



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

MONITOR – PROJETO PTDC/ECM/099121/2008

Relatório Final

Fundação para a Ciência e a Tecnologia

Lisboa • dezembro de 2014

I&D ESTRUTURAS

RELATÓRIO 434/2014 – DE/NCE

Título

MONITOR – PROJETO PTDC/ECM/099121/2008

Relatório Final

Autoria

DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS

Lina Nunes

Investigadora Auxiliar, Núcleo de Comportamento de Estruturas

Sónia Duarte

Bolseira de Doutoramento, Núcleo de Comportamento de Estruturas

José Saporiti Machado

Investigador Auxiliar, Núcleo de Comportamento de Estruturas

Colaboração

Marta Duarte

Bolseira, Núcleo de Comportamento de Estruturas

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 434/2014

Proc. 0302/111/17389

MONITOR – PROJETO PTDC/ECM/099121/2008

Resumo

Relatório final do projeto PTDC/ECM/099121/2008 – MONITOR – Sustentabilidade de estruturas de madeira por via da monitorização e controlo dos mecanismos de degradação (*Sustainability of timber structures by monitoring and control of degradation mechanisms*) que teve a duração de 42 meses.

Palavras-chave: uso sustentável de estruturas de madeira, térmitas subterrâneas, monitorização, deteção

MONITOR – PROJECT PTDC/ECM/099121

Abstract

Final report of the project PTDC/ECM/099121/2008 MONITOR - Sustainability of timber structures by monitoring and control of degradation mechanisms, which lasted for 42 months.

Keywords: sustainable use of timber structures, subterranean termites, monitoring, detection

Índice

1	Introdução	1
2	Trabalho desenvolvido	2
2.1	Tarefa nº1 – <i>Selection of the case-study and establishment of grid system</i>	2
2.2	Tarefa nº 2 – <i>Establishment of MRR protocol</i>	8
2.3	Tarefa nº 3 – <i>Study of feasibility of multitask sensors for evaluation of conservation threats</i>	11
2.4	Tarefa nº 4 – <i>Choice of potential attractants</i>	13
2.5	Tarefa nº 5 – <i>Evaluation of bait design on bait attack</i>	18
2.6	Tarefa nº 6 – <i>Integration of data and guidelines</i>	23
4	Conclusões.....	27
	Referências Bibliográficas	29
	Anexos	31
	ANEXO I	33
	Ficha de produto - “Labyrinth™ Termite Bait”	35

Índice de figuras

Figura 2. 1 - Valores médios de presença (%) de térmitas nas armadilhas monitorizadas na casa em Alcobaça, entre janeiro de 2012 e agosto de 2013.	5
Figura 2. 2 - Dados meteorológicos (temperatura média e humidade relativa média) na zona de Alcobaça, entre janeiro de 2012 e abril de 2013.	5
Figura 2. 3 - Mapa com esquema de armadilhagem no Museu de Arte Popular, em Lisboa; as armadilhas estão representadas com círculos vermelhos (A a K).	8
Figura 2. 4 - Desenho esquemático representativo do caso de estudo em Alcobaça (a); representação das áreas hipotéticas referentes a possíveis colónias diferentes de <i>R. grassei</i> (b).	9
Figura 2. 5 - a) Vista geral dos equipamentos e acessórios utilizados nos ensaios b) Interior da caixa contendo as sondas e os tubos com térmitas e sem térmitas (testemunho)	11
Figura 2. 6 - Sinal temporal com 250 obreiras, aquisição contínua (linha branca – ensaio testemunho; linha vermelha – ensaio com térmitas)	12
Figura 2. 7 - Espectro de frequências correspondente à Figura 2.6.....	12
Figura 2. 8 - Ensaio de escolha entre extrato aquoso de madeira de pinho degradada por <i>G. trabeum</i> e controlo.	13
Figura 2. 9 - Perda de massa (%) dos papéis de filtro impregnados com extratos de substâncias ou com água destilada (Controlo) submetidos a ensaios de escolha com térmitas obreiras.	14
Figura 2. 10 - Perdas de massa (%) dos papéis de filtro utilizados em ensaios com diferentes atrativos (cinzento escuro) e respetivo controlo (cinzento claro) colocados a duas distâncias diferentes (4 e 8 cm) das térmitas instaladas.....	15
Figura 2. 11 - Perdas de massa (%) dos papéis de filtro e dos provetes associados utilizados em ensaios com o atrativo sacarose, a 8 cm de distância das térmitas instaladas, e o respetivo controlo (extrato de pinho). P-value calculado pela comparação, entre as perdas de massa dos papéis de filtro com sacarose e com extrato de pinho, e das perdas de massa dos provetes associados a estes papéis de filtro impregnados, através do teste estatístico <i>T de Student</i> ($p < 0.05$).	16
Figura 2. 12 - Ensaio de escolha entre dois substratos celulósicos diferentes (neste caso, celulose à esquerda e pinho à direita).	19
Figura 2. 13 - Biplot da RDA, representando as variáveis analisadas: taxa de sobrevivência das térmitas (<i>Termite survival</i>) e perda de massa (<i>Mass loss</i>); e as variáveis explanatórias significativas: pinho (<i>Pine</i>), espruce (<i>Spruce</i>), sem escolha (<i>No-choice</i>), diflubenzurão (<i>Diflubenzuron</i>), ensaios de escolha com diflubenzurão (<i>W_Diflubenzuron</i>) e ensaios de escolha com celulose corada com vermelho neutro (<i>W_NR Cellulose</i>).	20

Índice de quadros

Quadro 2. 1 - Caracterização e monitorização (1=presença de térmitas na armadilha) das armadilhas para térmitas colocadas na casa em Alcobaça, entre janeiro de 2012 e agosto de 2013.	3
Quadro 2. 2 - Tratamento efetuado (peso, em gramas, de Labyrinth™ aplicado) nas armadilhas para térmitas colocadas na casa em Alcobaça, entre agosto de 2012 e agosto de 2013.	4
Quadro 2. 3 - Caracterização e monitorização (1=presença de térmitas na armadilha) das armadilhas para térmitas colocadas no Museu de Arte Popular, entre agosto de 2011 e agosto de 2012.	7
Quadro 2. 4 - Presença de térmitas coradas com vermelho-neutro (P) nas armadilhas para térmitas na casa em Alcobaça, entre janeiro de 2012 e janeiro de 2013.	10
Quadro 2. 5 - Resultados do teste <i>T de Student</i> para os ensaios de escolha efetuados entre papéis de filtro impregnados com extratos aquosos/substâncias e os controlos impregnados com água destilada ($p<0.05$).	14
Quadro 2. 6 - Resultados da análise multivariada com medidas repetidas (ANOVA de medidas repetidas) ($p<0.05$) da comparação das perdas de massa de papéis de filtro com extrato de madeira de pinho degradada por <i>G. trabeum</i> e de extrato de pinho colocados a duas distâncias diferentes (4 e 8 cm) das térmitas instaladas.	17
Quadro 2. 7 - Resultados da análise multivariada com medidas repetidas (ANOVA de medidas repetidas) ($p<0.05$) da comparação das perdas de massa de papéis de filtro com sacarose a 2% e de extrato de madeira de pinho degradada por <i>P. sanguineus</i> a duas distâncias diferentes (4 e 8 cm) das térmitas instaladas.	17
Quadro 2. 8 - Taxa de sobrevivência (%) das térmitas e valores das perdas de massa (%) dos substratos celulósicos nos testes de escolha ou sem escolha.....	20
Quadro 2. 9 - Variáveis significativas da análise de redundância (RDA) efetuada, com os respetivos valores da estatística de F e de P.	21
Quadro 2. 10 - Resultado do teste de T emparelhado efetuado para análises dos testes de escolha entre dois substratos (pinho, espruce, celulose, celulose com corante (NR) e diflubenzurão); valores da estatística de t significativos quando $p<0.05$	22

1 | Introdução

O objetivo deste projeto foi contribuir para uma utilização mais sustentável da madeira em estruturas, com o aumento da durabilidade da madeira em serviço através do desenvolvimento de duas tecnologias de monitorização e/ou controlo do ataque por térmitas. A técnica de controlo de térmitas através do uso de iscos envenenados em armadilhas de solo foi afinada ao tipo de construções existentes e à população de térmitas envolvida no ataque. Para isso, estabeleceu-se um caso de estudo para avaliar a utilização de métodos de armadilhagem sistemático ou dirigido no controlo de térmitas, bem como o estabelecimento das áreas onde as térmitas procuram alimento. Outros métodos para aumentar a eficácia das armadilhas com isco, como a utilização de substâncias ou produtos celulósicos atrativos foram também investigados, nomeadamente a utilização de açúcares ou extratos de madeira atacada por diversas espécies de fungos xilófagos. A técnica de deteção da atividade de térmitas através de emissão acústica foi o segundo objetivo geral, pretendeu-se selecionar os sensores mais indicados para detetar a atividade das térmitas e avaliar a eficácia dos sensores selecionados.

2 | Trabalho desenvolvido

2.1 Tarefa nº 1 - *Selection of the case-study and establishment of grid system*

No início do projeto foram avaliados diversos edifícios para funcionarem como caso de estudo deste projeto. Selecionou-se um edifício de habitação no centro histórico de Alcobaça com ataque comprovado por térmitas subterrâneas.

- Caracterização do caso de estudo 1 – Casa de Habitação em Alcobaça

Na visita de avaliação o edifício foi totalmente inspecionado e foram detetadas as áreas com ataque ativo por térmitas subterrâneas. Como as zonas mais afetadas estavam associadas ao jardim interior, foi aqui que foram montadas as armadilhas de solo, tendo ainda sido instaladas algumas armadilhas de interior em árvores e dentro do edifício. O ataque por térmitas foi identificado em ombreiras de portas do edifício principal, com contacto direto para o jardim (porta de acesso principal e ginásio). Verificou-se que os sinais de ataque se encontravam ao nível do piso térreo e primeiro piso, nas zonas superiores os ataques verificados em estruturas de madeira eram causados por duas espécies de caruncho identificadas como: caruncho grande (*Hyloterpes bajulus* L.) e caruncho pequeno (*Anobium punctatum* De Geer).

O caso de estudo em Alcobaça envolveu a utilização de 35 armadilhas para térmitas, distribuídas de forma sistemática e dirigida, num quintal com cerca de 1920 m² de área. O plano de armadilhagem foi instalado com a colaboração das empresas *Ensystem* e *Lyctus*, Produtos para Madeira Lda., englobando armadilhas exteriores instaladas no jardim da casa, e armadilhas interiores dentro da casa ou nas árvores do jardim. As armadilhas continham diferentes substratos celulósicos para alimentação das térmitas: cartão, bétula, pinho e/ou cortiça. Foi ainda montada mais uma armadilha no interior da casa, num local onde existiam indícios de atividade recente de térmitas, e onde foi verificada atividade de térmitas em junho e julho de 2013. As armadilhas de interior E1, E17, E18 e E19 foram desmontadas por impossibilidade de manutenção segura do dispositivo; a armadilha E22 desapareceu do terreno.

A monitorização das armadilhas foi efetuada mensalmente quanto à presença de térmitas subterrâneas (Quadro 1). Em agosto de 2012 deu-se início ao tratamento com isco envenenado, fornecido pela empresa *Ensystem*: Labyrinth™ tendo como substância ativa o diflubenzurão, que funciona como um inibidor da síntese de quitina (Quadro 2). Foram aplicados, na totalidade, 4220g de Labyrinth™, que correspondem a cerca de 10,6g de diflubenzurão (ver Ficha do produto em Anexo I).

A eficácia dos tratamentos não foi imediata, no entanto, verificou-se uma diminuição gradual do número médio de armadilhas com presença de térmitas *Reticulitermes grassei* (Clément) (Blattodea, Isoptera: Rhinotermitidae) (Figura 1). Apesar disto, na primavera de 2013, os valores médios de presença de térmitas nas armadilhas monitorizadas voltaram a aumentar, o que pode estar

Quadro 2. 2 - Tratamento efetuado (peso, em gramas, de Labyrinth™ aplicado) nas armadilhas para térmitas colocadas na casa em Alcobaça, entre agosto de 2012 e agosto de 2013.

	20-Ago-12	10-Set-12	08-Out-12	08-Nov-12	10-Dez-12	14-Jan-13	11-Fev-13	21-Mar-13	15-Abr-13	15-Mai-13	18-Jun-13	18-Jul-13	19-Ago-13	Total (g)
A1														
A2	100					50				150		150		450
A3														
A4									150			100		250
A5							100			150			100	350
A6														
A7														
A8	100									150				250
A9														
A10														
A11	100	50			50				50	150				400
A12								50			100		100	250
A13											150			150
A14														
A15														
A16														
E2														
E3								100	150				100	350
E4														
E5				50				50	100			100		300
E6									100					100
E7		50								150				200
E8								100			150			250
E9							150					150		300
E10										100		100		200
E11		10		10					100			100		220
E12														
E13														
E14														
E15														
E16														
E20														
E21														
E23														
E24									100			100		200

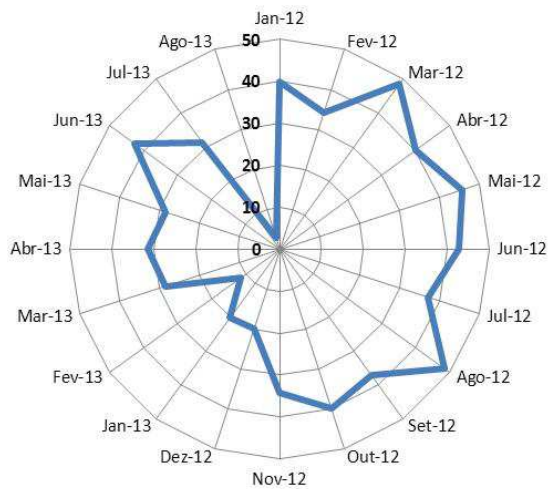


Figura 2. 1 - Valores médios de presença (%) das térmitas nas armadilhas monitorizadas na casa em Alcobaça, entre janeiro de 2012 e agosto de 2013.

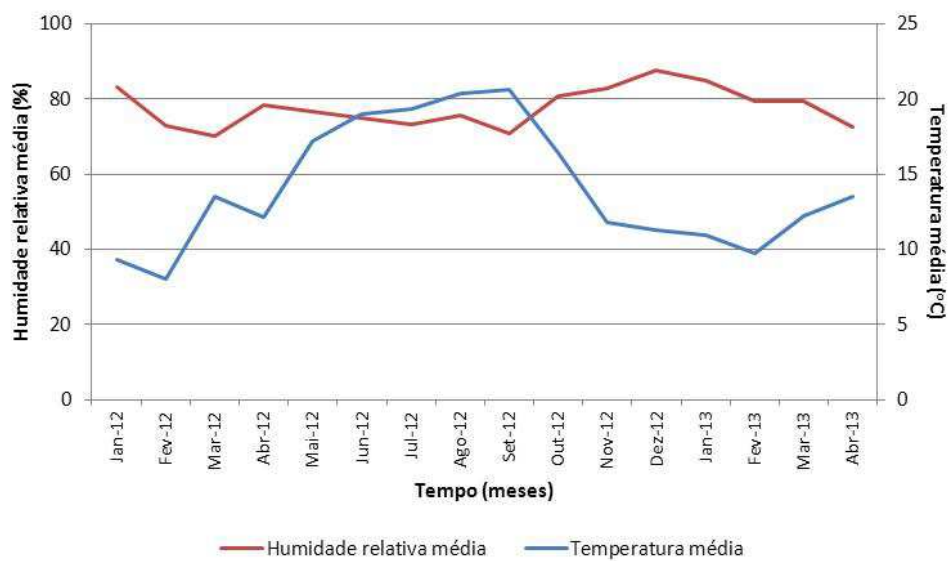


Figura 2. 2 - Dados meteorológicos (temperatura média e humidade relativa média) na zona de Alcobaça, entre janeiro de 2012 e abril de 2013.

Comparando a ocupação das armadilhas por térmitas, antes e depois da aplicação dos tratamentos, na mesma altura do ano, verifica-se que a percentagem de ocupação é menor após a aplicação dos tratamentos. Em ambos os anos de 2012 e 2013 verificou-se um aumento do número de armadilhas com presença de térmitas a partir do mês de fevereiro. O acompanhamento do caso de estudo deverá ser continuado, uma vez que alterações das condições meteorológicas, ou a recolonização das armadilhas, podem potenciar a necessidade da continuação do programa de controlo das térmitas subterrâneas.

No inverno, as térmitas da família Rhinotermitidae parecem preferir o consumo de fontes de alimento mais próximas da termiteira, para se salvaguardarem das condições atmosféricas adversas (Evans e Gleeson 2001). A existência de outras colónias de térmitas instaladas próximo da casa, mas fora do perímetro de tratamento, que podem funcionar como repositórios das populações de térmitas instaladas na área de estudo, também é um fator importante a ter em conta (Vargo 2003).

Idealmente os tratamentos termiticidas devem ser aplicados em áreas mais vastas de modo a evitar a rápida recolonização dos locais que estão a ser tratados, a monitorização contínua das armadilhas, atuando devidamente se forem observadas térmitas nas armadilhas, pode contribuir para a supressão da atividade das colónias de térmitas (Su e Scheffrahn 2002, Vargo 2003).

O sistema de armadilhagem dirigido tem como vantagem a economia de recursos e tempo, pois as armadilhas são apenas colocadas nos locais com ataque por térmitas visível ou locais propícios ao ataque por térmitas. Já o sistema de armadilhagem sistemático, apesar de ser mais dispendioso, poderá permitir detetar novas zonas de infestação por térmitas ao longo do programa de monitorização. Deve-se evitar o uso de diferentes armadilhas ou substratos celulósicos, pois podem influenciar a colonização das armadilhas por parte das térmitas. As armadilhas instaladas devem estar adaptadas ao caso de estudo em questão.

Poderá ser uma abordagem vantajosa utilizar uma mistura de ambos os sistemas de armadilhagem como foi aplicado no caso de estudo deste projeto, colocando maior número de armadilhas nas zonas afetadas por térmitas, não descurando a colocação de algumas armadilhas noutros locais estratégicos (embora sem danos visíveis). Como exemplo, a armadilha A13, na qual se detetaram térmitas apenas em dois meses de monitorização e, devido ao elevado número de térmitas instaladas, constitui uma boa oportunidade de tratamento eficaz.

Previamente à instalação do sistema de armadilhagem deve ser feito um balanço entre os custos de monitorização e tratamento e os riscos de infestação para o edifício, tendo também em conta outros fatores como o tipo de substrato celulósico utilizado e as condições meteorológicas e do terreno. Por exemplo, uma pluviosidade elevada, ou um sistema de rega, na zona onde se pretende instalar o sistema de armadilhagem pode potenciar o fenómeno de degradação dos substratos celulósicos por outros agentes biológicos, implicando a sua substituição e a diminuição dos intervalos de monitorização, o que acarreta maiores custos económicos e pode influenciar a instalação das térmitas na armadilha de forma negativa, uma vez que perturbações continuadas afastam as térmitas do contacto com os substratos celulósicos envenenados ou não.

Devido à evolução da dinâmica populacional das térmitas neste caso de estudo, o acompanhamento será continuado, de forma a possibilitar o acompanhamento da evolução da situação. Alguns autores apontam para uma variação entre vários meses até ao controlo das populações de térmitas subterrâneas através de armadilhas de solo com isco envenenado, dependendo da espécie de térmita entre outros fatores (Su e Scheffrahn 2002).

Mesmo depois da supressão das colónias de térmitas que atacam estruturas de madeira numa dada área, está provado que novas colónias de térmitas, ou mesmo a recuperação das colónias originais,

recolonizam rapidamente essas áreas, pois o nicho fica disponível, sendo aconselhável um programa de monitorização a longo prazo de forma a proteger eficazmente as estruturas de madeira (Vargo 2003, Mullins *et al.* 2011). Após este acompanhamento complementar, os resultados serão divulgados no meio científico.

- Caracterização do caso de estudo 2 - Museu de Arte Popular

Surgiu a oportunidade de estudar outro caso de ataque por térmitas subterrâneas no Museu de Arte Popular (MAP), em Belém, Lisboa, que sofreu obras de restauro e onde foram detetadas térmitas subterrâneas nos pilares com estrutura de madeira. Montaram-se armadilhas de solo de forma sistemática para monitorizar a ação das térmitas. Foram montadas armadilhas com diferentes iscos (Quadro 2.3), num total de 12 armadilhas. As armadilhas foram colocadas à direita e à esquerda dos pilares onde foram detetadas as térmitas, numa zona ajardinada, duas armadilhas foram colocadas fora do MAP (Figura 2.3).

Inicialmente não foram detetadas térmitas nas armadilhas, no entanto, em janeiro de 2012 foram identificadas térmitas em pedaços de madeira (resultantes da obra de restauro) sobre o jardim. Mais tarde, em maio foram detetadas térmitas em três armadilhas (Quadro 2.3).

De modo a tentar identificar o número possível de colónias instaladas nos jardins circundantes ao edifício do MAP, colocou-se papel corado com corante vermelho neutro na armadilha G, em junho de 2012. Em agosto, observaram-se térmitas coradas nas armadilhas G e F. Em setembro, quando se procederia a uma nova monitorização, foi verificado no local que as áreas jardinadas tinham sido objeto de uma ação intensa de jardinagem, que envolveram a destruição total de todas as armadilhas e iscos instalados, provocando o cancelamento abrupto e irreversível das atividades que se desenvolveram naquele espaço no âmbito deste projeto. Não foi montado mais nenhum sistema de armadilhagem naquela área.

Quadro 2. 3 - Caracterização e monitorização (1=presença de térmitas na armadilha) das armadilhas para térmitas colocadas no Museu de Arte Popular, entre agosto de 2011 e agosto de 2012.

	Cartão	Madeira + cartão	Madeira + cortiça	Madeira	Monitorização				
					17-Ago	06-Jan	11-Fev	30-Mai	13-Ago
A	x							1	
B		x							
C			x						
D				x					
E	x								
F		x							
G			x					1	1
H				x					
I	x								
J		x						1	1
K			x						
L				x					

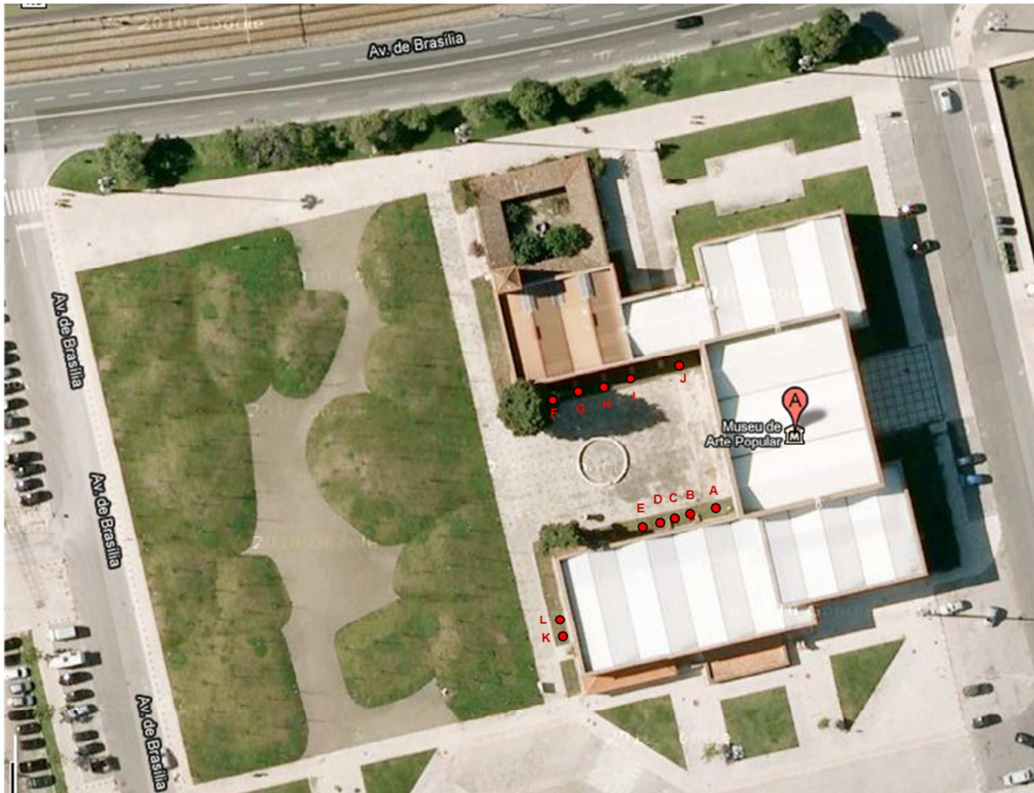


Figura 2.3 - Mapa com esquema de armadilhagem no Museu de Arte Popular, em Lisboa; as armadilhas estão representadas com círculos vermelhos (A a K).

2.2 Tarefa nº 2 - *Establishment of MRR protocol*

Com o objetivo de delimitar o número de colónias presentes na área de estudo, papel de filtro corado com vermelho neutro foi adicionado nas armadilhas A8 e A10, e acompanhou-se o aparecimento de térmitas coradas de vermelho nas armadilhas durante um ano. Na hipótese de existirem três colónias no campo, não se esperaria que as térmitas coradas com vermelho neutro fossem identificadas nas duas zonas restantes da área de estudo (ver delimitação das zonas na Figura 2.3). Térmitas pertencentes a uma mesma colónia podem transferir entre si alimentos e outros fluidos através de trofalaxia, o que não acontece entre térmitas de colónias diferentes. Idealmente a área de estudo foi dividida em três zonas, que hipoteticamente representariam três colónias de térmitas diferentes.

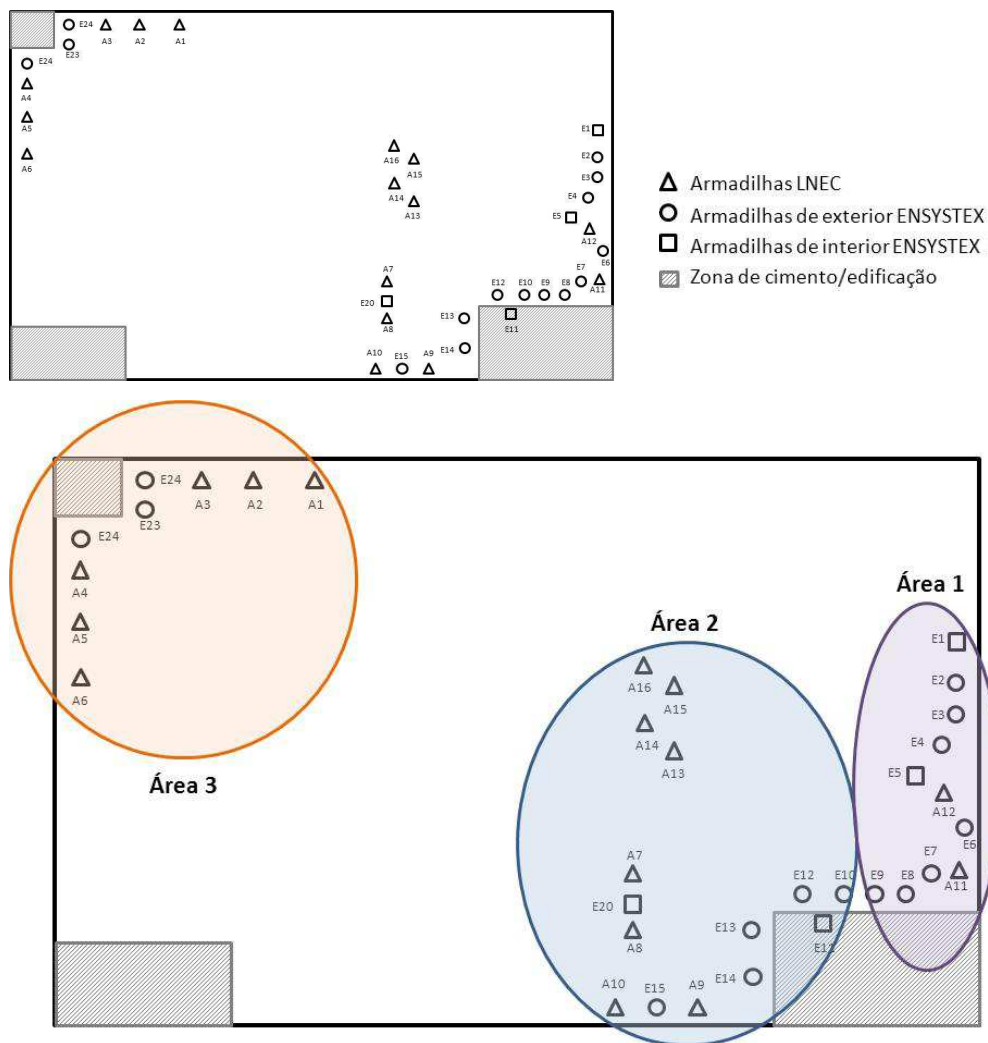


Figura 2. 4 - Desenho esquemático representativo do caso de estudo em Alcobaça (a); representação das áreas hipotéticas referentes a possíveis colónias diferentes de *R. grassei* (b).

A monitorização ao longo do tempo demonstrou que as zonas 1 e 3 (Quadro 2.3) apresentaram térmitas coradas de vermelho regularmente, já na zona 3, apenas foram identificadas térmitas coradas de vermelho em duas armadilhas. Assim, fica em aberto o número de colónias, entre uma ou duas, possivelmente presente na área de estudo, pois apenas com métodos moleculares de identificação genética das colónias seria possível delimitar as colónias existentes (Nobre *et al.* 2008).

No âmbito deste projeto, a despesa inerente a este estudo não estava prevista, mas os dados foram recolhidos e acondicionados devidamente para estudo posterior. Em agosto de 2012 e em julho de 2013, recolheram-se pelo menos 50 obreiras, em conjunto com um número variável de soldados, de todas as armadilhas com presença ativa de térmitas, posteriormente acondicionados em tubos de plástico, em álcool a 96°C.

Quadro 2. 4 - Presença de térmitas coradas com vermelho-neutro (P) nas armadilhas para térmitas na casa em Alcobaça, entre janeiro de 2012 e janeiro de 2013.

	Zona	12-Jan-12	30-Jan-12	05-Mar-12	09-Abr-12	14-Mai-12	18-Jun-12	23-Jul-12	20-Ago-12	10-Set-12	08-Out-12	08-Nov-12	10-Dez-12	14-Jan-13
A1	3													
A2	3								P		P	P	P	
A3	3													
A4	3													
A5	3													
A6	3													
A7	2													
A8	2			P		P				P	P	P		
A9	2													
A10	2			P	P									
A11	1										P	P	P	
A12	1									P				
A13	2													
A14	2													
A15	2													
A16	2													
E2	1													
E3	1													
E4	1									P				
E5	1													
E6	1					P				P	P			
E7	1										P			
E8	1									P				
E9	1													
E10	2													
E11	2												P	
E12	2													
E13	2													
E14	2													
E15	2													
E16	2													
E20	2													
E21	3								P					
E23	3													
E24	3													

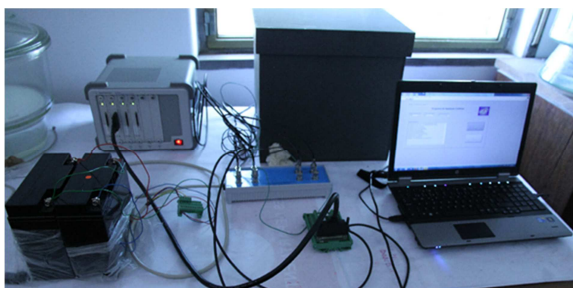
2.3 Tarefa nº 3 – *Study of feasibility of multitask sensors for evaluation of conservation threats*

O objetivo global desta tarefa prendeu-se com o desenvolvimento de um sistema de monitorização que permita detetar sinais precoces de deterioração por térmitas de elementos estruturais de madeira. O objetivo específico consistia na identificação da(s) gama(s) de frequências ultrassónicas geradas pela atividade das térmitas, de forma a definir os parâmetros para a definição de um sistema de monitorização.

Nos ensaios foram utilizados oito sensores VS45_H da *Vallen Systeme*, adquiridos no âmbito do projeto. Estes sensores respondem na banda de frequências entre 20 – 450 kHz com um máximo de sensibilidade de -62 dB nos 275 kHz. Os valores de sensibilidade são referenciados a 1V/ μ bar. Nos ensaios foi efetuada a análise dos eventos detetados na banda de frequências de 20 kHz a 300 kHz. Esta banda de frequências foi escolhida atendendo ao estado dos conhecimentos relativo à monitorização da atividade de térmitas por emissão acústica.

Os ensaios realizados compreenderam térmitas da espécie *Reticulitermes grassei* (Clément). Os ensaios caracterizaram-se pela utilização de um número variável de obreiras (entre duzentas e cinquenta e vinte e cinco) e um número de soldados fixo (vinte e cinco). As colónias experimentais foram montadas como descrito na Norma Europeia EN 118 sobre provetes de pinho bravo (*Pinus pinaster* Ait.) num ambiente condicionado (temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e humidade relativa de ar de $80\% \pm 5\%$) (Figura 5). Os ensaios foram realizados dentro de uma caixa acústica (caixa forrada com cortiça) para eliminação de ruídos exteriores.

Cada ensaio realizado incluiu a monitorização de dois tubos colocados dentro da caixa acústica e acoplados cada um deles a uma sonda de emissão acústica. Os dois tubos diferenciavam-se unicamente pela presença ou não de térmitas. O tubo sem térmitas serviu de referência, permitindo eliminar possíveis fontes de emissão acústica para além da das térmitas.



a)



b)

Figura 2. 5 - a) Vista geral dos equipamentos e acessórios utilizados nos ensaios b) Interior da caixa contendo as sondas e os tubos com térmitas e sem térmitas (testemunho).

As figuras 6 e 7 permitem concluir que o esquema de ensaio proposto permite a deteção da atividade das térmitas por meio de emissão acústica. Numa segunda fase (estudos em curso, que dada a dificuldade inicial de aquisição de equipamento não foi possível concluir no âmbito do projeto) tentará definir-se os parâmetros de identificação da presença de térmitas, nomeadamente através da tipificação dos eventos originados pela sua atividade. Somente após a conclusão desta segunda fase será possível levar a cabo ensaios de protótipo de sistema automático de monitorização da atividade das térmitas em estruturas de madeira.

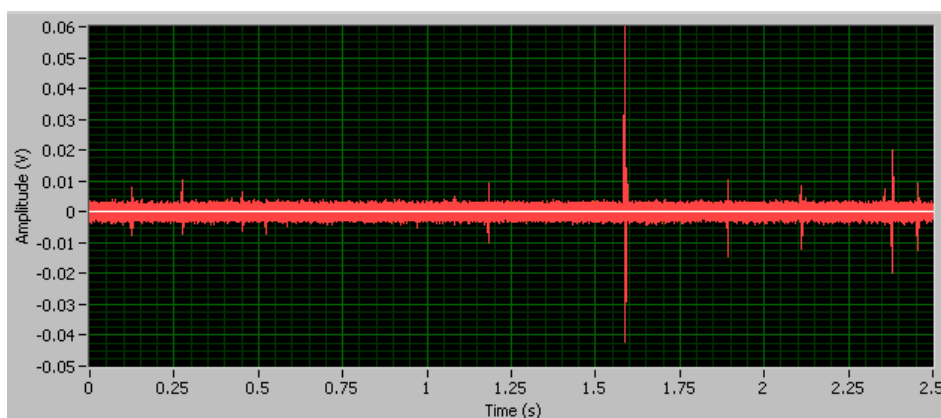


Figura 2. 6 - Sinal temporal com 250 obreiras, aquisição contínua (linha branca – ensaio testemunho; linha vermelha – ensaio com térmitas).

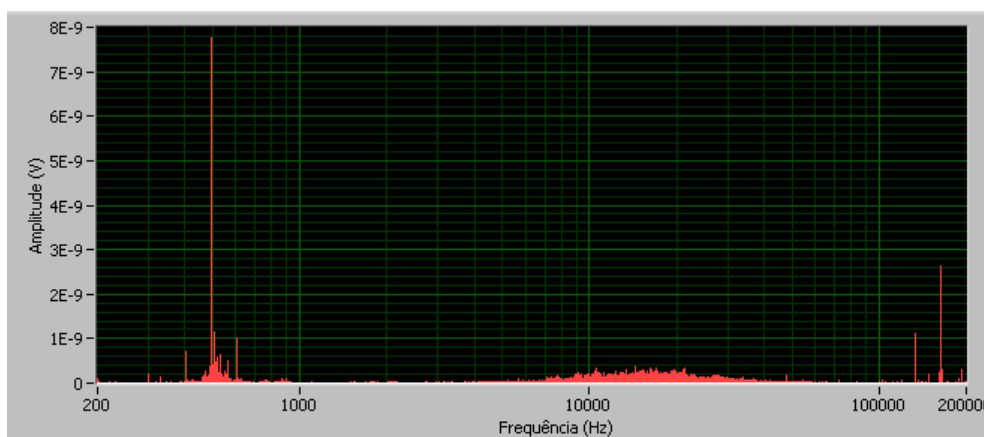


Figura 2. 7 - Espectro de frequências correspondente à Figura 2.6.

No âmbito desta tarefa, foi efetuada uma apresentação no congresso internacional “*International Conference Durable Structures: from construction to rehabilitation*” (Ribeiro *et al.* 2012).

Igualmente com ligação a esta tarefa foi publicado um artigo ISI sobre monitorização e modelação do comportamento à humidade de estruturas de madeira (Fortino *et al.* 2013) e uma comunicação a congresso internacional sobre a possibilidade de utilizar correntes elétricas para o controlo da degradação por térmitas subterrâneas (Treu *et al.* 2011).

2.4 Tarefa nº 4 – *Choice of potential attractants*

O objetivo desta tarefa foi avaliar o efeito de extrativos aquosos resultantes de madeira degradada por fungos de podridão em térmitas subterrâneas. Térmitas obreiras da espécie *R. grassei* foram submetidas a testes laboratoriais de escolha entre papel de filtro impregnado e não impregnado com diferentes extratos aquosos ou substâncias: três tipos de açúcar a 2% (glucose, xilose e sacarose); o sal carbonato de potássio a 0,05%; e extratos de madeiras degradada a diferentes níveis por fungos de podridão - duas espécies de fungos de podridão castanha *Postia placenta* ((Fr.) M.J. Larsen & Lombard 1986) e *Gloeophyllum trabeum* (Persoon: Fries) e uma espécie de fungo de podridão branca, *Pycnoporus sanguineus* (L.: Fr.).

Foi também investigada a escolha das térmitas entre papéis de filtro impregnados extratos de pinho (*Pinus pinaster* Aiton), casca de pinho e casca de sobreiro, cortiça (*Quercus suber* L.) e controlos. Os testes laboratoriais consistiam em ensaios de escolha entre papel de filtro impregnado com as substâncias referidas e um controlo (papel de filtro impregnado com água destilada); e ensaios sem escolha, ou seja, com a mesma opção de alimento nos dois lados do ensaio. Os ensaios foram efetuados em caixas de Petri, com térmitas obreiras (n=10), tendo areia como substrato para as térmitas. O papel de filtro estava isolado da areia por uma lamela de vidro. De modo a isolar fisicamente as duas amostras de papel de filtro disponíveis dentro de cada caixa de Petri foi deixado um corredor sem substrato/areia (Figura 2.8). O tempo de duração destes ensaios foi de 14 dias.



Figura 2. 8 - Ensaio de escolha entre extrato aquoso de madeira de pinho degradada por *G. trabeum* e controlo.

Através do teste estatístico *T* de *Student*, para amostras emparelhadas (adaptado para ensaios de escolha), verificou-se que as térmitas consumiram uma quantidade significativamente mais elevada de papel de filtro impregnado com extratos aquosos de todos os fungos analisados, no entanto, esta preferência está dependente do nível de degradação do pinho pelo fungo de podridão em questão. As térmitas consumiram uma quantidade significativamente mais elevada de papel de filtro impregnado com os açúcares, especialmente pela sacarose (Figura 2.9). Quanto aos resultados dos ensaios com extrato de pinho e de cortiça, não foi verificada qualquer tendência significativa por parte das térmitas entre o consumo de papel de filtro impregnado com os extratos/substância referidos e os controlos.

No entanto, verificou-se um consumo significativamente maior de papéis impregnados com água destilada (controlo) nos ensaios com casca de pinho e com carbonato de potássio (Quadro 2.5).

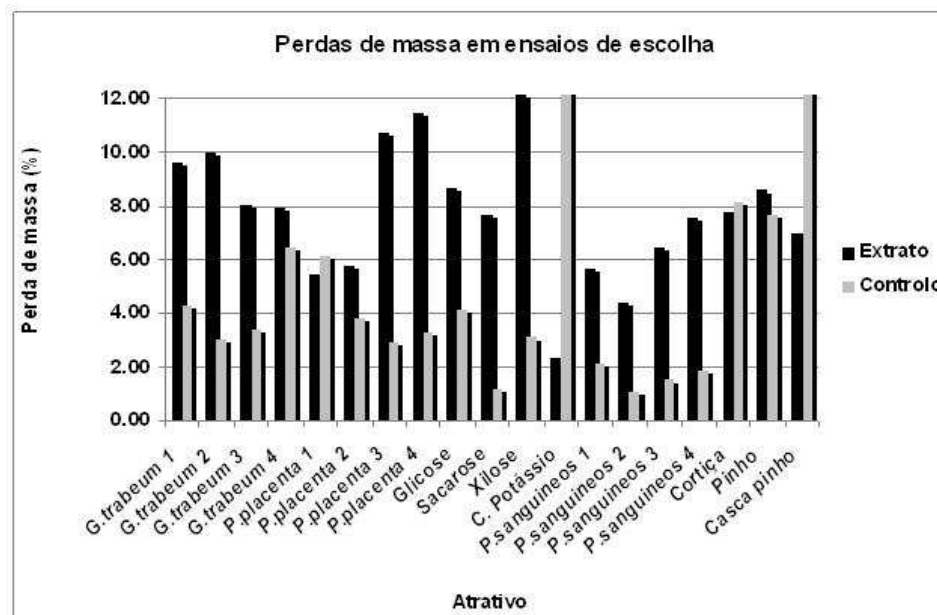


Figura 2.9 - Perda de massa (%) dos papéis de filtro impregnados com extratos de substâncias ou com água destilada (Controlo) submetidos a ensaios de escolha com térmitas obreiras.

Quadro 2.5 - Resultados do teste *T de Student* para os ensaios de escolha efetuados entre papéis de filtro impregnados com extratos aquosos/substâncias e os controlos impregnados com água destilada ($p < 0.05$).

Atrativo	<i>P value</i>
Glicose	0.015*
Sacarose	<0.001*
Xilose	0.001*
Potássio	<0.001*
<i>G. trabeum</i> 1	0.001*
<i>G. trabeum</i> 2	0.004*
<i>G. trabeum</i> 3	0.007*
<i>G. trabeum</i> 4	n.s.
<i>P. placenta</i> 1	n.s.
<i>P. placenta</i> 2	n.s.
<i>P. placenta</i> 3	<0.001*
<i>P. placenta</i> 4	0.001*
<i>P. sanguineus</i> 1	0.008*
<i>P. sanguineus</i> 2	0.004*
<i>P. sanguineus</i> 3	<0.001*
<i>P. sanguineus</i> 4	<0.001*
Cortiça	n.s.
Pinho	n.s.
Casca de pinho	0.024*

No âmbito desta tarefa foi apresentado um *poster* sobre os resultados obtidos com os fungos de podridão no 7º Congresso Nacional Florestal 2013.

Efetuar-se-ensaios de aproximação às condições de campo, em caixas quadradas com areia e provetes de pinho colocados a duas distâncias diferentes (4 e 8 cm) do provete central, onde as térmitas se encontravam instaladas. Por cima dos provetes colocaram-se papéis de filtro impregnados com as substâncias pelas quais as térmitas demonstraram maior preferência nos ensaios de escolha (extrato de pinho degradado por *G. trabeum* e por *P. sanguineus* e a solução de sacarose a 2%) e papéis com uma substância pela qual não se tivesse verificado qualquer tendência das térmitas, ou seja, de efeito não significativo, neste caso foi escolhido o extrato de pinho. Tanto as substâncias atrativas como o extrato de pinho foram colocados a duas distâncias diferentes do local onde as térmitas estavam instaladas. Foi realizado outro ensaio com a sacarose e o extrato de pinho onde a sacarose foi colocada a uma distância superior ao extrato de pinho. O objetivo foi verificar a forma como as térmitas detetam fontes de alimento no solo.

Para a análise estatística recorreu-se ao *software* IBM® SPSS® Statistics vs.21 (IBM Corporation, New York, USA). Foi utilizada a análise multivariada de medidas repetidas (ANOVA de medidas repetidas) ($p < 0.05$) para investigar se as térmitas alteravam o padrão de consumo de papel, ou dos provetes, quando este se encontrava a diferentes distâncias e impregnado com diferentes substâncias. Para o último ensaio foi utilizado o teste estatístico *T de Student* para amostras emparelhadas ($p < 0.05$).

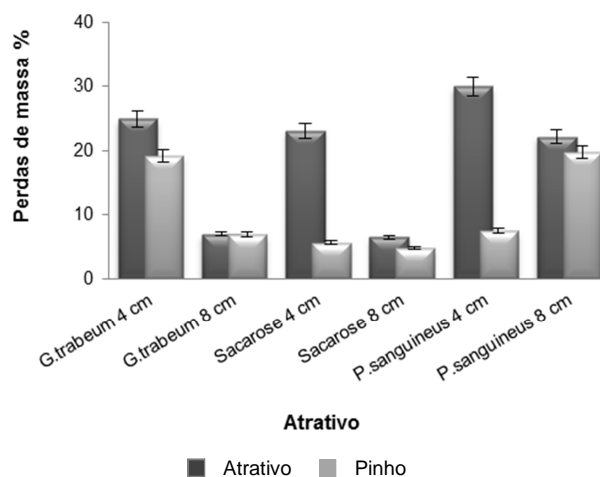


Figura 2. 10 - Perda de massa (%) dos papéis de filtro utilizados em ensaios com diferentes atrativos (cinzento escuro) e respetivo controlo (cinzento claro) colocados a duas distâncias diferentes (4 e 8 cm) das térmitas instaladas.

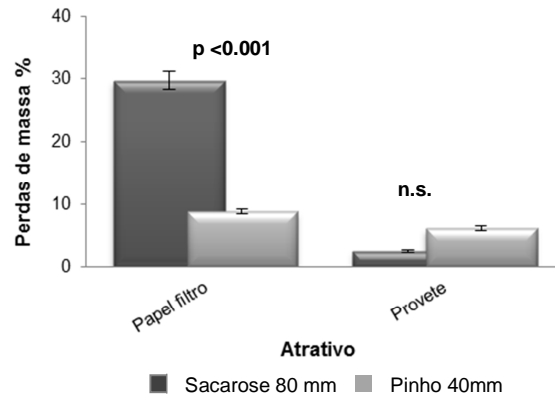


Figura 2. 11 - Perda de massa (%) dos papéis de filtro e dos provetes associados utilizados em ensaios com o atrativo sacarose, a 8 cm de distância das térmitas instaladas, e o respetivo controlo (extrato de pinho). *P-value* calculado pela comparação, entre as perdas de massa dos papéis de filtro com sacarose e com extrato de pinho, e das perdas de massa dos provetes associados a estes papéis de filtro impregnados, através do teste estatístico *T de Student* ($p < 0.05$).

Verificou-se que as térmitas apenas foram seletivas na escolha dos papéis com as diferentes substâncias, tendo utilizado os provetes possivelmente apenas como forma de alcançar os papéis de filtro impregnados. No caso dos ensaios com *G. trabeum* as térmitas consumiram uma quantidade significativamente maior de papéis de filtro próximos do local onde estavam instaladas, independentemente da substância impregnada nos papéis. No entanto, nos ensaios com *P. sanguineus* e com solução de sacarose as térmitas consumiram uma quantidade significativamente maior de papéis que continham a substância atrativa independentemente da distância a que se encontravam do local onde as térmitas se encontravam instaladas. As térmitas podem ter seguido sinais existentes na areia até ao alimento, provando assim que não procuraram alimento de forma aleatória. Este resultado está de acordo com os resultados obtidos por Traniello e Leuthold (2000) e por Robson *et al.* (1995) que indicaram que as térmitas subterrâneas procuram alimento de forma seletiva.

Quadro 2. 6 - Resultados da análise multivariada com medidas repetidas (ANOVA de medidas repetidas) ($p < 0.05$) da comparação das perdas de massa de papéis de filtro com extrato de madeira de pinho degradada por *G. trabeum* e de extrato de pinho colocados a duas distâncias diferentes (4 e 8 cm) das térmitas instaladas.

Variável	df	MS	F	p-value
Alimento	1	2.691	0.006	n.s.
Erro	7	426.353		
Distância	1	1743.156	18.848	0.003*
Erro	7	92.485		
Distância x Alimento	1	1.001	0.002	n.s.
Erro	7	410.406		

Quadro 2. 7 - Resultados da análise multivariada com medidas repetidas (ANOVA de medidas repetidas) ($p < 0.05\%$) da comparação das perdas de massa de papéis de filtro com sacarose a 2% e de extrato de madeira de pinho degradada por *P. sanguineus* a duas distâncias diferentes (4 e 8 cm) das térmitas instaladas.

Variável	df	MS	F	p-value
Alimento	1	1118.008	7.813	0.031*
Erro	6	143.089		
Distância	1	504.476	3.930	n.s
Erro	6	128.371		
Distância x Alimento	1	733.696	5.312	n.s
Erro	6	138.125		

Os resultados sugerem que a sacarose é uma substância atrativa, podendo fazer parte do conjunto de substâncias químicas utilizadas pelas térmitas subterrâneas como uma pista na procura de alimento.

Em condições naturais existem muitos outros fatores que podem interferir nas escolhas alimentares das térmitas subterrâneas, tais como a presença de predadores, a humidade existente no solo, a existência de inúmeras substâncias químicas e a presença de muitas alternativas alimentares (Waller *et al.* 1999). A validação dos resultados obtidos deveria ser posteriormente efetuada em condições naturais.

No âmbito desta tarefa foi concluída uma tese de Mestrado, submetida ao mestrado em Qualidade e Gestão Ambiental, Especialidade em Ecologia e Gestão Ambiental da Universidade de Évora. A tese tem o título “Deteção no solo de alimento pelas térmitas subterrâneas *Reticulitermes grassei* (Clément, 1978)”, e foi realizada sob a orientação da Doutora Lina Nunes (LNEC) e a coorientação do Professor Doutor Pedro Anastácio (Universidade de Évora). Igualmente no âmbito desta tarefa foram apresentadas duas comunicações (Duarte *et al.* 2011 e Duarte *et al.* 2013) ao CIMAD 11 e ao 7º Congresso Florestal Nacional.

2.5 Tarefa nº 5 – *Evaluation of bait design on bait attack*

Para a avaliação do *design* das armadilhas de térmitas no comportamento de térmitas subterrâneas, foram utilizados diferentes tipos de armadilhas comerciais durante um ano no campo, em Lisboa (campus do LNEC) e nos EUA (campus da empresa *Nisus*, em Rockford, Tennessee). Mensalmente monitorizou-se o teor em água dos substratos celulósicos utilizados em cada armadilha, e a presença de térmitas nas armadilhas. As condições meteorológicas foram também monitorizadas ao longo do tempo de ensaio.

No seguimento deste trabalho foi feita uma apresentação oral no âmbito do congresso IUFRO (*International Union of Forest Research Organization*) 2012, que decorreu entre 8 e 13 de julho de 2012 no Estoril, Lisboa (Duarte *et al.* 2012a). Sobre este tema foi ainda efetuada uma apresentação oral no congresso: 43rd *International Research Group on Wood Protection Annual Meeting* (Duarte *et al.* 2012b). Uma publicação sobre este trabalho foi submetida a uma revista internacional ISI (Duarte *et al.* submetido à revista “Maderas. Ciencia y Tecnologia”).

No âmbito da verificação da preferência por parte de *Reticulitermes grassei* por madeira termicamente modificada, foram apresentados dois *posters* em dois congressos internacionais, um no XV Congresso Ibérico de Entomologia 2012 (Duarte *et al.* 2012c) e outro no 6th ECWM (Duarte *et al.* 2012e).

Dentro dos objectivos propostos para esta tarefa, investigou-se a preferência das térmitas perante vários tipos de substratos celulósicos, tais como: pinho, espruce, celulose, celulose corada com vermelho neutro (NR celulose) e Labyrinth™ (diflubenzurão), através de ensaios com e sem escolha e da avaliação da taxa de sobrevivência das térmitas e da perda de massa dos substratos celulósicos expostos à ação das térmitas (Quadro 2.12). Foram efetuados ensaios laboratoriais sobre a preferência de substratos celulósicos pelas térmitas *Reticulitermes grassei*, com a duração de quatro semanas. Os ensaios de escolha consistiam numa caixa de plástico com um meio para as térmitas – areia de Fontainebleau humedecida na proporção de 4:1 – conectada a duas caixas de plástico que continham dois tipos diferentes de substratos celulósicos (Figura 2.12). Cada ensaio continha 100 obreiras e um número proporcional de soldados e ninfas, calculado de acordo com a percentagem natural de soldados e ninfas presentes na colónia coletada no campo. Foram ainda efetuados ensaios sem escolha, em caixas de plástico sem conexões, tendo como fonte de alimento os mesmos substratos e com o mesmo número de térmitas. Cada ensaio foi replicado quatro vezes.

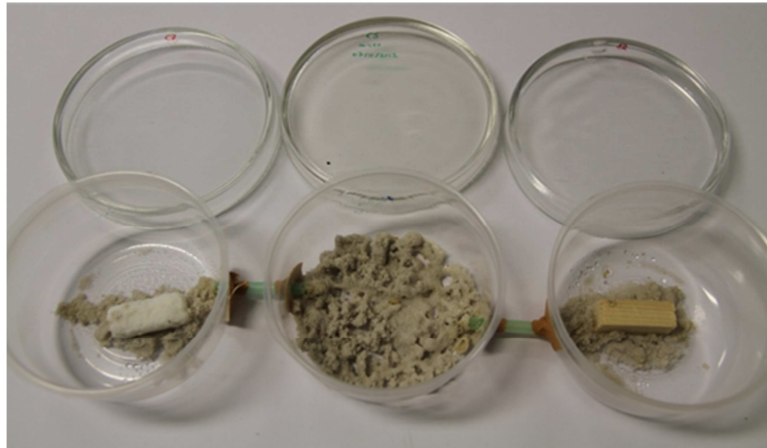


Figura 2. 12 - Ensaio de escolha entre dois substratos celulósicos diferentes (neste caso, celulose à esquerda e pinho à direita).

As possíveis diferenças entre os ensaios em termos de taxa de sobrevivência das térmitas e perdas de massa relativa aos substratos celulósicos submetidos à ação das térmitas subterrâneas foram analisados através de um programa de estatística para dados multivariados: Canoco 4.0 software (Ter Braak e Smilauer 2002). Efetuou-se uma análise de redundância (RDA), utilizando dados transformados logaritmicamente. A seleção de variáveis explanatórias com um efeito significativo sobre os dados foi feita através de uma *forward selection*. A significância estatística dos eixos canônicos foi avaliada com o teste de Monte Carlo. As variáveis explanatórias selecionadas para esta análise foram: o tipo de substrato celulósico (pinho, espruce, celulose, NR celulose e diflubenzurão) e o tipo de ensaio, sem escolha ou com escolha.

A RDA efetuada demonstrou que 65,7% da variância observada, em termos da taxa de sobrevivência das térmitas e das perdas de massa dos substratos celulósicos, é influenciada pelas variáveis explanatórias utilizadas na análise (Figura 2.13). As variáveis consideradas significativas ($p < 0,005$), constam no Quadro 2.9.

Quadro 2. 8 - Taxa de sobrevivência (%) das térmitas e valores das perdas de massa (%) dos substratos celulósicos nos testes de escolha ou sem escolha.

		Taxa de sobrevivência das térmitas (%)	Perda de massa (%)
Testes de escolha	Pinho	72,8 ± 17,8	3,2 ± 4,1
	Espruce		6,0 ± 4,8
	Pinho	48,4 ± 23,6	0,0 ± 1,3
	Diflubenzurão		32,2 ± 6,3
	Pinho	89,6 ± 4,5	1,3 ± 0,6
	Cellulose		22,1 ± 8,6
	Pinho	76 ± 19,1	0,0 ± 0,5
	NR celulose		36,0 ± 8,7
	Espruce	59,2 ± 21,0	2,4 ± 1,9
	Diflubenzurão		38,5 ± 8,4
	Espruce	86,2 ± 7,0	2,0 ± 0,4
	Cellulose		21,5 ± 2,5
	Espruce	82,6 ± 6,3	1,2 ± 0,9
	NR celulose		32,5 ± 4,8
Testes sem escolha	Diflubenzurão	79,6 ± 7,5	39,5 ± 23,8
	Cellulose		20,2 ± 5,9
	Diflubenzurão	49,8 ± 16,9	32,6 ± 6,3
	NR celulose		17,2 ± 4,6
	Cellulose	78,8 ± 15,0	32,8 ± 11,2
Testes sem escolha	Pinho	47,6 ± 35,8	12,5 ± 4,5
	Espruce	56,2 ± 28,8	18,4 ± 3,7
	Cellulose	73,2 ± 14,8	28,1 ± 4,9
	NR celulose	83,4 ± 4,7	32,6 ± 4,2
	Diflubenzurão	10,6 ± 14,1	33,4 ± 6,6

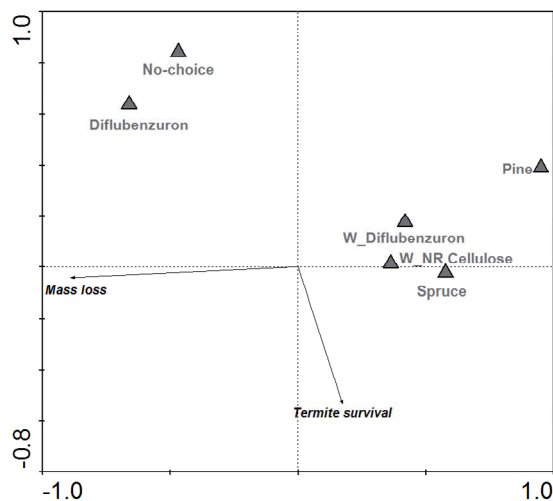


Figura 2. 13 - Biplot da RDA, representando as variáveis analisadas: taxa de sobrevivência das térmitas (*Termite survival*) e perda de massa (*Mass loss*); e as variáveis explanatórias significativas: pinho (*Pine*), espruce (*Spruce*), sem escolha (*No-choice*), diflubenzurão (*Diflubenzuron*), ensaios de escolha com diflubenzurão (*W_Diflubenzuron*) e ensaios de escolha com celulose corada com vermelho neutro (*W_NR Cellulose*).

Quadro 2. 9 - Variáveis significativas da análise de redundância (RDA) efetuada, com os respetivos valores da estatística de F e de P.

	F	P
Pinho	47,32	0,002
Espruce	47,94	0,002
Sem escolha	29,03	0,002
Diflubenzurão	12,11	0,002
Escolha_ Diflubenzurão	7,71	0,004
Escolha_NR celulose	6,05	0,012

O pinho e o espruce, quando submetidos a testes de escolha, demonstraram perdas de massa menores do que nos testes sem escolha, o que poderá indicar uma tendência de as térmitas se alimentarem sobre os restantes substratos celulósicos, nestas condições de ensaio. Nos ensaios de escolha com diflubenzurão, a perda de massa média desta substrato foi sempre mais elevada do que nos substratos restantes, o que poderá indicar que os componentes do produto Labyrinth™ funcionam como atrativo por um lado, e por outro lado, analisando a taxa de sobrevivência das térmitas nos ensaios sem escolha, verifica-se que o diflubenzurão obteve o menor valor de sobrevivência mantendo semelhante a quantidade de substância consumida, ou seja, atuou nestas condições eficazmente em reduzir a amostra de térmitas que estiveram em contacto com a substância. Os resultados para os valores de perda de massa do diflubenzurão em ensaios sem escolha foram os mais elevados, demonstrando que para além da atratividade, possivelmente este substrato é também aceite como recurso alimentar a médio prazo. Os valores de perda de massa de NR celulose foram mais elevados do que os de pinho ou espruce, em ensaios de escolha; para ensaios sem escolha, este substrato obteve resultados semelhantes ao diflubenzurão, demonstrando boa aceitação como recurso alimentar por parte das térmitas nestes ensaios, destacando-se, no entanto, pela elevada taxa de sobrevivência, em contraponto aos resultados do diflubenzurão para a taxa de sobrevivência. Verificou-se que nos ensaios sem escolha, as perdas de massa são mais elevadas, em comparação com ensaios de escolha, no pinho e espruce, ao contrário dos restantes substratos, que obtiveram perdas de massa aproximadas às obtidas nos ensaios de escolha.

Para os ensaios de escolha, efetuou-se um teste de T emparelhado de forma a comparar a taxa de consumo de ambos os substratos utilizados nos ensaios. Utilizou-se o programa estatístico IBM™ SPSS™ Statistics vs. 21 (IBM Corporation, New York, USA). Em 70% dos ensaios de escolha as térmitas demonstraram que se alimentam preferencialmente num dos substratos (Quadro 2.10).

Quadro 2. 10 - Resultado do teste de T emparelhado efetuado para análise dos testes de escolha entre dois substratos (pinho, espruce, celulose, celulose com corante (NR) e diflubenzurão); valores da estatística de t significativos quando $p < 0.05$.

	Média	Desvio Padrão	t	df	p
Pinho vs. Espruce	-2.732	3.937	-1.552	4	0.196
Pinho vs. Diflubenzurão	-31.789	6.964	-10.208	4	0.001
Pinho vs. Celulose	-20.793	8.270	-5.622	4	0.005
Pinho vs. Celulose NR	-35.992	8.794	-9.151	4	0.001
Espruce vs. Diflubenzurão	-36.128	9.384	-8.609	4	0.001
Espruce vs. Celulose	-19.478	2.688	-16.206	4	0.000
Espruce vs. Celulose NR	-31.240	5.501	-12.699	4	0.000
Diflubenzurão vs. Celulose	19.246	23.435	1.836	4	0.140
Diflubenzurão vs. Celulose NR	15.342	9.407	3.647	4	0.022
Celulose vs. Celulose NR	7.194	12.029	1.337	4	0.252

As térmitas consumiram significativamente maiores quantidades de substrato à base de celulose de origem não natural (independentemente de possuírem na sua constituição uma substância ativa ou um corante) comparativamente à madeira maciça (pinho e espruce). O facto de o ensaio de escolha entre celulose com e sem corante não ser significativo, pode indicar que o corante utilizado não altera o comportamento alimentar das térmitas subterrâneas neste tipo de ensaio. No ensaio de escolha entre diflubenzurão e celulose também não se verificaram diferenças significativas, o que sugere que as térmitas não foram especialmente repelidas ou atraídas durante o tempo de ensaio. Este facto aliado à baixa taxa de sobrevivência das térmitas que se alimentaram unicamente de diflubenzurão, sugere que esta substância ativa deverá atuar de forma correta em programas de controlo de térmitas subterrâneas, pois não é repelente, é aceite pelas térmitas como fonte de alimento, e causa mortalidade, mas não de uma forma imediata.

Os produtos à base de celulose provavelmente são mais facilmente digeridos pelas térmitas, uma vez que, não há necessidade de quebrar as ligações complexas da estrutura celular da madeira, podem, com menor investimento energético e em menor tempo, obter energia. No entanto, a energia proveniente de hemiceluloses e outros componentes da madeira não é utilizada pois está ausente nos substratos apenas à base de celulose. A alimentação sobre substratos de base unicamente celulósica pode levar a alterações na fauna simbiótica das térmitas subterrâneas, uma vez que cada espécie de simbiote tem um papel específico na digestão da madeira, existindo evidências de uma divisão clara de tarefas inerentes à digestão, pois quando existem alterações da dieta das térmitas, normalmente resultam em alterações na comunidade simbiótica do intestino das térmitas (Cook e Gold 2000, Tanaka *et al.* 2007, Raychoudhury *et al.* 2013). Nos ensaios com diflubenzurão sem escolha, a taxa de sobrevivência registada foi bastante menor do que nos ensaios de escolha que envolviam o diflubenzurão como substrato celulósico. O facto de as colónias de térmitas diversificarem as suas fontes de alimento, neste caso, parece ser uma estratégia eficaz no sentido de aumentar as suas probabilidades de sobrevivência.

Estes ensaios apontam para uma possível preferência das térmitas *R. grassei* por substratos como a celulose ou o Labyrinth™, que tem na sua composição não só o diflubenzurão (0.25%) mas também a α -celulose (Anexo I). Quando dois substratos estão disponíveis, nestas condições de ensaio, as térmitas parecem preferir os substratos com base em celulose a substratos de madeira maciça, o que implica que a utilização de ambos os substratos numa mesma armadilha poderá ser redundante, uma vez que o substrato celulósico deverá ser, não só de ação lenta e não-repelente, como também o melhor recurso alimentar para as térmitas, pois estará em competição direta com locais alternativos para alimentação existente no local onde se pretende instalar o sistema de controlo de populações de térmitas subterrâneas (Su e Scheffrahn 1988, Lenz 2002).

2.6 Tarefa nº 6 – *Integration of data and guidelines*

No âmbito desta tarefa procurou-se integrar o conhecimento adquirido nas tarefas anteriores e colaborou-se ativamente com parceiros de outras instituições nacionais e estrangeiras de forma a potenciar os resultados obtidos quer para térmitas subterrâneas quer com térmitas de madeira seca ou mesmo degradação potencial por fungos que como no caso das térmitas subterrâneas apresenta uma forte associação com a presença de teor de água elevado na madeira.

Do trabalho realizado resultaram diversas publicações de que se destacam 3 artigos em revistas internacionais ISI (Austin *et al.*, 2012; Henriques *et al.*, 2013 e Borges, *et al.*, 2014) e 2 em revistas nacionais (Henriques *et al.*, 2012 e Ferreira, *et al.* 2013).

Foram ainda apresentadas 2 comunicações em congressos internacionais (Henriques *et al.*, 2011 e Duarte *et al.*, 2012d) bem como uma comunicação sobre as “Bases para a monitorização do risco de degradação na construção de casas de madeira “ a um seminário nacional (Nunes, 2013).

Perante uma estrutura de madeira atacada por térmitas subterrâneas, previamente à instalação do sistema de armadilhagem deve ser feito um balanço entre os custos de monitorização e tratamento e os riscos de infestação para a estrutura. O sistema de armadilhagem pode ser colocado de forma dirigida ou sistemática, no entanto, uma mistura de ambas as estratégias de colocação das armadilhas pode representar uma abordagem vantajosa, uma vez que se coloca um maior número de armadilhas nas zonas mais afetadas pelo ataque das térmitas, sem descuidar outras zonas estratégicas que não apresentem sinais de ataque por térmitas na altura da colocação das armadilhas.

A otimização da utilização de armadilhas para térmitas subterrâneas deve ser feita de um ponto de vista holístico e prático. O objetivo é utilizar armadilhas que sejam atrativas para as térmitas, e o mais atrativo numa armadilha para térmitas é o tipo de substrato celulósico que as compõe. Para além disso, existem substâncias, como a sacarose, ou extratos de madeira degradada por fungos xilófagos, que podem ser adicionadas a um substrato celulósico que aumentam a atratividade para as térmitas subterrâneas. Comprovadamente, as térmitas têm preferências por certos tipos de substratos

celulósicos e outras substâncias em ensaios laboratoriais, estas tendências deverão ser comprovadas em ensaios de campo.

A degradação dos substratos celulósicos por outros agentes biológicos ou físicos implica a sua substituição, o que provoca a diminuição dos intervalos de monitorização e o aumento do manuseamento das armadilhas, o que influencia negativamente a instalação das térmitas nas armadilhas. Assim o substrato celulósico deve, para além de ser atrativo, resistente à degradação física e biológica que não seja causada por térmitas subterrâneas. Este facto é da maior importância em programas de monitorização a longo prazo, que são recomendáveis do ponto de vista da prevenção eficaz da degradação por térmitas das estruturas de madeira.

Provou-se a possibilidade da utilização de sistemas de deteção acústica de térmitas subterrâneas, no entanto, é necessário ainda definir os parâmetros de identificação da presença de térmitas. Apenas após este passo será possível realizar ensaios de protótipo de sistema automático de monitorização da atividade das térmitas em estruturas de madeira.

2.6.1. Publicações resultantes do projeto MONITOR

Teses

Duarte, M. (2013) Deteção no solo de alimento pelas térmitas subterrâneas *Reticulitermes grassei* (Clément, 1978). Mestrado em Qualidade e Gestão Ambiental, Especialidade em Ecologia e Gestão Ambiental. Universidade de Évora.

Artigos em revistas científicas internacionais

Henriques, DF; Brito, J; Duarte, S; Nunes, L. (2013) Consolidating preservative-treated wood: combined mechanical performance of boron and polymeric products in wood degraded by *Coniophora puteana*. Journal of Cultural Heritage. Available online 7 January 2013.

Austin, JW; Szalanski, AL; Myles, TG; Borges PAV; Nunes, L; Scheffrahn, RH. (2012) First record of *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae) from Terceira Island (Azores, Portugal). Florida Entomologist 95 (1): 196-198.

Fortino, S; Genoese, A; Nunes, L; Palma, P. (2013) Numerical modelling of the hygro-thermal response of timber bridges during their service life: a monitoring case-study. Construction and Building Materials 47:1225-1234.

Borges, PAV; Guerreiro, O; Ponte, NB; Borges, A; Ferreira, F; Ferreira, MT; Nunes, L; Marcos, RS; Arroz, A; Scheffrahn, RH; Myles, TG. (2014) The drywood termite *Cryptotermes brevis* (Isoptera: Kalotermitidae) in the Azores: lessons after two years of monitoring in the archipelago. Journal of Insect Science 14(1):172.

Duarte, S; Taylor, AM; Kim, J-W; Lloyd, JD; Duarte, M; Nunes, L. Optimization of termite in-ground monitoring stations: an evaluation trial. *Maderas: Ciencia y Tecnologia*. Submitted.

Artigos científicos em revistas nacionais

Henriques, DF; Nunes, L; de Brito, J. (2012) An experimental approach to the treatment and consolidation of degraded timber elements from a XIX century building. *Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas, Série II, n.º 11: 7-14*.

Ferreira, MT; Borges, PAV; Nunes, L; Myles, TG, Guerreiro, O; Scheffrahn, RH. (2013) Termites (Isoptera) in the Azores: an overview of the four invasive species currently present in the archipelago. *Arquipelago - Life and Marine Sciences 30: 39-55*.

Comunicações em encontros internacionais

Duarte, S; Ricart, MG; Nunes, L. (2011) Preferências alimentares de *Reticulitermes grassei* (Clément) (Isoptera: Rhinotermitidae) relativamente a diferentes espécies de madeira. CIMAD 11 - 1º Congresso Ibero-Latino Americano da Madeira na Construção. Coimbra, Portugal, June 7-9, 2011.

Treu, A; Larnoy, E; Nunes, L; Duarte, S; Halvorsen, H. (2011) Protection of timber constructions by using eletro osmotic pulsing technology (PLEOT). *SHATIS11 - International Conference on Structural Health Assessment of Timber Structures*. Lisboa, Portugal, June 16-17, 2011.

Henriques, DF; Nunes, L; de Brito J. (2011) An experimental approach to the treatment and consolidation of degraded timber elements from a XIX century building. *SHATIS11 - International Conference on Structural Health Assessment of Timber Structures*. Lisboa, Portugal, June 16-17, 2011.

Duarte, S; Taylor, AM; Kim, JW; Lloyd, JD; Duarte, M; Nunes, L. (2012) Decay factors in termite in-ground monitoring stations. *Proceedings of the 43rd IRG Annual Meeting* (ISSN 2000-8953), Kuala Lumpur, Malaysia, The International Research Group on Wood Protection, pp1-10.

Ribeiro, D; Garrett, JA; Duarte, S; Nunes, L; Machado, JS. (2012) Probability of damage in timber structures by monitoring of biological activity – MONITOR project. *Proceedings ICDS12 – International Conference*. Lisbon, Portugal. 31 May – 1 June 2012.

Duarte, S; Taylor, AM; Kim, JW; Lloyd, JD; Duarte, M; Nunes, L. (2012) Decay factors in termite in-ground baiting systems. *Conference of the International Union of Forest Research Organizations (IUFRO) – Division 5 – Forest Products*. Estoril, Portugal. 8-13 July 2012.

Duarte, S; Welzbacher, CR; Duarte, M; Nunes, L. (2012) Thermally-modified timber (TMT) and subterranean termites feeding behavior. XV Congresso Ibérico de Entomologia, Angra do Heroísmo, Açores, Portugal. 2-6 September 2012.

Duarte, S; Amaral, C; Gaju, M; Nunes, L. (2012) Testing of non-destructive methods and wood natural and conferred durability for drywood termites detection and control. *5th International Conference on Environmentally-Compatible Forest Products*. Porto, Portugal. 5-7 September 2012.

Duarte, S; Welzbacher; CR, Duarte, M; Nunes, L. (2012) Assessment of Thermally-Modified Timber (TMT) through subterranean termites feeding behavior. *6th European Conference on Wood Modification* 2012. Ljubljana, Slovenia. 16-18 September 2012.

Comunicações em encontros nacionais

Duarte, M, Duarte, S; Nunes, L. (2013) Avaliação da atração de térmitas subterrâneas por extratos de madeira degradada por fungos de podridão. *7º Congresso Florestal Nacional*. Vila Real, Bragança, Portugal. 5-8 June 2013.

Nunes, L. (2013) Bases para a monitorização do risco de degradação na construção de casas de madeira. *Atas do Seminário Casas de Madeira*. PB Lourenço, JM Branco, H Cruz e L Nunes (eds.). LNEC, Lisboa: pp. 29-38.

3 | Conclusões

No presente relatório são brevemente descritas as atividades realizadas no âmbito do projeto MONITOR. Das cinco *milestones* inicialmente previstas realizaram-se quatro durante o período do projeto: *Definition of case-study*; *Definition of termite colonies*; *Prototype sensors and Optimization of bait design and matrix*. A *milestone* “*In situ validation of multitask sensors network efficiency*” não foi atingida durante o tempo de duração do projeto dado ser a mais dependente das aquisições de equipamento que não foi possível concretizar.

Sabendo que por constrangimentos vários só foi possível atingir os 77% de realização financeira, considera-se que os objetivos propostos foram genericamente cumpridos o que é claramente demonstrado pelo elevado número de publicações resultantes do projeto.

A seu tempo este relatório final foi submetido e aprovado pela entidade financiadora (FCT).

Lisboa, LNEC, 3 dezembro de 2014

VISTOS

A Chefe do Núcleo de Comportamento de Estruturas



Helena Cruz

O Diretor do Departamento de Estruturas



José Manuel Catarino

AUTORIA



Lina Nunes
Investigador Auxiliar



Sónia Duarte
Bolsista de Doutoramento



José Saporiti Machado
Investigador Auxiliar

Referências Bibliográficas

- Cook, TJ e Gold, RE. 2000. Effects of different cellulose sources on the structure of the hindgut flagellate community in *Reticulitermes virginicus* (Isoptera: Rhinotermitidae). *Sociobiology*, 35(1): 119-130.
- Evans, T e Gleeson, P. 2001. Seasonal and daily activity patterns of subterranean wood-eating termite foragers. *Australian Journal of Zoology*, 23: 139-159.
- Lenz, M. 2002. Termite bait technology: perspectives from Australia. *Proceedings of the 4th International Conference on Urban Pests*. pp. 27-36.
- Mullins, A, Su, N-Y e Owens, C. 2011. Reinvasion and colony expansion of *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae) after areawide elimination. *Journal of Economic Entomology*, 104(5): 1687-1697.
- Nobre, T, Nunes, L e Bignell, D. 2008. Colony interactions in *Reticulitermes grassei* population assessed by molecular genetic methods. *Insectes Sociaux*, 55: 66-73.
- Raychoudhury, R, Sem, R, Cal, Y, Sun, Y, Lietze, V, Boucias, D e Scharf, M. 2013. Comparative metatranscriptomic signatures of wood and paper feeding in the gut of termite *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae). *Insect Molecular Biology*, 22(2): 155-171.
- Robson, S, Lesniak, M, Kothandapani, R, Traniello, J e Thorne, B. (1995). Nonrandom search geometry in subterranean termites. *Naturwissenschaften*. 82: 526-528.
- Su, NY, Ban, P e Scheffrahn, R. 2002. Control of subterranean termite populations at San Cristóbal and El Morro, San Juan National Historic Site. *Journal of Cultural Heritage*, 3: 217-225.
- Su, NY e Scheffrahn, R. 1988. Foraging population and territory of the formosan subterranean termite in an urban environment. *Sociobiology*, 14(2): 353-359.
- Tanaka, H, Aoyagi, H, Shina, S, Dodo, Y, Yoshimura, T, Nakamura, R e Uchiyama, H. 2007. Influence of the diet components on the symbiotic microorganisms community in hindgut of *Coptotermes formosanus* Shiraki. *Applied Microbial and Cell Physiology*, 71: 907-917.
- Ter Braak, CJF e Smilauer, P. 2002. CANOCO reference manual and user's guide to Canoco for Windows: software for canonical community ordination (version 4.5). Microcomputer Power. Ithaca, New York. 352 pp.
- Traniello, J e Leuthold, R. 2000. "Behavior and ecology of foraging in termites" In: T Abe, DE Bignell and M Higashi (eds). "*Termites: Evolution, Sociality, Symbiosis, Ecology*". Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands. pp. 141 – 168.

- Vargo, E. 2003. Genetic structure of *Reticulitermes flavipes* and *R. virginicus* colonies in an urban habitat and tracking of colonies following treatment with hexaflumuron bait. *Molecular Ecology and Evolution*, 32(5): 1271-1282.
- Waller, D, Morlino, S e Matkins, N. 1999. Factors affecting termite recruitment to bait in laboratory and field studies. In W. Robinson, F. Rettich, e G. Rambo, [eds.], "*Proceedings of the Third International Conference on Urban Pests*", 19-22 July 1999. Czech University of Agriculture, Prague, Czech Republic. pp. 597-600.

Anexos

ANEXO I
Ficha de produto – *Labyrinth™ Termite Bait*

LABYRINTH TERMITE BAIT

Active Ingredient diflubenzuron N-[[[4-chlorophenyl]amino]carbonyl]-2,6-difluorobenzamide.....0.25%
Inert Ingredients.....99.75%
Total.....100.00%
Contains .25 grams of diflubenzuron per 100 grams of formulation

Important: Before buying or using this product, read the entire label including the "Warranty Disclaimer", "Inherent Risks of Use" and "Limitation of Remedies" sections of this label. If terms are not acceptable, return the unopened product container at once. Use this product only according to label directions.

EPA Reg. No. 68850-2 EPA Est. No. 68850-NC-001

Precautionary Statements

Hazards to Humans and Domestic Animals

Keep Out of Reach of Children

CAUTION

In case of an emergency endangering life, property or the environment involving this product, call 1-888-398-3772.

Environmental Hazards

This product is highly toxic to aquatic invertebrates. Do not place Labyrinth in any area where, because of the movement of water, it could be washed into a body of water containing aquatic life, such as ponds or streams.

Storage and Disposal

Do not contaminate water, food or feed by storage or disposal.

Storage - Store in original container in a dry storage area out of reach of children and animals.

Container Disposal - Nonrefillable container. Do not reuse or refill this container. If empty: Place in trash or offer for recycling if available. If partly filled: Call your local solid waste agency for disposal instructions. Never place unused product down any indoor or outdoor drain.

Pesticide Disposal - Wrap product not disposed of by use according to label directions in paper and place in a trash can.

Directions for Use

It is a violation of Federal law to use this product in a manner inconsistent with its labeling. Read the Information and Use Directions carefully before using. Labyrinth is intended for use only in receptacles approved for such use by Ensystem. Use of Labyrinth in any other type of receptacle or system is prohibited. Contact Ensystem at 1-888-EXTERRA (1-888-398-3772) for assistance in using Labyrinth.

Information

Labyrinth is intended for use in an ongoing program of management and control of subterranean termite colonies around and under any type of building or other object (structure). Labyrinth does not exclude termites from a structure. Instead, it suppresses or eliminates termite colonies. Labyrinth affects termite colonies only if they consume it. Sufficient consumption of Labyrinth by all subterranean termite colonies that present an existing or potential hazard to the structure may, subject to the limitations stated herein, protect the structure against subterranean termite attack.

The active ingredient in Labyrinth, diflubenzuron, is an insect development inhibitor. When consumed by a termite, diflubenzuron impairs the ability of a termite to molt. Molting is the process by which termites, at certain points in their development, shed their existing exoskeleton and form a replacement exoskeleton. Termites that attempt to molt after ingesting an amount of Labyrinth sufficient to impair their molting process either die or are incapacitated by their inability to complete the molting process. Insect development inhibitors such as diflubenzuron are characterized as slow acting toxicants, however their action is slow only to the extent that they affect a termite only at the points in its life cycle when it molts. Because all the termites in a colony do not molt at the same time, the effect of diflubenzuron on the colony as a whole is progressive. This progressive effect is one of the key attributes of diflubenzuron as a termite colony toxicant.

Sufficient consumption of Labyrinth by a termite colony can cause a decline in the number of members of the colony. Such a decline, if sustained by continued consumption of Labyrinth by the colony, can significantly impair the vitality of the colony. Further, continued consumption of Labyrinth by remaining colony members may ultimately result in the total elimination of the colony. The extent of the decline of the colony, the speed of its decline and the possibility of its

elimination depends upon the extent to which Labyrinth is made continuously available to a colony for consumption and the extent to which members of the colony consume it. Close adherence to the Use Directions can increase the likelihood of colony elimination, however conditions or circumstances beyond the control of the user may prevent or substantially delay colony elimination. Such conditions include: alternate non-bait food sources that reduce the extent to which the colony depends on Labyrinth as a food source, excess moisture, low or high temperatures or abandonment of feeding on the bait by the colony.

Because termites cannot be attracted, they must instead be intercepted as they randomly forage for food. Interception is the process by which termite activity is established at a location prior to the application of Labyrinth at that location. Once they are intercepted, termites can normally be induced to consume Labyrinth. These intercepted termites then guide other colony members back to the interception location where they also consume Labyrinth. The addition of moisture to Labyrinth can, under certain conditions, enhance the acceptance of Labyrinth by termites.

Termite colonies are intercepted and baited inside bait receptacles that are placed in the ground and, depending on the circumstances, above ground. In ground bait receptacles are buried in or placed in contact with the ground around or under structures to be protected. Above ground bait receptacles are attached to above ground parts of a structure infested with termite activity.

Bait receptacles include bait stations, bait bags and bait cartridges. Bait stations consist of a rigid hollow body with perforations in one or more of its sides allowing for termite entry, an inspection/baiting opening and a removable, tamper resistant cover that is affixed over the opening. Labyrinth can be placed directly into bait stations or alternately can be first placed within bait cartridges or bait bags that are loaded into the bait station. Bait bags are made of a flexible fabric containing perforations large enough to permit termite entry and are securely closed after bait is loaded into the bag. Bait bags containing Labyrinth can be used alone in lieu of bait stations when they are placed below hardened surfaces, such as through openings in the slab, or are buried below ground.

Termites are intercepted within in ground bait stations with interceptors that are placed inside the station but are accessible to termite attack through the perforations in the station sides. Interceptors are a nontoxic, cellulose containing substance readily consumed by subterranean termites, such as wood. The interceptors provide a pre-baiting food source for termites that, upon being fed on by termites, establishes termite activity within the station. After interception of a termite colony within an in ground station, Labyrinth is made continuously available for colony consumption by placing Labyrinth in the station and replenishing consumed amounts of Labyrinth for as long as termite activity is present in the station.

To reduce the time between bait receptacle installation and initiation of termite feeding on Labyrinth within a receptacle, Labyrinth can be placed within any installed in ground receptacle at any time, including any time prior to the establishment of termite activity within the receptacle, with or without interceptors. When interceptors are not used Labyrinth is used to intercept the termites.

When using above ground receptacles, the step of intercepting termites prior to Labyrinth application is eliminated. Termites are instead intercepted with Labyrinth.

After termite activity has been absent from a baited in ground receptacle for at least 60 days, the interception process is resumed by cleaning out the station or cavity and replacing the interceptors. After termite activity has been absent from an above ground receptacle for at least 30 days, the receptacle is removed.

In order to affect as many of the termites as possible that currently or could potentially infest a structure, every termite colony that inhabits the ground under and around the structure must be intercepted and baited with Labyrinth. If the cycle of interception and baiting around a structure is interrupted or discontinued, new colonies occupying the territory of eliminated colonies, existing colonies that were suppressed but not eliminated or existing colonies never intercepted may forage at points of possible entry into and infest the structure. For this reason, continue the cycle of interception and baiting for as long as it is desired to exclude subterranean termites from the structure.

If a conventional termite liquid barrier treatment is performed in conjunction with an installation of Labyrinth, care must be taken not to treat in the area of installed receptacles (preferably not within two feet of receptacles). Do not treat in areas of installed receptacles during routine pesticide applications.

Preventative critical area soil or wood treatments may be performed in conjunction with receptacle installation. Because the use of Labyrinth is a multistep process, localized supplemental treatment(s) of areas of the structure infested with active termites at the time of station installation, using barrier or contact type termiticides, may provide more immediate control of termites in those parts of the structure than Labyrinth. Because they can disrupt termite feeding in the structure, supplemental treatments must not be made to areas of the structure containing above ground receptacles for so long as above ground receptacles are installed in that area.

Use Directions

Preconstruction Use

Labyrinth can be used for preventative treatment (before signs of infestation) of structures under construction or newly completed (as a substitute for and in lieu of preconstruction soil treatment). Place receptacles around the outside of the structure only after the final exterior grade is installed (and preferably after landscaping is completed).

Postconstruction Use

Labyrinth can be used for remedial treatment of infested existing structures or for preventative treatment (before signs of infestation) of existing structures.

Spot and Critical Area Only Use

Spot or critical area only applications of Labyrinth can be made at a structure to supplement the application at the same structure of a termite control treatment product labeled for stand alone protection against termite attack. Application of a stand alone termite protection product is defined as the application of a product labeled for the protection of an entire structure against termite attack when applied to the structure alone without the use of other termite control products and such application is made to the extent necessary to provide stand alone protection. Spot and critical area applications of Labyrinth are defined as the use of Labyrinth according to any of the application techniques contained in this label, alone or in combination, only to the extent, duration or frequency deemed necessary or useful by the applicator as an adjunct to the application of the stand alone product.

Bait Receptacle and Restriction to Access Approval

Use Labyrinth only in receptacles approved by Ensystem for use with Labyrinth. Approved receptacles available from Ensystem include stations, bags and cartridges. Use only restrictions to bait bag access approved by Ensystem. Approved restrictions to access available from Ensystem include wall void access cover panels and slab plugs.

Above Ground Use of Labyrinth

Labyrinth is used above ground only when termites are known or suspected to be actively infesting the structure and areas of above ground termite infestation in the structure can be identified and are accessible.

Above Ground Bait Receptacle Selection

Bags are used in lieu of stations only within voids behind, between or within walls (wall voids) where station installation would be difficult or not feasible and access to the wall void can be securely restricted.

Above Ground Bait Receptacle Location Selection

Locate receptacles close to or in contact with areas of the structure that contain evidence of known or suspected termite activity. Examples of such evidence include inhabited termite tubing running across structural elements and evidence of active termite infestations within wooden elements.

A station can be located in or on any surface of the structure to which it can be securely attached. To reduce the potential for tampering with and disturbance of stations, choose points of station installation that, where possible, minimize station visibility. Use bags only within wall voids to which access can be securely restricted.

If termites have not been present in a receptacle for at least 30 days, remove the receptacle. At that time, check surrounding areas for evidence of continued above ground termite activity. If continued above ground termite activity is located, reinitiate above ground baiting by installing one or more new receptacles in the area of continuing termite activity.

Above Ground Bait Receptacle Installation and Initial Baiting

Moisten Labyrinth before installing it in the receptacle.

Install a station by attaching it to the structure securely. Position termite access openings in the stations flush with a surface close to or on which an active termite infestation is located. Bait the station by filling it with Labyrinth. Replace the station cover securely.

Install a bag by placing the bag within a wall void, creating an access to the wall void if necessary. Restrict access to the wall void securely.

Above Ground Receptacle Inspection and Rebaiting

To inspect a station, remove the station cover and visually examine the interior of the station for active termites, carefully probing the Labyrinth if necessary. If live termites are present in the station and consumption of Labyrinth sufficient to warrant rebaiting has occurred, refill the station with Labyrinth. Replace the station cover securely.

To inspect a bag, remove the restriction to wall void access and visually examine the interior of the bag for active termites, carefully probing the Labyrinth if necessary. If live termites are present in the bag and consumption of Labyrinth sufficient to warrant rebaiting has occurred, place another bag

containing Labyrinth adjacent to the infested bag. Resecure the restriction to wall void access.

Scheduling Above Ground Receptacle Inspections

Inspect a receptacle approximately 30 days after the date of installation and thereafter within approximately 30 days after the date of the last inspection of the receptacle.

Adjustments to Above Ground Receptacle Inspection Scheduling

Decreases in elapsed time between inspections may be warranted if consumption of all the bait in a receptacle occurs during the interval between any two inspections.

In Ground Use of Labyrinth

In Ground Bait Receptacle Location Selection

To reduce the potential for tampering with and disturbance of receptacles, choose points of receptacle installation that, where possible, minimize receptacle visibility. Areas where barrier type termiticides may have been previously applied, such as within two feet of the foundation wall, must be avoided if possible.

Install receptacles at or near points of known or suspected termite entry into the structure. If a point of accessible ground is not located within ten feet of a point of known termite entry (due to an intervening hardened construction surface such as a concrete slab), it may be advisable to create an access to the ground through that surface close to the point of known entry and install a receptacle at that access.

Install receptacles at or preferably within five feet of points of known, probable or suspected termite foraging and at other critical areas. Such areas may include areas with concentrations of cellulose-containing debris, such as mulch or wood scraps in contact with the ground, areas of moderate soil moisture, shaded areas, areas containing plant root systems, bath traps, visible termite foraging tubes, etc.

Install receptacles around a structure such that, except where sufficient access to the ground is not available, the maximum interval between any two adjacent receptacles does not exceed twenty feet. If the distance between two points of accessible ground around the structure exceeds thirty feet, it may be advisable to form one or more openings in the surface creating the inaccessibility to facilitate baiting between those points.

If the structure has an accessible crawl space, receptacles can be installed in the crawl space in lieu of or in addition to installing receptacles around the structure. Receptacles can be installed within a slab structure at existing or created openings in the slab surface through which ground is accessible and into which a receptacle can be installed in a secure manner.

Once termite interception has occurred at a receptacle and bait consumption has begun, it may be advisable, depending on the rate of bait consumption in that receptacle and nearby receptacles, to locate one or more supplemental receptacles in the immediate vicinity of the infested receptacle(s) in order that bait consumption by the colony be maximized.

If termites have not been present in a receptacle for at least approximately 60 days, remove any remaining bait (clean out station or remove bag) and replace the interceptors. If termites have abandoned the receptacle possibly due to reductions in termite activity related to low temperatures during the period of predicted limited termite activity (see below), it may be advisable to leave the bait in place and recheck the receptacle after the period of predicted limited termite activity has elapsed before removing the bait. If termites have abandoned the receptacle possibly due to excessive moisture, it may be advisable to remove the saturated bait (clean out station or remove bag) and rebait at that time or after the excess moisture condition has abated.

If a receptacle, upon repeated inspection, is found to contain excess moisture (water standing at the bottom of the station or cavity, etc.), it may be advisable to relocate the receptacle, if possible, to a nearby area where the soil is better drained or alternately, modify the receptacle location to prevent water from collecting in the receptacle by, for example, creating a sump area under an installed station or at the bottom of the cavity.

In Ground Bait Receptacle Installation

To install a station, excavate or form a hole in the ground or harden surface (such as a concrete slab, asphalt, etc.) approximately the same size and dimensions as those of the station. Insert the station into the hole. Maximizing contact between the exterior of the station and the earth during installation will increase the probability of termite interception within the station. Replace the station cover securely.

To create a bait bag cavity beneath a hardened surface, locate or form an opening through the surface, exposing the ground beneath the surface. Form a cavity in the exposed ground large enough to accommodate the bait bag.

Bait bags containing Labyrinth can be installed in the ground at any point a station can be installed. Bags that are not installed below a harden surface should be buried below the ground surface and their location recorded.

Inspecting a Receptacle Before First Use of Labyrinth in that Receptacle

Remove the station cover or restriction to bag access and visually examine the interceptors for the presence of termites, being careful to minimize disturbance of the interceptors. If termites are present, bait the receptacle according to First Use of Labyrinth in a Receptacle. If termites are not present, further inspect interceptors for excessive decay or moisture saturation. Replace excessively decayed interceptors and also replace saturated interceptors if experience in your area shows that moisture in interceptors does not readily dissipate naturally. Replace the station cover or restriction to cavity access securely.

First Use of Labyrinth in a Receptacle

Receptacles can be baited either after termite activity has been established in a receptacle or at any time before activity has been established in the receptacle, including at the time of receptacle installation.

The amount of Labyrinth placed in a receptacle will determine the length of the interval between inspections of receptacles (see *Scheduling In Ground Receptacle Inspections*). A receptacle must be initially baited with no less than 93 grams of Labyrinth. Baiting a receptacle with 120 or more grams of Labyrinth will permit the maximum length inspection interval between receptacle inspections to be used.

Optionally, moisten Labyrinth before installing it in a receptacle. Optionally, place Labyrinth (whether or not it has been moistened) in a cartridge before placing it in a receptacle.

To bait a station place at least 93 grams of Labyrinth in the station and replace the cover.

To bait a bait bag cavity, place a bag containing at least 93 grams of Labyrinth in contact with the interceptors in the cavity and replace any restriction to cavity access securely.

Inspecting and Rebaiting a Previously Baited Receptacle

To inspect a station, remove the station cover and visually examine the interior of the station for active termites, carefully probing the Labyrinth if necessary. If live termites are present in the station and sufficient consumption of Labyrinth has occurred to warrant rebaiting, rebait the station by refilling the station with Labyrinth. If a bait cartridge or bait bag is in use in the station, either refill the in use cartridge or bag or fill a new cartridge or bag with the appropriate amount of bait and place it in the station. Replace the station cover securely.

To inspect a bag, remove the restriction to cavity access (if any) or dig up the bag and visually examine the interior of the bag for active termites, carefully probing the Labyrinth if necessary. If live termites are present in the bag and consumption of Labyrinth sufficient to warrant rebaiting has occurred, place another bag containing Labyrinth adjacent to the infested bag or refill the bag. Resecure the restriction to cavity access or rebury the bag(s).

Scheduling In Ground Receptacle Inspections

If using less than 120 grams of Labyrinth in an in ground receptacle

If termite activity is known to be present in the structure at the time receptacles are initially installed, inspect all receptacles two times at approximately 45 and 90 days after the date of completion of initial receptacle installation. If no termite activity is present in the structure at the time receptacles are initially installed, inspect all receptacles for the first time within approximately 90 days after the date of completion of initial receptacle installation.

Thereafter inspect all receptacles approximately every 90 days.

If using 120 or more grams of Labyrinth in an in ground receptacle

If termite activity is known to be present in the structure at the time receptacles are initially installed, inspect all receptacles two times at approximately 60 and 120 days after the date of completion of initial receptacle installation. If no termite activity is present in the structure at the time receptacles are initially installed, inspect all receptacles for the first time within approximately 120 days after the date of completion of initial receptacle installation.

Thereafter inspect all receptacles approximately every 120 days.

Adjustments to In Ground Receptacle Inspection Scheduling

Decreases in elapsed time between inspections of a baited receptacle may be warranted if consumption of all the bait in the receptacle occurs during the interval between any two inspections.

Because subterranean termites are cold blooded (poikilothermic) animals, low temperatures can substantially reduce or stop their activity close to the earth's surface during a certain period of the year. For this reason, if the temperature falls low enough, termites may cease to feed in receptacles or the onset of feeding in receptacles may be delayed until temperatures have recovered above a certain level for a long enough period of time. Reductions in termite activity that are the result of low temperatures may make inspections of receptacles unnecessary for as long as low temperatures prevail in the area.

The temperature at which termite activity is substantially curtailed may vary significantly between different geographic areas and with different species of

termites. However, generally speaking, termite activity will be reduced in the receptacles during those times of the year during which the average daily mean exterior air temperature is below 50 ° F. For this reason, the following rule may be applied when counting the number of elapsed days between inspections unless, in the opinion of the operator, increases in the elapsed time between inspections are unwarranted based on local circumstances.

In counting the number of days between inspections, exclude from the total number of days elapsed since the last inspection any days whose date falls between the first date in the fall/winter that long term climate data predicts that the mean exterior air temperature for that date at that application site will be below 50 ° F (begin period of predicted limited activity) and the first date in the winter/spring that the climate data predicts that the average mean exterior air temperature for that date at that application site will be above 50 ° F (end period of predicted limited activity).

However, if the number of days excluded according to this rule exceed 90 then schedule the date of the first inspection after the end of the period of predicted limited activity according to the rule or within 30 days of the date of the end of the period of predicted limited activity, whichever of these two dates occurs first. However, under no circumstances should more than six months elapse between inspections of receptacles. Climate data used should be for the National Weather Service reporting station closest to the application site. Information on determining the period of limited activity for any application site based on the zip code of the site can be found at www.ensystex.com.

Allowing extra time between inspections as provided for by this rule may not be advisable if receptacles are located within an area in or under a structure in which the average daily mean air temperature is expected to remain above 50 ° F and termites are actively consuming bait in the receptacles.

Warranty Disclaimer

Ensystex warrants that this product conforms to the chemical description on the label and is reasonably fit for the purposes stated on the label when used in strict accordance with the directions for use, subject to the inherent risks set forth below. **TO THE EXTENT CONSISTENT WITH APPLICABLE LAW, ENSYSTEX MAKES NO OTHER EXPRESS OR IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR ANY OTHER EXPRESS OR IMPLIED WARRANTY.**

Inherent Risks of Use

It is impossible to eliminate all risks associated with use of this product. Lack of performance or other unintended consequences may result because of factors such as use of the product contrary to the label directions, adverse conditions (such as unfavorable temperatures, soil conditions, excessive rainfall, etc.), abnormal conditions (such as drought, tornadoes, hurricanes, earthquakes, etc.), presence of other materials, the manner of application or other factors, all of which are beyond the control of ENSYSTEX or the seller. All such risks shall be assumed by the Buyer and User.

Limitation of Remedies

To the extent consistent with applicable law, the exclusive remedy for losses or damages resulting from the use of this product (including claims based on contract, negligence, strict liability, or other legal theories), shall be limited to, at ENSYSTEX's election, one of the following:

(1) Refund of purchase price paid by buyer or user for product bought, or (2) Replacement of amount of product used.

ENSYSTEX shall not be liable for losses or damages resulting from handling or use of this product unless ENSYSTEX is promptly notified of such loss or damage in writing. In no case shall ENSYSTEX be liable for consequential or incidental damages or losses even if ENSYSTEX knew of, was advised of or should have been aware of the possibility of such damages.

The terms of the "Warranty Disclaimer" above and this "Limitation of Remedies" cannot be varied by any written or verbal statements or agreements. No employee or sales agent of ENSYSTEX or the seller is authorized to vary or exceed the terms of the "Warranty Disclaimer" or this "Limitation of Remedies" in any manner.

Labyrinth is a trademark of Ensystex, Inc.

ENSYSTEX, Inc.
2713 Breezewood Ave., Fayetteville, NC 28303
1-888-398-3772

Labyrinth Termite Bait Label revised 05-2009

