

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO PARÁ

**FIXAÇÃO DE NITROGÊNIO POR *Nasutitermes* (ISOPTERA,
TERMITIDAE, NASUTITERMITINAE) NA MICRORREGIÃO DE
BELÉM, PARÁ, BRASIL**

OSCAR RAIMUNDO GAVINHO DE AGUIAR

Farmacêutico-Bioquímico

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias do Pará, como parte
das exigências do Curso de Ciências
Florestais, área de concentração
Silvicultura e Manejo Florestal para
obtenção do título de “Mestre”.

Profa. Dra. Maria Marly de Lourdes S. Santos

Orientadora

Belém - Pará
1996

AGUIAR, Oscar Raimundo Gavinho de. Fixação de nitrogênio por Nasutitermes (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae) na microrregião de Belem, Para, Brasil. Belem: Faculdade de Ciências Agrárias do Para, 1996. Dissertação (Mestrado em Silvicultura e Manejo Florestal) - FCAP, 1996.

CDD: 665.824098115
CDU: 661.938(811.5)

OSCAR RAIMUNDO GAVINHO DE AGUIAR

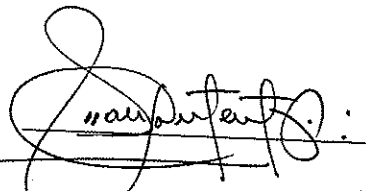
**FIXAÇÃO DE NITROGÊNIO POR *Nasutitermes* (ISOPTERA,
TERMITIDAE, NASUTITERMITINAE) NA MICRORREGIÃO DE
BELÉM, PARÁ, BRASIL**

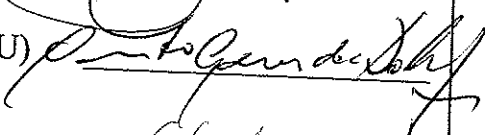
Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias do Pará, como parte
das exigências do Curso de Engenharia
Florestal, área de concentração em
Silvicultura e Manejo Florestal, para
obtenção do título de "Mestre".

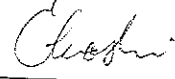
APROVADA em 27 de setembro de 1996

Comissão Examinadora:

Profa. Dra. Maria Marly de Lourdes S. Santos (FCAP) 
Orientadora

Prof. Dr. Paulo Luiz Contente de Barros (FCAP) 

Prof. Dr. Olinto Gomes Neto (EMBRAPA/CPATU) 

Prof. Dr. Orlando Shigueo Ohashi (FCAP) 

Aos meus pais "in memoriam", pelo amor, carinho e dedicação em meu encaminhamento na vida.

À minha filha Sabrina, "in memoriam", pelo amor, carinho e incentivo que lhe eram característicos

Ofereço.

À minha esposa Ilaise, a quem, com amor partilho esta vitória, pelo apoio e incentivo.

Aos meus filhos Christhiano e Luciano, para quem, espero, a Ciência proporcione um futuro melhor, e aos meus irmãos, irmãs e demais parentes, sempre meus incentivadores.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

- Em primeiro lugar a DEUS.
- Ao MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO e à FUNDAÇÃO COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE ENSINO SUPERIOR - CAPES, pelo apoio recebido.
- À FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO PARÁ - FCAP pelas facilidades concedidas.
- À Profa. Dra. Maria Marly de Lourdes S. Santos, pelo apoio, confiança e orientação neste trabalho.
- À Profa. Dra. Irenice Maria Vieira, Coordenadora do Núcleo de Pós-Graduação da FCAP, ao Prof. Dr. Paulo Luiz Contente de Barros, Coordenador do Curso de Mestrado em Ciências Florestais e ao Prof. M.Sc. Francisco de Assis Oliveira, da FCAP, que me aceitaram como aluno, pelas sugestões, amizade e apoio.
- À UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO (UEMA) pela minha liberação para participar do Curso.
- Ao Prof. Dr. Ademar Gomes Bandeira, pelo treinamento, sugestões, pela amizade e apoio.
- À Direção do MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI e à M. Sc. Maria Lúcia Jardim Macambira, pelo treinamento com Isoptera.
- Ao Sr. Ramiro Bittencourt, pela ajuda e orientação nos trabalhos de campo.
- Ao Sr. Soter Garcia Ferreira, gerente da fazenda Morelândia, pela ajuda nos trabalhos de campo.
- à EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROFLORESTAIS DO TRÓPICO ÚMIDO - EMBRAPA/CPATU pelo estágio no Laboratório Agroflorestal.
- Ao M.Sc. Sérgio de Mello Alves, do Laboratório de Agroindústria da EMBRAPA/CPATU pela orientação e análises em cromatografia.

- Às Laboratoristas do Laboratório Agroindustrial da EMBRAPA/CPATU, Nádia Elinge Moraes Nunes Pinto e Maria Aline Faria Lima, pela amizade e orientação em cromatologia.
- À M. Sc. Aliete Villacorta de Barros, ao Prof. Dr. Paulo Luiz Contente de Barros e ao Prof. Dr. Waldenei Travassos de Queiroz, pelo apoio na análise dos dados.
- À Srta. Asenate Andrade da Silva, secretária do Curso de Mestrado em Ciências Florestais, pelo apoio e compreensão.
- Aos funcionários das Bibliotecas da FCAP, MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI, EMBRAPA/CPATU e CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE IMPERATRIZ da UEMA, sempre prestimosos na obtenção da bibliografia.
- Aos colegas professores e funcionários do CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE IMPERATRIZ da UEMA, pelo incentivo e apoio.
- À equipe do Laboratório de Físico-químico da ELETRONORTE - BELÉM, Drs. Luis Carlos da Silva Frade, Fernando Sérgio Castro de Azevedo, Manoel Dias Sobrinho, Roberto Sérgio Carneiro, João da Cruz Ribeiro Neto, Miguel Costa Nascimento Jr. e aos Laboratoristas Augusto César Saraiva e Jonas Rodrigues Siqueira Moraes, pela ajuda nas análises cromatográficas, pela amizade e apoio.
- Aos colegas do Curso de Mestrado em Ciências Florestais e Mestrado em Solos, pelo companheirismo e amizade.
- À todas as pessoas e instituições que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	p.
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vi
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1 - INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivo	3
2 - REVISÃO DE LITERATURA	4
3 - MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1. Área de Estudo	11
3.1.1. Vegetação	11
3.1.2. Solos	12
3.1.3. Relevo	12
3.1.4. Ecossistemas	12
3.2. Coleta e Identificação das Espécies de Cupins	12
3.3. Determinação da Fixação de Nitrogênio	13
3.4. Cálculo do Volume de Etileno.....	13
3.5. Nanomoles de Etileno por Unidade de Altura de Pico	14
3.6. Produção de Etileno	14
3.7. Análise Cromatográfica	14
3.8. Análise Estatística dos Dados	14
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5 - CONCLUSÕES	29
6 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	30
APÊNDICE	43
ANEXOS	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Medida da fixação de nitrogênio em térmitas pelo método de redução do acetileno.....	45
Figura 2 - Produção de nanomoles de etileno/g de peso seco de cupim em três espécies (<i>Nasutitermes acajutlae</i> , <i>N. costalis</i> e <i>N. surinamensis</i>) em três intervalos de tempo.....	46
Figura 3 - Porcentagens de nitrogênio em cupinzeiros das três espécies de cupins estudadas	47
Figura 4 - Cromatógrafo gasoso de <i>Nasutitermes costalis</i>	48
Figura 5 - Cromatograma gasoso de <i>Nasutitermes acajutlae</i>	49
Figura 6 - Cromatograma gasoso de <i>Nasutitermes surinamensis</i>	50
Figura 7 - Cupinzeiros de <i>Nasutitermes costalis</i> na Reserva Mocambo da EMBRAPA	51
Figura 8 - Cromatógrafo a gás modelo CG-3537, coluna peneira molecular 13 x 1,5 m, preenchida com Porapak N	52

LISTA DE TABELAS

	p.
Tabela 1 - Resultado das análises da atividade de redução do acetileno em três espécies de cupins estudadas, em três intervalos de tempo, Belém e Benevides. Abril de 1995.	18
Tabela 2 - Médias e desvios padrões da atividade de redução de acetileno (nm/g/h e nm/c/h) em três espécies de cupins. Belém e Benevides. Abril de 1995.	18
Tabela 3 - Dados de análise de variância para redução de acetileno em três espécies de cupins (<i>N. acajutlae</i> , <i>N. costalis</i> e <i>N. surinamensis</i>) e sua relação com o tempo de incubação. Belém e Benevides. Abril de 1995.	19
Tabela 4 - Comparações de médias em três espécies de cupins para redução de acetileno. Belém e Benevides. Abril de 1995. ...	19
Tabela 5 - Comparações de médias para tempo de incubação em três espécies de cupins. Belém e Benevides. Abril de 1995.	20
Tabela 6 - Análise físico-química percentual de seis cupinzeiros arbóreos de <i>N. costalis</i> em floresta secundária da FCAP. Belém. Abril de 1995.	21
Tabela 7 - Análise físico-química percentual de seis cupinzeiros arbóreos de <i>N. surinamensis</i> em Floresta Secundária da Fazenda Morelândia. Benevides. Abril de 1995.	21

Tabela 8 - Análise físico-química percentual de seis cupinzeiros arbóreos de <i>N. acajutlae</i> em Floresta Secundária da FCAP. Belém. Abril de 1995.	22
Tabela 9 - Correlações na concentração de nutrientes em ninhos de <i>N. acajutlae</i> , <i>N. costalis</i> e <i>N. surinamensis</i> . Belém e Benevides. Abril de 1995.	22
Tabela 10 - Correlações na concentração de nutrientes em ninhos de <i>N. surinamensis</i> . Benevides. Abril de 1995.	23
Tabela 11 - Correlações na concentração de nutrientes em cupinzeiros de <i>N. acajutlae</i> . Belém. Abril de 1995.	23
Tabela 12 - Correlações na concentração de nutrientes em ninhos de <i>N. costalis</i> . Belém. Abril de 1995.	24
Tabela 13 - Valores teóricos de nutrientes de um solo com fertilidade próxima da ideal para policultura ou vegetação natural. Belém. Abril de 1995.	25
Tabela 14 - Taxas máximas de redução de acetileno por cupins em cinco trabalhos publicados. Nanomoles de etileno/grama de peso fresco/hora (nm/g/h) ou nanomoles/cupim/hora nm/c.	26

RESUMO

AGUIAR, Oscar Raimundo Gavinho de. **Fixação de Nitrogênio por *Nasutitermes* (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae) na Microrregião de Belém, Pará, Brasil.**

Três espécies de cupins do gênero *Nasutitermes* foram coletados de seus cupinzeiros e galerias em áreas de floresta secundária numa fazenda e em Reservas Florestais na microrregião de Belém, Pará, Brasil. A atividade da nitrogenase associada a cupins foi testada pelo método de redução do acetileno utilizando operários e soldados, que não foram separados para testes. Foi verificada uma diferença significativa nas atividades de redução de acetileno entre as três espécies estudadas: *Nasutitermes acajutlae* (Holmagren) foi a espécie com maior atividade (243,42 nanomoles/ C_2H_4 /grama de peso seco de cupim) seguida de *Nasutitermes surinamensis*, Holmagren, (161,06 nanomoles/g de peso seco) e *Nasutitermes costalis* Holmagren, (123,82 nmoles/g peso seco). A atividade da nitrogenase diminuiu com o tempo de incubação em acetileno. Houve também diferença significativa na concentração de alguns nutrientes dos cupinzeiros das três espécies de cupim. A fixação de nitrogênio associada com cupins pode ser um fator ecológico importante na Amazônia.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Marly de Lourdes S. Santos. Membros da Banca
Examinadora: Prof. Dr. Paulo Luiz Contente de Barros; Prof. Dr. Olinto Gomes
Neto; Prof. Dr. Orlando Shigueo Ohashi.

ABSTRACT

NITROGEN FIXATION BY *Nasutitermes* (ISOPTERA, TERMITIDAE, NASUTITERMITINAE) IN MICRORREGION THE BELÉM, PARÁ, BRAZIL.

Three species of termites *Nasutitermes* were collected from their nests in áreas of secondary forest at a cattle ranch and forest reserves in microrregião of Belém, Pará, Brazil. They were tested for nitrogenase (acetylene reducing) activity, having significant difference between species: *Nasutitermes acajutlae* (Holmagren) was the specie with the highest acitivity (243,42 nmoles etylene/g dry weight folowed of *Nasutitermes surinamensis* (Holmagren) with 161,06 nmoles etylene/g dry weight and *Nasutitermes costalis* with 123,82 nmoles etylene/g dry weight of termites. The nitrogenase activity decrease with the time of acetylene incubation. Difference significant were encountered in the nitrogen concentration of nutrients in nests between species. The nitrogen fixation associated with *Nasutitermes* can to be an important ecological factor in the Amazônia.

1. INTRODUÇÃO

A produção de alimentos no mundo não tem acompanhado o aumento da população. Há uma necessidade premente de se aumentar a produtividade nas áreas de plantio para resolver, ou pelo menos minimizar o problema. Para que a produtividade aumente é necessário um consumo cada vez maior de adubos nitrogenados, pois o nitrogênio é um elemento primordial para as plantas, uma vez que ele é um dos principais componentes da proteína. Entretanto, com os altos custos de adubos nitrogenados, buscam-se formas de melhor produzir alimentos que não demandem grandes gastos de energia. A Fixação Biológica do Nitrogênio é um dos meios de reduzir o consumo de energia pela agricultura.

Nas florestas da Amazônia a circulação dos nutrientes se dá com eficiência fantástica; as pequenas perdas são compensadas pela entrada de nutrientes trazidos pelas chuvas e esta eficiência está relacionada com a grande diversidade biológica observada na floresta (SCHUBART 1986, CÂMARA 1986, ALHO 1986).

Os cupins formam uma grande proporção da biomassa faunítica da Amazônia (FITTKLAN & KLINGE 1973, BANDEIRA 1983) e já se conseguiram alguns resultados positivos envolvendo esses insetos no processo da fixação de nitrogênio em cupins na Amazônia Central, próximo a Manaus-AM (SYLVESTER-BRADLEY et al. 1978, 1983) porém não há referências sobre a ocorrência desse processo, em ecossistemas da Amazônia Oriental.

A atividade de fixação de nitrogênio mais elevada pelos cupins possibilitaria uma degradação mais rápida da matéria orgânica, favorecendo a reciclagem de nutrientes ao ecossistema (SYLVESTER-BRADLEY 1978). Estes autores concluíram ser improvável que a fixação de nitrogênio em cupins possa fornecer todo o nitrogênio necessário para a regeneração da floresta, porém, uma certa proporção poderia ser fornecida, daí terem sugerido novos trabalhos adicionais para verificação. Por esse motivo, torna-se importante a continuidade

desta linha de pesquisa na Amazônia, para que se possa compreender melhor o ciclo de nitrogênio nesta região e tentar descobrir novas técnicas para melhor aproveitamento do potencial dos cupins na fixação deste elemento. Estudos mais detalhados sobre fixação de nitrogênio em cupins, estudos químicos de seus ninhos e outros estudos (físicos, ecológicos, etc...) são de grande importância para se compreender melhor a dinâmica dos ciclos de nutrientes e a ecologia química.

BANDEIRA (1985) estudando cupinzeiros como fonte de nutrientes encontrou maiores concentrações de matéria orgânica e de nutrientes orgânicos em ninhos de *Nasutitermes cf. minimus* e *Nasutitermes surinamenses*.

Os *Nasutitermes*, além da sua utilidade como recicladores da matéria vegetal morta, podem também contribuir com a fixação de nitrogênio em ecossistemas da Amazônia, onde outras fontes naturais de fixação biológica deste elemento são deficientes (SYLVESTER-BRANDLEY et al 1978 e 1980). NYE & GREENLAND (1960) estimaram que são necessários 100 kg de nitrogênio por ha/ano a serem fixados por meio de fixação biológica de nitrogênio para a regeneração da floresta.

BANDEIRA & HARADA (1991) acreditam que é possível produzir adubo de boa qualidade com ninhos de térmitas, mas é necessário que se desenvolva uma tecnologia para tal, da mesma forma a humanidade poderá controlar pragas com produtos químicos que atuem apenas sobre o alvo desejado, sem exterminar outras formas de vida e o próprio homem.

Os índios Kayapós utilizam pedaços de ninhos de *Nasutitermes* (espécie não identificada) como fertilizante no preparo de covas para seus plantios; a este material, às vezes eles acrescentam pedaços de ninhos de formigas do gênero *Azteca*, cujas formigas “lutam” com os cupins evitando assim que estes ataquem as novas plantas. (ANDERSON & POSEY 1985). OLIVEIRA & PAIVA (1985) testaram na INPA, ninhos de *Nasutitermes* (espécie não identificada) como adubo em experimento com alface: os resultados foram considerados promissores, uma vez que tratamentos adubados com 100 g de cupinzeiros produziram plantas com parte aérea 4,8 vezes mais pesadas que tratamentos-testemunhas (BANDEIRA & HARADA 1991).

As espécies de cupins têm microorganismos simbiontes, protozoários ou bactérias, que são responsáveis pela produção de celulose, indispensável para a degradação da celulose ingerida pelos insetos. No gênero *Nasutitermes*, o mais abundante na Amazônia Central e Oriental, além desses microorganismos encontram-se outros que transformam o nitrogênio atmosférico em compostos nitrogenados que podem ser utilizados por eles e talvez pelas plantas, de forma semelhante ao que ocorre em plantas leguminosas e bactérias do gênero *Rhizobium* (SYLVESTER-BRADLEY et al. 1978, 1983).

Até o presente, ainda se faz um julgamento muito negativo sobre a finalidade dos cupins, acreditando-se que eles são apenas destruidores de madeira e de outros materiais, geralmente de construções, porém muitas espécies, podem ser de grande utilidade no ambiente natural.

1.1. Objetivo

O presente trabalho objetiva determinar o nível de fixação biológica do nitrogênio, pelos cupins: *Nasutitermes surinamenses*, *Nasutitermes costalis* e *Nasutitermes acajutlae*, em floresta secundária da microrregião de Belém, Pará, Brasil.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O nitrogênio (N) depois do carbono (C), hidrogênio (H) e o oxigênio (O), é o elemento químico mais abundante na matéria viva. Ele constitui aproximadamente 79% da atmosfera terrestre, ocorre na fórmula molecular diatômica (N_2), sendo utilizado apenas por algumas bactérias que têm a maquinaria enzimática necessária para fazer sua redução, através de um processo conhecido como Fixação Biológica de Nitrogênio (SIQUEIRA & FRANCO 1988).

A Fixação Biológica de Nitrogênio em todos os sistemas conhecidos, se dá com a participação de um complexo enzimático denominado NITROGENASE, Fe, Mg, Mo e energia biológica (ATP). O produto final estável mais precoce da reação de fixação é a amônia. O sistema Nitrogenase é um complexo de duas proteínas que não possuem qualquer atividade demonstrável quando isoladas. Uma delas é a proteína com molibdênio-ferro-enxôfre (simbolizada MoFe-proteína) com um peso molecular próximo de 220.000; essa proteína, com duas subunidades, já foi cristalizada. Ela contém dois átomos de molibdênio, 32 de ferro e 25 a 30 de enxofre ácido-lábil. O outro componente é uma ferro-proteína (Fe-proteína) com um peso molecular próximo a 60.000. Esses componentes estão presentes na razão de uma Mo-Fe-proteína para duas Fe-proteína. A ferredoxina reduzida serve como doador imediato de elétrons. São requeridos seis elétrons para reduzir uma molécula de N_2 e duas de NH_3 . Pelo menos uma molécula de ATP é requerida para cada elétron transferido; muitas evidências sugerem que são requeridos dois ATPs. A biossíntese do sistema nitrogenase é regulada pela repressão genética. Quando as células são supridas com bastante NH_3 , elas param de sintetizar a enzima. Assim a fixação de nitrogênio ocorre somente quando seu produto é necessário (LEHNINGER 1976).

Os cupins pertencem à ordem Isoptera e se distribuem em todas as regiões tropicais; um número relativamente pequeno de espécies habitam regiões

temperadas, sendo que algumas atingem a latitude 45° S (ARAÚJO 1970) e outras alcançam até 48° N (EMERSON 1955) mas a variedade maior em espécies e abundância de indivíduos ocorrem nas regiões mais quentes da Terra (HARRIS 1966; WOOD 1975). Entretanto, é nas regiões tropicais que encontram clima favorável ao seu desenvolvimento, sendo também muito importantes na decomposição da matéria orgânica (MATSUMOTO 1976) e, mesmo na fixação de nitrogênio (SYLVESTER-BRANDLEY et al. 1978, SYLVESTER-BRANDLEY et al. 1983).

Como é conhecido, a distribuição dos seres vivos está estreitamente relacionada com o clima e demais fatores ambientais ou abióticos. Em função do desmatamento de uma área, esses fatores são alterados, tendo como consequência a extinção local de algumas espécies de cupins, outras tornam-se escassas e, algumas não são afetadas, entretanto aquelas que são adversamente atingidas, podem restabelecer-se e aumentar sua atividade (USHER 1975). É obvio que o desmatamento tem maior efeito sobre aqueles cupins com sistema de ninhos ligados à vegetação, onde também obtém alimento, ao passo que esse efeito é menos acentuado sobre aqueles que têm constante contato com o solo e que podem, às vezes ser capazes de construir seus ninhos sobre o chão ou subterraneamente (WOOD 1975). O mesmo autor acrescenta que a formação de pastagens pode afetar as espécies de cupins também pela exposição ao sol, compactação do solo, presença de fezes e outras influências.

BANDEIRA (1983) mostrou que os cupins são o grupo de invertebrados predominante no estrato inferior da floresta, mais precisamente no interior de troncos e galhos em decomposição. Como esses insetos se alimentam principalmente de madeira, eles têm papel importante na liberação de nutrientes da vegetação morta para o ambiente. É muito importante a liberação de nutrientes para o meio, porque ela é feita vagarosamente, para que as plantas possam aproveitar o máximo do que for sendo liberado, sem que se percam por lixiviação, no caso das queimadas em áreas destinadas à agricultura e pastagens.

A vegetação exerce três papéis importantes e de influência direta sobre as populações de cupins: 1) as folhas e a madeira constituem-se no principal alimento para os térmitas; 2) muitas espécies arbóreas necessitam das

árvores para construir seus ninhos, sem o que não podem sobreviver e 3) a composição faunística pode ser modificada por alterações microclimáticas, pois algumas espécies de cupins não resistem ao ressecamento, grandes variações de temperatura e insolação (BANDEIRA 1983).

SANDS (1965) encontrou que, no Norte da Nigéria, a densidade populacional de *Trinevitermes obnerianus* era mais alta em áreas onde predominava vegetação de gramíneas ao passo que *T. auriterrae* e *T. oeconomus* eram mais abundantes em locais sombreados de florestas. Em áreas de pastoreio na Austrália, FERRAR & WATSON (1970) encontraram 48 formas (espécies e subespécies) em fezes de animais, sendo que 43 dessas formas foram coletadas em fezes de gado bovino e 20, em fezes de gado eqüino.

Outro fato muito importante é que muitas espécies de cupins constróem seus ninhos de barro sobre o chão e neste processo os insetos removem partículas de horizontes inferiores para cima do solo, podendo mesmo atingir o subsolo (HESSE 1965). Além de muitos outros aspectos da ecologia de cupins, também são importantes, sua predação, segundo vários autores (HARRIS 1961, WOOD 1975), que ocorre por vários animais, porém as formigas seriam os principais predadores existentes.

No Brasil os estudos mais abrangentes sobre cupins foram realizados por pesquisadores do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, principalmente com material da região sudeste (ARAÚJO 1958, 1958a), tendo sido continuado por FONTES (1982) e CANCELLO (1992). No Brasil Central o trabalho de maior destaque é o de MATHEWS (1977) que abrange a ecologia e a taxinomia. Na região Norte citam-se BANDEIRA (1979, 1979a, 1981, 1983, 1985), BANDEIRA & TORRES (1985), SYLVESTER-BLANDLEY et al. 1978, BANDEIRA & OLIVEIRA (1978); SYLVESTER-BRADLEY et al. (1983) e CEZAR et al. (1986). Todos os trabalhos de CEZAR e equipe, SYLVESTER-BRADLEY e equipe têm enfoque ecológico geral e foram desenvolvidos em áreas de Floresta Tropical Úmida.

BANDEIRA & TORRES (1985) e BANDEIRA & MACAMBIRA (1988) apresentaram evidências de que aproximadamente 40% das espécies de

cupins, em cada sítio de um hectare, são novas. Concluíram ainda não ser exagero estimar-se que 80-90% das espécies da Amazônia são desconhecidas.

Nas Florestas, a maioria dos térmitas se encontram no interior de troncos em decomposição (BANDEIRA & TORRES 1985) e não no interior do solo, como é comum em outras regiões (LEE & WOOD 1971). Isto pode ser em parte pelo excesso de umidade dos solos amazônicos, principalmente durante a estação mais chuvosa, como também porque a camada de humo é relativamente fina, em razão de a reciclagem da matéria orgânica ser muito rápida e quase completa (BANDEIRA & HARADA 1991).

A densidade de cupinzeiros, considerando-se só os terrestres, é maior em áreas abertas, naturais ou de culturas, comparadas com floresta virgem (BANDEIRA 1979B, BANDEIRA & MACAMBIRA 1988). BANDEIRA (1989) estudando o comportamento de *Cornitermes ovatus*, concluiu tudo indicar que a construção dos cupinzeiros em áreas abertas tenha a finalidade de controlar o microclima, importante na reprodução da espécie.

BANDEIRA (1983) comparando seu trabalho com os de outros autores, observou que a distribuição de *Nasutitermes* ocorre preferencialmente na floresta amazônica, chegando a representar 28% das espécies no Leste do Pará e apenas 8,3% nos cerrados do Distrito Federal.

GOREAU & MELLO (1988) provaram que cupins são grandes produtores de metano e que este gás é um dos principais responsáveis pelo efeito estufa. Este fenômeno pode ser mais preocupante se a produção de metano for relacionada com o crescimento populacional dos cupins, devido ao desmatamento acelerado da floresta; isto porque o número de cupins aumenta em áreas derrubadas, a partir do segundo até o sexto ano, aproximadamente; após um certo tempo, começam a declinar, por falta de alimento, sendo tudo isso acompanhado por uma sucessão parcial das espécies (BANDEIRA 1979A, BANDEIRA & TORRES 1985). É preciso se obter o valor médio da produção de metano por cupins em áreas naturais e devastadas, para poder avaliar se de fato os Isoptera possam acelerar o desenvolvimento do efeito estufa.

Existe uma recirculação constante de quase todos os gases da atmosfera. O tempo médio de residência desses gases é muito pequeno quando

comparado aos tempos geológicos, sendo de trezentos anos para o CO_2 , dois mil anos para o O_2 e cerca de dois milhões de anos para o N_2 . Na Bacia Amazônica, o vapor d'água tem um tempo de residência muito baixo. Poderão haver modificações ecológicas, caso os componentes dos ciclos desses gases sofrerem alterações (SALATI & RIBEIRO 1979).

Diversos microrganismos e sistemas fixam o nitrogênio atmosférico, como os microrganismos procarióticos, incluindo vários gêneros de bactérias, cianobactérias, e actinomicetos do gênero *Frankia*, que podem viver livres no solo ou na água, na superfície das raízes e folhas das plantas, nos intestinos dos animais, ocupar espaços inter ou intracelulares ou mesmo causar mudanças morfológicas e fisiológicas nas plantas. Estes microrganismos fixadores de nitrogênio em vida livre, também chamados diazotróficos, apesar de importantes em número, em geral tem pouco rendimento fixador, devido à escassez de substrato, como fonte de energia, na biosfera circundante. Os diazotróficos fotossintéticos (cianobactérias) podem utilizar também a energia solar, razão pela qual são os microrganismos livres de maior importância ecológica. Por ser o resultado de complexas reações fisiológicas e bioquímicas, muitas vezes envolvendo espécies distintas, a fixação biológica do nitrogênio depende da expressão do potencial genético do microrganismo diazotrófico, do hospedeiro ou de ambas, no caso de sistemas simbióticos (SIQUEIRA & FRANCO 1982).

Os ninhos de cupins concentram nutrientes provenientes de restos alimentares e das fezes; portanto os ninhos são pontos de alta fertilidade, contrastando com o solo, principalmente onde este contém poucos nutrientes, devido a origem ou do mau uso da terra (SALICK et al. 1983, BANDEIRA 1985).

BANDEIRA & SOUZA (1982) mostram que plantações de pinheiros na Amazônia podem exercer influência significativa sobre as populações de certos animais do solo, positivamente para uns grupos e negativamente para outros. Para as formigas, a influência mostrou-se negativa, isto devido a que muitas espécies de formigas são predadoras de cupins e que podem ser derrotados diante dos térmitas portadores de secreções químicas de

defesa, tais como espécies de *Nasutitermes* e outros. RACTILIFFE et al. (1952), LEE & WOOD (1971) observaram que *Pninus sp.* tem influência negativa sobre populações de *Nasutitermes exitiosus* na Austrália, se comparado com vegetação nativa. Espécies de cupins podem ser repelidas por produtos químicos liberados por pinheiros, mesmo sabendo-se que representantes desses dois gêneros (*Pinnus* e *Nasutitermes*) podem conter alguns compostos químicos em comum (LEE & WOOD 1971). *Eucalyptus sp.* também exerce ação alelopática sobre o meio, inclusive com substância auto-inibidoras (WHITTAKER & FEENY 1973).

BANDEIRA et al (1989), estudando insetos pragas de madeiras de edificações em Belém, encontramos os seguintes gêneros e cupins: *Criptotermes* e *Glyptotermes* (Família Kalotermitidae); *Heterotermes* e *Rhinotermes* (Família Rhinotermitidae) e *Microcerotermes* e *Nasutitermes* (Família Termitidae) sendo que os *Nasutitermes* foram, pelos autores, considerados os que causam maiores prejuízos para a madeira.

Existem vários métodos para se determinar a concentração de substâncias líquidas e gasosas em diversos organismos e ecossistemas. A separação de gases ou substâncias volatilizáveis podem ser feitas por cromatografia gasosa e baseia-se na diferente distribuição das substâncias da amostra entre uma fase estacionária (sólida ou líquida) e uma fase móvel (gasosa) (BONATO 1987).

BENTLEY (1984), misturou 50 soldados e operários de *N. corniger*, colocou em frascos de 7ml e incubou durante duas horas numa atmosfera de 15% de acetileno, e tratados com ácido tricloroacético. Esta autora injetou 100 ul de alíquota de gás e analisou em cromatógrafo gasoso equipado com Porapak R e detetor de chama de ionização a 50° C. Os picos de etileno foram calibrados com um padrão de 100 p.p.m. de etileno em Hélio. PRESTWICH & BENTLEY (1982) trabalhando com *Macrotermitines* injetaram também alíquotas de 100 ul de gás sendo que o cromatógrafo foi equipado com Porapak R (2m x 2mm i.d.) de coluna e temperatura de 90°C e alturas de picos de etileno calibrados com 104 p.p.m. de C₂H₄ em Hélio como padrão. LOVELOCK et al. (1984) estudaram o efeito da fixação de nitrogênio e o conteúdo de ácido úrico e xantinadesidrogenase em *N. walneri*.

FRENCH et al. (1976) isolaram bactérias *Citrobacter freundii* (Braak) Werkman & Gllen, do intestino de *Coptotermes lacteus* (Froggatt), *Mastotermes darwiniensis*, Froggatt e *Nasutitermes exiotiosus* (Hill) que deram nitrogenase-positiva na técnica da redução do acetileno e confirmada a fixação de nitrogênio com isótopo 15 de nitrogênio. POTRIKUS & BREZNAK (1977) isolaram *Enterobacter agglomerans* do intestino de *Coptotermes formosanus*.

HEWIIT et al. (1987) trabalhando com *Hodotermes mossambicus* (Hagem), encontram atividades de redução de acetileno, usando padrões de etileno com 10, 50, 100, 200, e 400 p.p.m., medidos em cromatógrafo gasoso Hewlett-Pckard com detentor de chama de ionização, coluna de 200cm x 0,625 cm e com Porapak N, injeção a 70°C e detetor à 250°C, nitrogênio como gás de arraste na razão de 50 ml/min.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Área de Estudo

Os experimentos foram realizados na Fazenda Morelândia (Benevides) a 60Km de Belém, na Reserva Florestal do Mocambo e em floresta secundária da FCAP, em Belém, Pará.

Segundo a classificação de KOPPEN (1936) o clima das redondezas de Belém é do tipo AF1, ou seja, quente e úmido durante todo o ano, com todas as temperaturas médias acima de 18°C. Os menores valores de temperatura média nas áreas de maiores altitudes, estão entre 24,7°C e 27,3°C. As temperaturas extremas em termos de média variam entre 30,1°C e 32,7°C para as temperaturas máximas e 19,2°C a 24,2°C para as mínimas. Em termos mensais, a variação de temperatura média é de 28,6°C e anualmente a média é de 25,9°C. Representa a faixa de maior precipitação no Estado do Pará, com uma média anual superior a 3.000mm (cf. BASTOS 1972, DINIZ 1986, MARTORANO 1990).

3.1.1. Vegetação

A vegetação zonal potencial da microrregião de Belém constitui-se de floresta pluvial tropical que varia de floresta amazônica perenifólia na parte ocidental até a semicaducifolia na oriental (KUHLMANN 1977).

A cobertura vegetal dominante na microrregião em estudo caracteriza-se por uma vegetação secundária (capoeira alta). Em pequenos trechos ainda se encontram faixas de mata primária de terra-firme. Uma delas situa-se na Fazenda Morelândia, uma propriedade privada, no município de Benevides, com área aproximada de 500 hectares. A pastagem foi formada em locais onde anteriormente era mata densa. Esta Fazenda é uma área particular que tem sido utilizada em pesquisas entomológicas, na qual existem partes de pastagens, cacuicultura e capoeira. Esta é formada por árvores com altura entre 30 a 40 metros, muitas epífitas e poucos cipós principalmente nos locais mais

arejados, onde a floresta é rarefeita, formada por árvores mais finas. As espécies vegetais predominantes pertencem à famílias Mirtaceae, Cyperaceae, Leguminosae, Rubiaceae, Gramíneae, Melastomaceae, Gentanaceae, Apocynaceae e outras em menor densidade.

3.1.2 - Solos

A geologia é caracterizada por materiais cujas origens se encontram variando desde o Quaternário até o Pré-Cambriano. Os solos das áreas estudadas são do tipo latossolo amarelo, textura média, bem drenado, relativamente pobres em nutrientes químicos (FALESI 1967).

3.1.3 - Relevo

As áreas onde os experimentos foram realizados são praticamente planas.

3.1.4 - Ecossistemas

As áreas estudadas encontram-se em ecossistema de floresta secundária da Fazenda Morelândia, Reserva Mocambo e floresta secundária da FCAP.

3.2 - Coleta e Identificação das Espécies de Cupins

Foram realizadas nove excursões, durante o período de março de 1995 à março de 1996. Cupins (operários e soldados), cupins com pedaços de seus ninhos ou galerias foram coletados em sacos plásticos e caixas de papelão e levados para o laboratório em Belém onde eram colocados em frascos de vidro de 5ml de capacidade, graduados, hermeticamente fechados, com tampa rosqueável e septo de silicone, com seis repetições. Foram coletados seis ninhos ou seis galerias de cada espécie em matas secundárias de cada ecossistema estudado.

Para a identificação das espécies foram coletados em média, 20 cupins de cada ninho e colocados em frascos de vidro de 5ml de capacidade, contendo álcool a 80%. Os cupins foram classificados até gênero e identificados

até espécie pelo Dr. Ademar Gomes Bandeira, na Universidade Federal da Paraíba, Setor Ecologia, Brasil.

3.3 - Determinação da Fixação do Nitrogênio

A fixação do nitrogênio (atividade da nitrogenase) foi determinada pela técnica da redução do acetileno (Hardy et al. 1968), seguindo-se a metodologia usada por Sylvester-Bradley et al. (1978, 1983). Em todos os testes o acetileno (15% v/v) foi injetado nos frascos com cinquenta cupins, dentro de uma hora após a coleta dos cupins de seus ninhos ou galerias. Em todos os casos as amostras de gás foram coletadas após vários intervalos de tempo, entre 1(uma) e 3:30 horas, retirando 0,25ml de gás dos frascos e injetando rapidamente no cromatógrafo. Nos frascos contendo cupins e acetileno eram medidos o etileno e o acetileno, usando um cromatógrafo a gás modelo CG3537, Coluna Peneira Molecular 13 x 1,5m, preenchida com Porapak N, com temperatura de 156°C, usando hidrogênio e hélio como gases de arraste. O cromatógrafo foi calibrado usando um padrão de etileno obtido de White Martins S.A. e também com um padrão de etileno preparado com várias diluições segundo a técnica de P. Somasegaram et al. 1980 (apêndice).

Os frascos sozinhos e com cupins foram pesados em balança Mettler H54AR, Max 160 g, d=0,001mg. Alturas de picos e partículas por milhão(p.p.m.) foram calculados por um integrador VARIAN, 4270, acoplado ao cromatógrafo e segundo as fórmulas de SYLVESTER-BRADLEY (1983) e SOMASERAGAN et al. (1980). Os resultados foram expressos por cupim e por grama de peso seco de cupins.

O nitrogênio, fósforo, magnésio, cálcio, MgO, CaO, umidade e cinza foram pesquisados nos Laboratórios de Solos e Agro-industrial da CPATU-EMBRAPA.

3.3.1 - Cálculo do Volume Esperado do Etileno

A diluição do etileno foi equilibrada a 23°C e 756,88mm de Hg de pressão. Convertendo estes valores para CNTP e usando a fórmula:

$$(P1 \cdot V1) / T1 = (P2 \cdot V2) / T2$$

O valor encontrado de V1 foi de 0,092ml.

3.3.2 - Nanomoles de Etileno Por Unidade de Altura de Pico (F)

Seguindo-se o método de SOMASERAGAN e SYLVESTER-BRADLEY, calculou-se o fator F obtendo-se o valor de 2,5 nanomoles/cm.

3.3.3 - Produção de Etileno

Sylvester Bradley seguindo a metodologia de HARDY, et al. (1968), sugeriu a fórmula para o cálculo de nomes de etileno produzido.

$$NEP = [GCU - (GCUc \times F \times Vf)] / Vg \cdot t \cdot p$$

onde:

NEP = Nanomoles de etileno produzido / grama de amostra seca

Vg = volume injetado no cromatógrafo

t = hora de incubação

p = grama de amostra seca

Vf = volume do frasco

GCU = unidades de altura de pico de C_2H_4 medidos no cromatógrafo.

GCUc = unidades de altura de pico do controle

F = nanomoles de C_2H_4 / unidade de altura de pico (calculado para o padrão).

3.3.4 - Análise Cromatográfica

Foram analisados 54 cromatogramas (anexo um de cada espécie), medida a altura dos picos para cada uma das três espécies de cupins e calculada a quantidade de acetileno reduzido pelos cupins até etileno. Também foram analisadas as concentrações de nutrientes nos cupinzeiros de cada espécie de cupim e feitas comparações com resultados de outros pesquisadores.

3.3.5 - Análise Estatística dos Dados

O delineamento utilizado foi o complemento ao acaso com parcelas subdivididas. As parcelas foram representadas pelas três espécies de cupins e as subparcelas representadas pelo tempo de incubação dos cupins em acetileno.

As espécies de cupins utilizadas (fator A) foram:

a1 - *Nasutitermes surinamensis*

a2 - *Nasutitermes acajutlae*

a3 - *Nasutitermes costalis*

Os tempos de incubação dos cupins nos frascos com acetileno (fator B) foram:

b1 - com uma hora

b2 - com duas horas

b3 - com três horas

O modelo matemático utilizado para efetuar a análise de variância foi:

$$Y_{ij} = m + T_{ai} + E_i + T_{Bj} + E_j + TAB_{ij}$$

onde:

Y_{ij} = variável de resposta da parcela i na subparcela j, isto é:

m = média geral do experimento

T_{ai} = efeito do tratamento ou fator A (parcelas)

T_{Bj} = efeito do tratamento ou fator B (subparcelas)

TAB_{ij} = efeito da interação (parcela x subparcela)

E_i = componente aleatório (erro) devido as parcelas i

E_j = componente aleatório (erro) devido as subparcelas j

Feita a análise de variância a fim de se testar os efeitos dos dois fatores isolados e também interagindo entre si, foi aplicado o teste de média para verificar os tratamentos que apresentaram diferenças significativas.

Utilizou-se o teste de Student Newman Keuls (SNK), a um nível de significância $\alpha = 0,05$, isto é, 95% de probabilidade.

A quantidade de nutrientes nos cupinzeiros para as três espécies de cupins, foi também avaliada e de posse dessas informações, foi feito o estudo de correlação entre esses nutrientes, a fim de constatar, se a presença de um nutriente afetava a quantidade do outro dentro de cada espécie.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas cinco espécies de cupins coletados em floresta secundária: *Nasutitermes surinamensis*, *Nasutitermes costalis*, *Nasutitermes acajutlae*, *Nasutitermes araujoi* e *Nasutitermes guayanae*. Entretanto somente nas três primeiras foram medidas as atividades de redução do acetileno, em três intervalos de tempo como mostra a Tabela 1. Não foi detectada a produção de etileno nos controles sem cupins e sem acetileno e sem cupins mas com acetileno. A Tabela 2, apresenta as médias e desvios padrões da atividade de redução de acetileno nas três espécies de cupins pesquisadas. Pela análise de variância do experimento (Tabela 3) observou-se que houve diferença significativa na redução de acetileno de uma espécie para outra, sendo que *N. acajutlae* foi a que obteve maior atividade (média de 243,92 nanomoles de etileno/grama de peso seco) seguido de *N. surinamensis* (média de 134,50 nanomoles) e *N. costalis* (média de 123,82 nanomoles).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas cinco espécies de cupins coletados em floresta secundária: *Nasutitermes surinamensis*, *Nasutitermes costalis*, *Nasutitermes acajutlae*, *Nasutitermes araujoi* e *Nasutitermes guayanae*. Entretanto somente nas três primeiras foram medidas as atividades de redução do acetileno, em três intervalos de tempo como mostra a Tabela 1. Não foi detectada a produção de etileno nos controles sem cupins e sem acetileno e sem cupins mas com acetileno. A Tabela 2, apresenta as médias e desvios padrões da atividade de redução de acetileno nas três espécies de cupins pesquisadas. Pela análise de variância do experimento (Tabela 3) observou-se que houve diferença significativa na redução de acetileno de uma espécie para outra, sendo que *N. acajutlae* foi a que obteve maior atividade (média de 243,92 nanomoles de etileno/grama de peso seco) seguido de *N. surinamensis* (média de 134,50 nanomoles) e *N. costalis* (média de 123,82 nanomoles).

TABELA 1: Resultados das análises da atividade de redução do acetileno em três espécies de cupins estudadas, em 3 intervalos de tempo. Belém e Benevides. Abril de 1995.

ESPÉCIE DE REPETIÇÕES CUPIM		NANOMOLES/G/PESO SECO		
		1 hora	2 horas	3 horas
(a1) <i>N. surinamensis</i>	1	373,37	250,00	012,50
	2	367,64	080,64	010,70
	3	305,55	156,25	029,76
	4	308,64	080,88	024,19
	5	218,75	169,64	026,88
(a2) <i>N. acajutlae</i>	1	305,55	416,66	073,52
	2	342,46	156,25	300,00
	3	357,14	166,66	196,42
	4	500,00	142,85	119,04
	5	375,00	156,25	051,02
(a3) <i>N. costalis</i>	1	312,50	070,51	060,97
	2	500,00	053,92	055,55
	3	227,27	052,73	035,71
	4	192,30	056,12	032,40
	5	116,63	051,02	039,68

TABELA 2 - Médias e desvios padrões de redução de acetileno (nm/g/h e nm/c/h) em três espécies de cupins. Belém e Benevides. Abril 1995.

ESPÉCIE DE CUPIM	OPERÁRIOS E SOLDADOS			
	nm/g/h		nm/c/h	
	x	±(s)	x	±(s)
<i>N. acajutlae</i>	243,92	135,67	4,53	2,84
<i>N. surinamensis</i>	161,06	134,50	3,21	2,77
<i>N. costalis</i>	123,82	132,83	2,47	2,65

TABELA 3 - Dados de análise de variância para redução de acetileno em três espécies de cupins (*N. acajutlae*, *N. costalis* e *N. surinamensis*) e sua relação com o tempo de incubação. Belém e Benevides. Abril de 1995.

FONTES DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.	SIG
Espécies	2	113400,2	567,11	6,48	0,00035
Erro(a)	12	104533,12	8711,09	-	-
Tempo	2	498915,6	249457,8	60,04	-
Espécie x tempo	4	18395,57	4598,892	1,11	-
Erro (b)	24	99719,26	4154,969	-	-

TOTAL	44	42997,26
-------	----	----------

Significância a nível de 95% de probabilidade.

TABELA 4 - Comparações de médias em três espécies de cupins para redução de acetileno. Belém e Benevides. Abril de 1995.

CUPIM	DADOS	MÉDIAS	COMPARAÇÕES
<i>N. acajutlae</i>	15	243,9213	A
<i>N. costalis</i>	15	161,0260	B
<i>N. surinamensis</i>	15	123,8207	B

Em relação ao tempo de incubação em acetileno, observa-se através do teste de médias (Tabela 5) que houve diferença significativa entre os três tempos (1 hora, 2 horas e 3 horas) porém o tempo 1 (1 hora) apresenta maior atividade de redução (média 320,18 nanomoles) seguido do tempo 2 (2 horas) com média de 137,18 nanomoles e do tempo 3 (3 horas) com média de 71,22 nanomoles.

TABELA 5 - Comparações de médias para tempo de incubação em três espécies de cupins. Belém e Benevides. Abril de 1995.

TEMPO(h)	DADOS	MÉDIAS	COMPARAÇÕES
1	15	320,1866	A
2	15	137,3587	B
3	15	071,2227	C

Significância a nível de 95% de probabilidade pelo teste SNK.

Esses resultados indicam que a atividade de redução do acetileno diminuiu com o aumento do tempo de incubação, contrastando com os resultados de BANDEIRA (1978), que mostra que há um aumento dessa atividade com o aumento do tempo de incubação em acetileno. Esse mesmo autor justifica que esses resultados foram encontrados talvez pela variedade de replicações e não serem testadas larvas jovens e nem cupins não perturbados de seus ninhos, porém assegura que outros autores obtiveram resultados contrários aos seus.

As Tabelas 6, 7 e 8, apresentam os resultados das análises físico-químicas das três espécies de cupins estudadas. A Figura 2 apresenta um gráfico das porcentagens de nitrogênio nos cupinzeiros das três espécies pesquisadas: *N. costalis* apresentou a maior porcentagem (1,04%) seguida de *N. acajutlae* (0,99%) e por último *N. surinamensis* (0,88%).

TABELA 6 - Análise Físico-química percentual de seis cupinzeiros arbóreos de *N. costalis* em Floresta Secundária da FCAP. X = média aritmética; S = desvio padrão da média. Belém. Abril de 1995.

Nº DE CUPINZEIROS	N	P	Mg	Ca	MgO	CaO	UMI-DA-DE	CINZA
1	1,1	0,14	0,12	0,30	0,20	0,28	15,34	2,03
2	1,06	0,13	0,12	0,28	0,18	0,30	15,30	2,00
3	0,98	0,14	0,10	0,32	0,22	0,26	15,55	2,06
4	1,04	0,13	0,13	0,30	0,20	0,28	15,52	2,08
5	1,06	0,12	0,10	0,29	0,21	0,27	15,45	2,00
6	1,02	0,12	0,11	0,30	0,20	0,28	15,38	2,04
X	1,04	0,13	0,11	0,29	0,20	0,27	15,42	2,02
+S	0,70	0,29	0,02	0,02	0,26	0,02	0,14	0,054

TABELA 7 - Análise Físico-química percentual de seis cupinzeiros arbóreos de *N. surinamensis* em Floresta Secundária da Fazenda Morelândia. X = média aritmética; S = desvio padrão da média. Benevides. Abril de 1995.

Nº DE CUPINZEIROS	N	P	Mg	Ca	MgO	CaO	UMI-DA-DE	CINZA
1	0,93	0,15	0,12	0,30	0,20	0,42	15,55	2,57
2	0,90	0,13	0,10	0,28	0,23	0,40	14,60	2,60
3	0,83	0,15	0,13	0,28	0,34	0,43	15,35	2,00
4	0,86	0,12	0,12	0,30	0,23	0,41	15,20	2,42
5	0,88	0,14	0,10	0,29	0,19	0,39	15,25	2,35
6	0,92	0,13	0,11	0,27	0,21	0,44	15,60	2,55
X	0,88	0,13	0,11	0,28	0,23	0,41	15,25	2,41
+S	0,084	0,07	0,028	0,028	0,088	0,045	0,56	1,73

TABELA 8 - Análise Físico-química percentual de seis cupinzeiros arbóreos de *N. acajutlae* em Floresta secundária da FCAP. X = média aritmética; S = desvio padrão da média. Belém. Abril de 1995.

Nº DE CUPINZEIROS	N	P	Mg	Ca	MgO	CaO	UMI-DA-DE	CINZA
1	01,0	0,16	0,15	0,27	0,24	0,27	15,42	2,08
2	0,98	0,13	0,18	0,32	0,22	0,25	14,38	2,03
3	0,96	0,14	0,12	0,30	0,23	0,30	15,46	2,02
4	1,02	0,16	0,18	0,28	0,24	0,28	15,48	2,06
5	1,01	0,13	0,12	0,28	0,20	0,26	15,50	2,06
6	1,00	0,15	0,14	0,27	0,22	0,25	15,52	2,08
X	0,99	0,14	0,14	0,28	0,22	0,26	15,46	2,05
+S	0,62	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,10	0,07

A Tabela 9 apresenta os resultados das correlações entre as concentrações de nutrientes em ninhos dos três cupins pesquisados. Verifica-se que o N apresenta alta correlação com o CaO ($r=0,80$), mostrando que a presença de um, influi significativamente na concentração do outro. O mesmo ocorre em relação ao MgO e cinza, apenas em menor proporção. O fósforo (P) apresenta correlação significativa com o Mg e o CaO correlacionando-se com Ca e cinza, ($r = 0,77$).

TABELA 9 - Correlações na concentração de nutrientes em ninhos de *N. acajutlae*, *N. costalis* e *N. surinamensis*. Belém e Benevides. Abril de 1995.

VARIÁVEL (x)	VARIÁVEL (y)	OBSERVAÇÕES (n)	CORRELAÇÕES (r)	SIGNIF.
N	MgO	18	0,5341	0,0112*
N	CaO	18	0,8078	0,0000**
N	CINZA	18	0,5866	0,0053**
P	Mg	18	0,4841	0,0209*
CaO	CINZA	18	0,7767	0,0001**

* Significância a 95% de probabilidade

** Altamente significativo a 99% de probabilidade.

No estudo das correlações entre nutrientes em ninhos de *N. surinamensis* (Tabela 10), observou-se altas correlações entre o N com o MgO e cinza. Os demais nutrientes apresentaram correlações também significativas,

TABELA 12 - Correlações na concentração de nutrientes em ninhos de *N. costalis*. Belém e Benevides. Abril de 1995.

VARIÁVEL (x)	VARIÁVEL (y)	OBSERVA ÇÕES (n)	CORRELA ÇÕES (r)	SIGNIF.
N	Ca	6	0,6511	0,0807*
N	MgO	6	0,5283	0,1406
N	CaO	6	0,5283	0,1406
N	UMIDADE	6	0,6665	0,0742
N	CINZA	6	0,5039	0,1541
P	Ca	6	0,5047	0,1536
Mg	MgO	6	0,6627	0,0758*
Mg	CaO	6	0,6627	0,0758*
Ca	MgO	6	0,8113	0,0250*
Ca	CaO	6	0,8113	0,0250*
Ca	UMIDADE	6	0,7101	0,0569*
Ca	CINZA	6	0,7267	0,0509*
MgO	UMIDADE	6	0,7895	0,0309
CaO	UMIDADE	6	0,7889	0,0311
CINZA	UMIDADE	6	0,6901	0,0646

* Significância a 95% de probabilidade.

No ambiente estudado (floresta secundária) não foram quantificadas as ocorrências dos cupins, mas certamente as espécies predominantes eram todas de *Nasutitermes*, onde foram identificadas, destacando-se *N. surinamensis*, *N. acajutlae*, *N. costalis*, *N. guayanae*, *N. araujo*. BANDEIRA (1983) encontrou, além destas, outras espécies relativamente comuns na capoeira como *Coptotermes testaceus*, *H. temis* e *Rhinothermes marginalis*, sendo todas xilófagas verdadeiras, devido à grande quantidade de troncos encontrados neste ambiente.

Ainda não foi encontrado solo de fertilidade adequada a todo tipo de cultura, pois cada uma apresenta exigências particulares para um ou outro nutrientes, ou necessita de mais do que o disponível ou não necessita de tudo. CARDOSO (1983), em comunicação pessoal a Bandeira, explicou que pelas razões acima expostas não existem publicações de “fórmulas” indicando solos de fertilidade ideal, porém ele propôs, com restrições, uma “fórmula” (Tabela 13) contendo valores mínimos para um solo de boa fertilidade para policultura ou

floresta natural, sendo que dentre os elementos apresentados, somente o alumínio não deve existir em concentrações altas, devido à sua toxicidade para a vegetação. Todos os cupinzeiros estudados para este trabalho apresentaram concentrações de nutrientes acima do mínimo necessário para se considerar um microambiente propício ao desenvolvimento de muitas plantas (Tabelas 6, 7 e 8).

TABELA 13 - Valores teóricos de nutrientes de um solo com fertilidade próxima da ideal para policultura ou vegetação natural. Belém, 1995.

VARIÁVEIS	VALORES
Matéria orgânica	5%
Nitrogênio	0,5% ou mais
Fósforo (P_2O_5)	2,0 mE/100g
Potássio	2,0 mE/100g
Cálcio	2,0 mE/100g
Magnésio	0,8 mE/100g
Alumínio	0,5 mE/100g
pH	6,0 a 6,5

A Tabela 14 mostra a maior taxa de redução de acetileno relatada em cada um dos cinco trabalhos já publicados sobre fixação de nitrogênio em cupins. Os quatro primeiros gêneros dessa Tabela pertencem a famílias consideradas como sendo menos evoluídas que Termitidae, na qual a digestão da madeira é processada por protozoários simbiotes no intestino posterior (BANDEIRA 1978). FRANCH et al. (1976) mencionaram uma espécie de *Nasutitermes* (*N. exitiosus*) como reduzindo 40 nmoles de C_2H_2 /g peso fresco/hora, após ter sido alimentado com papel de filtro por 24 horas. Os cupins alimentados com madeira não reduziram acetileno.

TABELA 14 - Taxas máximas de redução do acetileno por cupins em cinco trabalhos publicados. Nanomoles de etileno por grama de peso fresco/hora (nm/g/h) ou nanomoles por cupim/hora (nm/c/h).

REFERÊNCIA	ESPÉCIE DE CUPIM	nm/c/h	nm/g/h
Breznak et al. (1975)	<i>Coptotermes formosanus</i>	0,026	-
Breznak et al (1975)	<i>Coptotermes formosanus</i> (larvas jovens)	0,419	220,5
Benemann (1973)	<i>Kaloterme minor</i>	-	48,83
French et al (1976)	<i>Mastotermes darwiniensis</i>	5,5	110
Bandeira et al (1978)	<i>Nasutitermes so. A</i>	10,8	544,96

No presente trabalho, as três espécies de cupins reduziram menos acetileno do que a estudada por BANDEIRA et al (1978) em *Nasutitermes sp.* = 544,96 nanomoles de etileno/g de peso seco e os cupins não foram alimentados com papel de filtro nem com madeira.

As médias e desvios padrões das quantidades de acetileno reduzidos (Tabela 14) estão expressos em peso fresco ou por indivíduo de cupim. A razão observada por BREZNAK foi de 220,5 nmoles de C_2H_2 /g peso fresco/hora ou 0,419 nmoles/cupim/hora para larvas jovens de *Coptotermes formosanus*. Este resultado foi 317 vezes maior que aquele para larvas velhas da mesma espécie (BREZNAK 1975). A maior razão foi a verificada por BANDEIRA (1978) onde *Nasutitermes sp.* fixou em média 544,96 nmoles de C_2H_2 /g de peso seco/hora e essa amostra consistiu numa mistura de operários adultos e soldados, não sendo testadas larvas jovens. Nas atividades de redução de acetileno da Tabela 4, há uma diferença significativa na redução do acetileno entre as espécies, revelando que *N. acajutlae* reduz o acetileno com maior intensidade do que as outras duas espécies (*N. surinamensis* e *N. costalis*) que reduzem o acetileno com a mesma intensidade conforme a comparação de médias. As amostras consistiram de uma mistura de operários e soldados; no presente trabalho não foram testadas larvas jovens.

É importante na fixação de N_2 associada a cupins seu efeito na velocidade da decomposição da madeira, que pode ser aumentada com adições de nitrogênio (ALHO et al. 1974). Uma atividade de fixação de nitrogênio mais elevada nos térmitas possibilitaria uma degradação mais rápida, favorecendo a reciclagem de nutrientes no ecossistema.

Outro aspecto importante é da nutrição dos cupins. A taxa mais elevada de redução de acetileno foi 243,92 nanomoles/g peso seco/hora (4,53 nmoles/cupim/hora) em *N. acajutlae* (Tabela 10). Assumindo uma relação de peso seco para peso úmido de 1:10, esta quantidade seria igual a 453,0 nmoles/peso úmido/hora (3.044,16 ug N/g peso úmido/mês, usando uma taxa de conversão de C_2H_2 : N_2 igual a 3:1). Baseado numa quantidade de 17,5 mg de N_2 /g de peso de *Kalotermes*, BENEMAN (1973) calculou que demorariam 30 meses para dobrar o conteúdo de nitrogênio dos cupins, mesmo à maior taxa observada (566 ug N/g peso úmido/mês). Usando dados do conteúdo de nitrogênio da madeira, HUMGATE (1941) e da taxa do seu consumo (LEE & WOOD 1971) seriam necessários 110 meses para os cupins conseguirem a mesma quantidade de nitrogênio desta madeira, mesmo que todo o nitrogênio da madeira fosse aproveitado. Possivelmente há uma outra fonte de nitrogênio para os térmitas. MOORE (1969) observou que os cupins são devorados no cupinzeiro à medida que vão morrendo, diminuindo assim a necessidade de nitrogênio, que se completaria pelas taxas de fixação detectadas. Isso explicaria a baixa fixação de nitrogênio, quando comparada com as necessidades reais dos cupins. Além do mais, BREZNAK (1975) detectou atividades de redução de acetileno em ninfas jovens 317 vezes maior do que em ninfas velhas. Isso é sugestivo de que nos cupinzeiros, devido ao seu crescimento e à pequena quantidade de cupins velhos, haja uma atividade de fixação de nitrogênio muito maior para suprir as necessidades dos ninhos (BANDEIRA 1978).

A associação entre térmitas e fixação de nitrogênio pode ser importante como uma fonte de nitrogênio para o ecossistema. Segundo NYE & GRENLAND, são necessários 100 kg de nitrogênio por hectare por ano a serem fixados por meio de fixação de nitrogênio para regenerar a floresta. Seguindo uma estimativa média aproximada do número de cupins por ninho LEE &

WOOD (1971), encontraram 10.000 indivíduos. Havendo 204 ninhos por hectare (BANDEIRA 1978), estimar-se-ia num total de, no mínimo dois milhões de cupins por hectare, excluindo os insetos abaixo de 5cm do solo, em grande número. Nos ambientes estudados para o presente trabalho foram encontrados em média 50 ninhos por hectare o que resultaria em 500.000 cupins por he. Se cada cupim fosse reduzir 0,5 nanomoles de acetileno por hora (0,22 ug N/hora) seriam fixados 2,69 kg de nitrogênio por hectare/ano, o que não é uma quantidade de nitrogênio muito significativa para a regeneração da floresta.

5. CONCLUSÕES

- Os resultados mostram que as espécies de *Nasutitermes* testadas na Amazônia Oriental fixam nitrogênio e que algumas espécies (*Nasutitermes costalis*, *N. surinamensis* e *N. acajutlae*) podem colaborar no enriquecimento de nutrientes recicláveis.

- Houve diminuição da atividade de redução do acetileno com o tempo de incubação de uma para outra espécie de cupim, sendo mais acentuada em *N. surinamensis* e *N. costalis* do que em *N. acajutlae*.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABE, T. Studies on the distribution and ecological role of termites in a lowland rain forest of West Malaysia. (2) Food and feeding habits of termites in Pasoh Forest reserve. *Cap. J. Ecol.* **29**, pp. 121-135, 1979.
- _____. Studies on the distribution and ecological role of termites in lowland rain forest of West Malaysia. (4) The role of termites in the process of wood decomposition in Pasoh Forest Reserve. *Rev. Ecol. Bol. Sol.* **17**, vol. 1, pp. 23-40, 1980.
- ABREU, R.L.S; BANDEIRA, A.G. Bezouros Xilomicetófagos economicamente importantes da Região de Balbina, Estado do Amazonas. *Rev. Arv.* **16**, vol. 3, pp. 346-356, 1992.
- ALHO, C.J.R. Manejo e conservação da natureza. In: ALMEIDA JUNIOR, J.M.G. de (Org). *Carajás: desafio político, ecologia e desenvolvimento*. São Paulo: Brasiliense; Brasília: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. pp. 30-37, 1986.
- ANDERSON, A.B. White-sand vegetation of Brazilian Amazônia. *Biotrópica Washington* **13**, Vol. 3, pp. 199-210, 1981.
- ARAÚJO, R.L. Termites of the Neotropical Region (cap. 12) In: KRISHNA; WEESNER, F.M. *Biology of termites*. New York. Academic Press, Vol 2, pp. 527-576, 1970.
- _____. Neotropical termites studies (Isoptera). *Rev. Bras. Ent.* **14**, Vol. 2, pp. 11-27, 1970a.

- _____. Súmula faunistica dos Isoptera americanos. **Ciência e Cultura** 24, Vol. 3, pp. 253-256, 1971.
- _____. Catálogo dos Is pteros do Novo Mundo. Rio de Janeiro, **Academia Brasileira de Ciências**, 92p., 1977.
- ARIAS, J.R. A Entomofauna da Bacia Amazônica. In: Estratégias para a Política Florestal da Amazônia Brasileira. **Acta Amazônica**, Manaus, pp. 81-101, 1979.
- AYRES, J.M.; BEST, R. Estratégia para a Política Florestal na Amazônia Brasileira. In: Estratégias para a Conservação da Fauna Amazônica. **Acta Amazônica** 9, Vol. 4, suplemento, pp. 81-101, 1979.
- BANDEIRA, A.G. Ecologia de Térmitas da Amazônia Central: Efeitos do Desmatamento sobre as Populações e Fixação de Nitrogênio. **Tese de Mestrado** Sc. INPA, Fundação Univ. do Amazonas, 66 p., 1978.
- _____. Notas sobre a Fauna de Cupins (Insecta, Isoptera) do Parque Nacional da Amazônia (Tapajós), Brasil. **Bol. Mus. Par. Emílio Goeldi, Nova Série Zool.** 96, Belém, pp. 1-12, 1979.
- _____. Ecologia de Cupins (Insecta, Isoptera) da Amazônia Central: Efeitos do Desmatamento sobre as Populações. **Acta Amazônia** 9 (3), pp. 481-499, 1979.
- _____. Ocorrência de Cupins (Insecta, Isoptera) como pragas de mandioca em Bujar , Pará. **Acta Amazônica** 11, Manaus, Vol. 1, pp. 149-152, 1981.

- _____. Cupinzeiros como Fonte de Nutrientes em Solos Pobres da Amazônia. **Bol. Mus. Paraense Emílio Goeldi Zool.**, Belém, Vol. 2. (1) pp. 39-48, 1985.
- _____. Abundância e Distribuição de Invertebrados do Solo em Ecossistemas da Amazônia Oriental. O Papel Ecológico dos Cupins. **Bol. Mus. Paraense Emílio Goeldi - Zool.**, Belém, Vol. 2(1), pp. 15-38, 1985.
- _____. Análise da Termitofauna (Insecta, Isoptera) de uma Floresta Primária e de uma Pastagem na Amazônia Oriental, Brasil. **Bol. Mus. Paraense Emílio Goeldi - Zool. 5**, Belém, Vol. 2, 1989.
- _____ & CANCELLO, E.M. Four New Species of Termites (Isoptera, Termitidae) From the Island of Maracá, Roraima, Brasil. **Rev. Bras. ent. 36** (2), pp. 423-435, 1992.
- _____; FONTES, L.R. *Nasutitermes Acangussu*, a New Species of Termites from Brazil (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae). **Rev. Bras. Ent. 23**, Vol. 3, pp. 119-122, 1979.
- _____ & MACAMBIRA, M. L. J. Térmitas de Carajás, Estado do Pará, Brasil; Distribuição e Hábito Alimentar. **Bol. Mus. Pará Emílio Goeldi**. Belém, Vol. 5. pp. 175-190, 1988.
- _____; TORRES, M.F. Considerações sobre Densidade, Abundância e Variedade de Invertebrados Terrestres em Áreas Florestais de Carajás, Sudeste da Amazônia. **Bol. Mus. Paraense Emílio Goeldi - Ser. Zool 4**, Vol. 2, pp. 91-199, 1988.
- _____ et al. Insetos Pragas de Madeiras de Edificações em Belém-Pará. **EMBRAPA/CPATU, Boletim de Pesquisa 101**, 25 p., 1989.

- _____ ; HARADA, A.H. Cupins e Formigas da Amazônia. In: **Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia. Fatos e Perspectivas**, Manaus, Cap.14, p. 387, 1991.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação Agrícola** . Departamento de Ciências Exatas. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Jaboticabal, São Paulo, 247 p., 1985.
- BENEMANN, J.R. Nitrogen Fixation in Termites. **Science**, 181, pp. 164-165, 1973.
- BENTLEY, B.L. Nitrogen Fixation in Termites: Fate of Newly fixed Nitrogen. **J. Insect. Physiol.** New York, Vol 80, Nº 8, pp. 653-655, 1984.
- BINGHAM, M.J.; LONG S.P. Equipment for Plant Physiology Research in a changing environment. In: **Photosynthesis and Production in a Changing Environment: a field and Laboratory Manual**. Chapman; Hall. London, pp. 357-421, 1993.
- BONATO, P.S. Cromatografia Gasosa. In: BRAGA, G.L.; COLLEN, C.H. **Introdução a Métodos Cromatográficos**, pp. 145-175, 1983.
- BRAGA, P.I.S. Subdivisão Fitogeográfica, Tipos de Vegetação, Conservação e Inventários Florísticos da Floresta Amazônica. **Acta Amazônica** (9:4), pp. 53-80, Suplemento, 1979.
- BURRIS, R.H. Methodology. In: QUISPEL, A. **The Biology of Nitrogen Fixation**. Amsterdam. Nort-Holland Publishing Company, 169 p., 1974.
- CÂMARA, I. de G. Conservação da Natureza e Legislação. In: ALMEIDA JUNIOR, J.M.G. de (Org.) **Carajás: Desafio Político, Ecologia e**

Desenvolvimento. São Paulo: Brasiliense; Brasília: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pp. 560-587, 1986.

CANCELLO, E.M. *Nasutitermes Triceratops* (Isoptera, Nasutitermitinae). A New Genus and Species From Island of Maracá, Roraima. **Papéis Avulsos de Zoologia** 38 (1), pp. 1-8, 1992.

COSTA LIMA, A.M. **Insetos no Brasil.** Rio de Janeiro, Escola Nacional de Agronomia, Vol. 1, 470 p., 1938.

CHAUVIN, R.A. **A Etologia: Estudo Biológico do Comportamento Animal.** Tradução Robert C. Laceda, Zahar, Ed. Rio, 1997.

DENICH, M. Estudo da Importância de uma Vegetação Secundária Nova para o Incremento da Produtividade do Sistema de Produção na Amazônia Oriental Brasileira. Belém: **EMBRAPA/CPATU, GTZ, 1991**, 284 p. (Tese de Doutorado em Ciências Agrárias) Universidade Georg August, Gottingen, 1989.

DOMINGOS, D.J. Biologia, Densidade e Distribuição Espacial de duas Espécies de *Armitermes* (Termitidae) em cinco formações vegetais do cerrado. **Tese de Mestrado.** Universidade Federal de Brasília, 92 p., 1980.

DORST, J. **Antes que a Natureza morra: por uma Ecologia Política;** Tradução Rita Buongiorno, São Paulo. Edgar Blucher. Coordenação Mário Guimarães Ferri, 394 p., 1973.

EDWARDS, P.J.; WRATTEN, S.D. **Ecologia das Interações de Insetos e Plantas.** Tradução Vera Lúcia Imperatriz Fonseca, São Paulo, E.P.U. Ed., 1981.

EMERSON, A.E. **The Termites of Kartabo, Bartica District, British Guiana.**
Zoológica, New York, 6(4), pp. 527-560, 1925.

_____. **Termites nest a Study of the Phylogeny of Behavior.**
Ecological Monographs, pp. 247-284, 1938.

_____. **The Neotropical Genus Syntermes (Isoptera, Termitidae).** **Bull.**
Amer. Mus. Nat. Hist. **83**, Vol. 7, pp. 427-472, 1945.

_____. **The Biogeography of Termites.** **Bull Amer. Mus. Nat. Hist.** **99**,
Vol. 3, pp. 217-225, 1952.

_____. **Geographical Origins and Dispersions of Termite Genera.**
Fieldiana: Zoology **37**, pp. 465-521, 1955.

_____. **Five Species and One Redescription of the Neotropical genus**
Armitermes Wasman (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae). **Amr. Mus.**
Novit, 1841, pp. 1-17, 1957.

EMBRAPA. **Programa para Curso de Treinamento em Métodos**
Quantitativos. Módulos 1,2 e 3. CPATU/EMBRAPA, 1995.

FALESI, I.C. **O Estado Atual dos Conhecimentos sobre os Solos da Amazônia**
Brasileira. Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica 1, (Geociência), pp.
151-168, 1967.

_____. **O Solo da Amazônia e sua relação com a Definição de Sistemas de**
Produção Agrícola. In: EMBRAPA. Reunião do Grupo Interdisciplinar de
Trabalho sobre as Diretrizes de Pesquisa Agrícola para a Amazônia
(Trópico Úmido). Brasília, maio 6-10, Vol. 1, pp. 2.1-2.7, 1974.

- FEARNSIDE, P.M. Estratégias para a Política Florestal na Amazônia Brasileira. In: Desenvolvimento da Floresta Amazônica: Problemas Prioritários para a Formulação de Diretrizes. **Acta Amazônica**, Manaus, pp. 123-129, 1979.
- FERRAR, P.; WATSON, J.A.L. Termites (Isoptera) Associated with Dung in Austrália. **J. Aust. Ent. Soc** 9, pp. 100-102, 1970.
- FIGLIULO, R. A Floresta e os Produtos Químicos Naturais. In: Estratégias para a Política Florestal na Amazônia Brasileira. **Acta Amazônica**, Manaus, pp. 165-172, 1979.
- FITTKAU, E.J. The fauna of South América. In: Fittkau, E.J.; Illies, J.; Klinge, H. Schwabe, G.H. & Sioli, H. (Org.). **Biogeography and ecology in South América**. The Hague, W. Junk, Vol. 2, pp. 624-658, 1969.
- FITTKAU, E.J.; KLINGE, H. On biomass and trophic structure of the Central Amazonian rain forest ecosystem. **Biotropica**. 5, Vol. 1, pp. 2-14. 1973.
- FONTES, L.R. Novos taxons e novas combinações nos cupins nasutos geófagos da região Neotropical (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae). **Rev. Bras. Ent.** 26, Vol. 1, pp. 99-108.
- FONTES, L.R.; BANDEIRA, A.G. Redescription and comments on the neotropical genus *Rotunditermes* (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae). **Rev. Bras. Ent.** 23, Vol. 2, pp. 107-110, 1982.
- FRENCH, J.R.; TURNER, G.L.; BRADBURY, J.F. Nitrogen Fixation by bacteria from the hindgut of termites. **Journal of General Microbiology** 95, pp. 202-206, London, Great Britain, 1976.

- FRENCH, J.R.J.; BLAND, D.E. Lignin degradation in termites *Coptotermes lacteus* and *Nasutitermes exitiosus*. **Material und Organismen**. 10, pp. 281-286, 1975.
- GARCIA, M.L.; BECKER, G. Influence of temperature on the development of incipient colonies of *Nasutitermes nigriceps* (Haldemann). **Z. Agn. Ent.** 79, pp. 291-300, 1970.
- GAY, F.J.; CALABY, J.H. Termites of the Australian Region. In: KRISHNA, K.; WEESNER, F. M. (Org.). **Biology of Termites**. New York, Academic Press. Vol. 2, pp. 393-448, 1970.
- GOLDWAN, G.H.; FATORI, A.P.; JANUÁRIO, M. Variação Espacial e Temporal da Irradiação Solar e da Razão Entre Vermelho e Vermelho-extremo que Chegam ao Solo em Diferentes Microhabitats na Região de Tucuruí-PA. **Acta Amazônica**. Vol. 19, pp. 243-263, 1989.
- GUIMARÃES, G.A.; BASTOS, J.B.; LOPES, E.C. Métodos de Análise Física, Química e Industrial de Solos. Belém, IPAN, 108 p., 1970.
- HARDY, R.W. et al. The Acetylene-ethylene Assay for N₂ Fixation Laboratory and Field Evaluation. **Plant Physiology**, 43: 1185-1207, 1968.
- HARRIS, W.V. **Termites Recognition and Control**. 2 nd. ed. London, Longmans, 187 p., 1971.
- HEINRICH, W. **Vegetação e Zonas Climáticas: Tratado de Ecologia Global**, Tradução Ana T. Giova, Hildegard T. Buckup, Rev. Tec. e Nota Antônio Lamberti, São Paulo: E.P.U., 325 p., 1986.

HERMANN, R. **Ecologia**. Tradução Maria Ferri Soares Veiga. São Paulo E.P.U. Springer: Ed. Universidade São Paulo, 335 p., 1982.

HESSE, P.R. A Chemical and Physycal Study of Termites Mounds in East Africa. **J. Ecol.** 43, pp. 449-461, 1955.

HEWIT, P. H.; VAN DER WESTHUIZEN, M. C.; VAN DER LINDE, T.C. & ADAM, R.A. Acetylene Redution by the Harvest Termites *Hodotermes mosambicus* (Hagmen). **J. Ent. Soc. Afr.** Vol. 50, Nº 2, pp. 513-520, 1987.

HOWSE, P.E. Pheromones and Defensive Secretions in Social Insects. In: Noirot, Ch. Howse, P.E.; Le Masne, G. (Org.) - **I.U.S.S.I., The Proceedings of a Symposium Held on 18th, 19th and 20th Sept. at the Univ. of Dijon.** pp. 23-41, 1975.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos Trópicos: Ecossistemas Florestais e Respectivas Espécies Arbóreas Possibilidades e Métodos de Aproveitamento Sustentado.** Eschbon. Deustsche Gesellschaft Fur Technische Zusammenarbeit GTZ) GnbH, 343 p., 1990.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal.** Tradução Antônio de Pádua Donesi, Hildegard T. Buckup; Revisão Antonio Lamberti, São Paulo: E.P.U., 1986.

LEE, K. E.; WOOD. **Termites and Soils.** London Academic Press, 251 p., 1971.

- LUIZÃO, F.J. Produção e Decomposição da Liteira em Floresta de Terra Firme da Amazônia Central. Aspectos Químicos e Bioquímicos da Lixiviação e Remoção dos Nutrientes da Liteira. **Tese de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas**, Manaus, 107p., 1982.
- MAGALHÃES, L.S. Exploração Florestal da Amazônia. In: Estratégias para a Política Florestal na Amazônia Brasileira. **Acta Amazônica**, Manaus, pp. 141-146, 1979.
- MATSUMOTO, T. The Role Of Termites in a Equatorial Rain Forest Ecosystem of West Malaysia. **Ecologia (Bart)** 22 (2): 153-178, 1976.
- MOORE, B.P. Biochemical Studies in Termites. In: KRISHNA, K.; WEESNER, F.M. (Org) - **Biology of Termites**. New York. Academic Pres., Vol. 1, pp. 407-442, 1969.
- MULLER, P. B. **Bioclimatologia Aplicada aos Animais Domésticos**. 3^a ed., Porto Alegre, Sulina, 262 p., 1989.
- NEGRET, H.R.C.; REDFORD, K.H. The Biology of Nine Termite Species (Isoptera: Termitidae) From The Cerrado of Central Brazil. **Psyche**. 89, Vol. 1-2, pp. 81-106, 1982.
- NYE, P.H. Organic Matter and Nutrient Cycles Forest. **Plant and Soil**. 13, Vol. 4, pp. 333-346, 1961.
- _____ & GREENLAND, D.J. The Soil Under Shifting Cultivation. Commonwealth Agricultural Bureau Soil Tech. **Communication**, N° 51, 1960.

- ODUM, E. P. **Fundamentals of Ecology** (3rd ed.) Philadelphia . W.B. Saunders Company, 574 p., 1971.
- OLIVEIRA, A.O. & PAIVA, W.O. Utilização de Cupinzeiros e Esterco de Galinha Como Adubo em Alface Num Podzólico Vermelho Amarelo na Região de Manaus. **Acta Amazônica**, 15 (12): 13-18, 1985.
- OMETTO, J.C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo, Ed. Agronômica, Ceres, 440 p., 1981.
- PIRES, J.M. A Política Florestal para o Desenvolvimento da Amazônia. In: Estratégias para a Política Florestal na Amazônia Brasileira. **Acta Amazônica**, Manaus, pp. 131-140, 1979.
- POTRIKUS, C.J.; BREZNAK, J. A. Uric Acid in Wood-eating Termites. **Insect Biochem** 10, pp. 19-27, 1980.
- PRESTWICH, G.D. Chemical Defense by Termites Soldiers. **J. Chemical Ecol.** 5, Vol. 3, pp. 459-480, 1979.
- PRESTWICH, G.D.; BENTLEY, B.L. Ethylene Production (Isoptera, Termitidae): A Caveat for the Use of the Acetylene Reduction Assay for Nitrogenase Activity. **Sociobiology**, Nº 1, Vol. 7, 1982.
- SALATI, E.; RIBEIRO, M.N.G. Floresta e Clima. In: Estratégias para a Política Florestal na Amazônia Brasileira. **Acta Amazônica** 9, Vol. 4 Suplemento, Manaus, pp. 15-23, 1979.
- SALICK, J.; HERRERA, R.; JORDAN, C.F. Termitaria; Nutrient Patchiness in Nutrient-deficient Rain Forest. **Biotropica** 15, Vol., pp. 1-7, 1983.

SANDS, W.A. A Revision of the Termites Subfamily Nasutitermitinae (Isoptera, Termitidae) From the Ethiopian Region. **Bull. Br. Mus. Hist. Entomol. Suppt.** 4, pp. 1-172, 1965.

_____. The Association of Termites and Fungi. In: KRISHNA, K.; WEESNER, F.M. (Org.) - **Biology of Termites**. New York. Academic Press, Vol. 1, pp. 495-524, 1969.

SCHUBART, H.O.R. Critérios Ecológicos para o Desenvolvimento Agrícola das Terras Firmes da Amazônia. **Acta Amazônica** 7, Vol. 4, pp. 559-567, 1977.

_____. Dinâmica de Ecossistemas. In: ALMEIDA JUNIOR, J.M.G. de. (Org.). **Carajás: Desafio Político, Ecologia e Desenvolvimento**. São Paulo: Brasiliense; Brasília: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pp. 30-37, 1986.

SIQUEIRA, O.; FRANCO, A.A. **Biotechnologia do Solo, Fundamentos e Perspectivas**. Brasília. MEC - Ministério da Educação, ABEAS, Lavras: ESALQ. FAEP WE, 1988.

SYLVESTER-BRADLEY, R.; OLIVEIRA, L.A. de; BANDEIRA, A.G. Nitrogen Fixation in Nasutitermes in Central Amazônia. In: Jaisson, P. (ed.) **Social Insects in the Tropics**. Paris. Université de Paris-Nord, Vol. 2, pp. 235-244, 1983.

_____; BANDEIRA, A.G.; OLIVEIRA, L.A. de. Fixação de Nitrogênio (Redução do Acetileno) em Cupins (Insecta: Isoptera) da Amazônia Central. **Acta Amazônica** 8, Vol. 4, pp. 621-627, 1978.

TAYLOR, C.J. **Introdução a Silvicultura Tropical**. São Paulo: Edgard Blucher, 201 p., 1969.

- THORNE, B.L.; HAVERTY, M.I.; COLLINS, M.S. Taxonomy and Biogeography of *Nasutitermes Acajutlae* and *N. nigriceps* (Isoptera: Termitidae) in the Caribbean and Central América. **Annals of the Entomological Society of America**, Vol 87, Nº 6, pp. 763-770, 1994.
- USHER, M.B. Termites and Telegraph Poles in the Northern Region of Ghana. **Ghana J. Sc.** 14 (1): 39-46, 1974.
- _____. Studies on a Wood-feeding Termite Community in Ghana, West Africa. **Biotropica** 7(4): 217-233, 1975.
- VIEIRA, L.S.; SANTOS, W.H.P. dos; FALESI, I.C.; OLIVEIRA FILHO, J.P.S. Levantamento de Reconhecimento dos Solos da Região Bragantina, Estado do Pará. **Pesq. Agropec. Bras.** 2, pp. 1-63.
- WOOD, T.G. The Effects of Clearing and Grazing on the Termite Fauna (Isoptera) of Tropical Savannas and Woodlands. In: VANEX, J. **Progress in Soil Zoology, Prague, Academia.** pp. 409-418, 1975.

APÊNDICE

• **Técnica de P. SOMASEGARAM et al., (1980), para padrão de etileno:**

- a) Colocar em cinco frascos com capacidade para um litro, exatamente 1.000ml de água previamente medidos em balão volumétrico graduado para 1.000ml.
- b) Caso não encha todo o frasco, colocar bolas de vidro ou de gude até o líquido (água) atingir a boca do frasco.
- c) Desprezar o conteúdo dos frascos e secar em estufa.
- d) Tampar os frascos com silicone para permitir a entrada da agulha sem deixar escapar o conteúdo.
- e) Retirar 1; 0,75; 0,50; 0,25 e 0,1 ml de ar dos frascos com uma agulha fina e seringa de 1 ml.
- f) Com outra agulha e com outra seringa colocar 1; 0,75; 0,50; 0,25 e 0,1 ml de etileno nos frascos.
- g) Retirar 0,25 ml de cada frasco, injetar e analisar no cromatógrafo, medindo cada altura de pico, que corresponderão respectivamente à:

1 ml de etileno	1.000 ppm
0,75 ml de etileno	750 ppm
0,50 ml de etileno	500 ppm
0,25 ml de etileno	250 ppm
0,1 ml de etileno	100 ppm.

ANEXOS

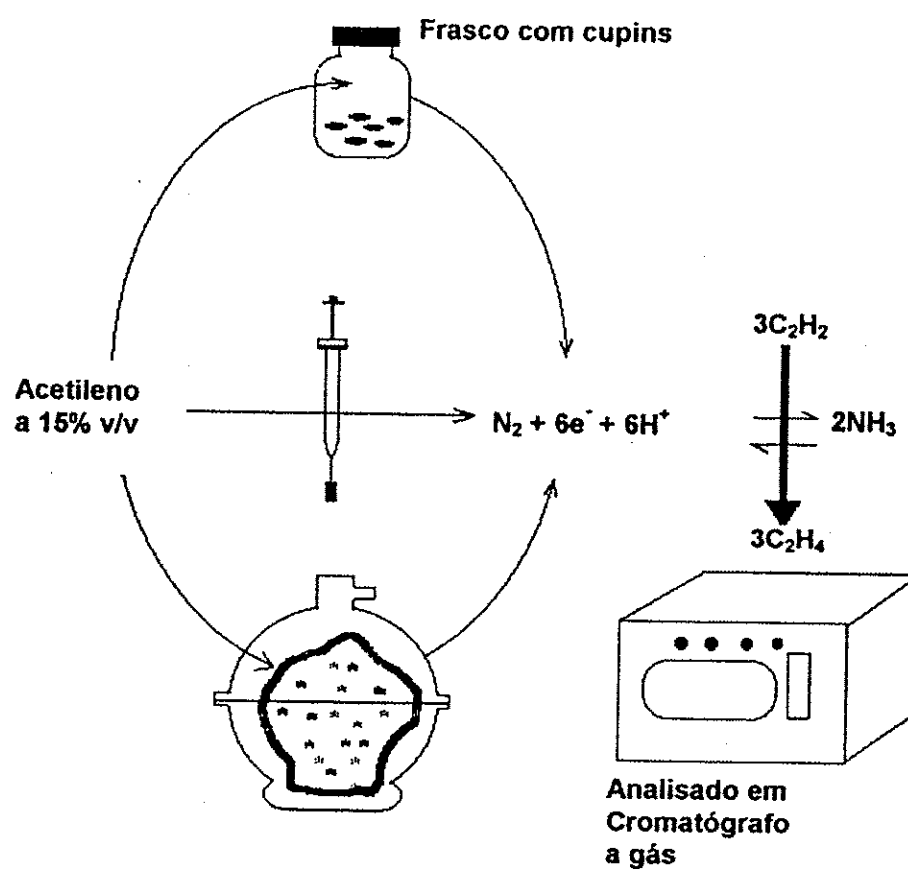


Figura 1 - Medida da fixação de nitrogênio em térmitas pelo método de redução do acetileno.

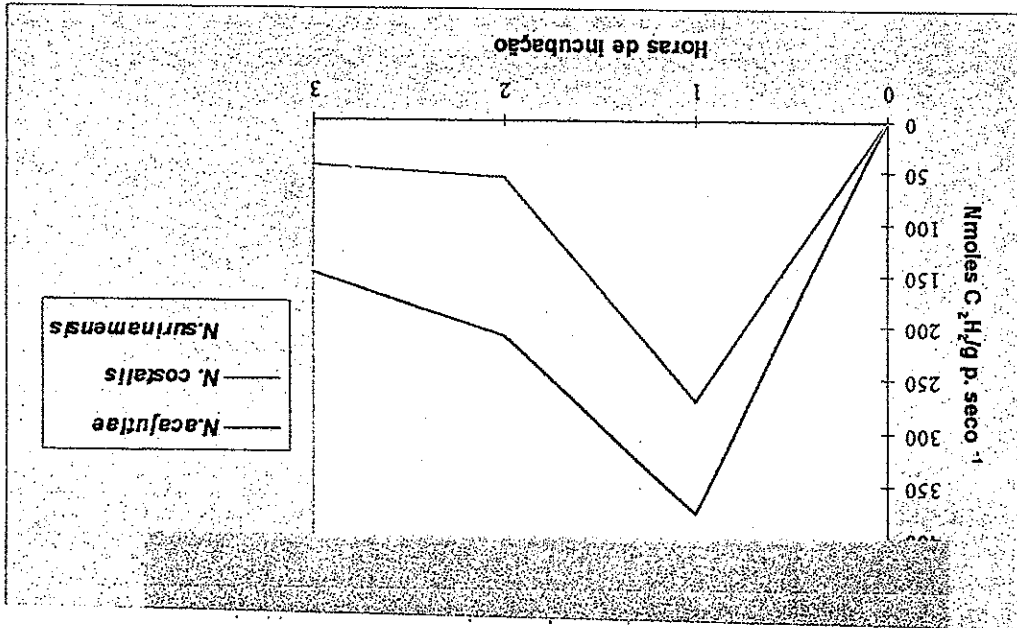


Fig. 2 - Produção de nanomoles de etileno/g de peso seco de cupim em três espécies (*Nasutitermes acajutiae*, *N. costalis* e *N. surinamensis*) em três intervalos de tempo.

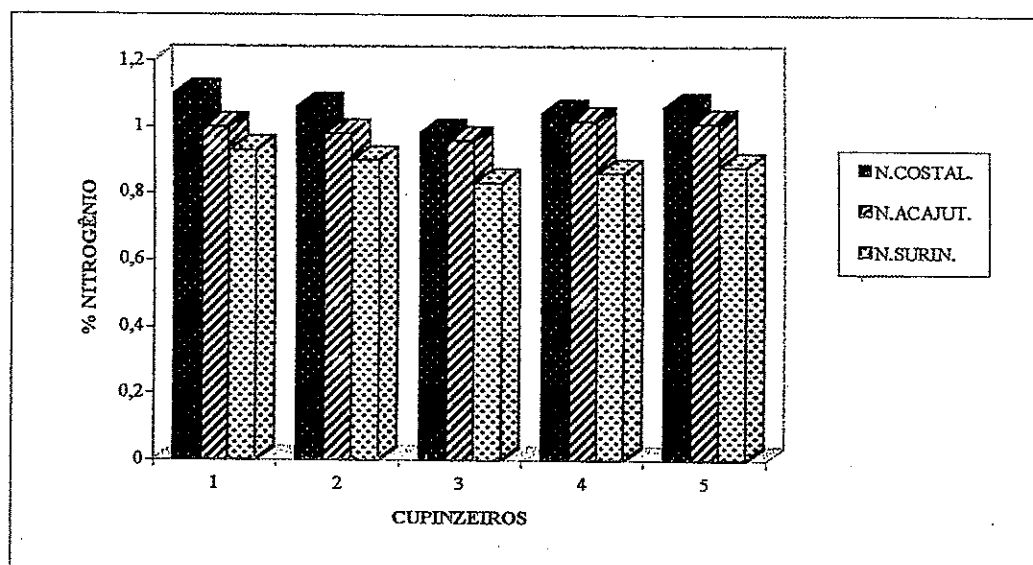
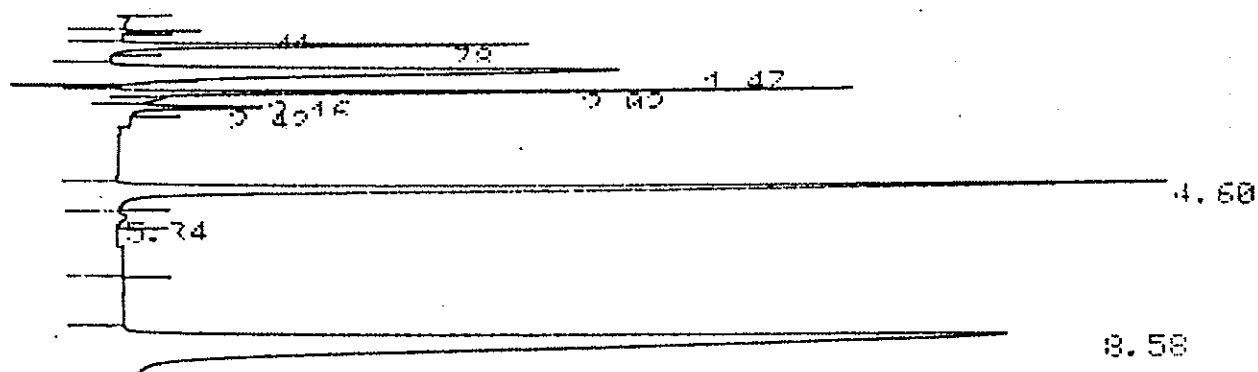


Figura 3: Porcentagens de nitrogênio em cupinzeiros das três espécies de cupins estudadas

CHANNEL A INJECT 24-04-94 10:40:07

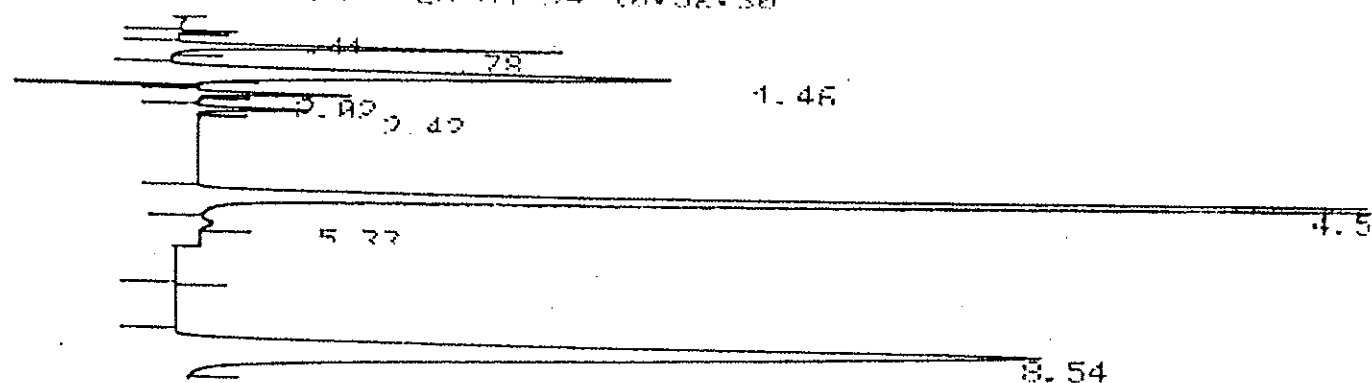


NAME	PPM
H2	36.164
O2	3044.847
N2	10666.541
CO	53.353
CH4	15.155
CO2	213.351
C2H4	1.291
C2H6	0.
C2H2	16815.241
TOTAL	30845.979

Figura 4: Cromatograma gasoso de *Nasutitermes costalis*

RT= 8

CHANNEL A INJECT 25-04-94 10:52:30



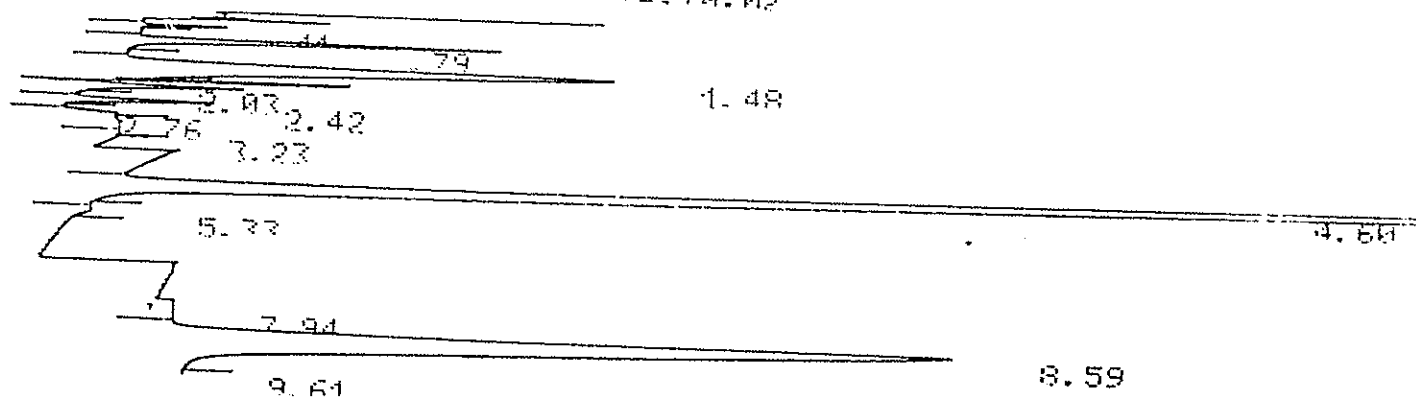
SUMMARY REPORT INDEX 1 FILE 1. CH= "A" PS= 1.

NAME	PPM
H2	41.178
O2	4433.937
N2	15982.893
CO	17.077
CH4	16.304
CO2	683.218
C2H4	2.298
C2H6	0.
C2H2	26159.29
TOTAL	47256.390

Figura 5: Cromatograma gasoso de *Nasutitermes acajutlae*

XF(1)=1

CHANNEL A INJECT 02-04-95 14:10:02



SUMMARY REPORT INDEX 1 FILE 1. CH= "A" PS= 1.

NAME	PPM
H2	58.244
O2	4218.136
N2	15966.038
CO	20.565
CH4	21.122
CO2	1011.938
C2H4	1.801
C2H6	0.
C2H2	24159.678
TOTAL	45457.519

Figura 6 : Cromatograma gasoso de *Nasutitermes surinamensis*



**Cupinzeiros
de
Nasutitermes
costalis na
Reserva
Mocambo da
EMBRAPA**



Fig. 7

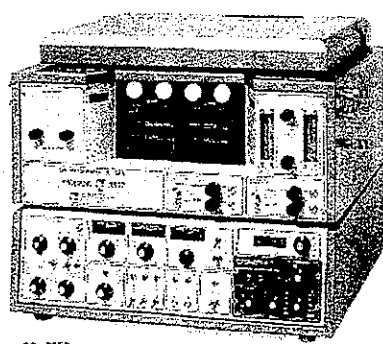


Fig. 8

**Cromatógrafo a gás
modelo CG-3537,
coluna peneira
molecular 13x1,5 m,
preenchida com
Porapak N**