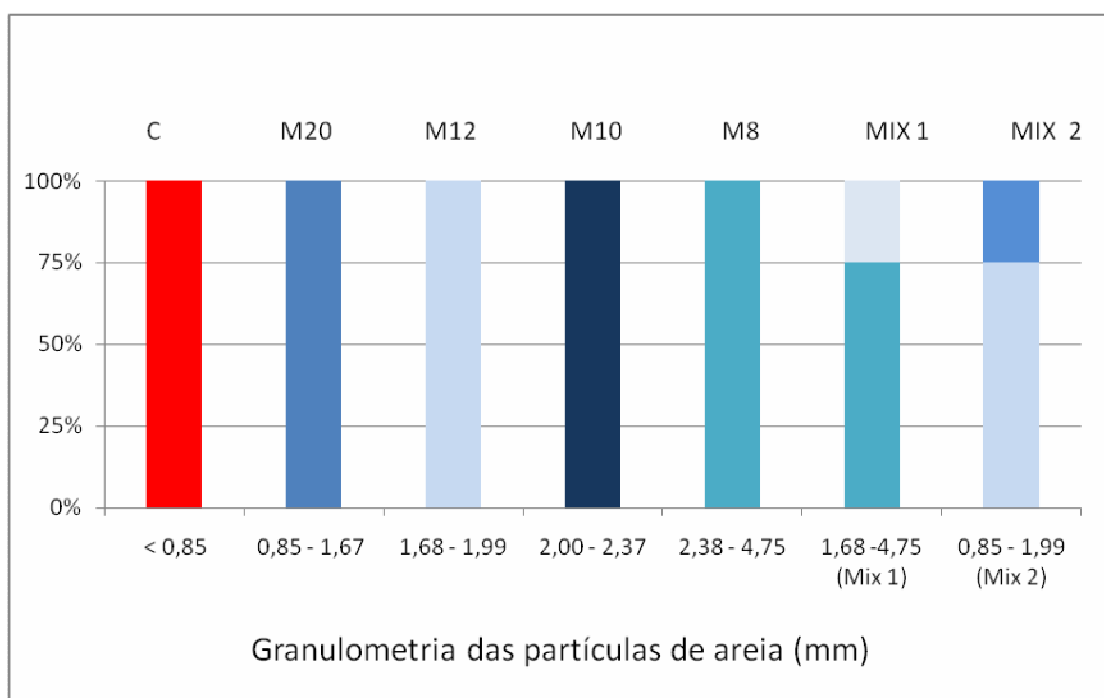


Figura 26- Proporção das partículas de areia utilizadas nos bioensaios.

Os tubos-testes (25 X 110 mm) foram preenchidos com ~1,00 g de serragem umidificada (*Simarouba amara*), e em seguida foi acrescentado agar 2% (~5,00 mm). Após a solidificação do agar, uma camada de areia (60 mm) foi acrescentada, sendo esta areia corrigida para umidade de 75% (Paes et al., 2002; ASTM, 1994). A seguir, foi adicionado novamente agar 2%, e finalizando, frações de serragem-isca (Figura 27A).

Béqueres de 250 mL foram utilizados no segundo teste. Estes frascos de vidros foram preenchidos com ~2,00 g de serragem umidificada, e adicionada uma camada de areia umidificada de 60 mm de altura, posteriormente foi acrescentado frações de serragem-isca (Figura 27B).

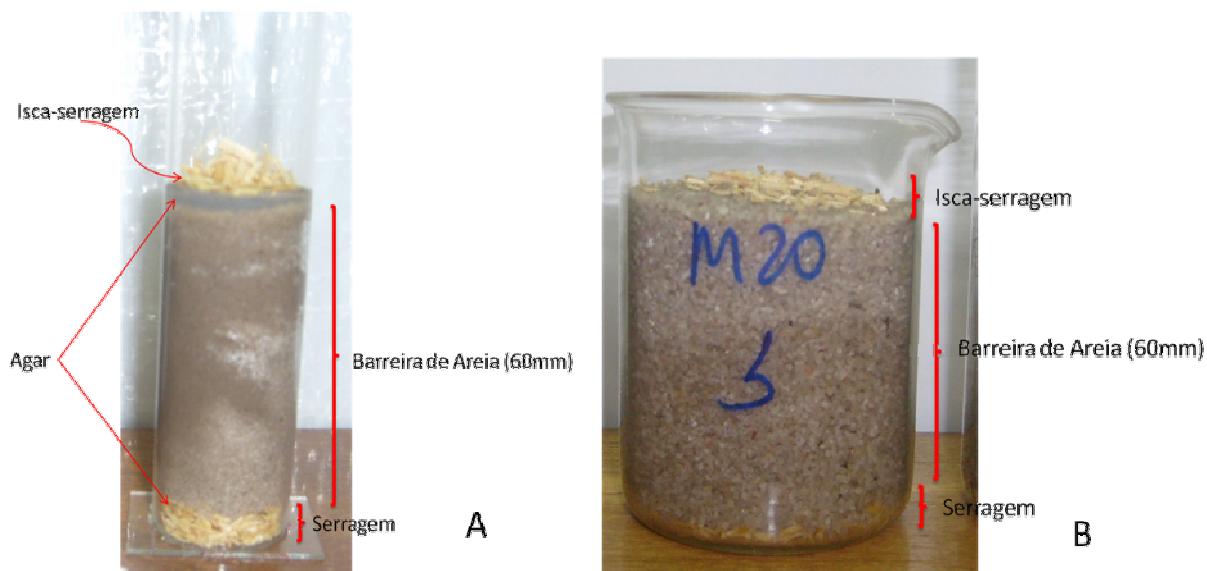


Figura 27– Unidades utilizadas nos biotestes de penetrabilidade: A- Tubo-teste; Béquer-teste.

4.2.2 Bioensaio de penetrabilidade

BIOTESTE 1 (adaptado de ASTM, 1994; MYLES, 1997a)

Nos tubos-testes, com auxílio de pinça entomológica foram introduzidos 50 cupins adultos *Nasutitermes* sp. (0,2226 g), sendo 41 operários e 9 soldados (Paes et al., 2003) correspondendo uma micro-colônia em cada tubo. O topo de cada tubo foi fechado com vidro de relógio. Foram utilizadas 3 repetições para cada fração peneirada testada. A penetrabilidade dos tratamentos é no sentido descendente e a duração do teste foi de duas semanas.

As micro-colônias foram dispostas em uma plataforma cercada por água, próximo a colônia-mãe (Figura 28), visto a necessidade da sinergia feromonal importante para sobrevivência dos cupins (NASCIMENTO, 2000; ALBUQUERQUE et al. 2008).

A profundidade da penetração dos cupins na barreira foi registrada por seis observações ao longo do período de 15 dias, sendo ao final a barreira classificada em impenetrável, penetração parcial e penetração total. Durante a execução do ensaio foi medida a temperatura ambiente e da colônia-mãe. No 15º dia o experimento foi suspenso e os cupins mortos foram retirados dos tubos e contados, para quantificar a sobrevivência (GOLD, 2007). Posteriormente, os tubos foram tampados e observados até que todos os cupins morressem.

No fundo do tubo a serragem-isca foi utilizada como atrativos/incentivo para o forrageamento dos cupins. Se os cupins são capazes de penetrar o substrato-teste até a serragem-isca, o obstáculo é considerado "quebrado", e, portanto, ineficiente.



Figura 28- Vista geral do Bioteste 1 durante a execução.

BIOTESTE 2 (adaptado de FRENCH et al., 2003)

Béqueres-teste foram dispostos em torno da colônia de *Nasutitermes* sp. (Figura 29), onde foram adicionadas varetas finas de marupá, para atrair os cupins para dentro dos béqueres. Utilizou-se 3 repetições para cada fração peneirada testada. A penetrabilidade dos tratamentos é no sentido descendente e a duração do teste foi de 30 dias.

Assim como no Bioteste 1, o objetivo deste experimento é avaliar a capacidade dos cupins *Nasutitermes* sp. em romper a barreira de areia, entretanto, o Bioteste 2, vem tentar reproduzir condições naturais da penetração dos cupins em solo sem o aprisionamento dos cupins como ocorre no Bioteste 1.



Figura 29- Béqueres-teste dispostos em torno da colônia de *Nasutitermes* sp.

4.2.3 Biometria dos cupins (SU; SCHEFFRAN, 1991; FRENCH et al., 2003)

Nas amostras-cupins coletadas na cidade de Manaus, foram procedidas à mensuração deste com régua padronizada (mm) em Lupa microscópica 30X (Leica M2-125). Para cada casta (soldado e operário) foram medidos o comprimento do corpo (do vértice até o fim do abdome), o comprimento de cabeça (da extremidade da mandíbula até o vértice) e a largura da cabeça (largura máxima), conforme o esquema da Figura 30. De cada amostra-cupim foram medidos 10 indivíduos de cada casta. O propósito desta biometria é verificar a existência de uma correlação entre tamanhos dos cupins e as faixas granulométricas das barreiras de areia testadas.

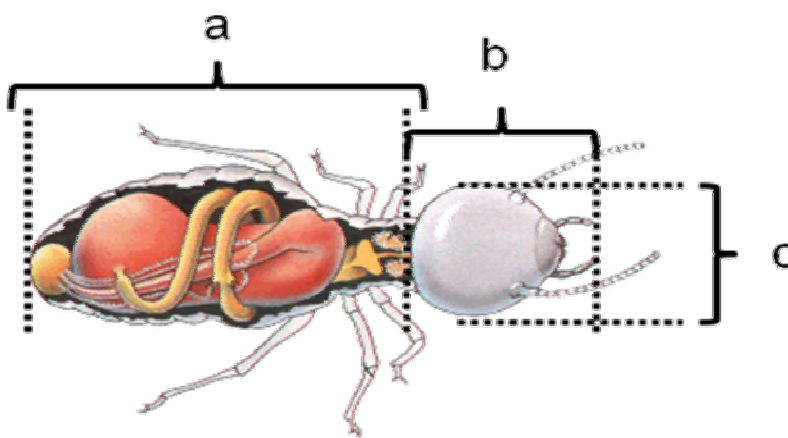


Figura 30- Mensuração dos cupins: a- comprimento do corpo; b- comprimento da cabeça e c-largura da cabeça.

4.2.4 Análise Estatística

Para analisar a diferença entre as frações peneiradas e o controle nos testes de penetrabilidade foi utilizado o teste estatístico ANOVA, e o teste de comparação entre as médias, quando necessário foi utilizado o teste Tukey. Para a medição das partículas e biometria dos cupins fez-se análise descritiva (erro padrão). Todas as análises estatísticas foram processadas utilizando-se o programa SYSTAT 10, a 5% de significância.

5. RESULTADOS E DISCURSÃO

5.1 Bioteste de Penetrabilidade

Testes preliminares de penetração foram realizados em camada de areia nas frações retidas nas malhas de 40, 60, 80, 100, 200 mesh. No tempo < 48 h todas as barreiras foram quebradas. Com estes resultados, optou-se na utilização como controle nos Biotestes 1 e 2, partículas < 0,85 mm ou aquelas que passam na peneira de malha 20. Também foram testadas camadas com 60 e 100 mm de altura, mas ambas foram penetradas num período de 24 e 72h, respectivamente.

A penetração dos cupins em camadas de areia no Bioteste 1, ao longo de um período 15 dias, é apresentada na Tabela 1.

O controle, composto de partículas < 0,85 mm de diâmetro foi totalmente penetrado em menos de três dias, verificando assim, que os cupins escavavam/penetravam cerca de 20 mm ao dia até chegarem à serragem-isca no fundo do tubo.

Tabela 1- Médias de penetração dos cupins *Nasutitermes* sp. em 60 mm de camada de areia de várias frações peneiradas e misturas, no período de 15 dias, no Bioteste 1.

Peneira Malha	Tamanho das partículas (mm)	Período do Bioteste 1 (dias)						Parecer
		0	3	6	9	12	15	
		Penetração (mm)						
8	2,38 – 4,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	I
10	2,00 – 2,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	I
12	1,68 -1,99	0,00	0,00	0,00	3,33	3,33	3,33	I
20	0,85 – 1,67	0,00	5,00	6,67	15,33	21,67	21,67	<i>p</i>
8-12*	1,68 – 4,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	I
12-20**	0,85 – 1,99	0,00	0,00	3,33	7,67	7,67	7,67	I
>20***	< 0,85	0,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	P

* Mix 1; ** Mix 2; *** Controle

I - impenetrável; *p* – penetração parcial; P – penetração total

As frações de areia retidas na peneira de malha 12, foram penetradas somente até o 9º dia de teste (3,33 mm), sendo 0,37 mm em média a penetração/dia realizada pelos cupins. A barreira formada por uma mistura de grânulos de 0,85-1,99 mm (Mix 2) teve uma penetração máxima de 7,67 mm no 9º dia (penetração de 0,85 mm/dia). Entretanto, as camadas formadas por partículas retidas na malha 20 (0,85-1,67 mm), tiveram uma penetração freqüente até o 12º dia, onde foi verificado 21,67 mm de profundidade. Com exceção do controle, foi à maior velocidade de escavação no Bioteste 1 (1,80 mm/dia). Para as camadas de areia compostas de partículas de dimensões 2,38-4,75 mm (M8), 2,00-2,37 mm (M10) e 1,68-4,74 mm (Mix 1) não foram visualizadas penetrações em toda a duração do teste.

Pode-se observar que a alta penetrabilidade nas frações de areia por *Nasutitermes* sp. ocorre em partículas menores que 0,85 mm (Figuras 31 e 32).

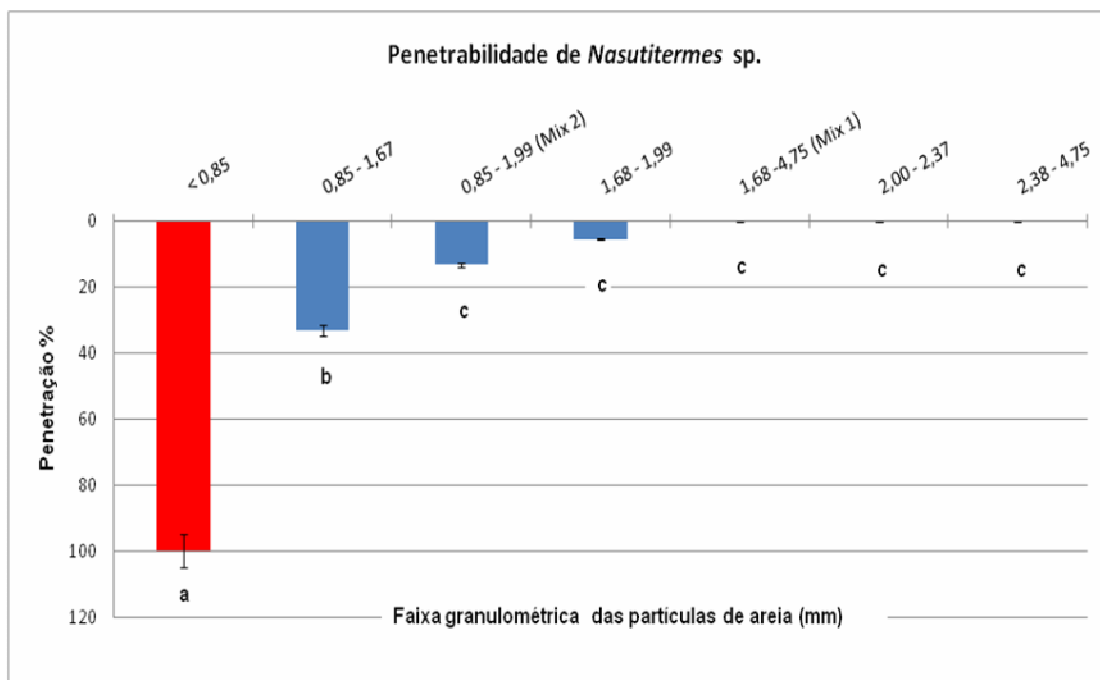


Figura 31- Penetração de *Nasutitermes* sp. em frações de areia em testes vertical e no sentido descendente (Tubo-teste).

Médias seguidas de letra igual, não diferem entre si no teste Tukey $p < 0,05$. Linhas verticais representam erro padrão a 5%.

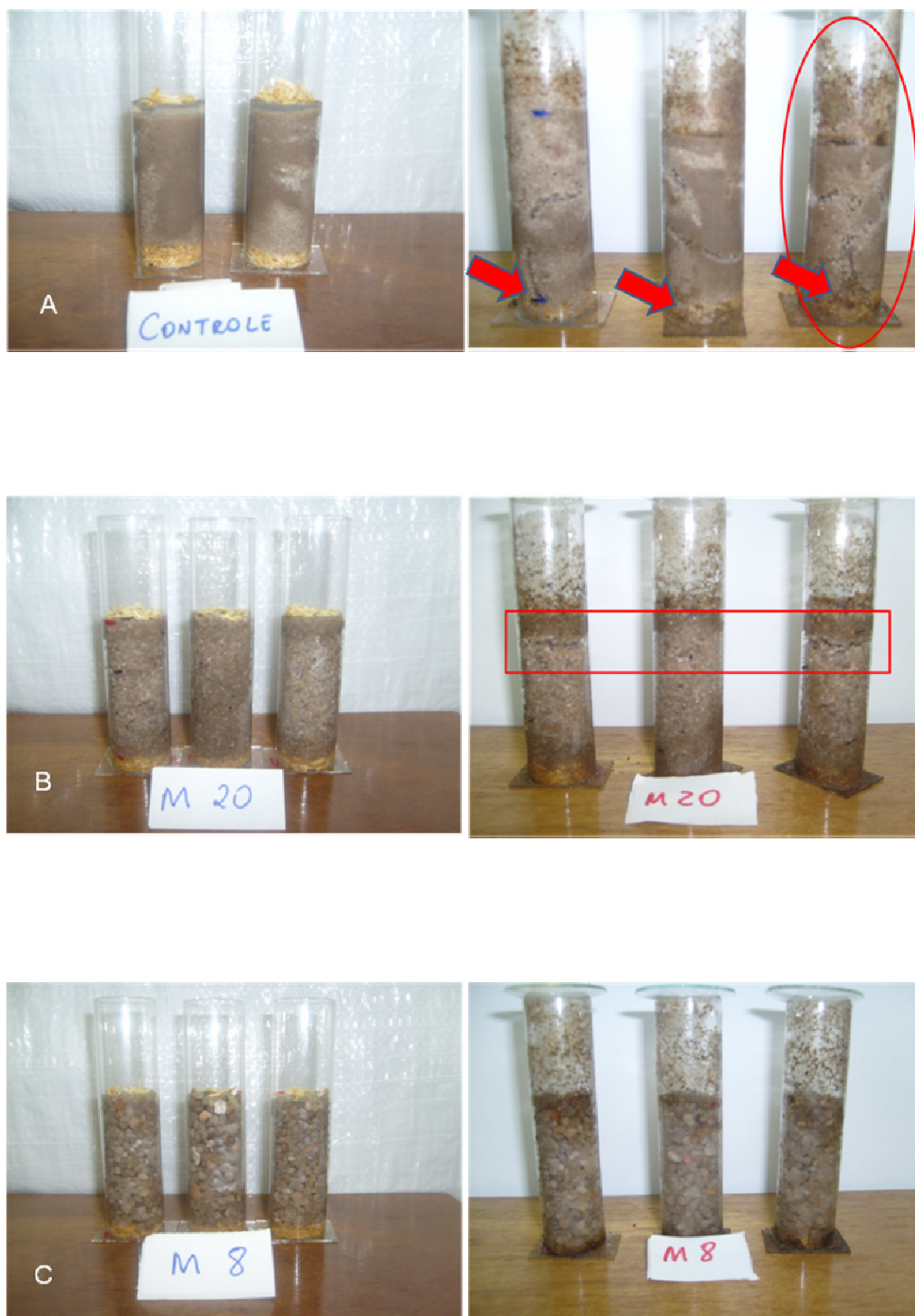


Figura 32- Avaliação da penetrabilidade de areia (Bioteste 1), início e final: A- controle (< 0,85 mm); B- fração da peneira 20 (0,85-1,67 mm); C- fração da peneira 8 (2,38-4,75 mm).

A análise de variância do Bioteste 1, mostrou que a gama de areia impenetrável foi de 1,68 a 4,75 mm ($r^2=0,870$; $df=6$; $p < 0,05$). Na Tabela 1, o parecer/classificação das frações de areias ensaiadas foi de impenetrável (I) para partículas retidas nas malhas 8, 10 e 12 mesh e, misturas 1 e 2. Para as partículas da malha 20 mesh foi parcialmente penetrada (*p*).

O Bioteste 2 foi executado no período de 30 dias e o resultado da penetração das frações de areia são mostrados na Figura 33.

Resultado similar ao Bioteste 1 foi observado para o controle no segundo experimento, penetração de 100% (60 mm). Na barreira formada por partículas de 0,85-1,67 mm de diâmetro, os cupins provocaram uma leve escavação/penetração de 5,55% (3,33 mm) no período do ensaio. As demais frações foram praticamente negligenciadas pelos cupins (penetração de 0%).

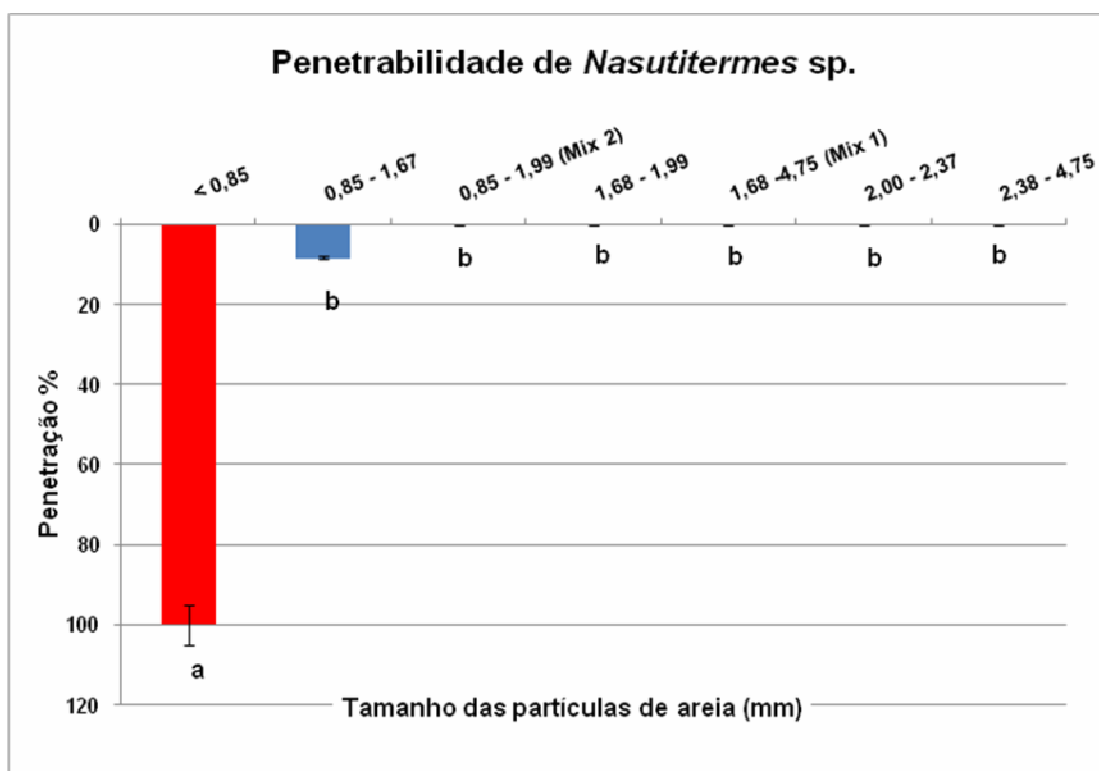


Figura 33- Penetração de *Nasutitermes* sp. em frações de areia em testes vertical e no sentido descendente (Béquer-teste).

Médias seguidas de letra igual, não diferem entre si no teste Tukey $p < 0,05$. Linhas verticais representam erro padrão a 5%.

Os resultados da análise estatística do Bioteste 2, verificou que houve diferença significativa na penetrabilidade do controle em relação às demais frações peneiradas ($r^2=0,999$; $df=4$; $p < 0,05$), demonstrando que as frações de areia $> 0,85$ mm de diâmetro são impenetráveis.

Na Figura 34, são apresentadas unidades do béquer-teste no início e fim do experimento.

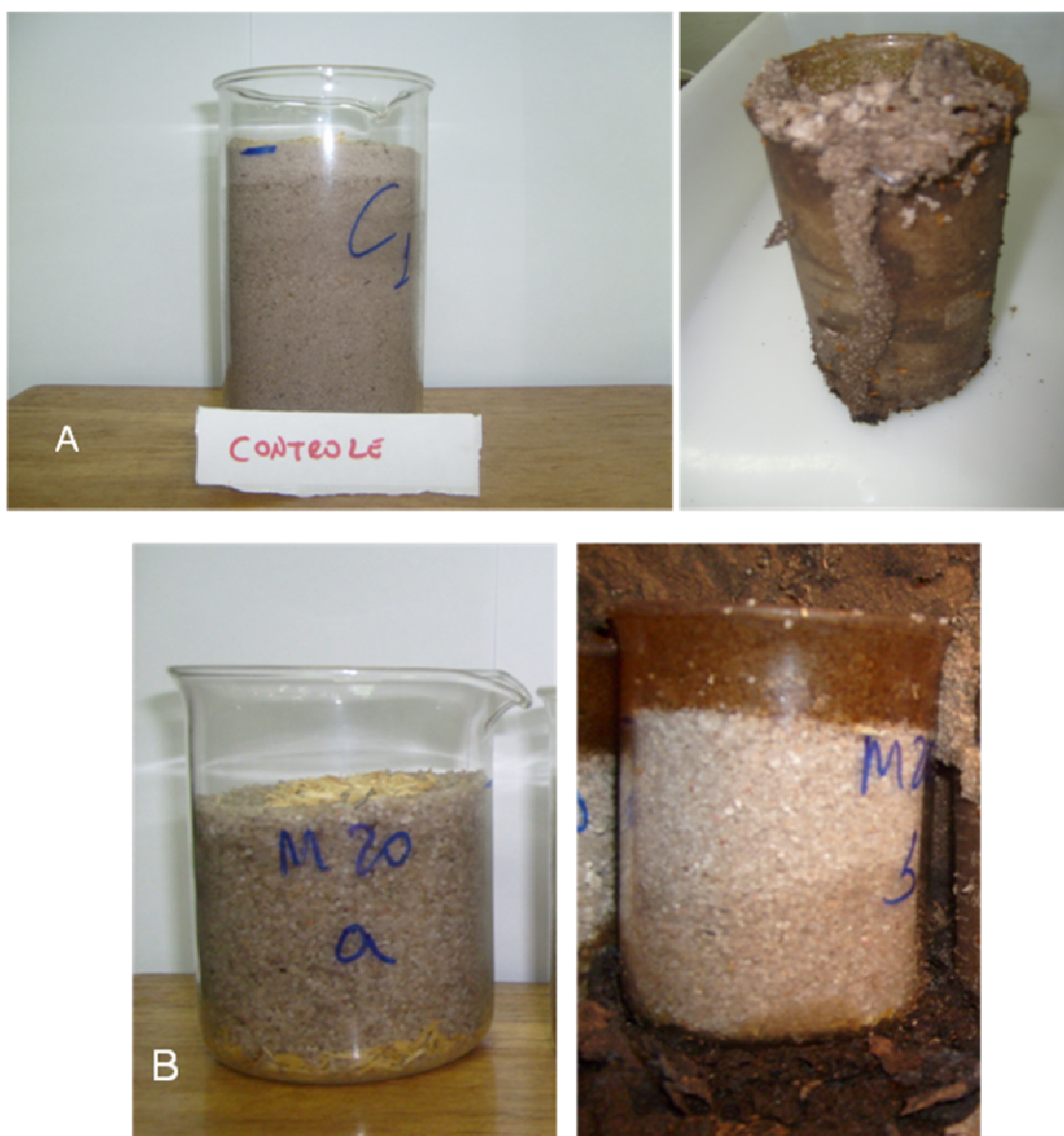


Figura 34- Avaliação da penetrabilidade de areia (Bioteste 2), início e final: A- controle ($< 0,85$ mm); B- fração da peneira 20 ($0,85-1,67$ mm).

Estudos de barreiras físicas (não tóxicas) contra cupins são praticamente inexistentes no Brasil. Alternativas naturais, como barreiras de areia e/ou agregados vem sendo avaliadas e algumas patentes já foram desenvolvidas nos EUA, Canadá e Austrália. Essas barreiras têm efetividade apenas para alguns cupins, como por exemplo, *Coptotermes* sp., *Reticulitermes* sp. e *Heterotermes* sp. todos pertencentes à família Rhinotermitidae. Experimentos com *Nasutitermes* sp. (Termitidae) quase não são registrados. French et al. (2003), relataram apenas avaliações preliminares com *Nasutitermes exitiosus* (Hill) na Austrália mas os dados não foram publicados.

Neste estudo, utilizando *Nasutitermes* sp. foi verificado que barreiras compostas por partículas retidas nas frações das peneiras de malha 8, 10, 12 e 20, e as misturas Mix 1 e Mix 2 não foram “quebradas” (penetradas) em testes de laboratório.

Ebeling e Pence (1957), testando fragmentos de areia e cinza vulcânicas em ensaios de penetração, verificaram que partículas de 1,18 a 2,00 mm de diâmetro eram impenetráveis por *Reticulitermes hesperus* Banks (MYLES, 1997a).

Estes pesquisadores foram os precursores dos estudos de barreiras físicas sobre cupins subterrâneos. Suas observações a cerca de como ocorria à penetração dos cupins subterrâneos em barreiras de areia, gerou a “teoria da penetração” que diz: “Os cupins pressionam as partículas de areia para os dois lados, com a cabeça e principalmente com as mandíbulas; em geral o corpo inteiro é usado até certo ponto para este propósito. Partículas de areia pequenas (finas) são introduzidas na cavidade bucal e, misturadas com uma substância gelatinosa e em seguida, colocadas ao longo das paredes das galerias. As partículas maiores são presas com as mandíbulas. Embora a calibração dessas seja cerca de 0,50 mm, para agarrar a borda de uma partícula areia, cupins podem mover partículas de cerca de 1,00 mm de comprimento” (MYLES, 1992).

Nos experimentos preliminares com partículas muito finas ($< 0,425$ mm) e no controle ($< 0,85$ mm) do Bioteste 2, foi observado a “quebra” da barreira e que os operários de *Nasutitermes* sp. utilizavam essas partículas finas para construção de túneis/galerias, como foi evidenciado por Ebeling e Pence (1957) (Figura 35).

Myles (1997a) classifica como areia fina, partículas $< 0,707$ mm. Estas frações são facilmente penetradas por *Reticulitermes flavipes* em três dias. Fato semelhante foi observado nos Biotestes, onde detectou-se que partículas menores que 0,85 mm não ofereceram resistência a *Nasutitermes* sp..



Figura 35- Barreiras de areias finas “quebradas” no período de 48 h.

Su et al. (1991), verificaram que *Coptotermes formosanus* não penetraram uma barreira composta de partículas de 1,79-2,36 mm de diâmetro, e a fração com partículas de 1,00 – 2,36 mm impediu a penetração de *R. flavipes*.

Tamashiro et al. (1991), no estudo de barreiras contra *Coptotermes formosanus*, observaram três frações de partículas: 1,70-2,00 mm, 2,00-2,40 mm e 2,40 a 2,80 mm, que foram eficazes durante quatro anos. Estudos avançados forneceram o BTB (Barreira basáltica

contra cupins, produzido pela Ameron HC & D) um produto comercial na faixa de 1,40 a 2,40 mm de diâmetro que rende até hoje a Universidade do Havaí royalties sobre esse produto.

Na Austrália o entomologista J. R. J. French do CSIRO, realizou diversos bioensaios em laboratório utilizando fragmentos de granito contra *Coptotermes acinaciformis*, cupim considerado praga naquele país. Verificou-se que o mecanismo da impenetrabilidade do granito é baseado na dimensão das partículas, ou seja, as partículas devem ser muito grandes e pesadas para que o cupim não consigam movimentá-las, assim não suportem seu peso e não seja possível de serem agarradas/presas por suas mandíbulas. Além disso, o granito é uma rocha demasiadamente dura não sendo possível sua mastigação em pequenos pedaços e, o mais importante, quando este material tem formas arredondadas, os espaços entre as partículas tornam-se pequeno para o trânsito dos cupins (FRENCH, 1989).

A mineradora E.B. Mawson & Sons, Pty Ltd. do estado de Victoria, recebeu autorização do governo australiano para comercialização de frações de granitos com diâmetros de 1,70-2,40 mm, tendo o nome comercial de Granitgard (AHMED; FRENCH, 1994; FRENCH et al., 2003).

Nos vários estudos de barreiras físicas utilizando cupins subterrâneos *Coptotermes formosanus*, *C. acinaciformis* e *C. lacteus*, a fração efetiva dos diâmetros das partículas variaram de 1,40-2,40 mm (TASHIMIRO et al., 1987;1991; SU et al., 1991; FRENCH et al., 2003). No Amazonas, estudos preliminares de barreiras de areia foram realizados utilizando cupins do gênero *Nasutitermes*. Os resultados destes estudos indicaram efetividade de partículas de areia de 1,40-2,80 mm de diâmetro (CRUZ et al., 2007; VIANEZ, 2008). Entretanto, neste estudo foi verificado um espectro bem maior das dimensões das partículas de areia de > 0,85 mm a 4,75 mm de diâmetro.

Quando várias faixas de dimensões são uniformemente misturados, as barreiras também podem ter efetividade. Su et al. (1991) verificou efetividade de misturas de partículas

nas dimensões de 1,18-2,80 mm para os cupins *C. formosanus* e *R. flavipes*. French et al. (2003), encontrou a faixa granulométrica de 1,70-2,40 mm de diâmetro eficaz para *C. acinaciformis*. Experimentos de Myles (1997a) mostraram uma gama maior das partículas para *R. flavipes* (1,00-3,35 mm de diâmetro). A efetividade das misturas também ficou evidenciada neste estudo, Mix 1 (1,68-4,75 mm) e Mix 2 (0,85-1,99 mm).

Nos ensaios com misturas deve-se atentar para a proporção das partículas finas. Su et al. (1991), apontam um limite máximo de 49,5% e French et al. (2003) um valor cinco vezes menor (10%). Entretanto, Myles (1997a) recomenda um teor de fino $\leq 25\%$. Neste experimento, as duas misturas ensaiadas (Mix 1 e 2) o limite de fino adotado foi de 25%, entretanto, acredita-se que um teor maior poderia convergir para um ponto crítico da barreira.

Su e Scheffrahn (1992) e Myles (1994) verificaram que em barreiras que foram penetradas mas não rompidas, os cupins chegaram à área de “interbloqueio”, ou seja, zona de maior compactação, a penetração é interrompida, e as galerias são abandonadas. Aparentemente, este fato foi observado nas frações de diâmetro de 0,85-1,67 mm (Malha 20) e 0,85-1,99 mm (Mix 2).

Myles (1997b) relata que barreiras com frações de areia com diâmetros acima de 3,35 mm, podem ser caracterizadas como "região de possível trânsito" porque as aberturas, ou interstícios, entre estas partículas são suficientemente transitáveis pelos cupins. Entretanto, partículas testadas no Bioteste 1 com diâmetros de 2,38-4,75 mm (Malha 8), não se verificou tal teoria. Acredita-se então que sua aplicação se dá em indivíduos da família Rhinotermitidae e não nos indivíduos avaliados neste estudo.

Um aspecto que não pode ser descartado nos testes de penetração é a umidade do substrato, visto que esta constante está presente em todo tipo de solo. Hadlington (1996) estudou em laboratório a influência da umidade no forrageamento de cupins e como era de se esperar, confirmou que um aumento na umidade do solo pode proporcionar maior exploração

dos cupins. Em estudo semelhante, verifico-se que os cupins forrageavam e construíam túneis/galerias de forma lenta em camadas de solo composto de areia seca. Entretanto, quando a areia foi umidificada a penetração e tunelamento aumentou cinco vezes até que ela foi completamente explorada/penetrada. Portanto a umidade potencializa a penetração, e barreiras testadas com material seco, podem mascarar uma impenetrabilidade relativa (EVANS, 2003).

Nos trabalhos de Tamashiro et al. (1991), Myles (1997a,b), Cruz et al. (2007) e Vianez et al. (2008) não está claro, se o material testado é utilizado com ou sem umidade. Entretanto, Su et al. (1991) e French et al. (2003), em suas metodologias e discussões levaram em consideração, o teor de umidade do material a ser bioensaiado quanto à penetração. Neste estudo, todas as frações testadas tiveram sua umidade corrigida para 75%, segundo adotado por Paes et al. (2002) em teste de alimentação forçada (*Soil-block Test* - ASTM D-3345-94) utilizando cupins *Nasutitermes corniger*.

5.2 Sobrevivência dos cupins no Bioteste 1

Na instalação do teste observou-se um alto vigor dos cupins nas micro-colônias (tubo-teste) e o forrageamento das iscas-serragem sobre a barreira de areia. A partir do 3º dia, com exceção do controle e da barreira com partículas 0,85-1,67 mm (malha 20), em todos demais tubos-teste observou-se a tentativa de fuga dos cupins pelo topo do tubo. Verificou-se ainda, maior intensidade nas réplicas da barreira 2,38-4,75 mm (malha 8). Os operários lançaram uma secreção de cor castanho-escuro nas paredes dos tubos, o que facilitava a escalada. Sabe-se que sem esta estratégia, dificilmente os cupins conseguiriam escalar as paredes dos tubos, visto que os cupins têm baixa aderência ao vidro.

Entre o 9º e 12º dia de experimento foi observado a morte de certo número de operários nas réplicas das barreiras de 1,68-1,99 mm (malha 12), 2,38-4,75 mm (malha 8) e 0,85-1,99 mm (Mix 2), mais estes não foram removidos e nem substituídos.

O número de indivíduos vivos no final do experimento por tubo-teste variou de 9 a 26, independente da casta. A maior sobrevivência foi encontrada no substrato controle (< 0,85 mm), que também teve maior penetração da barreira, 60 mm, e a menor foi na fração 1,68-1,99 mm de diâmetro (malha 12), com 21,67 mm de penetração. Nas demais frações verificaram-se 15-23 cupins vivos ao final do experimento (Figura 36).

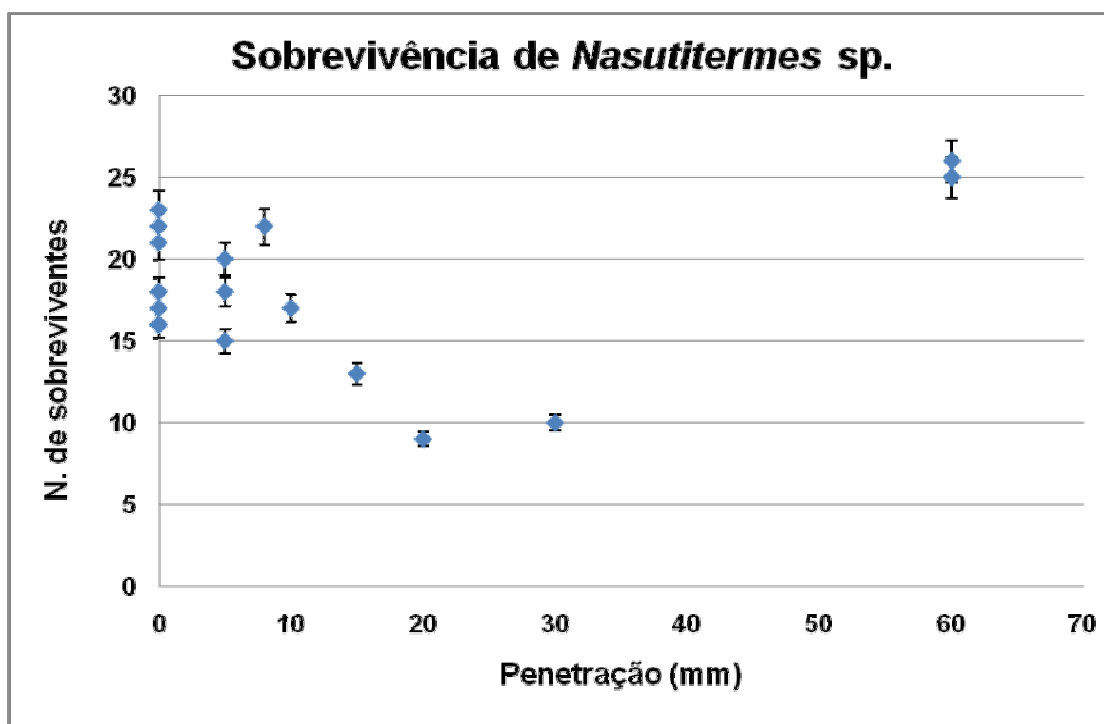


Figura 36- Sobrevivências de *Nasutitermes* sp. no Bioteste 1, no período de 15 dias. Linhas verticais representam erro padrão a 5% (N=50).

Gold (2007) estudou a eficiência do produto comercial Dual GuardTM (agregados de granito) a cupins subterrâneos *R. flavipes* e *C. formosanus*. Os controles foram penetrados 100% em 24h e no final do ensaio foi verificado sobrevivência de 63 e 77% para os

respectivos cupins. O agregado em teste foi penetrado 36% por *R. flavipes* e 27% por *C. formosanus* com sobrevivência de 43 e 27,1%, respectivamente. O autor relata que a barreira composta de granito poderia ter causando a morte dos cupins quando estes tentaram forragear através do material, uma vez que as partículas apresentavam arestas afiadas/pontiagudas, que poderiam ter perfurado o exoesqueleto dos cupins, resultando na dessecação e a morte.

French et al. (2003) chegou à conclusão semelhante, quando testou o produto comercial Granitgard. Quando *Coptotermes acinaciformis* penetrou parcialmente a barreira-teste, foi observado cupins mortos e/ou presos nas galerias, alguns totalmente endurecidos e outros com abdômes rompidos.

Nas barreiras de partículas de 1,68-1,99 mm (malha 12), 0,85-1,99 mm (Mix 2) e 0,85-1,67 mm (malha 20), foram constatadas as penetrações de 5,00, 13,30 e 33,33%, respectivamente, e sobrevivência de cupins *Nasutitermes* sp. de 36,00, 40,00 e 26,00% para as respectivas frações. No controle, com penetração 100%, a sobrevivência foi de 52% (19 operários e 7 soldados) a maior registrada no ensaio. Teoricamente, acredita-se que, quanto maior a penetração, maior é a sobrevivência, visto que no final da barreira sempre existe alimento-isca que serve como atrativo e material de reserva alimentar para os cupins.

Quanto à sobrevivência por casta, em geral os soldados foram mais resistentes que os operários. Constatou-se 78% de sobrevivência para soldados e 46% para operários, ambos observados no controle (< 0,85 mm), os maiores índices encontrados no experimento. No substrato com partículas de 0,85-1,67 mm de diâmetro verificou-se a menor sobrevivência neste estudo, tanto para soldados (33%), como operários (24%) (Figura 37).

A longevidade dos insetos em testes de laboratório pode ser alterada devido a uma série de fatores tais como: temperatura, umidade e alimentação (ALBUQUERQUE et al., 2008). Além desses fatores a resistência física oferecida nas barreiras pode alterar a sobrevivência na dificuldade do forrageamento.

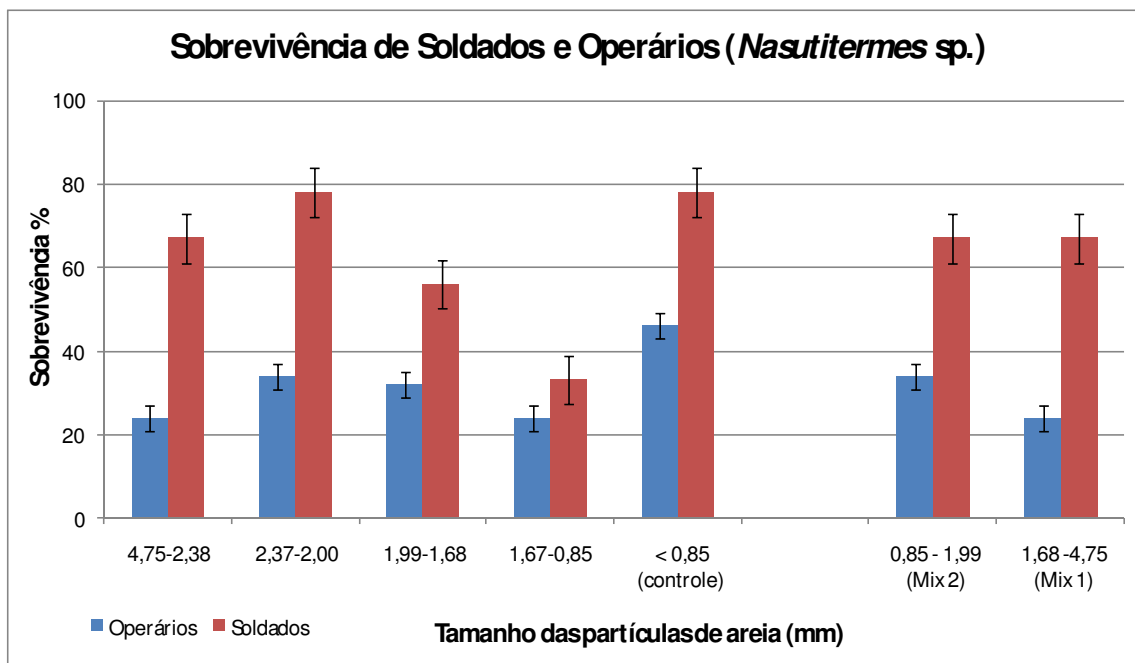


Figura 37- Sobrevivências de cupins *Nasutitermes* sp. nas casta de soldados e operários no Bioteste 1.

Linhas verticais representam erro padrão a 5% (N=41/9).

No período de 15 dias de ensaio foram medidas as temperaturas do ambiente e da colônia-mãe, sendo registrado a média de $\pm 30^{\circ}\text{C}$ no ambiente do ensaio e $\pm 32^{\circ}\text{C}$, no interior da colônia.

Com relação à umidade, os substratos testados foram umidificados. COLLINS (1970) afirma que, de um modo geral, os cupins são muito sensíveis à dessecação devido a pouca quitinização da cutícula e baixa capacidade de retenção de água e, por isso, a umidade relativa do ar no interior do ninho é sempre mantida alta.

Quanto ao alimento, a serragem de marupá também foi umidificada (Figura 38). O meio de cultura agar também foi utilizado como fonte alimentar, mas observou-se que os *Nasutitermes* sp. preferiam a madeira, e desprezavam a fonte alternativa.



Figura 38- Serragem de *Simarouba amara* (marupá) utilizada na dieta dos cupins.

5.3 Biometria dos cupins

Nos estudos de avaliação de barreiras de partículas, o conhecimento acerca das dimensões dos cupins são variáveis que podem explicar a eficiência ou não da barreira. O resultado da mensuração do corpo e da cabeça dos cupins do gênero *Nasutitermes* é apresentado nas Tabelas 2 e 3.

Os operários da morfo-espécie 3 (*Nasutitermes* sp.3) apresentaram maior tamanho (5,35 mm), seguidos da *Nasutitermes* sp.2 (5,15 mm) e *Nasutitermes* sp.1 (5,10 mm). Enquanto, que os *Nasutitermes* sp. 6 e 4 foram considerados os com menores dimensões, 2,90 e 3,00 mm, respectivamente. Quanto à área da cabeça, *Nasutitermes* sp.1 apresentou 1,52 mm² versus 0,84 mm² da morfo-espécie 4 (*Nasutitermes* sp.4) considerada a menor cabeça. O *Nasutitermes* sp.11 que foi utilizado nos Biotestes 1 e 2 apresentou 4,35 mm de comprimento (corpo + cabeça) e área da cabeça medindo 1,27 mm².

Tabela 2- Biometria dos cupins da casta operária (mm).

Espécies	Comp. Corpo	Comp. Cabeça	Corpo + Cabeça	Larg. Cabeça
<i>Nasutitermes</i> sp.1	3,80 (0,28)	1,30 (0,27)	5,10 (0,26)	1,20 (0,05)
<i>Nasutitermes</i> sp.2	3,85 (0,30)	1,30 (0,05)	5,15 (0,29)	1,10 (0,04)
<i>Nasutitermes</i> sp.3	4,15 (0,08)	1,20 (0,00)	5,35 (0,08)	1,05 (0,05)
<i>Nasutitermes</i> sp.4	2,20 (0,08)	0,80 (0,06)	3,00 (0,11)	1,05 (0,05)
<i>Nasutitermes</i> sp.5	3,60 (0,34)	1,20 (0,05)	4,80 (0,35)	1,05 (0,09)
<i>Nasutitermes</i> sp.6	1,80 (0,23)	1,10 (0,11)	2,90 (0,18)	1,00 (0,09)
<i>Nasutitermes</i> sp.7	3,25 (0,12)	1,20 (0,00)	4,45 (0,12)	1,00 (0,00)
<i>Nasutitermes</i> sp.8	3,00 (0,08)	1,15 (0,03)	4,15 (0,07)	1,00 (0,05)
<i>Nasutitermes</i> sp.9	3,10 (0,11)	1,25 (0,05)	4,35 (0,11)	1,10 (0,06)
<i>Nasutitermes</i> sp.10	3,50 (0,22)	1,20 (0,00)	4,70 (0,22)	1,10 (0,00)
<i>Nasutitermes</i> sp.11*	3,20 (0,05)	1,15 (0,03)	4,35 (0,06)	1,10 (0,00)
<i>N. exitiosus</i> **	4,40	1,76	6,16	1,38

* Morfo-espécie utilizada nos biotestes ** Cupim australiano considerado praga em area urbana; Com. = comprimento, Larg. = largura. Número em parênteses é o desvio padrão das médias (N=10).

Tabela 3- Biometria dos cupins da casta soldado (mm).

Espécies	Comp. corpo	Comp. Cabeça	Corpo + Cabeça	Larg. Cabeça
<i>Nasutitermes</i> sp.1	2,20 (0,10)	1,20 (0,07)	3,40 (0,15)	1,00 (0,07)
<i>Nasutitermes</i> sp.2	3,00 (0,08)	1,35 (0,07)	4,35 (0,12)	0,95 (0,05)
<i>Nasutitermes</i> sp.3	2,30 (0,12)	1,20 (0,03)	3,50 (0,11)	0,80 (0,05)
<i>Nasutitermes</i> sp.4	1,95 (0,10)	1,15 (0,05)	3,10 (0,14)	0,90 (0,07)
<i>Nasutitermes</i> sp.5	2,00 (0,04)	1,10 (0,07)	3,10 (0,08)	1,10 (0,05)
<i>Nasutitermes</i> sp.6	2,05 (0,09)	1,20 (0,05)	3,25 (0,11)	0,95 (0,07)
<i>Nasutitermes</i> sp.7	2,75 (0,12)	1,20 (0,05)	3,95 (0,15)	1,00 (0,00)
<i>Nasutitermes</i> sp.8	2,50 (0,05)	1,25 (0,05)	3,75 (0,08)	1,05 (0,05)
<i>Nasutitermes</i> sp.9	2,10 (0,08)	1,10 (0,05)	3,20 (0,10)	1,10 (0,09)
<i>Nasutitermes</i> sp.10	2,00 (0,05)	1,15 (0,04)	3,15 (0,07)	1,00 (0,04)
<i>Nasutitermes</i> sp.11*	2,25 (0,12)	1,20 (0,03)	3,45 (0,13)	1,10 (0,00)
<i>N. exitiosus</i> **	4,18	1,78	5,96	1,11

* Morfo-espécie utilizada nos biotestes ** Cupim australiano considerado praga em area urbana; Com. = comprimento, Larg. = largura. Número em parênteses é o desvio padrão das médias (N=10).

Para a casta de soldados, foi verificado que a morfo-espécie 2 (*Nasutitermes* sp.2) teve o maior comprimento 4,35 mm, seguido de *Nasutitermes* sp.7 com 3,95 mm, enquanto que *Nasutitermes* sp.4 e 5 mediram ambas 3,10 mm, classificadas como as menores do estudo. Na medição da cabeça, detectou-se que os *Nasutitermes* sp.2, 8 e 11 apresentaram as maiores dimensões com 1,28, 1,31 e 1,32 mm², respectivamente.

A largura da cabeça do cupim é a medição mais importante em estudos de barreiras, visto que a capacidade de penetração esta associada quase que na totalidade com a cabeça, embora o corpo todo seja envolvido no forrageamento/tunelamento. Diferente de muitos animais que tem hábito subterrâneo, os cupins escavam o solo através das mandíbulas e não com as patas, como certos roedores (FRENCH et al., 2003).

Todo tipo de trabalho realizado na colônia são efetuados pelos operários. No processo de escavação de galerias/túneis são os operários que executam essa tarefa utilizando suas hábeis mandíbulas (Figura 39) que tem a capacidade de fragmentar certas partículas de baixa dureza. Os soldados de *Nasutitermes* não são mandibulados, sua defesa ocorre por meio de substâncias químicas lançada da região apical do *nasus*, onde existe uma glândula produtora de substâncias repelentes e/ou paralisantes contra os inimigos/predadores (SANTOS, 2004).

Dados quanto à biologia e comportamento de *Nasutitermes* ainda são reduzidos em relação a estudos biológicos de *Coptotermes* sp. e *Reticulitermes* sp., e a literatura sobre este cupim encontra-se dispersa. Na Austrália existem estudos de prevenção e combate a *N. exitiosus*, praga que ataca e causa danos em madeira em serviço (FRENCH et al., 2003).

Na comparação da biometria dos *Nasutitermes* coletados na área urbana de Manaus com o australiano *N. exitiosus*, pode-se verificar que estes são bem maiores que os espécimes da nossa região. Na Tabela 2, pôde-se evidenciar que o operário australiano é duas vezes maior que *Nasutitermes* sp.4 e 6.

Embora a correlação de penetração esteja associada ao operário e não ao soldado, as informações morfológicas da casta soldado são preponderantes no auxílio a identificação de cupins, optando-se também pela mensuração desta casta.

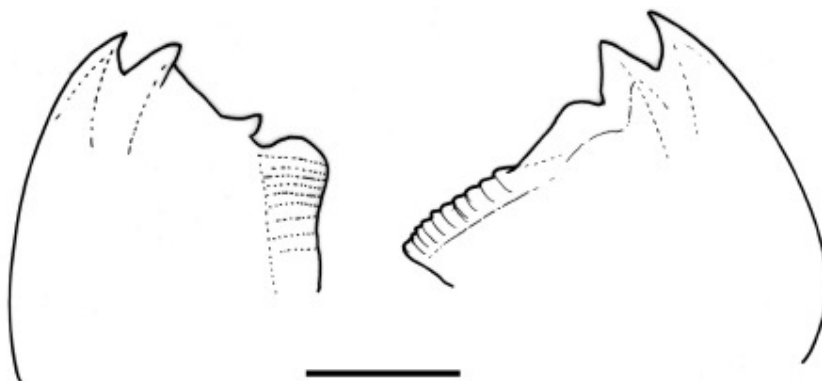


Figura 39- Mandíbulas do operário de *Nasutitermes ephratae* de ocorrência na Amazônia.
Fonte: Ensaf et al. (2003).

5.4 Ensaio Granulométrico

As partículas utilizadas nos ensaios foram aquelas obtidas a partir do retido nas peneiras de 8, 10, 12 e 20 mesh. No entanto, outras malhas foram utilizadas, separando material de maior ou menor granulometria. Na Tabela 4 são apresentadas as dimensões das malhas das peneiras, material retido, bem como o rendimento para cada fração.

De modo geral as partículas mais finas se apresentam em maior quantidade na areia comercial obtida no mercado local. Os maiores rendimentos foram de 16,57%, 15,00%, 13,54% e 13,00% obtidos nas peneiras de 20, 40, 60 e 80 mesh, respectivamente. Para o material ensaiado obteve-se rendimento de 9,69% (malha 8), 8,27% (malha 10), 2,90% (malha 12) e 16,57% (malha 20).

Tabela 4- Distribuição granulométrica da areia testada.

Peneiras	Abertura (mm)		Massa retida (g)	Rendimento %
	Superior	Inferior		
¼"	-	≥ 6,00	233,7	1,95
4	6,00	4,76	298,8	2,49
8	4,76	2,38	1.162,4	9,69
10	2,38	2,00	992,9	8,27
12	2,00	1,68	347,4	2,90
20	1,68	0,85	1.988,5	16,57
40	0,85	0,425	1.800	15,00
60	0,425	0,250	1.625	13,54
80	0,250	0,180	1.560	13,00
100	0,180	0,150	1.253	10,44
200	0,150	0,075	644,3	5,37
Fundo	< 0,075	-	94	0,78
TOTAL			1.2000	100

Na areia comercial verificou-se um baixo teor de partículas na faixa de 1,68-2,00 mm (2,90%). As alternativas para obtenção de mais material nessa granulométrica seria aquisição de mais areia bruta e/ou então a moagem das partículas retidas nas malhas de ¼", 4, 8 e 10 mesh. O produto final do peneiramento é apresentado na Figura 40.

Acredita-se que a utilização de peneiras nas malhas 14, 16 e 18 mesh, proporcionaram maior uniformização e/ou maior fracionamento das partículas entre as malhas 12 e 20 mesh, o que geraria a obtenção de partículas de diâmetros de 1,40-1,67 mm (malha 14), 1,18-1,39 mm (malha 16) e 1,00-1,18 mm (malha 18).

As medidas do tamanho real das partículas ensaiadas mensuradas com paquímetro digital estão dispostas na Tabela 5.



Figura 40- Aspecto geral das frações peneiradas.

Na peneira 4 foram observada partículas com dimensões máxima e mínima real (4,37-6,66 mm) fora do padrão da malha que é 4,76-6,29 mm (estimado). Das partículas medidas apenas 30% estavam dentro da faixa granulométrica estimada.

Para o material retido na peneira 12, verificou-se que a dimensão real mínima (1,24 mm) e a média real (1,60 mm) estavam fora do padrão estimado (1,68-1,99 mm). Entretanto, 70% das partículas mensuradas estavam na faixa granulométrica estimada.

Tabela 5- Tamanho real das partículas utilizadas nos testes de penetração.

Peneiras	Tamanho das partículas (mm)			
	Estimado*	Real**		
		Max.	Min.	Média
1/4"	> 6,30	8,99	6,46	7,65 (0,81)
4	4,76-6,29	6,66	4,37	5,85 (0,57)
8	2,38-4,75	3,03	2,4	2,72 (0,24)
10	2,00-2,37	2,36	2,01	2,23 (0,11)
12	1,68-1,99	1,84	1,24	1,60 (0,22)
20	0,85-1,67	1,21	0,72	1,01 (0,11)

*Dimensões das partículas retidas nas peneiras ** Mensuração com paquímetro digital. Número em parênteses é o desvio padrão das médias (N=10).

As dimensões máximas (1,21 mm) e mínimas (0,72 mm) real estão fora da faixa padrão estimada (0,85-1,67 mm). A proporção das partículas está distribuída em 1/10 para medida máxima, 2/10 para a mínima e 7/10 para a média real que está dentro dos limites estimados para as peneiras padrão. Acredita-se que uma proporção > 50% de partículas de diâmetro de 0,72 mm poderiam comprometer a barreira formada com partículas retidas na peneira 20. Se caso isso ocorresse, a verdadeira faixa granulométrica seria de 0,425-0,84 mm, portanto sendo retida e classificada na peneira de 40 mesh. Vale ressaltar que partículas contidas nesta faixa são facilmente penetráveis como foi verificado nos ensaios preliminares.

5.5 Relação partículas *versus* interstícios em barreiras de areia

O conhecimento acerca do tipo de material e as dimensões das partículas são fundamentais nos estudos de barreiras físicas. O material ensaiado neste estudo foi areia de construção civil, material composto por minerais da classe dos silicatos sendo o quartzo (SiO_2) o mineral principal (80%) e com dureza 7 na escala de Mohs (LEINZ; CAMPOS, 1979). Acredita-se que areias de quartzo são de difícil/impossível fragmentação por cupins, portanto, com característica peculiar para utilização como barreiras. Outro fato importante é a fácil disponibilidade e o baixo custo deste material.

Quanto à faixa granulométrica das partículas de areia e sua eficiência em testes de penetração, são parâmetros associados aos tamanhos dos cupins operários (cabeça/mandíbula) e ainda as dimensões dos interstícios (vazios) existentes entre as partículas.

O tipo de disposição das partículas nas camadas de areia pode apresentar diferentes formas/tamanhos de vazios. Em camadas menos compactas existem vazios de maior dimensão e por conseguinte maiores chances de serem penetradas. Ao contrário destas, as

barreiras mais compactas apresentam espaços vazios menores e são teoricamente mais resistentes. Supondo que as partículas de areia sejam perfeitamente esféricas, dois esquemas de disposição são apresentados na Figura 41.

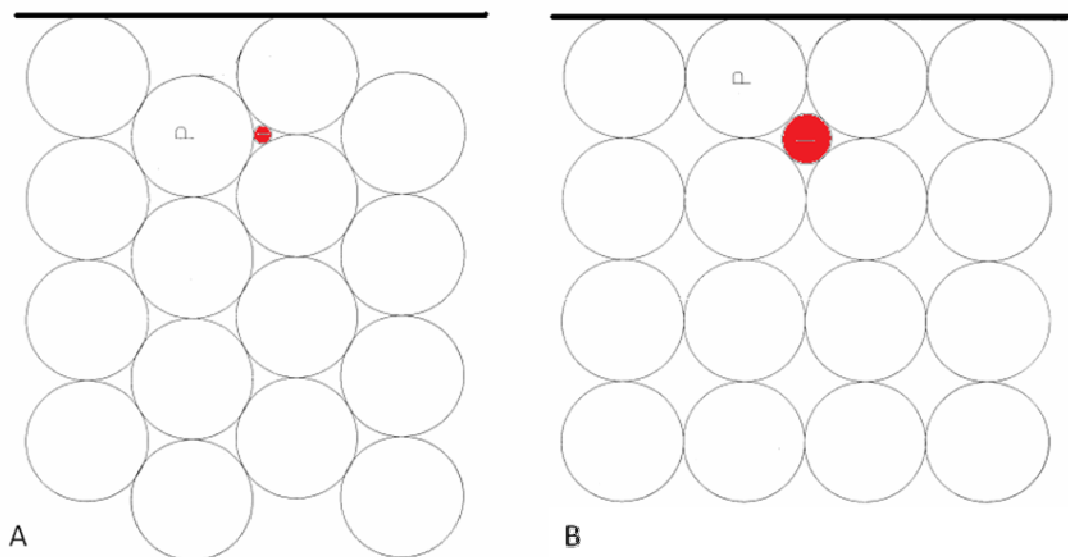


Figura 41- Esquema da disposição das partículas: A- camada compactada; B- camada não compactada.

Fonte: Myles (1994) adaptada.

Baseados na distribuição das partículas, formulou-se a hipótese quanto ao tamanho dos vazios. Foi montado um esquema do empacotamento das esferas/partículas numa escala 1:100, no programa AutoCAD (Figura 42), para possibilitar a medição dos interstícios formados pelo alojamento das partículas. Com os resultados destas medições para cada tamanho específico da areia, produziu-se uma regressão simples (Figura 43). A barreira de areia que sofre compactação teve a equação $Y = 0,171X - 0,006$ e para barreira sem compactação $Y = 0,410X - 0,009$. Em que: X = diâmetro da partícula em milímetro (mm) e Y = o diâmetro do vazio (mm).

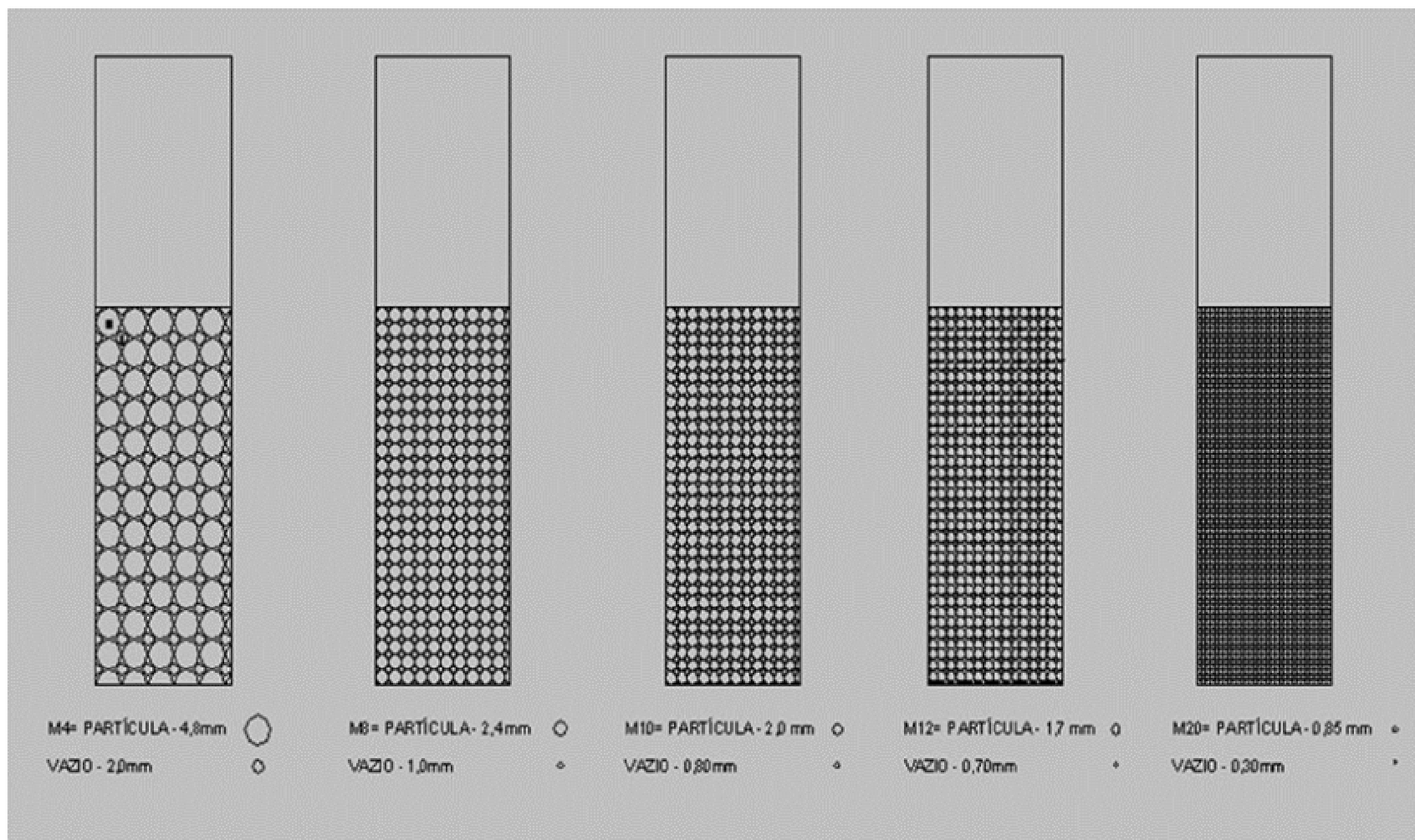


Figura 42—Esquema do empacotamento das partículas de areia nos tubos-teste com objetivo de estimar os espaços vazios.

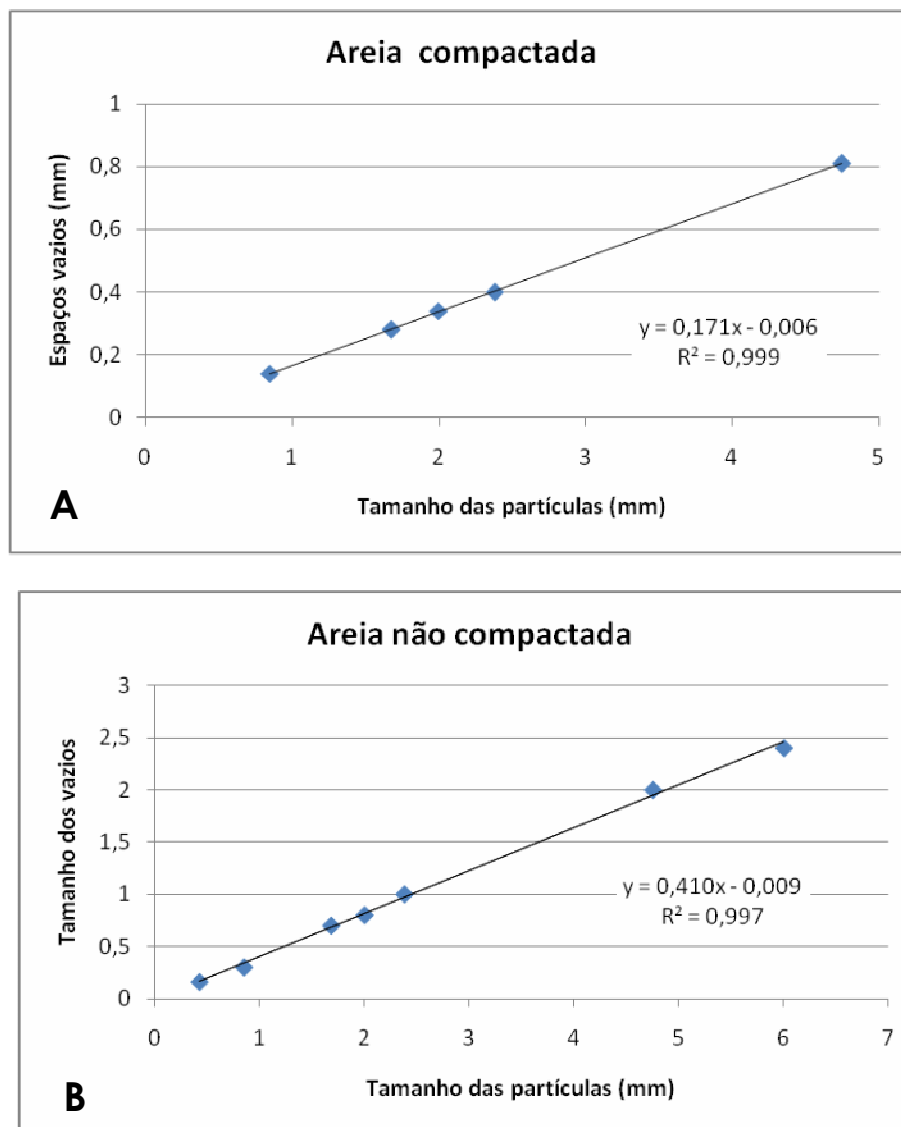


Figura 43- Curva padrão da disposição das partículas em camadas de areia: A- areia compactada; B- areia sem compactação.

Myles (1994) desenvolveu um teorema matemático para estimar o teor de finos em misturas de partículas com dimensões diferentes, adotando o esquema da Figura 41 para correlacionar a disposição das partículas. Para camadas compactas, o espaço vazio formado exibiu a forma geométrica de um dodecaedro rômico e em camada sem compactação um cubo regular (Figura 44). Neste estudo a elaboração do esquema de montagem das partículas para ambas as disposições (com e sem compactação) foi de uma esfera.

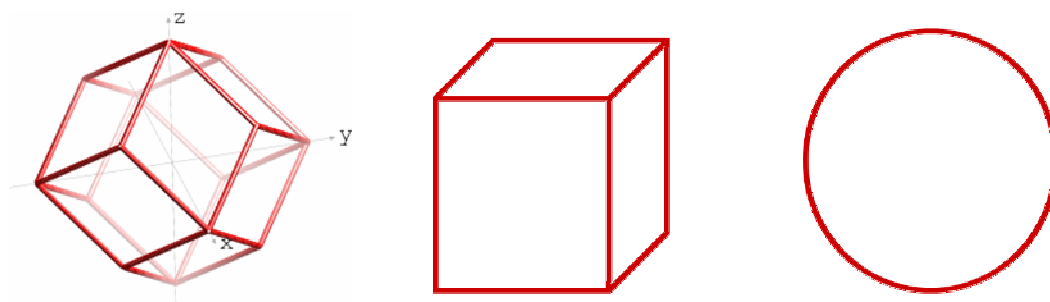


Figura 44- Formas geométricas utilizadas para representação dos interstícios em barreiras de areia.

Na prática, a compactação das partículas nos tubos-teste e béqueres-teste foi realizada por intermédio da água, quando na umidificação da camada. Entretanto, para não subestimar esse efeito preferiu-se adotar a disposição não compactada.

Estudos com barreiras de agregados de granito na Austrália na faixa granulométrica de 1,70-2,40 mm mostraram eficiência aos cupins *Coptotermes acinaciformis*, *C. frenchi*, *C. lacteus*, *Nasutitermes exitiosus* e *Mastotermes darwiniensis* (FRENCH, dados não publicados). Neste estudo a eficiência da barreira foi associada à largura da cabeça destes cupins em relação ao tamanho dos vazios, que eram menores que a largura da cabeça. Com isso foi extrapolado a eficiência da barreira para os cupins *C. michaelsoni*, *C. raffrayi*, *Schedorhinotermes intermedius intermedius* e *S. reticulatus*, que apresentavam larguras da cabeça superior a dimensão dos vazios.

French et al. (2003) sugere uma relação direta entre o tamanho dos cupins, as dimensões das partículas e os vazios formados entre elas. Na Tabela 6, é apresentada essas variáveis para a casta de operário do cupim australiano *Nasutitermes exitiosus* e a espécie utilizada nos Biotestes *Nasutitermes* sp.11.

Tabela 6- Relação da largura da cabeça dos cupins operários com as dimensões da partícula/vazio em barreiras de areia.

Espécie	Largura da cabeça (L_c) mm	**Tamanho do interstício (i) mm	Tamanho da partícula (p) mm	Classificação da barreira
<i>Nasutitermes exitiosus</i> *	1,38	0,688 0,975	1,70 2,40	BI
<i>Nasutitermes</i> sp.11	1,10	0,680 2,247	1,68 4,75	BI

* French (dados não publicados) **Calculado pela equação da barreira sem compactação ($Y = 0,410X - 0,009$), BI = Barreira impenetrável.

Ao analisar as informações da Tabela 6, verificou-se que a largura da cabeça (L_c) de *Nasutitermes exitiosus* é bem maior que o valor máximo estimado para o vazio entre as partículas (0,975mm), portanto essa barreira é considerada impenetrável. Esta observação pode ser escrita em forma de sentença, $L_c > i_{max} = \mathbf{BI}$. Esta sentença não é favorável para as informações de *Nasutitermes* sp.11. Acredita-se que a eficiência da barreira analisada para a morfo-espécie 11, está associada ao tamanho e/ou peso das partículas, e a sentença mais favorável seria $p > AM_{Max} = \mathbf{BI}$, onde AM é abertura máxima da mandíbula, sendo considerado 1,00 mm o tamanho máximo para se remover/agarrar uma partícula (EBELING; PENCE, 1957). O limite máximo para aceitação dessa sentença seria $p_{max} = 4,75$ mm, pois acima desse diâmetro as chances de trânsito do cupim na camada podem ser potencializadas.

A dimensão real dos interstícios (vazios), depende de algumas variáveis que precisam ser melhor trabalhadas, entre elas a forma do empacotamento e maior abrangência da variação das dimensões das partículas (mínimo e máximo). A hipótese da dimensão dos vazios sugerida aqui, utilizando uma regressão linear, tem caráter estimativo, com intuito de auxiliar na escolha apropriada da faixa granulométrica em barreira de areia em função do tamanho do cupim.

6. CONCLUSÃO

Neste estudo, utilizando cupins *Nasutitermes* sp. verificou-se que as barreiras compostas por partículas de areia de 1,68 a 4,75 mm de diâmetro não foram “quebradas” sendo classificadas como impenetráveis.

As partículas de areia $< 0,85$ mm de diâmetro não oferecem resistência física a este cupim, visto que são facilmente penetráveis e ainda são utilizadas como matéria-prima para construção de túneis/galerias.

No ensaio granulométrico da areia utilizada neste estudo detectou-se maior teor de partículas finas ($< 0,85$ mm), sendo que apenas 20% do retido obtido no peneiramento continham partículas na faixa granulométrica efetiva contra *Nasutitermes* sp.

A sobrevivência destes isópteros nos bioensaios de laboratório foi maior no substrato controle. Quanto à sobrevivência por casta, os soldados mostraram-se mais resistentes que os operários.

As equações desenvolvidas a partir das dimensões dos interstícios nas barreiras de areia, de acordo com a distribuição das partículas, com e sem compactação mostram que é possível estimar a dimensão dos vazios para dimensões específicas da partícula e estabelecer parâmetros quanto a penetração ou não da barreira.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, R. L.; SALES-CAMPOS, C.; HANADA, R. E.; VASCONCELLOS, F. J.; FREITAS, J. A. Avaliação de danos por insetos em toras estocadas em indústrias madeireiras de Manaus, Amazonas, Brasil. *Revista Árvore*, 26(6):789-796, 2002.

AHMED, B; FRENCH, J. R. J. Termite physical barriers: current status of retrofitting Granitgard around 'mock up' buildings. IRG, Working Group Ib, Doc. N° IRG/WP//94-10057. 5p, 1994.

ALBUQUERQUE, A. C.; CUNHA, F. M.; OLIVEIRA, M. A. P.; VEIGA, A. F. S. L.; LUNA-ALVES LIMA, E. A. Análise de substratos para testes de sobrevivência com *Nasutitermes coxipoensis* (Holmgren) (ISOPTERA: TERMITIDAE). *Arq. Inst. Biol., São Paulo*, 75(4): 529-532, 2008.

AMARAL, R. D. A. M. *Diagnóstico da ocorrência de cupins xilófagos em árvores urbanas do bairro de Higienópolis, na cidade de São Paulo*. 2002. 71f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo.

APOLINÁRIO, F.E; MARTIUS, C. Ecological role of termites (Insecta, Isoptera) in tree trunks in central Amazonian rain forests. *For. Ecol. Manag.* 194: 23-28, 2004.

ARAB, A.; ISSA, S. Breves observaciones sobre el computamiento de forrajeo de dos especies de termitas (Termitidae: Nasutitermitinae) bajo condiciones de laboratorio. *Bol. Entomol. Venez.* 15(1): 93-95, 2000.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (1994). ASTM D-3345 – Standard method for laboratory evaluation of wood and other cellulosic materials for resistance to termites. *Annual Book of ASTM Standards*, Philadelphia, v. 0410, p. 439-41.

BANDEIRA, A. G. Análise da termitofauna (Insecta, Isoptera) de uma floresta e de uma pastagem na Amazônia Oriental, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Zoologia*, 5:225-241, 1989.

_____. Nota sobre *Coptotermes* (Isoptera: Rhinotermitidae) praga em floresta nativa da Amazônia, Brasil. *Rev. Bras. Ent.* 37(1):189-191, 1993.

_____. Danos causados por cupins na Amazônia brasileira In.: *Cupins: O desafio do conhecimento*, FONTES, L. R.; BERTI FILHO, E. (Eds.). Piracicaba: FEALQ, 1998, p.87-98.

BANDEIRA, A. G.; GOMES, J. I.; LISBOA, P. L .B.; SOUZA, P. C .S. Insetos pragas de madeiras de edificações em Belém - Pará. EMBRAPA-CPATU. *Boletim de Pesquisa*, 101:1-25, 1989.

BANDEIRA, A. G.; MIRANDA, C. S.; VASCONCELLOS, A. Danos causados por cupins em João Pessoa, Paraíba - Brasil. In.: *Cupins: O desafio do conhecimento*, FONTES, L. R.; BERTI FILHO, E. (Eds.). Piracicaba: FEALQ, 1998, 75-85.

BARBOSA, A. P.; CAMPOS, C. S. N.; JESUS, M. A.; ABREU, R. L. S. Madeiras Tropicais: Limitações e Potencial de Utilização. In: *Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia: Fatos e Perspectivas*. Manaus, INPA, 1991, p. 251.

BARBOSA, A. P.; NASCIMENTO, C. S.; MORAIS, J. W. Estudos de propriedades antitermíticas de extratos brutos de madeira e casca de espécies florestais da Amazônia Central, Brasil. *Acta Amazonica*, 37(2):213–218, 2007.

BARBOSA, A. P.; PALMEIRA, R. C. F.; NASCIMENTO, C. S.; FEITOZA, D. Leguminosas Florestais da Amazônia Central: Prospecção das classes de compostos presentes na Casca de Espécies Arbóreas. *Revista Fitos*. 1(3): 47-57, 2006.

BECKER, G. Os cupins e a madeira. *Revista da Madeira*, outubro, p.7-14, 1977.

BICALHO, A. C.; MENEZES, E. B.; MENEZES, E. L. A. Cupins: Tripla Marcação e Recaptura. *Biotechnology Ciência & Desenvolvimento*, 2(10): 16-20, 1999.

BOYD, A. M.; NOLLER, B.; WHITE, P.; GILBERT, D.; SMITH, D.; MORTIMER, M.; LANGFORD, P.; MARTINKOVIC, J.; SADLER, R.; HODGE, M.; MOORE, M.; MURRAY, J.; CRISTALDI, C.; ZALUCKI, M.P.; FRANCIS, I.; BROWN, M.; CRUICE, R.; CONNELL, D. *Environmental effects of currently used termiticides under Australian conditions*. University of Queensland Printery. Brisbane, 2002, p.60.

BROWN ROT. Disponível em: <<http://www.pfc.forestry.ca>> acessado em 28/11/2007.

BULTMAN, J.D.; BEAL, R.H.; AMPONG, F.F.K. Natural resistance of tropical African wood to *Coptotermes formosanus* Shiraki. *Forest Products Journal*, 29(6): 46-51, 1979.

BUSTAMANTE, N. C. R. *Preferências alimentares de 5 espécies de cupins Nasutitermes Dudley, 1980 (Termitidae: Isoptera) por 7 espécies de madeiras de várzea na Amazônia Central*. 1993. 151f. Dissertação (Mestrado em Entomologia), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas.

BUSTAMANTE, N. C. R.; MARTIUS, C. Nutritional preferences of wood-feeding termites inhabiting floodplain forest of the Amazon River, Brazil. *Acta Amazonica*, 28(3):301-307, 1998.

CABRERA, R. R.; LELIS, A. T.; BERTI FILHO, E. Ação de Extratos das madeiras de Ipê (*Tabebuia* sp., Bignoniaceae) e de Itaúba (*Melizaurus* sp., Lauraceae) sobre o Cupim-de-Madeira-Seca *Cryptotermes brevis* (Isoptera, Kalotermitidae). *Arq. Inst. Biol.*, 68 (1): 103-106, 2001.

CARDIAS, M. F. C. Durabilidade Natural de Algumas espécies de madeiras brasileiras: uma revisão bibliográfica. *Série Técnica do Centro de Pesquisas de Produtos Florestais – CPPF/INPA*, n.17, 60p, 1985.

CARDIAS, M. F. C.; JESUS, M. A.; FRANKLIN, E. Biodeterioração de Toras “In situ”. *Série Técnica do Centro de Pesquisas de Produtos Florestais – CPPF/INPA*, n.12, 19p, 1985.

CARTER, F. L.; CAMARGO, C. R. R. 1983. Testing antitermitic properties of Brazilian woods and their extracts. *Wood and Fiber Science*, 15(4):350-357, 1983.

CAVALCANTE, M. S. Implantação e desenvolvimento da preservação de madeiras no Brasil. *Pesquisa & Desenvolvimento*, v.14, p 1-57, 1983.

COLLINS, M.S. Water relations in termites. In: *Biology of termites*. KRISHNA, K.; WEESNER, F.M. (Eds.) Vol. 1. Academic Press, New York. 1970. p.433-458.

CONSTANTINO, R. Chave ilustrada para identificação dos gêneros de cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 40(25):387- 448, 1999.

_____. The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. *J. Appl. Ent.*, 126:355-365, 2002.

COSTA, P. M. Breve história da evolução dos mercados de carbono. *Silvicultura*, ano XIX, 75: 24-33, 1998.

COSTA-LEONARDO, A. M. *Cupins-Praga: morfologia, biologia e controle*. Rio Claro: DIVISA, 2002, 128 p.

CRUZ, F. R. A.; VIANEZ, B. F.; ABREU, R. L. S. Aspectos construtivos de podem reduzir os ataques de cupins subterrâneos em estruturas de madeira. In: *Anais da XVI Jornada de Iniciação Científica PIBIC/CNPq/FAPEAM/INPA*. As mudanças climáticas e o futuro da Amazônia - Resumos expandidos, INPA. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2007, p. 453-454.

CSIRO, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation. *Termite barrier system*. Disponível em: <<http://www.ffp.csiro.au/publicat>> acessado em 08/10/2007.

CUPINS. Disponível em: <<http://www.cupinseto.com.br>> acessado em 08/10/2008.

CUPINS EM HABITAÇÕES. Disponível em <http://www.geocities.com/lagopaiva/index_in.htm> acessado em 28/11/2007.

CUPINS PRAGA. Disponível em <<http://www.matak.com.br>> acessado em 28/11/2007.

DÉON, G. Proteção das peças antes da aplicação. In.: *Manual de Preservação das Madeiras em Clima Tropical*. ITTO. Série técnica, v. 3, n. 3, 1989. p. 27-41.

EBELING, W.; FORBES, C. F. Sand Barriers for subterranean termite control. *IPM Practitioner* 10(5):1-6, 1988.

EBELING, W.; PENCE, R. J. Relation of particle size to the penetration of subterranean termites through barriers of sand or cinder. *J. Econ. Entomol.* 50 (5): 690-692, 1957.

EDWARDS, R.; MILL, A. E. *Termites in buildings: Their biology and control*. Felcourt: Rentokil Ltda, 1986. 231p.

- ELEOTÉRIO, E. S. R. *Levantamento e identificação de cupins (INSECTA:ISOPTERA) em área urbana de Piracicaba, SP*. 2000. 101f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo.
- ENSAF, A.; BETSCH, J-M.; GARROUSTE, R. E.; NEL, A. New data on *Nasutitermes* from French Guiana (Isoptera: Termitidae: Nasutitermitinae). *Ann. Soc. entomol. Fr.* 39 (3): 239-245, 2003.
- EVANS, T. A. The influence of soil heterogeneity on exploratory tunnelling by the subterranean termite *Coptotermes frenchi* (Isoptera: Rhinotermitidae). *Bulletin of Entomological Research* 93: 413–423, 2003.
- FENGEL, D.; WEGENER, G. *Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. New York, Walter de Gruyter, 1984. 613 p.
- FERREIRA, A. B. H. *Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa*. 2 ed. Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 1986, 1838p.
- FERREIRA, P.R. Reflorestamento: Nim – mais uma boa opção. *Rev. AgroAmazônia*, 4: 13-20, 2002.
- FONTES, L. R. Cupins em áreas urbanas. In: *Alguns Aspectos Atuais da Biologia e Controle de Cupins*. BERTI FILHO, E.; FONTES, L. R. (Eds.). Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 57-76.
- FORTI, L. C.; ANDRADE, M. L. de. Populações de cupins. In: *Alguns Aspectos Atuais da Biologia e Controle de Cupins*. BERTI FILHO, E.; FONTES, L. R. (Eds.). Piracicaba: FEALQ, 1995. p.29-52.
- FRENCH, J.R.J. How Do We Advise the Pest Control Industry in the Post-Organochlorine Era? In: *Proceedings of the symposium on current research on wood-destroying organisms and future prospects for protecting wood in use*. HAVERTY, M. I.; WILCOX, W. W. (eds.). Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Oregon, 1989. p. 58-62.
- FRENCH, J. R. J. Physical barriers and bait toxicants: the Romeo and Juliet of future termite control. IRG, Working Group Ib, Doc. N° IRG/WP/1503. 5p, 1991.
- FRENCH, J. R. J.; AHMED, B.; TRAJSTMAN, T. Laboratory and Field Evaluation of Granite Aggregate as a Physical Barrier Against Subterranean Termites of the Genus *Coptotermes* spp. (Isoptera: Rhinotermitidae). *Sociobiology* 41(3): 1-21, 2003.
- GOLD, R. E. *Sized Sand Barrier Study*. Disponível em <http://www.5star-termite.com/sand_gold> acessado em 05/10/2007.
- GOLD, R. E. *Wood Biodeterioration*. Disponível em: <<http://recenter.tamu.edu/speeches/land06gold.pdf>> acessado em 08/11/2008.
- GRASSÉ, P-P. *Termitologia*. Paris: Masson, 1986. v. 3.

GRIMALDI, D. Evolution of the insects. Cambridge, Cambridge University Press, 2005, 755p.

HARRIS, W. V. *Termites: their recognition and control*. England: Longman Group Ltda., 2 ed., 1971. 186p.

HADLINGTON, P.W. *Australian termites and other common timber pests*. Sydney, University of New South Wales Press, 1996. 125p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Brasileiro 2008*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2008>> acessado em 02/02/2009.

INPA/CPPF. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia /Centro de Pesquisas em Produtos Florestais. *Catálogo de Madeiras da Amazônia Características Tecnológicas: Área da Hidrelétrica de Balbina*. Manaus, INPA, 1991.163 p.

ISSA, S. Algunas observaciones sobre el comportamiento de soldados de dos espécies de *Nasutitermes* (Termitidae: Nasutitermitinae). *Bol. Entomol. Venez.* 10(1): 119, 1995.

ISSA, S. *Termitas Urbanas*. Plagas Agrícolas de Venezuela – Sociedade Venezolana de Entomología. Disponível em: <<http://atta.labb.usb.ve>> acessado em 28/9/2007.

JANKOWSKY, I. P.; BARILLARI, C. T.; FREITAS, V. P. Tratamento preservativo da Madeira de *Pinus*. *Revista da Madeira*, 12 (68): 85-89, 2002.

JESUS, M. A.; MORAIS, J. W.; ABREU, R. L. S.; CARDIAS, M. F. C. Durabilidade de 46 Espécies de madeiras Amazônica em contato com o solo em Ambiente florestal. *Scientia Forestalis*, 54:81-92, 1998.

KOCH, P. Wood versus nonwood materials in U.S. residential construction: some energy - related global implications. *Forest Products Journal*, 42(5): 31- 42, 1992.

KOLLMANN, F.F.P.; KUENZI, E.W.; STAMM, A.J. *Principles of wood science and technology*. Volume II - Wood Based Materials. New York: Springer Verlag, 1975. 703p.

KRISHNA, K. Taxonomy, phylogeny and distribution of termites. In: *Biology of termites*. KRISHNA, K.; WEESNER, F.M. (Eds.) Vol. 2. Academic Press, New York. 1970. p.127-152.

LELIS, A. T. Termite problem in São Paulo City - Brazil. Resumo no *XII International Congress of IUSSI*. Paris, França. 1994.

_____. *Manual de biodeterioração de madeiras em edificações*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), São Paulo, 2001, 54p.

LEINZ, V.; CAMPOS, J. E. S. Guia para determinação de minerais. Editora Nacional, São Paulo, 8 ed. 1979, 150p.

LENZ, M.; SCHAFER, B.; RUNKO, S.; GLOSSOP, L. The concrete slab as part of termite Barrier System: Response of Australian Subterranean termites to cracks of different width in concrete. *Sociobiology*, 30 (1): 103–118, 1997.

LEPAGE, E. S. *Manual de Preservação de Madeiras*. V. 2, São Paulo. IPT, 1986. 708 p.

LEWIS, V. R.; HAVERTY, M. I.; CARVER, D.S.; FOUCHE, C. Field comparison of sand or insecticide barriers for control of *Reticulitermes* spp. (Isoptera: Rhinotermitidae) infestation in homes in northern California. *Sociobiology* 28, 327-335, 1996.

LÓPEZ, A. R.; AZEVEDO, C. A. P.; BARBOSA NETO, E. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro cominuído como agregado fino. *Cerâmica*, 51: 318-324, 2005.

MARICONI, F. A. M.; FONTES L. R.; ARAÚJO, R. L. Os cupins. In: *Insetos e outros invasores de residência*. MARICONI, F. A. M.; FONTES L. R.; ARAÚJO, R. L. (Eds.). V.6. Piracicaba: FEALQ, 1999, p.35-90.

MEDEIROS, Metabolismo da celulose em Isoptera. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*. 33(2): 76-81, 2004.

MILANO, S. Diagnóstico e controle de cupins em área urbana. In.: *Cupins: O desafio do conhecimento*, FONTES, L. R.; BERTI FILHO, E. (Eds.). Piracicaba: FEALQ, 1998, p.45-74.

MILL, A. E. Termites as structural pest in Amazônia, Brazil. *Sociobiology*, 19(2): 339-348, 1991.

MORESCHI, J. C. *Propriedades Tecnológicas da Madeira* (Apostila). Dep. de Eng. e Tecnologia Florestal – UFPR, Curitiba, 2005, 168p.

MURADIAN, R.; ISSA, S.; JAFFÉ, K. Energy consumption of termites colonies of *Nasutitermes ephratae* (Isoptera: Termitidae). *Physiology & Behavior*, 66(5): 731-735, 1998.

MYLES, T. G. *Preventing termite penetration of foundation cracks*. Termite Tips N. 8, Newsletter of the Urban Entomology Program, Faculty of Forestry, University of Toronto, 2pp. 1992.

_____. *Development of the sand barrier method of excluding termite*. Canada Mortgage & Housing Corporation, Ottawa. (CNHC CR File 6585-M094), 57pp. 1994.

_____. Penetrability of Some Ontario Construction Aggregates by the Eastern Subterranean Termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *Sociobiology*. 30(3): 277-288, 1997a.

_____. Comparison of the penetrability of smooth and crushed sand by subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). *Sociobiology*, 30 (3):295-303, 1997b.

NASCIMENTO, C. S. *Avaliação de Propriedades Termicidas de Extrativos de Madeira Amazônicas quanto ao ataque de Nasutitermes sp. (ISOPTERA, TERMITIDAE)*. 2000. 41f. Monografia (Curso de Tecnologia em Indústria da Madeira). Instituto de Tecnologia da Amazônia, Manaus, Amazonas.

NASUTITERME. Disponível em: <<http://www.flickr.com/photos/Nasutiterme>> acessado em 08/10/2008.

NASUTITERMITINAE. Disponível em: <[http://www.naturalsciences.be/cb/ants/isoptera/term itidae/ nasutitermitinae](http://www.naturalsciences.be/cb/ants/isoptera/term%20itidae/nasutitermitinae)> cessado em 21/02/2008.

NOIROT, C. From wood- to humus-feeding: an important trend in termite evolution. In *Biology and evolution of social insects* (J. Billen, Ed.). University of Leuven Press, Leuven, 1992. p.107-119.

NOIROT, C. The nests of termites. In: *Biology of Termites*, Krishna, K.; Weesner, F. M. (eds.), Vol. 2. New York and London: Academic Press, 1970, p.73-125.

NOLLER, B.; GILBERT, D.; SADLER, R.; TRUSS, R. ; ZALUCKI, M.; CONNELL, D. Urban Australian cities under termite attack. In: *State of Australian Cities Conference*, University Brisbane; Griffth, 2005, 55p.

OLIVEIRA, A. M. F.; LELIS, A. T.; LEPAGE, E.; CARBALLERA LOPEZ, G. A.; SAMPAIO OLIVEIRA, L. C.; CAÑEDO, M. D.; MILANO, S. Agentes destruidores da madeira, In. *Manual de preservação de madeiras*, LEPAGE, E. S. (Coord.), v1. São Paulo: IPT. I, 1986. p.99-278.

PAES, J. B.; MORAIS, V. M.; SOBRINHO, D. W. F.; BAKKE, O. A. Resistência Natural de Nove Madeiras do Semi-Árido Brasileiro a Cupins Subterrâneos, em Ensaio de Laboratório. *Cerne*, 9(1): 37-49, 2003.

PAES, J. B.; SOBRINHO, D. W. F.; SOUSA, N. M. N.; ANDRADE, I. S. Resistência natural de seis madeiras de ocorrência na região Amazônica a cupins subterrâneos em ensaios de alimentação forçada. *VIII –EBRAMEM*, Uberlândia, 2002, P.45-51.

PIERROT, L. M. *Termitofauna Arborícola de Manaus – AM e Avaliação do Potencial Inseticida de duas espécies de Leguminosas em Cryptotermes brevis (Walker, 1853) (Isoptera: Kalotermitidae)*. 2007. 60f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.

REINHARD, J.; KAIB, M. Food exploitation in termites: indication for a general feeding-stimulating signal in labial gland secretion of Isoptera. *J. Chemo. Ecol.* 27(1):189-201, 2001.

RICHARDSON, B. A. *Wood Preservation*. 2d. London: E & F Spon, 1993. 226p.

ROBINSON, W. H. *Urban entomology: Insect and mite pests in the human environment*. 1 ed. London: Chapman & Hall, 1996, 430p.

ROMAGNANO, L. F. T. di; NAHUZ, M. A. R. Controle de cupins subterrâneos em ambientes construídos. *Téchne* 114: 48-53, 2006.

SAND BARRIER. Disponível em: <<http://www.bioprospect.com>> acessado em 28/9/2007.

SANTOS, C. A. *A glândula frontal e musculatura associada: morfologia e aplicação como indicador taxonômico de gêneros neotrópicos de Nasutitermitinae (Isoptera, Termitidae)*.

2004. 106f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), Instituto de Biociências/ Universidade Estadual Paulista “Julio Mesquita Filho”. Rio Claro, São Paulo.

SILVA, A. C.; SILVA, M. B. C. *Influência da Anatomia e Química nas Propriedades da Madeira*, Manaus, Publicação Avulsa CEPEF/UTAM, 1991, 17 p.

SILVA, J. C. Madeira preservada – Os impactos ambientais. *Revista da Madeira* 17 (100): 84-92, 2006.

SILVA, P. H. M. Tratamentos prolongam uso da madeira. *Revista da Madeira* 17 (100): 78-80, 2006.

SILVA, V. S. G. *Comportamento do Forrageamento de Nasutitermes corniger (Isoptera: Termitidae) e sua Ocorrência em Áreas Urbanas*. 2008. 120f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro.

SPEAR, P. J. Principais of termite control. In: *Biology of termites*, KRISHNA, K.; WEESNER, M. (Eds.). New York: Academic Press, 1970, v.2, cap.13, p. 577-604.

SU, N.-Y. Termites of the United States and their control. *SP. World*, 17: 12-21, 1991.

SU, N.-Y.; SCHEFFRAHN, R. H. Penetration of sized-particle barriers by field populations of subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). *J. Econ. Entomol.* 85(6): 2275-8, 1992.

SU, N.-Y.; SCHEFFRAHN, R. H. A review of subterranean termite control practices and prospects for integrated pest management programmes. *Integrated Pest Management Reviews* 3: 1-13, 1998.

SU, N.-Y.; SCHEFFRAHN, R. H.; BAN, P. M. Uniform size particle barrier: a physical exclusion device against subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). *J. Econ. Entomol.* 84(3): 912-916. 1991

SUPRIANA, N. Notes on the resistance of tropical woods against termites. *IRG, Working Group Ib*, Doc. N° IRG/WP/1249, 9 p, 1985.

SYSTAT: *The system for statistics*. Systat INC. Illinois, USA (Versão Demo).

TAMASHIRO, M. *Basaltic Termite Barrier - BTB*. Disponível em: <<http://www.2.hawaii.edu>> acessado em 28/12/2007.

TAMASHIRO M., YATES, J. R., YAMAMOTO, R. T. EBESU, R. H. Tunneling behaviour of the Formosan subterranean termite and basalt barriers. *Sociobiology*. 19:163-170, 1991.

TAMASHIRO, M., YATES, J.R.; EBESU, R.H. The Formosan subterranean termite in Hawaii: problem and control. In: *Biology and control of the Formosan subterranean termite*. TAMASHIRO, M.; SU, N.-Y. (eds), College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii. Honolulu, 1987. p. 16-20.

THORNE, B. L.; HAVERTY, M. I. Nest growth and survivorship in three species of neotropical *Nasutitermes* (Isoptera: Termitidae). *Environ. Entomol.* 29(2): 256-264, 2000.

TRANIELLO, J. F. A. Enemy deterrence in the recruitment strategy of a termite. Soldier organized foraging in *Nasutitermes costalis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 78: 1976-1979, 1981.

UNEP/FAO. *Termite Biology and Management Workshop*. Report of the UNEP/FAO/Global IPM Facility. Geneva, UNEP/FAO, 2000. 69p.

VASCONCELLOS, A. *Estrutura e dinâmica de ninhos policálicos de uma espécie de Nasutitermes (Isoptera: Termitidae) em Mata Atlântica e no meio urbano de João Pessoa, Paraíba, Brasil*. 1999. 84f. Dissertação (Mestrado em Entomologia), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba.

VASCONCELLOS, A.; BANDEIRA, A. G. Populational and reproductive status of a polycalic colony of *Nasutitermes corniger* (Isoptera, Termitidae) in the urban area of João Pessoa, NE Brazil. *Sociobiology*, 47:165-174, 2006.

VASCONCELLOS, A.; MELO, A. C. S.; SEGUNDO, E. M. V.; BANDEIRA, A. G. Cupins de duas florestas de restinga do nordeste brasileiro. *Iheringia - Série Zoologia*, Porto Alegre, 95:127-131, 2005.

VIANEZ, B. F.; ABREU, R. L. S.; SALES-CAMPOS, C.; CRUZ, F. R. A. The use of sand barriers to prevent subterranean termite attack on wood structures. In: 3rd ECOWOOD. CALDEIRA, J. C. (ed.). Fernando Pessoa University, Oporto, 2008. p. 131-138.

VIERA, P. C.; FERNANDES, J. B.; ANDREI, C. C. Plantas Inseticidas. In: *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. (eds.). 5^a Edição, Editora Universidade/UFRGS, Porto Alegre, 2003. p. 959.

WHITE ROT. Disponível em: <<http://commons.wikimedia.org>> acessado em 28/9/2007.

WOOD ANATOMY. Disponível em: <<http://www.organicjewelry.com/woodanatomy.html>> acessado em 11/9/2007.

WOOD. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Wood>> acessado em 08/10/2008.

XAVIER, L. M. *Caracterização química, física e mecânica do Phyllostachys aurea e sua resistência ao ataque de térmitas, preservado com ácido bórico e tanino condensável*. 2004. 54f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/ Instituto de Florestas. Seropédica, Rio de Janeiro.

YATES, J.R. III; GRACE, J.K.; REINHARDT, J. N. Installation guidelines for the Basaltic Termite Barrier: a particle barrier to Formosan subterranean termites. *Sociobiology* 35(1): 1-16, 2000.

YATES, J.R. III; GRACE, J.K.; REINHARDT, J. N. Installation guidelines for the Basaltic Termite Barrier: a particle barrier to Formosan subterranean termites (Summary). *Sociobiology* 41(1): 113-114, 2003.

YAZAKI, Y. Termicidal extracts from the wood of *Ganophyllum falcatum* Bl. *Holzforschung*, 36: 249-253, 1982.

ZERBE, J. I. *Wood as a material for conservation of energy*. Forest Products Research Society - International conference, 1992. p.223-224.

ZORZENON, F. J.; POTENZA, M. R. Cupins: pragas em áreas urbanas. *Bol. Técn. Inst. Biol.*, São Paulo, nº 10, 40p., 1998.

Ficha Catalográfica
(Catalogação na fonte realizada pela Biblioteca Central / UFAM)

	Nascimento, Cristiano Souza do
N244e	Estudo do mecanismo da barreira de areia contra <i>Nasutitermes</i> sp. (Isoptera: Termitidae) / Cristiano Souza do Nascimento. - Manaus: UFAM, 2009. 101 f.; il. color. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) — Universidade Federal do Amazonas, 2009. Orientador: Profº. PhD. Basílio Frasco Vianez 1. <i>Nasutitermes</i> 2. Controle de cupins - Barreiras de areia 3. Preservação da madeira I. Vianez, Basílio Frasco II. Universidade Federal do Amazonas III. Título
	CDU 595.732(043.3)