

Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Exatas e da Natureza
Departamento de Sistemática e Ecologia
Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas
Área de Concentração Zoologia

Diferenciação de castas em *Inquilinitermes fur* (Isoptera, Termitidae)

Alzair da Costa Silva

João Pessoa

Julho/2015

Alzair da Costa Silva

Diferenciação de castas em *Inquilinitermes fur* (Isoptera, Termitidae)

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Ciências
Biológicas com área de concentração
em Zoologia pela Universidade
Federal da Paraíba.

Orientador: Alexandre Vasconcellos

João Pessoa, PB

Julho/2015

S586d Silva, Alzair da Costa.
Diferenciação de castas em *Inquilinitermes fur* (Isoptera, Termitidae) / Alzair da Costa Silva.- João Pessoa, 2015.
42f. : il.
Orientador: Alexandre Vasconcellos
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN
1. Zoologia. 2. Inquilinismo. 3. Térmita superior.
4. Termitinae. 5. *Constrictotermes cyphergaster*.

UFPB/BC

CDU: 59(043)

Alzair da Costa Silva

Diferenciação de castas em *Inquilinitermes fur* (Isoptera, Termitidae)

Banca Examinadora

Prof. Dr. Alexandre Vasconcellos (Orientador)
Departamento de Sistemática e Ecologia – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dra. Flávia Maria da Silva Moura
Unidade Acadêmica de Ciências Biológicas – Universidade Federal de
Campina Grande

Prof. Dr. Antonio José Creão-Duarte
Departamento de Sistemática e Ecologia – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Marcio Bernardino da Silva (Suplente)
Departamento de Sistemática e Ecologia – Universidade Federal da Paraíba

À nossa divina Mãe Terra

Agradecimentos

À minha família, pelo apoio e compreensão de sempre e todo amor oferecido;

Aos mestres que encontrei no meu caminho acadêmico até hoje por todo o ensinamento e paciência e a quem dedico todas as minhas conquistas profissionais;

Ao Prof. Dr. Alexandre Vasconcellos pela orientação, sugestões, paciência e principalmente pela credibilidade a mim confiada;

À Prof. Dra. Flávia Maria Moura da Silva e a Renato Barbosa pelas ajudas nos procedimentos metodológicos sempre com muita paciência;

À Aline Lopes que realizou as coletas de campo;

Ao pessoal da Fazenda Moreiras que disponibilizou a área para as coletas;

À Carolina Liberal e Wellington Santos pela gentileza e paciência para tirar as fotos dos instares dos térmitas;

A todos que fazem parte do Laboratório de Termitologia da UFPB pelas ajudas, aconselhamentos e claro, momentos de descontração, apoio e carinho;

A Rafael Menezes pela ajuda na revisão do inglês para conclusão deste trabalho.

À Rafaela França pela ajuda com o mapa;

A todos os professores, coordenadores e funcionários do PPGCB pelo apoio, ajudas, credibilidade e sugestões;

A todos os alunos do PPGCB pelos singelos e grandes momentos de companheirismo, amizade, carinho e ajudas durante esses dois anos compartilhados;

Aos meus amigos que sempre me incentivaram e acreditaram nas minhas conquistas;

Ao meu amigo Pablo Leonel Rivero pelo apoio, incentivo e paciência de sempre;

À CAPES pela bolsa de mestrado e apoio financeiro ao projeto.

Resumo

A família Termitidae é uma das mais diversificadas e abundantes entre os térmitas e seu padrão de desenvolvimento de castas apresenta um ponto de decisão irreversível a partir da primeira muda originando duas linhagens, uma ninfal e outra áptera. Nesse estudo, o padrão de desenvolvimento de castas de *Inquilinitermes fur*, uma espécie de Termitidae que é inquilina obrigatória dos ninhos arborícolas de *Constrictotermes cyphergaster*, foi investigado. Doze ninhos foram coletados durante um período de um ano, com coletas realizadas a cada 60 dias, no período de Outubro de 2011 a Agosto de 2012 em uma área de Caatinga situada na Fazenda Moreira, município de São João do Cariri, Paraíba. Para as análises dos dados morfométricos foram utilizadas 11 variáveis das larvas, operários, pré-soldados, soldados, ninfas e alados. A análise de componentes principais (PCA) e a ANOVA foram utilizadas para determinar os ínstares dentro de cada linhagem. Os dados mostraram que a espécie apresenta um padrão de castas aproximado com a família Termitidae, apresentando uma linhagem ninfal, porém não foram encontrados os cinco ínstares ninfais, e outra linhagem áptera, apresentado apenas um ínstar para soldado, pré-soldado e operário. As determinações de sexo foram feitas em operários, soldados. Assim como a maioria dos estudos feitos com Termitinae, foram encontrados indivíduos machos e fêmeas na casta operária precedida por dois ínstares larvais. Para soldados também foram encontrados machos e fêmeas, assim como as duas espécies de *Amitermes* estudados, onde não foi encontrado dimorfismo sexual tanto em soldados quanto em operários. Esse trabalho pioneiro no estudo do padrão de desenvolvimento de castas de *I. fur* mostrou que esta espécie, mesmo sendo inquilina obrigatória de *C. cyphergaster* e possuir um hábito de vida diferente, mantém o mesmo padrão “bifurcado” de diferenciação de castas.

Palavras-chave: Inquilinismo, térmita superior, Termitinae, *Constrictotermes cyphergaster*.

Abstract

Termitidae family is one of the most both diverse and abundant among the termites and its caste development pattern has an irreversible decision point from the first changes resulting in two strains, one nymphal and other aptera. In this study, it was assessed the patterns of caste development *Inquilinitermes fur*, a species of Termitidae family which is obligatory inquilines within arboreal nests of *Constrictotermes cyphergaster*. Twelve nests were collected over a period of one year, with samples taken every 60 days, from October 2011 to August 2012 in a Caatinga area at the Moreira Farm, São João do Cariri, Paraíba. For the analysis of morphometric data, they were used 11 variables including larvae, workers, pre-soldiers, soldiers, nymphs and winged. Principal Component Analysis (PCA) and ANOVA were performed to determine the instars within each lineage and to verify differences among the instars, respectively. The principal results showed that the species has a pattern of caste approximated of the Termitidae family, presenting a nymphal lineage but they have not found the five nymphal instars and another apterous lineage with just one instar for soldier, presoldiers and workers. Sex determinations were made only on workers, soldiers. So, like most studies of Termitinae, we found individuals males and females in the worker caste preceded by two larval instars. Soldiers have also been found males and females, as well as the two species studied *Amitermes*, which was not found in both sexual dimorphism soldiers as for workers. This pioneering work focused on the castes development patterns of *I. fur* showed that this species, even though it is obligatory inquilines of *C. cyphergaster* and has a distinctive life habit, remains the same patterns type of "forked" for the caste differentiation.

Keywords: Inquilinism, higher termite, Termitinae, *Constrictotermes cyphergaster*.

Lista de Figuras

- Figura 1.** Soldado e operário de *Inquilinitermes fur* coletados na Fazenda Moreiras no Município de São João do Cariri, Paraíba, Brasil.04
- Figura 2.** Mapa de localização da Fazenda Moreiras, município de São João do Cariri, Paraíba, Brasil.06
- Figura 3.** Ninhos de *Constrictotermes cyphergaster* coletados na Fazenda Moreiras, Município de São João do Cariri, Paraíba. Amostragem de um dos ninhos utilizados para as análises por mês de coleta: Outubro/11 (A), Dezembro/11 (B), Fevereiro/12 (C), Abril/12 (D), Junho/12 (E) e Agosto/12 (F).07
- Figura 4.** Análise de componentes principais (PCA). Projeção dos scores de primeiro e segundo componentes principais.13
- Figura 5.** Esquema hipotético do desenvolvimento de castas de *Inquilinitermes fur*. Ovo (O) Larva 1 (L1), Larva 2 (L2), Ninfas (N), operários (OP), pré-soldados (PS), soldados (SOL) e alados (AL). Machos (M) e fêmeas (F). Setas simbolizando mudas dentre as castas, as setas pontilhadas representam dados não consistentes e N1 em escala de cinza mostra que não foi encontrado o ínstar.14
- Figura 6.** Tamanho médio de cada parte do corpo mensurado nos 10 ínstares encontrados de *Inquilinitermes fur*. Ínstares: L1- Larva 1 (n=16), L2- Larva 2 (n=46), O- Operário (n=169), PS- Pré-soldado (n=6), Soldado (n=39), N2- Ninfa 2 (n=10), N3- Ninfa 3 (n=9), N4- Ninfa 4 (n=64), N5 - Ninfa 5 (n=30) e A- Alado (n=11).14
- Figura 7.** Análise de componentes principais (PCA). Projeção dos scores de primeiro e segundo componentes principais. A) análise de dados de dimorfismo dos soldados e B) dimorfismo dos operários.15
- Figura 8.** Cortes abdominais de operários em carmim clorídrico para determinação de sexo: A) macho e B) fêmea. As setas destacam as partes da genitália localizada na parte posterior do 9º esternito no macho e na fêmea as três estruturas que possuem, ovidutos no sétimo esternito, espermateca no oitavo esternito e glândula colateral no nono esternito.16
- Figura 9.** Cortes abdominais de soldados em carmim clorídrico para determinação de sexo: A) macho e B) fêmea. As setas destacam as partes da genitália localizada na parte posterior do 9º esternito no macho e na fêmea as três estruturas que possuem, ovidutos no sétimo esternito, espermateca no oitavo esternito e glândula colateral no nono esternito.16
- Figura 10.** Indivíduos dos diferentes ínstares de *I. fur*, larva de primeiro ínstar (A), larva de segundo ínstar (B), ninfa de segundo ínstar (C), ninfa de terceiro ínstar (D), ninfa de quarto ínstar (E), ninfa de quinto ínstar (F), operário (G), pré-soldado (H), soldado (I), rainha (J). .19

Lista de Tabelas

- Tabela I.** Volumes (litros) e pesos (kg) das colônias de *Constrictotermes cyphergaster* coletadas na Fazenda Moreiras, Paraíba que foram utilizadas nas análises.11
- Tabela II.** Análise de componentes principais, utilizando uma matriz de covariância. Autovalores, variância total e cumulativa, e fatores coordenados para cada variável nos componentes principais (CP1- CP3) a partir dos 400 indivíduos medidos.12
- Tabela III.** Média \pm desvio padrão das 11 medidas para os 10 ínstaes encontrados a partir de 400 indivíduos de *Inquilinitermes fur* analisados (todos os valores estão em milímetros). Ínstaes: L1- Larva 1 (n=16), L2- Larva 2 (n=46), O- Operário (n=169), PS- Pré-soldado (n=6), Soldado (n=39), N2- Ninfa 2 (n=10), N3- Ninfa 3 (n=9), N4- Ninfa 4 (n=64), N5 - Ninfa 5 (n=30) e A- Alado (n=11). Sendo as medidas: LMC- largura máxima da cabeça; CC- comprimento da cabeça; LCBM- largura da cabeça à base das mandíbulas, LL- largura do labro, CP- comprimento do pronoto, LP- largura do pronoto, LMES- largura do mesonoto, LMET- largura do metanoto, CT- comprimento da tíbia, CF- comprimento do fêmur e LF- largura do fêmur.15
- Tabela IV.** Comparação de padrões de desenvolvimento de castas ápteras de Termitidae a partir do estudo de revisão feito por Roisin (2000) e atualização das subfamílias a partir de Constantino, (2015).24

Conteúdo

1. Introdução.....	1
1.1. Objetivo.....	4
2. Material e Métodos.....	5
2.1. Área de Estudo.....	5
2.2. Amostragem dos térmitas.....	6
2.3. Análises Morfométricas.....	8
2.4. Sexagem dos térmitas.....	9
2.5. Caracterização dos ínstaes.....	10
3. Resultados.....	10
3.1. Análises Morfométricas.....	10
3.2. Determinação de Sexo.....	15
3.3. Caracterização dos ínstaes.....	17
4. Discussão.....	20
5. Considerações finais.....	25
Referências.....	25
Anexos.....	--

1. Introdução

Os térmitas, como representantes da ordem Isoptera, apresentam distinções morfológicas e comportamentais, cooperam e realizam diferentes tarefas dentro da colônia, formando castas, o que os torna bem estabelecidos dentre os insetos eussociais (Miura, 2001). Em insetos sociais é comum que os operários realizem determinadas tarefas durante seu ciclo de vida, quando isso está associada com adaptações é denominada de polietismo de casta e polietismo etário quando o desempenho das tarefas está associado à idade dos indivíduos (Wilson, 1971). O polietismo de casta é comum somente em térmitas (Haverty, 1977). Esse polietismo favoreceu vantagens evolutivas que estão associadas ao sucesso ecológico desse grupo, maximizando também a eficiência da colônia (Wilson, 1971, 1990). Essa eficiência funcional na divisão de tarefas não é encontrada somente nas diferentes castas, mas também em diferentes ínstares ou sexos dentre os operários, soldados e ninfas e possivelmente variando pela idade nos operários (Pasteels 1965 a, b; MacMahan, 1970, 1974; Sewell, 1978). Função e ínstar de desenvolvimento podem ser significativamente independentes nos térmitas (Sewell & Watson, 1981).

Os Isoptera são hemimetábolos, sendo assim, eles podem realizar mudas progressivas no seu ínstar de desenvolvimento até a forma adulta (Noirot & Pasteels, 1987, Roisin 2000), podendo ser encontrados indivíduos pertencentes a castas operárias, soldados, reprodutoras e em fase de desenvolvimento, sendo classificados dentre eles térmitas “superiores” e “inferiores”, diferenciados pelo nível de especialização social e a dependência de protozoários simbiotes que facilitam a digestão da celulose (Krishna, 1969). Nos térmitas superiores, representado pela família Termitidae é encontrado um ponto de separação irreversível no desenvolvimento pós-embrionário formando duas linhagens já no primeiro ínstar de muda que torna o padrão “bifurcado”, uma linhagem neutra ou áptera e outra ninfal ou sexual, as tarefas sociais são realizadas geralmente pela linhagem neutra ou áptera (Roisin, 2000). Esse tipo de padrão é encontrado também em Hodotermitidae, Mastotermitidae e alguns Rhinotermitidae. Noirot & Pasteels (1987) hipotetizaram esta evolução dos Termitidae como sendo uma possível redução ou regulação na flexibilidade do desenvolvimento e colocaram os falsos operários ou “pseudergates” encontrados nos térmitas inferiores como ancestrais dos verdadeiros operários, ainda presentes em alguns grupos

primitivos, já a linhagem áptera apresenta uma grande diversidade de padrões dentre as diferentes famílias.

Nos Termitidae a partir do ovo começa a diferenciação das castas e ínstaes, onde muda primeiro para o primeiro ínstar larval, depois ocorre a muda para o segundo ínstar larval onde este pode se diferenciar para o primeiro ínstar da linhagem ninfal, com o aparecimento dos brotos alares, ou no surgimento da linhagem áptera seguido por um ou vários ínstaes operário, exceto nos cultivadores de fungos Macrotermitinae que possuem três ínstaes larvais precedendo a origem dos operários. E os soldados derivam de duas mudas de operários, ou em alguns casos das larvas ápteras (Noirot, 1969; Roisin, 2000). As castas ápteras apresentam uma variedade de padrões de desenvolvimento de castas dentre famílias, gêneros e espécies. Na linhagem sexual, após a diferenciação no primeiro ínstar larval a linhagem compõe cinco ínstaes ninfais precedendo o alado (Roisin, 2000). O padrão de desenvolvimento da linhagem sexual em Termitidae apresenta sempre uma constância dentre as famílias (Noirot, 1969). A origem de pré-soldados (ou soldados-brancos) e soldados geralmente acontece a partir da casta operária e em alguns casos estes indivíduos derivam de larvas ápteras, porém essa conclusão não é definitiva. Em estudos realizados com Nasutitermitinae soldados derivam de operários machos em *Nasutitermes* spp., já em representantes de outras famílias como *Microcerotermes*, *Cubitermes* e *Embiratermes* eles derivaram de operárias fêmeas (Noirot, 1955, 1969, Noirot 1985; Miura *et al.* 1998; Roisin 1990, 1992, 2000; Barbosa *et al.*, 2012).

A subfamília Termitinae é uma das mais diversificadas dentre os Termitidae, sendo conhecidos atualmente 66 gêneros e 615 espécies (Constantino, 1998), ainda é considerada pouco estudada na Região Neotropical e vários gêneros encontrados ainda são considerados endêmicos (Araújo, 1970; Constantino, 1999; Rocha & Canello, 2007). Em geral, o sistema de desenvolvimento de castas de Termitinae apresenta dois ínstaes larvais e uma variedade de ínstaes de operários, os gêneros *Termes*, *Microcerotermes* e *Amitermes* apresentam mais de um ínstar operário (polimórfico) (Noirot, 1955). Estudos feitos com espécies do gênero *Microcerotermes* verificaram dimorfismo sexual entre as castas operárias (Noirot, 1955; Roisin, 1990; Rasib & Akhtar, 2012).

A espécie *Inquilinitermes fur* (Silvestri) (Isoptera, Termitidae, Termitinae) (Figura 1), primeiramente pertencente ao gênero *Capritermes*, posteriormente *Mirotermes* e *Termes* (Snyder, 1949) daí o a última nomeação feita por Mathews (1977) foi *Inquilinitermes* que é utilizado até hoje, foi denominado com base na ausência do segundo dente marginal da mandíbula do lado esquerdo de operários e imago, o deficiente desenvolvimento da porção

frontal nos soldados e aparente colonização obrigatória nos ninhos do gênero *Constrictotermes* (Termitidae: Nasutitermitinae) (Cunha *et al.*, 2003 ; Constantino & Acioli , 2006).

Inquilinitermes fur como inquilinos obrigatórios dos ninhos de *Constrictotermes cyphergaster* (Silvestri), tem distribuição pela América do Sul junto a seu hospedeiro. No Brasil, São comumente encontrados em áreas de Caatinga (Godinho *et al.*, 1989; Mélo & Bandeira, 2004). Os inquilinos coabitam diferentes compartimentos do ninho, formam seus ninhos sem conexão com os de *C. cyphergaster* como estratégia para evitar possíveis conflitos, principalmente pelo uso de recursos alimentares, sendo assim se alimentam de matéria orgânica armazenada. São geralmente encontrados em ninhos com volumes superiores a 12 litros, classificados como médios, onde se observa um acúmulo de uma massa preta constituída por matéria orgânica, possivelmente depósito de excremento (Araujo, 1970; Matthews, 1977; Myles, 1999; Cunha *et al.* 2003; Gusmão *et al.*, 2007; Cristaldo *et al.* 2012; Cristaldo *et al.* 2014). Já seu hospedeiro é um forrageador noturno que se alimenta de madeira em diferentes ínstars de decomposição na superfície de troncos de árvores (Moura *et al.* 2006a; Moura *et al.*, 2006b) e de líquens (Bourguignon *et al.* 2011). A diferenciação no uso dos recursos tem sido considerada um dos principais mecanismos que facilitam as duas espécies coexistirem e o baixo contato direto entre os inquilinos e seus hospedeiros excluem a necessidade de coabitação (Florencio *et al.*, 2013). Em área de Caatinga ninhos de *C. cyphergaster* incipientes geralmente são epígeos e à medida que vão amadurecendo tornam-se arbóreos (Vasconcellos *et al.* 2007).

Térmitas inquilinos formam um determinado grupo de invasores porque assim como os indivíduos do ninho que são hospedeiros, eles são detritívoros, porém diferentemente de outros invasores afetam negativamente as colônias (Costa & Vanin, 2010). O termo inquilinismo nos térmitas é dado pela coabitação hetero-específica térmita-térmita (Florencio *et al.*, 2013). Em geral, os térmitas inquilinos são categorizados como dois tipos: a) inquilinos obrigatórios são aquelas espécies que se relacionam intimamente com o hospedeiro que perderam sua habilidade de construção do próprio ninho; b) inquilinos facultativos são indivíduos que mantêm a habilidade de construir ninho, mas que podem habitar ninhos construídos por outras espécies de térmitas (Mathews, 1977).

Estudos envolvendo o desenvolvimento de castas de térmitas torna-se essencial para o entendimento da evolução da organização da sociedade de cupins, assim como estudos sobre tamanho da colônia, história de vida e nidificação.



Figura 1. Soldado (esquerda) e operário (direita) de *Inquilinitermes fur* coletados na Fazenda Moreiras no Município de São João do Cariri, Paraíba, Brasil.

1.1. Objetivo

Neste estudo investigamos o padrão de desenvolvimento de castas de *I. fur*, um térmita superior que coabita ninhos arborícolas de *C. cyphergaster* em uma área de Caatinga no Estado da Paraíba. Especificamente:

- Diferenciar morfológicamente castas e ínstaes;
- Determinar o sexo das castas ápteras (operários e soldados) buscando detectar a existência de polimorfismo sexual;
- Determinar a presença de operários verdadeiros;
- Estabelecer relações entre os padrões de desenvolvimento de castas de *I. fur* com outras espécies pertencentes à família Termitidae.

2. Material e Métodos

2.1. Área de Estudo

Os dados foram coletados na Fazenda Moreiras, Município de São João do Cariri (07° 23' 51" S; 36° 24' 49,1" W) (Figura 2), Estado da Paraíba, Brasil. Está localizado na zona fisiográfica do Planalto da Borborema, fazendo parte da mesorregião da Borborema e microrregião do Cariri Oriental, com uma altitude média de 458 m e possui uma área de 499 ha. A vegetação é caracterizada por Caatinga (vegetação caducifolia espinhosa), adaptada à distribuição da precipitação e edáficas, formada em sua maioria por xerófitas caducifólias, constituída por uma mistura de estratos herbáceo, arbustivo e arbóreo de pequeno porte, de folhas caducas e pequenas, tortuosas, espinhentas e de elevada resistência às estiagens (Souto *et al.*, 2007). A caatinga encontra-se no Estado da Paraíba desde a porção oriental, no Agreste sublitorâneo, onde constitui uma área de transição entre este bioma e a mata tropical, estendendo-se por todo interior do Estado, compreendendo um território de 40 539 km², constituindo a maior área de cobertura vegetal da Paraíba, com 71,64% de sua área total (Sudema, 1992). A região apresenta características típicas de semiárido, com temperatura máxima variando entre 28,5 °C a 35 °C e a precipitação média anual em 2011 e 2012 foi de 384 mm e umidade relativa do ar 50%. O clima da região é Bsh - semiárido quente, com chuvas de verão-outono. É considerada uma das regiões mais secas do Brasil (Governo do Estado da Paraíba, 1985).

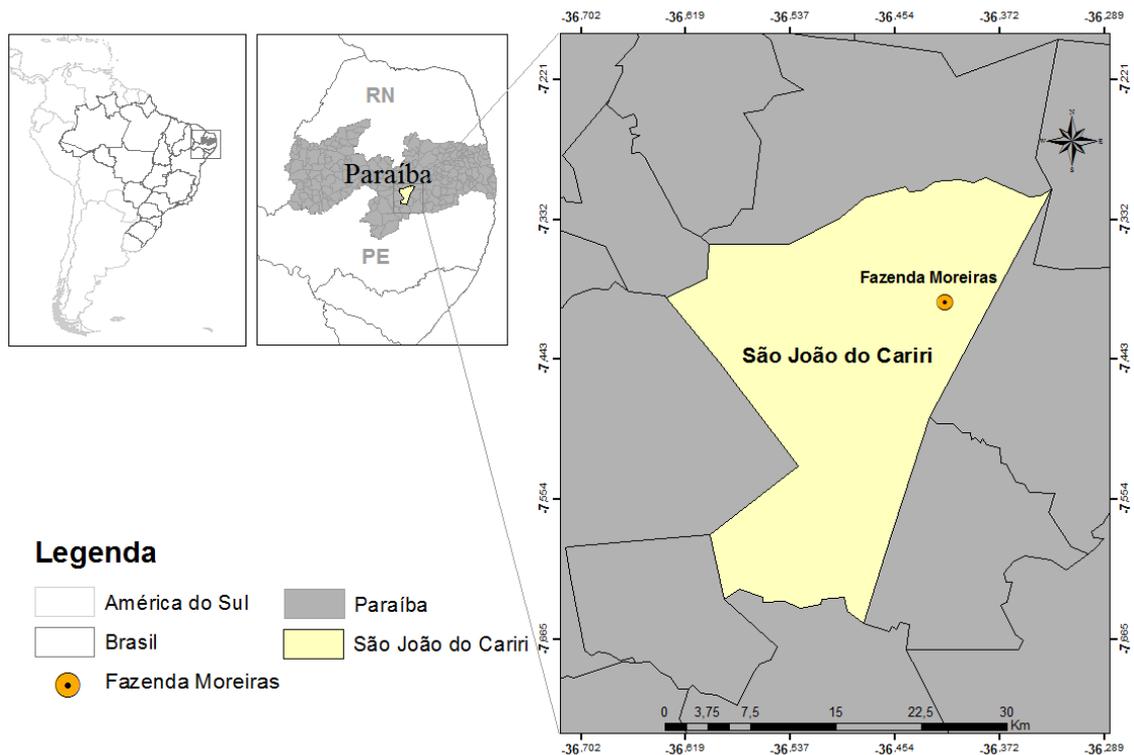


Figura 2. Mapa de localização da Fazenda Moreiras, município de São João do Cariri, Paraíba, Brasil.

2.2. Amostragem dos cupins

Foram coletados dois ninhos arborícolas de *C. cyphergaster* a cada 60 dias entre os meses de Outubro de 2011 e Agosto de 2012 (Figura 3). Os volumes dos ninhos foram estimados usando a fórmula de um hemielipsoide: $V = \frac{2}{3} \pi h D d$, onde h = comprimento do ninho, $D = \frac{1}{2}$ do maior diâmetro e $d = \frac{1}{2}$ do menor diâmetro. Os indivíduos amostrados foram fixados em solução de FAA (37% formaldeído: ácido acético: etanol) durante 24 h e posteriormente armazenados em álcool 70%. A separação dos indivíduos de *C. cyphergaster* e *I. fur* correspondentes aos ínstars larvais e ninfais foram realizadas a partir distinções morfológicas encontradas nas mandíbulas e principalmente quantidade de pêlos presentes na parte dorsal da cabeça. Estas distinções foram feitas através de comparações com utilização de estereomicroscópio. Os inquilinos foram encontrados em câmaras isoladas nos ninhos não havendo contato com os indivíduos de *C. cyphergaster*.



Figura 3. Ninhos de *Constrictotermes cyphergaster* coletados na Fazenda Moreiras, Município de São João do Cariri, Paraíba. Amostragem de um dos ninhos utilizados para as análises por mês de coleta: Outubro/11 (A), Dezembro/11 (B), Fevereiro/12 (C), Abril/12 (D), Junho/12 (E) e Agosto/12 (F).

2.3. Análises morfométricas

As análises morfométricas dos indivíduos de *I. fur* foram realizadas através de estereomicroscópio equipado com um micrômetro ocular e as padronizações foram baseadas no estudo de Roonwall (1970). Foram analisados indivíduos de 12 ninhos, sendo dois de cada mês de coleta e para cada ninho foram utilizadas duas amostras, totalizando 24 amostras. Algumas partes do corpo dos indivíduos foram analisadas morfometricamente seguindo Koshikawa *et al.* (2002, 2004), Moura *et al.* (2011), sendo realizadas um total de 11 medições:

- I) Largura da cabeça (LC);
- II) Comprimento da cabeça (CC);
- III) Largura máxima da cabeça na base das mandíbulas (LCBM);
- IV) Largura do labro (LL);
- V) Comprimento do pronoto (CP);
- VI) Largura do pronoto (LP);
- VII) Largura do mesonoto (LMES);
- VIII) Largura do metanoto (LMET);
- IX) Comprimento do fêmur (CF);
- X) Largura do fêmur (LF);
- XI) Largura da tíbia (LT).

Foram medidos indivíduos da casta operária, soldados, pré-soldados, alados e pertencentes a instars larvais e ninfais. As diferenças morfométricas entre os instares foram analisadas usando análise de componentes principais (PCA), utilizando os dados de todos os indivíduos medidos, método já foi utilizado em vários estudos para diferenciação de castas de térmitas (Roisin & Pasteels, 1986; Lelis & Everaerts, 1993, Koshikawa, 2002, 2004; Moura *et al.* 2011, Barbosa *et al.* 2012) As significâncias das diferenças serão avaliadas separadamente para indivíduos da linhagem áptera e ninfal usando ANOVA (on e-way), considerando a contagem do primeiro componente principal com um posterior teste de Tukey. Os cálculos foram realizados usando o programa Statistica 10.0 (StatSoft, Inc., 2010).

2.4. Sexagem dos térmitas

A sexagem foi realizada entre os operários e soldados como descrito por Noirot (1955). A determinação em castas ápteras foi realizada a partir de uso de microscópio, onde foi possível a visualização das gônadas, que por sua vez são rudimentares (Noirot, 1955,1969; MacMahan, 1959). Os abdomens dos indivíduos foram cortados no plano frontal e a metade dorsal do abdômen e o intestino foram removidos, deixando apenas os vestígios do aparelho reprodutor. O corte abdominal foi preparado por coloração de desidratação em álcool absoluto durante cinco minutos e clareado com Xylol também durante cinco minutos. O excesso de Xylol foi então removido com álcool absoluto por mais cinco minutos. Foram corados com carmin clorídrico por 60 minutos para melhor visualização do aparelho reprodutor e posteriormente retirado o excesso com clareamento em álcool clorídrico (0.5% HCl em 80% etanol) por três minutos até que fosse permitida a visualização das gônadas permitindo a identificação do sexo, método utilizado também por Moura *et al.* (2011).

Na linhagem sexual a diferença entre machos e fêmeas é notada através de morfologia externa, no qual as fêmeas apresentam dilatação no sétimo esternito sendo visivelmente notado (Noirot, 1955,1969; MacMahan, 1959; Weesner, 1969; Miura *et al.* 1998) e após a diferenciação foi realizado o corte abdominal para posterior coloração seguindo os mesmos procedimentos utilizados em operários e soldados, afim de diferenciar as gônadas dos indivíduos de cada casta. Para as castas ápteras foi utilizada a metodologia descrita por Noirot (1955) e Miura *et al.* (1998).

Segundo Noirot (1955) e Miura (1998), a identificação do sexo para fêmeas é caracterizada pela presença de ovidutos incipientes estendendo-se para margem posterior do sétimo esternito, espermateca localizada na porção posterior do oitavo esternito e glândula colateral no nono esternito. Já para os machos encontramos a presença apenas de genitália incipiente localiza-se na margem posterior do nono esternito para soldado e operários (Figura 7A e B).

2.5. Caracterização dos ínstaes

Os ínstaes foram caracterizados a partir dos dados apresentados na análise de componentes principais (PCA) e distinguidos morfológicamente, categorizados através da pigmentação, esclerotização, formação de brotos alares, presença de olhos, dentes da mandíbula para caracterizar os ínstaes.

3. Resultados

3.1. Análises Morfométricas

Os ninhos utilizados nas análises apresentaram um volume médio total de $69,5L \pm 26,5$ (Tabela I). Foram medidos 400 indivíduos, onde foram encontrados indivíduos pertencentes à linhagem áptera e ninfal. Da linhagem áptera foram medidos seis pré-soldados, 39 soldados, 169 operários “verdadeiros” onde alguns indivíduos apresentavam pouca pigmentação e esclerotização, mas possuíam mesmo tamanho, provavelmente operários em formação, entre os ínstaes larvais 62 indivíduos foram medidos (L1 n=16 e L2 n=46). Da linhagem ninfal foram medidos 113 indivíduos pertencentes a quatro ínstaes ninfais (N2 n=10, N3 n=9, N4 n=64 e N5 n=30) e os alados foram medidos 11 indivíduos.

Para resultados parciais da análise de componentes principais foram levados em consideração o primeiro e segundo fatores, que corresponderam a 90,41% da variação total, com o primeiro componente correspondendo a 72,09% e o segundo a 18,32% da variância total. O CP1 mostrou-se negativamente correlacionado com todas as variáveis e o CP2 mostrou-se negativamente correlacionado com CP, LMP, LMES, LMET, CT e CF (Tabela II).

As variáveis que apresentaram maior carga sobre os fatores foram largura do pronoto (LP) e comprimento do fêmur (CF) para o primeiro componente principal e comprimento da cabeça (CC) e largura da cabeça na base das mandíbulas (LCBM) para o segundo componente principal (Tabela II).

Foi realizada a separação de 10 ínstaes através dos *scores* do primeiro e segundo componentes (Figura 6), onde foram categorizados em larva de primeiro ínstar (n=16), larva

de segundo ínstar (n=46), operários (n=169), soldado (n=39), pré-soldado (n=6), das ninfas apareceram ninfa 2 (n=10), ninfa 3 (n=9), ninfa 4 (n=64), ninfa 5 (n= 30) e alado (n=11). As ninfas foram representadas por apenas quatro ínstaes ninfais precedendo o alado. Todas as nuvens foram analisadas seguindo as terminologias e definições de Thorne (1996) e Roisin (2000) (Anexo I). Os valores médios com desvio padrão de todas as 11 variáveis para todas as castas encontradas foram apresentadas na Tabela III (Figura 6).

A ANOVA realizada com os *scores* do primeiro componente principal mostrou que houve diferença significativa entre todas as castas ($F_{(9,390)} = 1135,57$; $p < 0,05$). Para as castas ápteras houve diferença morfométrica significativa entre todas as castas ($F_{(4,271)} = 774,8$; $p < 0,05$), e o teste de Tukey também mostrou diferença significativa (Tukey, $p < 0,05$). Já a linhagem ninfal também mostrou diferença morfométrica significativa ($F_{(4,119)} = 1696,5$; $p < 0,05$) e o teste de Tukey mostrou que não houve diferença significativa entre N5 e Alado (Tukey, $p = 0,99$), mas houve diferença morfométrica significativa entre os outros ínstaes. A partir do conteúdo apresentado através das análises morfométricas e também do estudo da determinação sexual das castas ápteras e ninfal foi padronizado um esquema para o desenvolvimento de castas de *I. fur* (Figura 5).

Tabela I. Volumes (litros) e pesos (kg) das colônias de *Constrictotermes cyphergaster* coletadas na Fazenda Moreiras, Paraíba que foram utilizadas nas análises.

Ninho	Volume (L)	Peso (Kg)
Outubro		
N1	36.84	31.65
N2	42.70	37.09
Dezembro		
N1	52.33	46.02
N2	47.15	41.22
Fevereiro		
N1	67.82	60.40
N2	72.19	64.45
Abril		
N1	54.66	48.18
N2	84.67	76.03
Junho		
N1	90.34	81.29
N2	125.68	114.08
Agosto		

N1	58.46	51.71
N2	100.94	91.13

Tabela II. Análise de componentes principais, utilizando uma matriz de covariância. Autovalores, variância total e cumulativa, e fatores coordenados para cada variável nos componentes principais (CP1- CP2) a partir dos 400 indivíduos medidos pertencentes a todos os instares dos térmitas.

	Componentes Principais	
	1	2
Autovalor	07,92	2,01
Variância total (%)	72,09	18,32
Variância cumulativa (%)	72,09	90,41
Largura Máxima da Cabeça (LMC)	-0,82	0,55
Comprimento da Cabeça (CC)	-0,70	0,68
Largura Máxima na Base das Mandíbulas (LCBM)	-0,66	0,71
Largura do Labro (LL)	-0,62	0,06
Comprimento do Pronoto (CP)	-0,85	-0,47
Largura do Pronoto (LP)	-0,98	-0,05
Largura do Mesonoto (LMES)	-0,85	-0,47
Largura do Metanoto (LMET)	-0,90	-0,35
Comprimento da Tíbia (CT)	-0,92	-0,32
Comprimento do Fêmur (CF)	-0,97	-0,10
Largura do Fêmur (LF)	-0,94	0,14

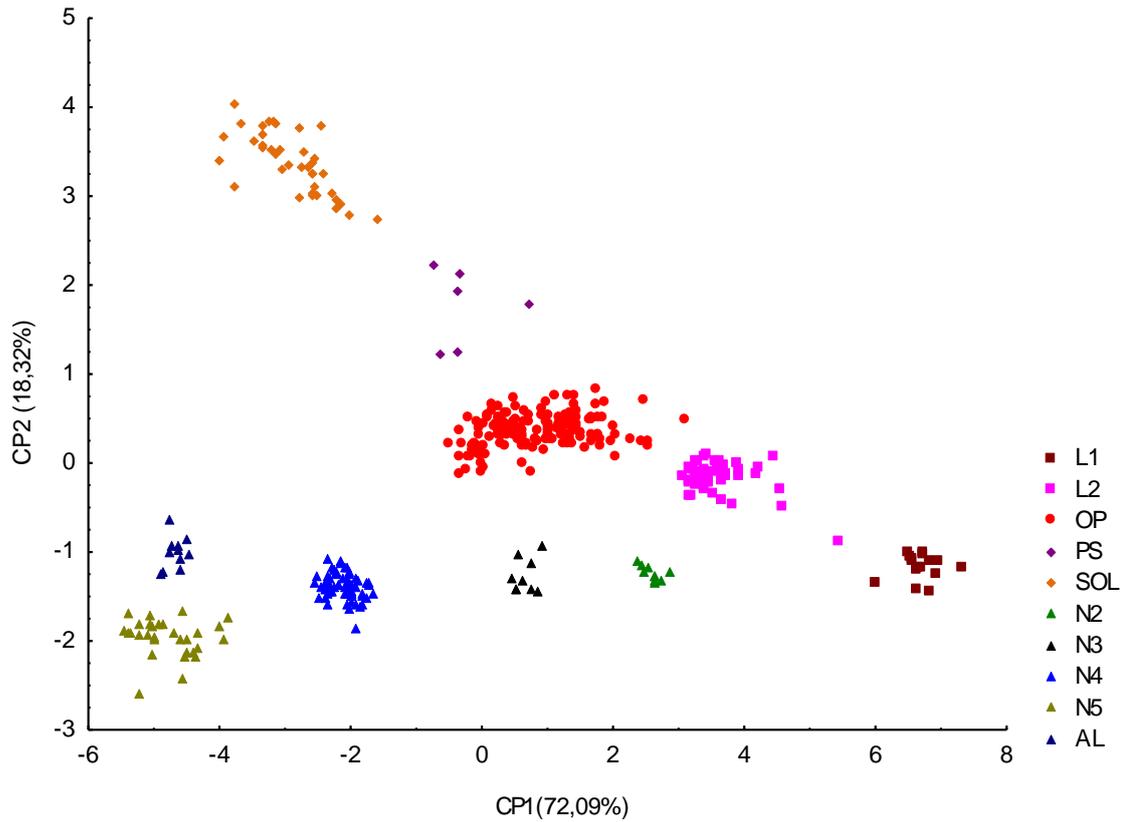


Figura 4. Análise de componentes principais (PCA). Projeção dos scores de primeiro e segundo componentes principais. L1- Larva 1 (n=16), L2- Larva 2 (n=46), OP- Operário (n=169), PS- Pré-soldado (n=6), SOL- Soldado (n=39), N2- Ninfa 2 (n=10), N3- Ninfa 3 (n=9), N4- Ninfa 4 (n=64), N5 - Ninfa 5 (n=30) e A- Alado (n=11).

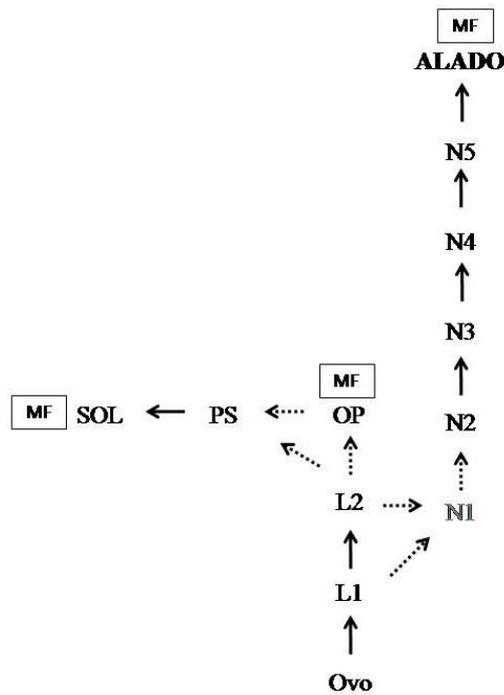


Figura 5. Esquema hipotético do desenvolvimento de castas de *Inquilinitermes fur*. Ovo (O) Larva 1 (L1), Larva 2 (L2), Ninfas (N), operários (OP), pré-soldados (PS), soldados (SOL) e alados (AL). Machos (M) e fêmeas (F). Setas simbolizando mudas entre os ínstares, as setas pontilhadas representam dados não confirmados e N1 em escala de cinza mostra que não foi encontrado o ínstar.

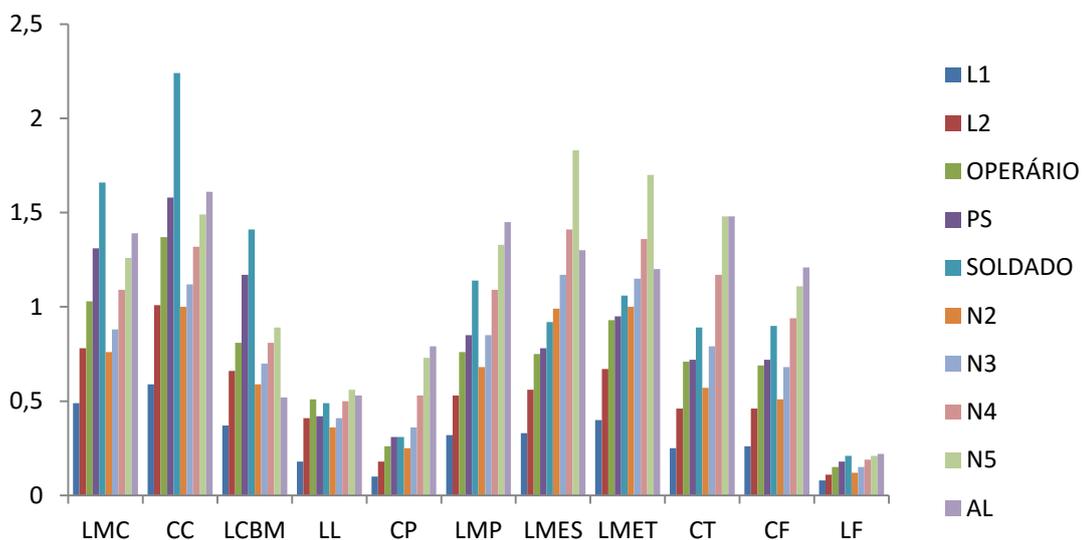


Figura 6. Tamanho médio de cada parte do corpo mensurado nos 10 ínstares encontrados de *Inquilinitermes fur*. Ínstares: L1- Larva 1 (n=16), L2- Larva 2 (n=46), O- Operário (n=169), PS- Pré-soldado (n=6), Soldado (n=39), N2- Ninfa 2 (n=10), N3- Ninfa 3 (n=9), N4- Ninfa 4 (n=64), N5 - Ninfa 5 (n=30) e A- Alado (n=11).

Tabela III. Média \pm desvio padrão das 11 medidas para os 10 ínstares encontrados a partir de 400 indivíduos de *Inquilinitermes fur* analisados (todos os valores estão em milímetros). Ínstares: L1- Larva 1 (n=16), L2- Larva 2 (n=46), O- Operário (n=169), PS- Pré-soldado (n=6), Soldado (n=39), N2- Ninfa 2 (n=10), N3- Ninfa 3 (n=9), N4- Ninfa 4 (n=64), N5 - Ninfa 5 (n=30) e A- Alado (n=11). Sendo as medidas: LMC- largura máxima da cabeça; CC- comprimento da cabeça; LCBM- largura da cabeça à base das mandíbulas, LL- largura do labro, CP- comprimento do pronoto, LP- largura do pronoto, LMES- largura do mesonoto, LMET- largura do metanoto, CT- comprimento da tíbia, CF- comprimento do fêmur e LF- largura do fêmur.

	SOLDADO	PS	OPERÁRIO	N2	N3	N4	N5	L1	L2	ALADO
LMC	1,66 \pm 0,11	1,31 \pm 0,09	1,03 \pm 0,05	0,76 \pm 0,02	0,88 \pm 0,02	1,09 \pm 0,02	1,26 \pm 0,05	0,49 \pm 0,01	0,78 \pm 0,03	1,39 \pm 0,03
CC	2,24 \pm 0,22	1,58 \pm 0,16	1,37 \pm 0,09	1 \pm 0,03	1,12 \pm 0,04	1,32 \pm 0,06	1,49 \pm 0,09	0,59 \pm 0,02	1,01 \pm 0,05	1,61 \pm 0,08
LCBM	1,41 \pm 0,20	1,17 \pm 0,09	0,81 \pm 0,03	0,59 \pm 0,01	0,7 \pm 0,03	0,81 \pm 0,03	0,89 \pm 0,04	0,37 \pm 0,01	0,66 \pm 0,03	0,52 \pm 0,02
LL	0,49 \pm 0,07	0,42 \pm 0,02	0,51 \pm 0,02	0,36 \pm 0,01	0,41 \pm 0,02	0,5 \pm 0,02	0,56 \pm 0,03	0,18 \pm 0,00	0,41 \pm 0,02	0,53 \pm 0,01
CP	0,31 \pm 0,01	0,31 \pm 0,02	0,26 \pm 0,01	0,25 \pm 0,00	0,36 \pm 0,01	0,53 \pm 0,02	0,73 \pm 0,02	0,1 \pm 0,00	0,18 \pm 0,00	0,79 \pm 0,02
LMP	1,14 \pm 0,07	0,85 \pm 0,05	0,76 \pm 0,05	0,68 \pm 0,01	0,85 \pm 0,01	1,09 \pm 0,03	1,33 \pm 0,08	0,32 \pm 0,01	0,53 \pm 0,02	1,45 \pm 0,05
LMES	0,92 \pm 0,04	0,78 \pm 0,04	0,75 \pm 0,05	0,99 \pm 0,01	1,17 \pm 0,08	1,41 \pm 0,11	1,83 \pm 0,20	0,33 \pm 0,02	0,56 \pm 0,02	1,30 \pm 0,12
LMET	1,06 \pm 0,06	0,95 \pm 0,07	0,93 \pm 0,07	1 \pm 0,02	1,15 \pm 0,08	1,36 \pm 0,09	1,7 \pm 0,23	0,4 \pm 0,03	0,67 \pm 0,04	1,20 \pm 0,06
CT	0,89 \pm 0,06	0,72 \pm 0,07	0,71 \pm 0,07	0,57 \pm 0,01	0,79 \pm 0,02	1,17 \pm 0,08	1,48 \pm 0,14	0,25 \pm 0,02	0,46 \pm 0,03	1,48 \pm 0,10
CF	0,9 \pm 0,04	0,72 \pm 0,06	0,69 \pm 0,05	0,51 \pm 0,01	0,68 \pm 0,02	0,94 \pm 0,04	1,11 \pm 0,04	0,26 \pm 0,02	0,46 \pm 0,03	1,21 \pm 0,05
LF	0,21 \pm 0,00	0,18 \pm 0,00	0,15 \pm 0,00	0,12 \pm 0,00	0,15 \pm 0,00	0,19 \pm 0,00	0,21 \pm 0,00	0,08 \pm 0,01	0,11 \pm 0,00	0,22 \pm 0,00

3.2. Determinação de sexo

Para as castas ápteras foram realizados cortes para sexagem em 38 indivíduos de operários (Figura 8) e 25 de soldados (Figura 9) para a determinação de sexo, onde foram encontrados ambos os sexos (macho e fêmea) para as duas castas (Tabela IV). Foi possível a determinação nas castas ápteras através da visualização nos machos do rudimento da vesícula seminal encontrada no nono esternito e para as fêmeas foram visualizadas três estruturas a partir da presença de ovidutos incipientes estendendo-se para margem posterior do sétimo esternito, espermateca localizada na porção posterior do oitavo esternito e glândula colateral no nono esternito. Através de dados morfométricos e da sexagem de 19 soldados e 21 operários foi visto que não há dimorfismo nas castas ápteras (operário e soldado), foi realizado um PCA com os dados que não mostrou diferença (Figura 7). A determinação tanto de castas ápteras e ninfais foram feitas com o posicionamento das estruturas se apresentando de forma similar tanto para fêmea quanto para macho.

A ANOVA não mostrou diferença significativa entre os sexos para nenhuma das duas castas, operário e soldado, para soldados o primeiro componente principal mostrou $F_{(1,17)} = 0,59$; $p = 0,45$ e para o segundo componente principal $F_{(1,17)} = 2,55$; $p = 0,12$ e para operários o primeiro componente mostrou $F_{(1,19)} = 0,12$; $p = 0,72$ e o segundo componente principal $F_{(1,19)} = 0,09$; $p = 0,75$.

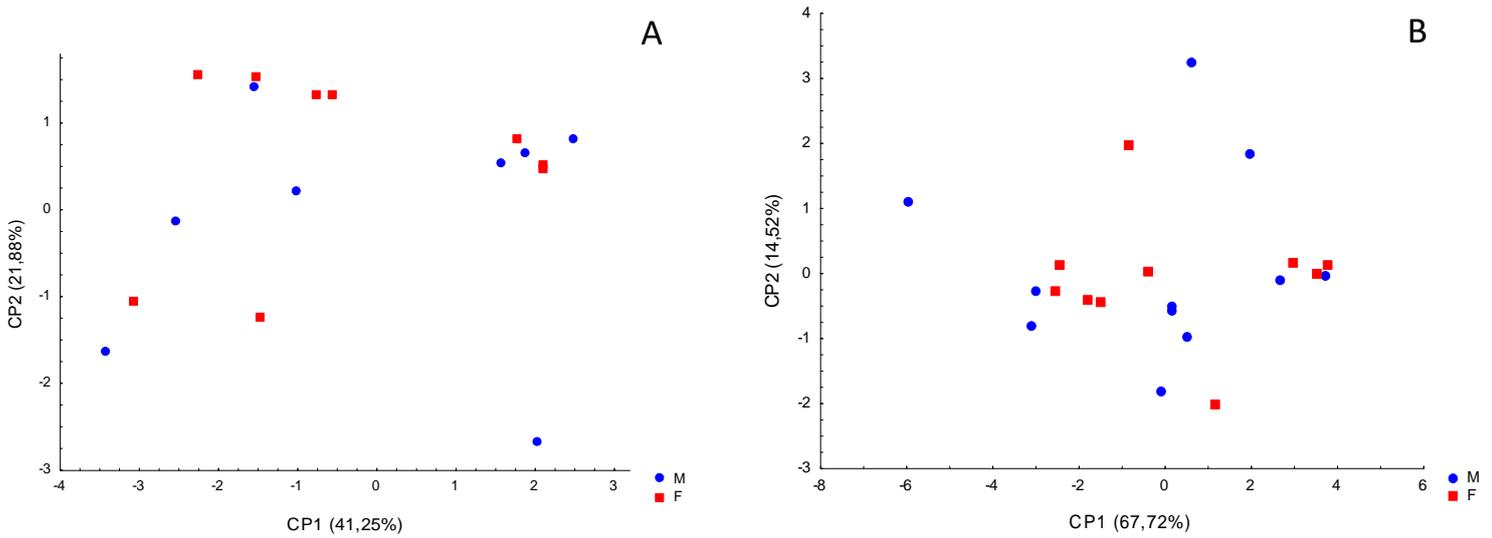


Figura 7. Análise de componentes principais (PCA). Projeção dos scores de primeiro e segundo componentes principais. A) análise de dados de dimorfismo dos soldados e B) dimorfismo dos operários. M= Macho e F= Fêmea

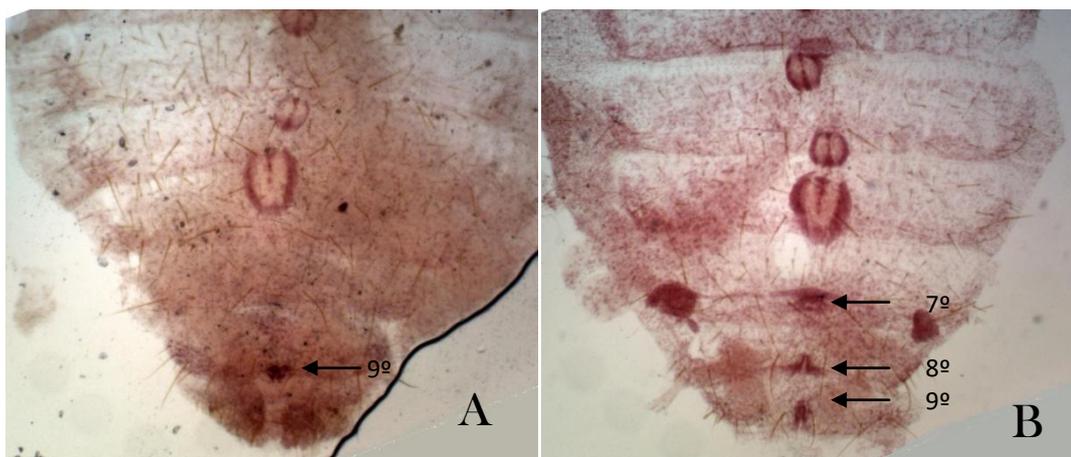


Figura 8. Cortes abdominais de operários de *Inquilinitermes fur* em carmim clorídrico para determinação de sexo: A) macho e B) fêmea. As setas destacam as partes da vesícula seminal localizada na parte posterior do 9º esternito no macho e na fêmea as três estruturas que

possuem, ovidutos no sétimo esternito, espermateca no oitavo esternito e glândula colateral no nono esternito.

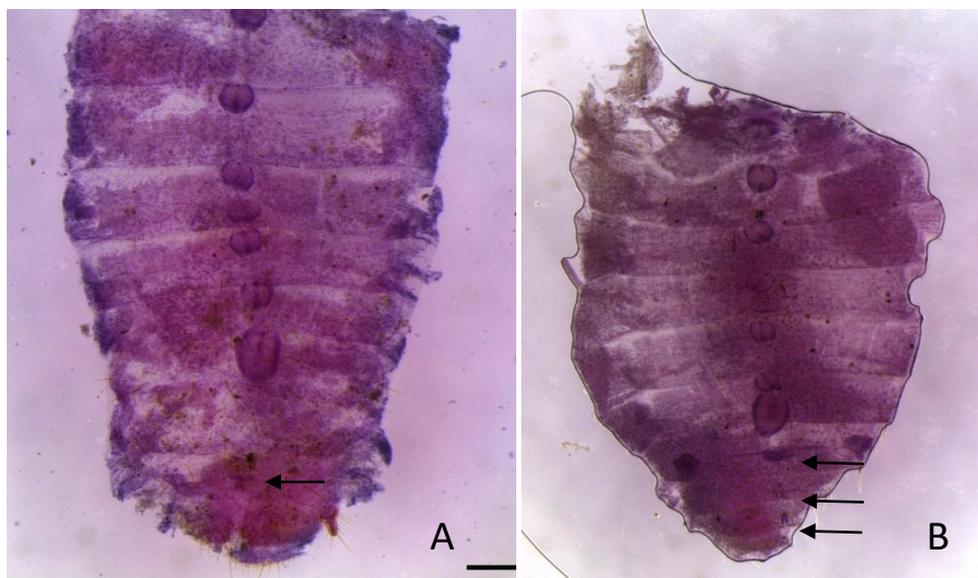


Figura 9. Cortes abdominais de soldados de *Inquilinitermes fur* em carmim clorídrico para determinação de sexo: A) macho e B) fêmea. As setas destacam as partes da vesícula seminal localizada na parte posterior do 9º esternito no macho e na fêmea as três estruturas que possuem, ovidutos no sétimo esternito, espermateca no oitavo esternito e glândula colateral no nono esternito.

3.3. Caracterização dos Ínstares

Larvas:

L1: Indivíduos que emergem a partir do ovo, são despigmentados, não possuem brotos alares, nem olhos, as mandíbulas ainda estão sendo formadas. Apresentam diferenciações para larvas de segundo ínstar (L2) e provavelmente ninfas de primeiro ínstar (N1), porém essas ninfas não foram encontradas nas amostras. (Figura 10 A)

L2: Indivíduos originados a partir de larvas de ínstar 1 (L1). Sem grandes diferenças do primeiro ínstar, ainda são despigmentados, sem olhos e brotos alares, uma dilatação maior do

abdomen e um pouco mais pigmentado. Geralmente apresentam diferenciações para operários. (Figura 10 B)

Operários: Desenvolveram-se a partir da larva de segundo ínstar (L2). Possuem uma cabeça mais esclerotizada, formação completa da mandíbula, monomórfico, casta diferenciada e um pouco pigmentada, porém foram encontrados possíveis operários com ainda menos pigmentação e esclerotização, como um ínstar em desenvolvimento de operário, mas com tamanhos relativamente iguais, denominados aqui como “operários brancos”, operários que acabaram de sofrer muda. (Figura 10 G)

Pré-soldados: Sua origem não foi possível de ser determinada, possuem estruturas corporais parecidas com as dos soldados, porém possuem menos esclerotização e não são pigmentados, e são morfometricamente menores. (Figura 10 H)

Soldados: Passa pela muda de pré-soldado para chegar a esse ínstar. Possuem uma cabeça retangular, extremamente esclerotizada e pigmentada, com mandíbulas longas e funcionais apresentando defesa mecânica. Casta totalmente diferenciada não possui olhos, nem brotos alares. (Figura 10 I)

Ninfas:

N1: Não encontrada nos ninhos avaliados.

N2: Se diferenciam a partir do primeiro ínstar ninfal (N1). Brotos alares em desenvolvimento e possui olhos e ocelos não diferenciados. Não pigmentado e não esclerotizado. (Figura 10 C)

N3: Desenvolvem-se a partir do segundo ínstar ninfal (N2). Não pigmentados, brotos alares presentes, mandíbulas e olhos em fase inicial de desenvolvimento. (Figura 10 D)

N4: Desenvolvem-se a partir do terceiro ínstar ninfal (N3). Pouco pigmentado, olhos ainda em desenvolvimento, brotos alares presentes, mandíbulas com dentes formados e esclerotizados. (Figura 10 E)

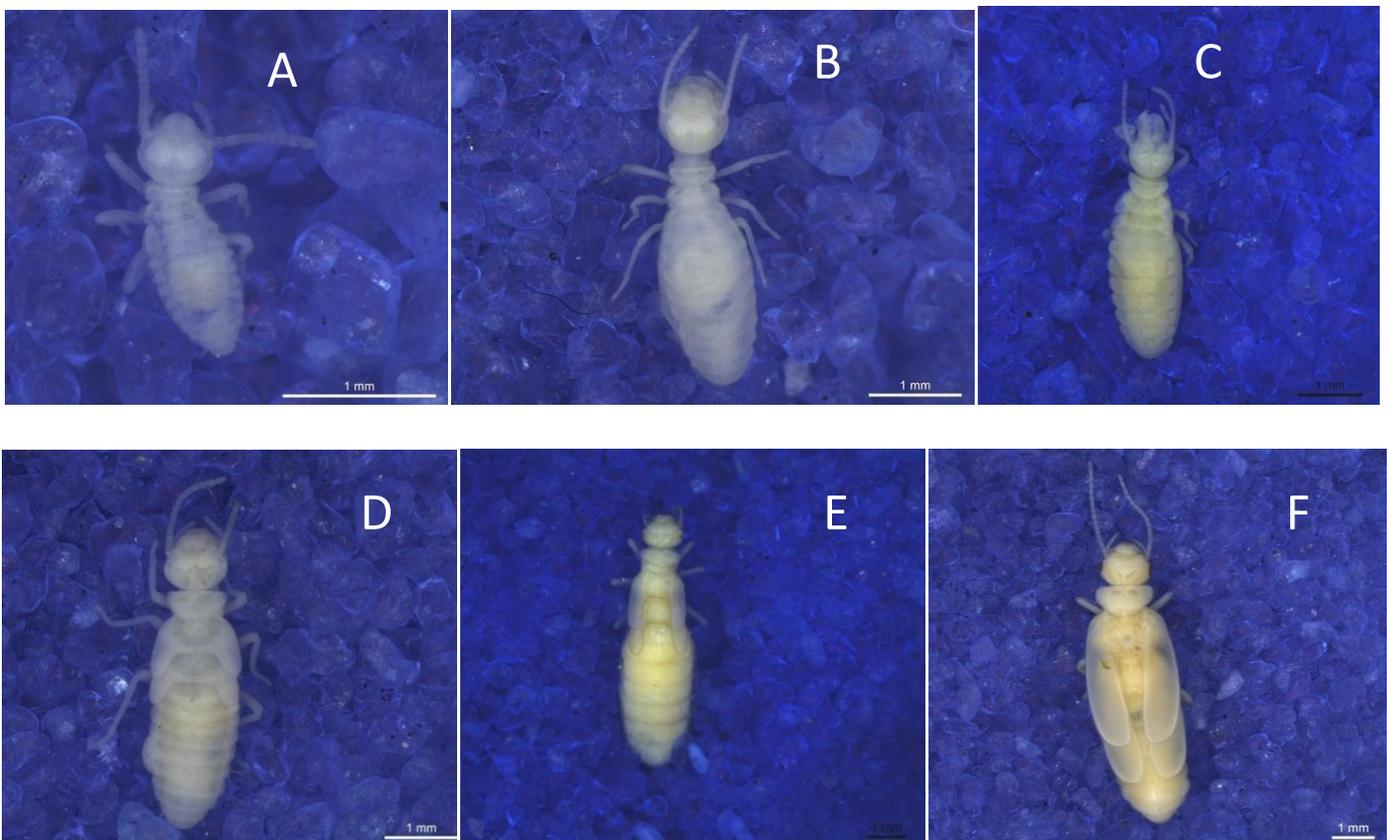
N5: Desenvolvem-se a partir do quarto ínstar ninfal (N4). São pigmentados, olhos em desenvolvimento, brotos alares bem desenvolvidos e formados, mandíbulas com dentes formados e esclerotizados, abdômem hipertrofiado. Diferenciam-se em Alado. (Figura 10 F)

Alados: Desenvolvem-se a partir do quinto ínstar ninfal (N5). São totalmente pigmentados e esclerotizados, olhos presentes e bem formados, assim como as asas que permitem a revoada, mandíbulas com dentes formados e pigmentados, abdômen hipertrofiado. Possuem órgãos sexuais funcionais dando origem à casta reprodutora (rei e rainha) que propicia a formação da colônia.

Reprodutores:

Rainha: Olhos e ocelos completamente desenvolvidos. Asas perdidas. Indivíduos pigmentados. Abdômen fisiogástrico. Mandíbulas completamente diferenciadas, com dentes definidos e esclerotizados. (Figura 10 J)

Rei: Características semelhantes ao alado após a perda das asas.



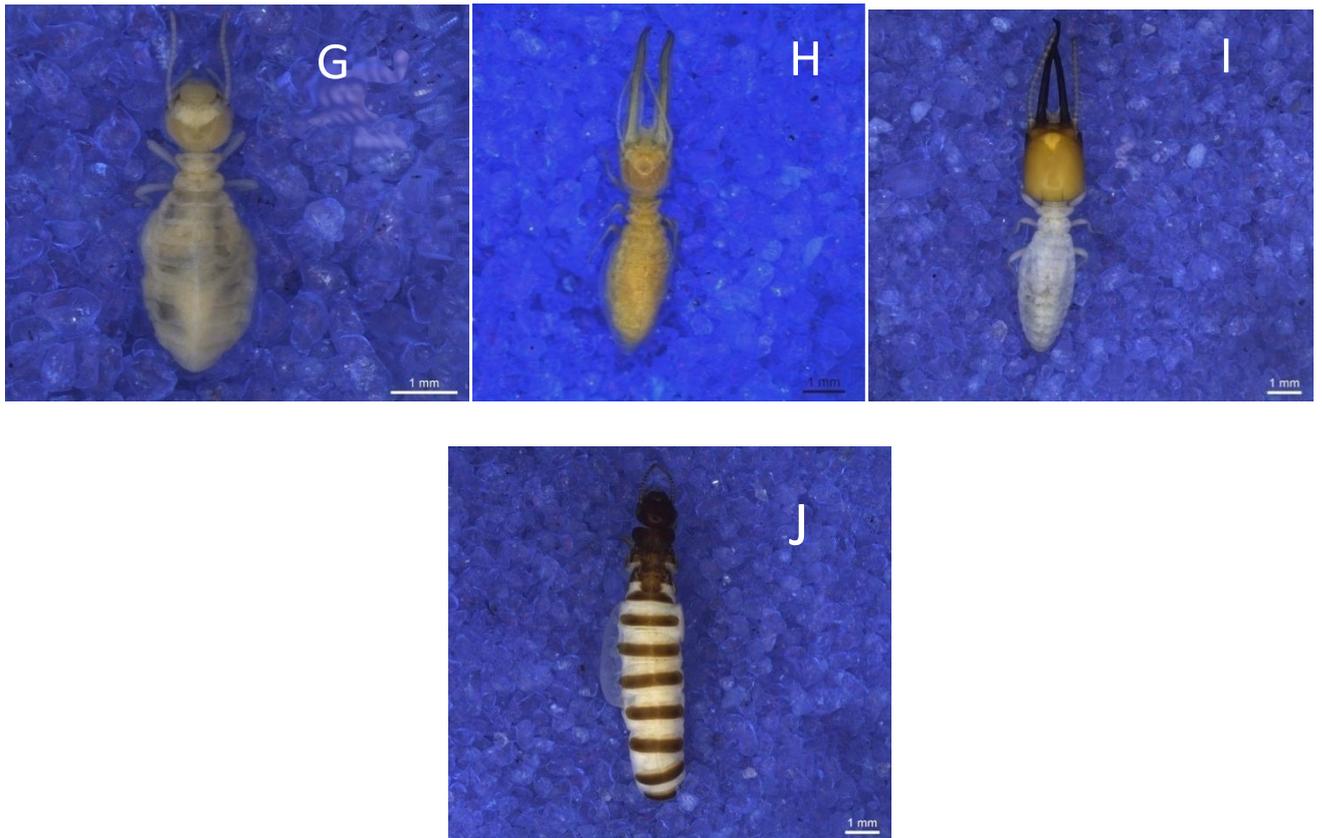


Figura 10. Indivíduos dos diferentes ínstares de *I. fur*, larva de primeiro ínstar (A), larva de segundo ínstar (B), ninfa de segundo ínstar (C), ninfa de terceiro ínstar (D), ninfa de quarto ínstar (E), ninfa de quinto ínstar (F), operário (G), pré-soldado (H), soldado (I), rainha (J).

4. Discussão

Através dos dados morfométricos que são utilizados como padrão na diferenciação de castas (Noirot, 1955, 1969; Noirot & Pasteels, 1987; Roisin 2000, Koshikawa *et al.* 2002, 2004). Foi visto que a espécie *Inquilinitermes fur* segue o padrão de desenvolvimento das castas da família Termitidae, sendo uma linhagem áptera e outra ninfal separadamente, havendo uma divisão irreversível após o segundo ínstar larval. No presente estudo a linhagem ninfal constitui de quatro ínstares ninfais e a áptera apresentou dois ínstares larvais, um de operário, um de pré-soldado e um de soldado. Segundo Noirot (1955), a família Termitidae de modo geral apresenta cinco ínstares ninfais antecedendo o alado, porém foram encontrados apenas quatro ínstares ninfais nas amostras de *I. fur* analisadas, porém não se pode dizer sobre a não corroboração com os dados que se têm até hoje na família, exigindo maior esforço amostral nas análises. Essa linhagem surge a partir da diferenciação do

primeiro ínstar larval, e é definida pela presença de brotos alares. Em *Microcerotermes championi* e *Microcerotermes papuanus* (Microcerotermitinae, Termitidae) foram encontrados cinco ínstares ninfais precedendo o alado (Noirot, 1969; Roisin, 1990; Rasib & Akhtar, 2012).

Com exceção à subfamília Macrotermitinae, que apresenta três ínstares larvais antecedendo a casta operária, todas as demais subfamílias pertencentes à família Termitidae apresentam apenas dois ínstares (Tabela VI) (Weesner, 1953; Noirot, 1955; Deligne & Pasteels, 1969; Okot-Kotber, 1981; Roisin & Pasteels, 1986; Roisin & Pasteels 1987; Roisin, 1990; Roisin, 1992; Constantino, 1995; Miura & Matsumoto, 1995; Roisin, 1996; Miura *et al.* 1998; Moura *et al.* 2011; Barbosa *et al.* 2012), sendo uma característica comum em famílias com operários verdadeiros (Roisin, 2000). Nos Termitidae, a casta operária é sempre muito distinta, sua morfologia e anatomia são marcadamente simplificadas, comparadas com alados como a ausência de brotos alares, redução do pterotorax, ausência de olhos, redução de lobos óticos, órgãos sexuais rudimentares (Noirot & Pasteels, 1987). Assim como em *Armitermes holmgreni*, as diferenças morfométricas das castas ápteras foram significativas (Barbosa, 2011). Após a diferenciação do primeiro ínstar torna-se possível reconhecer duas categorias de indivíduos: (1) as larvas dos ápteros, sem nenhum traço de brotos alares e com gônadas rudimentares e (2) as ninfas dos reprodutores, com muitos pequenos traços de asas e com gônadas que tem sofrido um desenvolvimento definido (Noirot, 1969). Em operários de *I. fur* foi possível a visualização de gônadas maiores do que se esperava para Termitidae, é possível que os operários verdadeiros sejam *pseudergates*, porém serão realizadas análises futuras para confirmação (Figura 8).

Em Termitidae, o dimorfismo e especializações sexuais entre as castas ápteras não é generalizada, onde conseguimos observar a presença de apenas um sexo de operários em algumas espécies como *Cornitermes walkeri*, que aparece com operários e soldados machos, *Tenuirostritermes tenuirostris*, com apenas operárias fêmeas e soldados machos, e também podemos ver castas com a presença de ambos os sexos, como *Subulitermes denisae*, onde não apresentam dimorfismo em nenhuma das castas, e *Leptomyxotermes doriae*, com ambos os sexos nas duas castas e com as mesmas apresentando dimorfismo sexual, com fêmeas maiores em operários e machos maiores ou iguais em soldados (Weesner, 1953; Noirot, 1955; Noirot, 1989; Roisin, 1992; 1996; 2001).

Os estudos realizados com Termitinae mostram que a subfamília tem apresentado uma constância na presença de machos e fêmeas para a casta operária em todas as espécies estudadas, como pode visto nas duas espécies de *Amitermes* estudadas por Noirot (1955)

onde foi encontrada uma casta áptera com macho e fêmea presentes, sem apresentar dimorfismo sexual, algo também observado em *I. fur*. Já *Rhynchotermes perarmatus* apresentou apenas a presença de operários machos e *Tenuirostritermes tenuirostris* apresentou apenas fêmeas (Weesner, 1953; Noirot, 1955, Roisin, 1992). Nesta subfamília os soldados muitas vezes provém de operárias fêmeas, porém podem surgir algumas vezes de larvas ápteras (Noirot, 1955; Roisin, 1990; 2000). Não foi possível determinar a origem dos pré-soldados de *I. fur* pois não foram encontrados indivíduos de operários ou larva do segundo ínstar larval em estado de muda para pré-soldado, mesmo tendo sido mostrada diferença significativa entre eles nas análises.

Nos estudos com Termitinae, a casta de soldados não apresenta nenhum padrão podendo ser encontrados indivíduos de apenas um sexo, porém encontramos indivíduos de ambos os sexos na casta de soldado não apresentando dimorfismo sexual. Em estudos feitos com a espécie *Coatitermes clevelandi* pertencente à subfamília Nasutitermitinae apresenta o mesmo padrão que *I. fur* (Roisin, 1996). Por outro lado, *Armitermes holmgreni* da subfamília Syntermitinae mostra que ela possui apenas soldados fêmeas. Para operários essas duas espécies apresentam o mesmo padrão de *I. fur*, com operários de ambos os sexos sem apresentar dimorfismo. (Tabela VI) (Barbosa *et al.* 2012).

Em Termitidae pré-soldados podem derivar de operários ou do segundo instar larval porém não foi possível a determinação da origem de pré-soldados em *I. fur* (Noirot, 1955; Roisin, 2000). Em Miura & Matsumoto (2000) mostraram que em *Hospitalitermes medioflavus* os pré-soldados se originam dos operários machos de menor tamanho e isso pôde ser visto através da formação de um disco sob a cutícula da cabeça onde parece ocorrer a muda. Segundo Noirot (1969), operários que podem se diferenciar em soldados não apresentam distinções dos outros operários, mas em estudos feitos com *Macrotermes* encontrou operários morfologicamente idênticos, porém com pigmentação incompleta daqueles que se diferenciam em pré-soldados. Nesse estudo foram encontrados operários que apresentavam pigmentação incompleta sendo possível que estes indivíduos estejam se diferenciando em pré-soldados ou apenas terem realizado mudas recentemente para operário.

De um modo geral, os estudos realizados por Noirot (1955) também mostram que muitas espécies de Termitidae apresentam operários de ambos os sexos com dimorfismo sexual e soldados com indivíduos de um mesmo sexo. Nos térmitas, os alados geralmente apresentam fêmeas maiores do que os machos na maioria das espécies, e as rainhas são muito maiores do que os reis em todas as espécies (Noirot, 1969; Roisin, 2000).

O fato de a casta operária de *I. fur* ser monomórfica corrobora com Roisin (1992) onde ele sugeriu que espécies que se alimentavam de matéria orgânica, ou seja, os humívoros economizam energia e tempo não realizando mudas entre operários. De acordo com Noirot (1955, 1982), os térmitas humívoros são caracterizados por possuírem um simplificado sistema de castas, assim como *I. fur*, e em particular uma redução no número de ínstares operários, característica favorecida por esses forragearem através de sistema de galerias enquanto que espécies que forrageiam fora do ninho apresentam maior especialização nos operários, onde estes apresentam polimorfismo. Seguindo essa afirmação, a espécie *I. fur* vivendo confinada no interior de ninhos de *C. cyphergaster* não apresenta nenhum nível de especialização ou polimorfismo entre as castas.

Sabe-se que o sucesso evolutivo dos insetos sociais e assim sendo, também dos Isoptera se dá principalmente pelo fato de possuírem divisão de tarefas entre as castas, ou seja, cada casta é responsável por diferentes tarefas dentro do ninho, dessa maneira torna-se extremamente importante o estudo dos mecanismos de origem, das influências que a diferenciação de castas exige para estabelecimento das colônias e a comparação com outras espécies filogeneticamente próximas.

Tabela IV. Comparação de padrões de desenvolvimento de castas ápteras de Termitidae a partir do estudo de revisão feito por Roisin (2000) e atualização das subfamílias a partir de Constantino, (2015).

Espécies	Operários	Soldados	Ínstares larvais antes dos operários	Ínstares de operários	Fonte
TERMITINAE					
<i>Amitermes evuncifer</i>	M = F	M = F	2	>3	Noirot, 1955
<i>Amitermes desertorum</i>	M = F	M = F	2	>3	Noirot, 1955
<i>Microcerotermes spp.</i>	M < F	F	2	>3	Noirot, 1955; Roisin, 1990
<i>Pericapritermes urgens</i>	M = F	F	2	1	Noirot, 1955
<i>Inquilinitermes fur</i>	M = F	M = F	2	1	Presente Estudo
<i>Termes hospes</i>	M = F	F	2	>2	Noirot, 1955
CUBITERMITINAE					
<i>Cubitermes spp.</i>	M = F	F	2	1	Noirot, 1955
<i>Noditermes curvatus</i>	M = F	F	2	1	Noirot, 1955
<i>Orthotermes depressifrons</i>	M = F	M	2	1	Noirot, 1955
<i>Thoracotermes brevinotus</i>	M ≥ F	F	2	1	Noirot, 1955
NASUTITERMITINAE					

(NASUTOS)					
<i>Coractotermes tenebricus</i>	M < F	M	2	>1	Noirot, 1955
<i>Coatitermes clevelandi</i>	M = F	M= F	2	>1	Roisin, 1996
<i>Constrictotermes cyphergaster</i>	M	M	2	1	Moura <i>et al.</i> 2011
<i>Eutermellus convergens</i>	M ≤ F	M	2	1	Noirot, 1955
<i>Hospitalitermes medioflavus</i>	M < F	M	2	>1	Miura & Matsumoto, 1995; Miura <i>et al.</i> 1998
<i>Leptomoxotermes doriae</i>	M < F	M ≥ F	2	>1	Noirot, 1955
<i>Mimeotermes giffardi</i>	M ≤ F	M	2	1	Noirot, 1955
<i>Nasutitermes spp.</i>	M < F	M	2	>3	Noirot, 1955; Roisin & Pasteels, 1986; Roisin & Pasteels 1987
<i>Subulitermes denisae</i>	M = F	M= F	2	>1	Roisin, 1996
<i>Tenuirostritermes tenuirostris</i>	F	M	2	1	Weesner, 1953; Noirot, 1955
<i>Trinevitermes spp.</i>	M < F	M	2	>6	Noirot, 1955
<i>Velocitermes barrocoloradensis</i>	M < F	M	2	>1	Roisin, 1996
APICOTERMITINAE					
<i>Labidotermes celisi</i>	M < F	F	2	1	Delige & Pasteels, 1969
MACROTERMITINAE					
<i>Acanthotermes acanthothorax</i>	M > F	F	3	1	Noirot, 1955
<i>Ancistrotermes crucifer</i>	M > F	F	3	1	Noirot, 1955; Okot-Kotber, 1981
<i>Macrotermes spp.</i>	M > F	F	3	1	Noirot, 1955; Okot-Kotber, 1981
<i>Microtermes sambaricus</i>	M > F	F	3	1	Noirot, 1955
<i>Odontotermes spp.</i>	M > F	F	3	1	Noirot, 1955
<i>Protermes spp.</i>	M > F	F	3	1	Noirot, 1955
<i>Pseudacanthotermes spiniger</i>	M > F	F	3	1	Noirot, 1955; Okot-Kotber, 1981
SPHAEROTERMITINAE					
<i>Sphaerotermes sphaerothorax</i>	M > F	M	3	1	Noirot, 1955
SYNTERMITINAE					
<i>Armitermes holmgreni</i>	M = F	F	2	1	Barbosa <i>et al.</i> 2012
<i>Syntermes wheeleri</i>	M > F	M	2	>1	Noirot, 1969; Constantino, 1995
<i>Cornitermes walkeri</i>	M	M	2	1	Noirot, 1989; Roisin, 1992; Roisin, 2001
<i>Embiratermes chagresi</i>	M ≥ F	F	2	1	Roisin, 1992
<i>Rhynchotermes perarmatus</i>	M	F	2	1	Roisin, 1992

5. Considerações finais

Os dados obtidos nesta pesquisa permitiram inferir as seguintes considerações:

- *Inquilinitermes fur* apresentou padrão “bifurcado” de desenvolvimento de castas relacionado à família Termitidae;
- A linhagem áptera apresentou operários, soldados e pré-soldados todos monomórficos, soldados e operários podem ser machos e fêmeas e não apresentam dimorfismo sexual entre eles;
- As fêmeas de operários em *I. fur* apresentaram gônadas maiores do que as esperadas para a família tornando possível serem *pseudergates*, o que sugere um aperfeiçoamento nas análises buscando concluir melhor futuramente essa questão;

Referências

Araújo, R.L. 1970. Termites of the Neotropical region. In *Biology of termites* (K. Krishna & F.M. Weesner, eds.). Academic Press, New York, 2 : 527-576.

Barbosa, J. R. C., Moura, F. M. D. S., Bandeira, A. G., & Vasconcellos, A. 2012. Caste Differentiation Pathways in the Neotropical Termite *Armitermes holmgreni* (Isoptera: Termitidae). *Zoological science*, 29(11):738-742.

Barbosa, J. R. C. 2012. Sistemas de castas de *Serritermes serrifer*: (Isoptera: Serritermitidae) 2012. vii, 33 f. il. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal)—Universidade de Brasília, Brasília.

Bourguignon, T.; Sobotnik, J.; Lepoint, G.; Martin, J. M.; Hardy, O. J.; Dejean, A.; Roisin, Y. 2011. Feeding ecology and phylogenetic structure of a complex neotropical termite assemblage, revealed by nitrogen stable isotope ratios. *Ecological Entomology*, 36: 261-269.

- Constantino R., 1995. Revision of the Neotropical termite genus *Syntermes* Holmgren (Isoptera: Termitidae). The University of Kansas Science Bulletin, 55: 455-518.
- Constantino R. 1998. Catalog of the living termites of the new world (Insecta: Isoptera). Arquivos de Zoologia 35: 135-231.
- Constantino, R. 1999. Chave ilustrada para identificação dos gêneros de cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. Papéis avulsos de zoologia, 40(25): 387-448.
- Constantino, R. 2015. Catálogo on-line: <http://www.unb.br/ib/zoo/catalog.html>. Disponível em: <http://www.termitologia.unb.br> (acesso em 18 Fev. 2015).
- Constantino, R., & Acioli, A.N.S. 2006. Termite diversity in Brazil (Insecta: Isoptera). Pp 117-128 In: Moreira, F. M., Siqueira, J. O., & Brussaard, L. (Eds.). Soil Biodiversity in Amazonian and Other Brazilian Ecosystems. Wallingford, CAB International.
- Costa, C. & Vanin, S. A. 2010. Coleoptera larval fauna associated with termite nests (Isoptera) with emphasis on the “bioluminescent termite nests” from Central Brazil. Psyche: 1–12.
- Cristaldo P. F., Rosa C.S., Florencio D.F., Marins A., DeSouza O. 2012. Termitarium volume as a determinant of invasion by obligatory termitophiles and inquilines in the nests of *Constrictotermes cyphergaster* (Termitidae, Nasutitermitinae). Insectes Sociaux 59: 541–548.
- Cristaldo, P. F., DeSouza, O., Krasulová, J., Jirošová, A., Kutalová, K., Lima, E. R., Sobotník, J. & Sillam-Dussès, D. 2014. Mutual Use of Trail-Following Chemical Cues by a Termite Host and Its Inquiline. PloS one, 9(1), e85315.
- Cunha, H.F., Costa, D.A., Filho, K.E., Silva, L.O., & Brandão, D. 2003. Relationship between *Constrictotermes cyphergaster* and inquiline termites in the Cerrado (Isoptera: Termitidae). Sociobiology, 42: 761-770.
- Deligne J. & Pasteels J.M. 1969. Morphologie, développement et affinités de *Labidotermes celise* gen. nov., sp. n. (Isoptères Amitermitinae du Kivu). Revue de Zoologie et de Botanique Africaines 79: 145-164.

Florencio D.F., Marins A., Rosa C.S., Cristaldo P.F., Araújo A.P.A., *et al.* 2013. Diet segregation between cohabiting host and inquiline termite species. PLoS One 8(6): e66535.

Godinho A.L.; Lins L.V.; Gontinjo T.A. & Domingos D.J. 1989. Aspectos da ecologia de *Constrictotermes cyphergaster* (Termitidae, Nasutitermitinae) em cerrado, Sete Lagoas, MG. Revista Brasileira de Biologia 49: 703-708.

Governo do Estado da Paraíba, 1985. Atlas Geográfico do estado da Paraíba. Grafset, João Pessoa.

Gusmão, M.A.B.; Melo, T.X.; Barbosa, J.R.C.; Honorato, T.O. & Bandeira, A.G. 2007. Estimativa populacional de *Inquilinitermes fur* em ninhos de *Constrictotermes cyphergaster* em uma área de caatinga do nordeste brasileiro. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu, MG.

Haverty, M. I. 1977. The proportion of soldiers in termite colonies: a list and a bibliography (Isoptera) Sociobiology 2: 199-216.

Koshikawa S, Matsumoto T, Miura T. 2002. Morphometric changes during soldier differentiation of the damp-wood termite *Hodotermopsis japonica* (Isoptera, Termopsidae). Insectes Sociaux 49: 245–250.

Koshikawa S, Matsumoto T, Miura T. 2004. Soldier-like intercastes in the rotten-wood termite *Hodotermopsis sjostedti* (Isoptera, Termopsidae). Zoological Science 21: 583–588.

Krishna, K. 1969. Introduction. In: Biology of termites, Vol. I. (eds K. Krishna & F.M Weesner) pp 1–17. Academic Press, New York.

Lelis A.T. & Everaerts C. 1993. Effects of juvenile hormone analogues upon soldier differentiation in the termite *Reticulitermes santonensis* (Rhinotermitidae, Heterotermitinae). Journal Morphology 217: 239-261.

- Mathews, A.G.A. 1977. Studies on termites from the Mato Grosso State, Brazil. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 267pp.
- MacMahan E.A. 1959. External sex characteristics of *Cryptotermes brevis* (Walker) and *Kalotermea immigrans* Snyder (Isoptera, Kalotermitidae). Proceedings of the Hawaiian Entomological Society 17: 270-272.
- MacMahan, E A. 1970. Polyethism in workers of *Nasutitermes costalis* (Holmgren). Insectes Sociobiology 17: 113-120.
- Mélo A.C.S. & Bandeira A.G. 2004. A qualitative and quantitative survey of termites (Isoptera) in an open shrubby Caatinga in northeast Brazil. Sociobiology 44: 707-716.
- Miura T. & Matsumoto T. 1995. Worker polymorphism and division of labor in the foraging behavior of the black marching termite *Hospitalitermes medioflavus*, on Borneo Island. Naturwissenschaften 82: 564-567.
- Miura, T.; Roisin, Y. & Matsumoto, T. 1998. Developmental pathways and polyethism of neuter castes in the processional nasute termite *Hospitalitermes medioflavus* (Isoptera: Termitidae). Zoological Science 15: 843–848.
- Miura T. & Matsumoto T. 2000. Soldier morphogenesis in a nasute termite: discovery of a disc-like structure forming a soldier nasus. Proceedings of the Royal Society of London B 267: 1185-1189.
- Miura, T. 2001. Morphogenesis and gene expression in soldier- caste differentiation of termites. Insectes Sociaux, 48: 216–223.
- Moura F.M.S., Vasconcellos A., Araújo V.F.P., Bandeira, A.G. 2006a. Feeding habitat of *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera, Termitidae) in an area of Caatinga, Northeast Brazil. Sociobiology 48: 21–26.
- Moura F.M.S., Vasconcellos A., Araújo V.F.P., Bandeira A.G. 2006b. Seasonality on foraging behaviour of *Constrictotermes cyphergaster* (Termitidae, Nasutitermitinae) in the Caatinga of Northeastern Brazil. Insectes Sociaux 53: 472–479.

- Moura, F.M.S., Vasconcellos, A., Silva, N.B. & Bandeira, A.G. 2011. Caste development systems of the Neotropical termite *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera, Termitidae). *Insectes Sociaux* 58: 169–175.
- Myles, T.G. 1999. Review of secondary reproduction in termites (Insecta: Isoptera) with comments on its role in termite ecology and social evolution. *Sociobiology* 33(1): 01-91.
- Noirot, C. 1955. Recherches sur le polymorphisme des termites supérieurs (Termitidae). *Annales des Sciences Naturelles (11e sene)* 17: 399-595.
- Noirot, C. 1969. Formation of castes in the higher termites. In: *Biology of Termites, Vol. I* (Krishna K. and Weesner F.M., Eds), Academic Press, New York. pp 311–350.
- Noirot, C. 1982. La caste des ouvriers, élément majeur du succès évolutif des termites. *Rivista di Biologia* 75: 157-195.
- Noirot, C. 1985. The caste system in higher termites. In: Watson, Okot-Kotber and Noirot (eds.), *Caste Differentiation in Social Insects*. Pergamon Press Oxford
- Noirot, C. 1989. Social structure in termites societies. *Ethology Ecology & Evolution* 1: 1-17.
- Noirot C. & Pasteels, J.M. 1987. Ontogenetic development and evolution of the worker caste in termites. *Experientia* 43: 851–86.
- Okot-Kotber B.M. 1981. Instars and polymorphism of castes in *Macrotermes michaelseni* (Isoptera, Macrotermitinae). *Insectes Sociaux*. 28: 233-246.
- Pasteels, J. M. 1965a. Polyethisme chez les ouvriers de *Nasutitermes lujae* (Termitidae: Isopteres). *Biologia Gabonica* 1: 191-205.
- Pasteels, J. M. 1965b. Polyethisme chez les ouvriers de *Nasutitermes lujae* lors de l'établissement d'une piste de récolte (Isopteres, Termitidae). *Proc. V Congr. I.U.S.S.I., Toulouse*. 151-157 pp.

- Rasib, K. Z. & Akhtar, M. S. 2012. Caste developmental pathways in populations of *Microcerotermes championi* (Isoptera: Termitidae, Microcerotermitinae). *International Journal of Agricultural and Biological* 14(2): 161-168.
- Rocha, M. M. D., & Canello, E. M. 2007. Estudo taxonômico de *Cylindrotermes* Holmgren (Isoptera, Termitidae Termitinae). *Papéis Avulsos de Zoologia (São Paulo)*, 47(10), 137-152.
- Roisin Y. & Pasteels J.M. 1986. Differentiation of worker-derived intercastes and precocious imagoes after queen removal in the Neo-Guinean termite *Nasutitermes princeps* (Desneux). *Journal of Morphology* 189: 281-293.
- Roisin Y. & Pasteels J.M. 1987. Caste developmental potentialities in the termite *Nasutitermes novarumhebridarum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 44: 277-287.
- Roisin, Y. 1990. Queen replacement in the termite *Microcerotermes papuanus*. *Entomologia experimentalis et applicata*, 56(1), 83-90.
- Roisin, Y. 1992. Development of non-reproductive castes in the Neotropical termite genera *Coatitermes*, *Embiraetermes* and *Rhynchotermes* (Isoptera, Nasutitermitinae). *Insectes Sociaux*. 39: 313-324.
- Roisin, Y. 1996. Castes in humivorous and litter-dwelling Neotropical nasute termites (Isoptera, Termitidae). *Insectes Sociaux* 43: 375-389.
- Roisin, Y. 2000. Diversity and evolution of caste patterns. In: Abe T.; Bignell D.E. & Higashi M. (eds.) *Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 95-119.
- Roisin Y. 2001. Caste sex ratios, sex linkage, and reproductive strategies in termites. *Insectes Sociaux* 48: 224-230.
- Roonwal, M.L. 1970. Measurement of termites (Isoptera) for taxonomic purposes. *Journal of the Zoological Society India* 21: 9–66.

- Sewell, J. J. 1978. Developmental pathways and colony organization in the genus *Kaloterмес* Hagen (Isoptera: Kalotermitidae) Thesis, Australian National University: Canberra.
- Sewell, J. J. & A. L. Watson, 1981. Developmental pathways in Australian species of *Kaloterмес* Hagen (Isoptera). *Sociobiology* 6: 243-324.
- Snyder, T. 1949. Catalog of the termites (Isoptera) of the world. *Smithsonian Misc. Coll.*, 112: 490pp.
- Souto, P. C.; Souto, J. S.; Santos, R. V. dos; Sales, F. das C.; Leite, R. de A.; Sousa, A. A. de. 2007. Decomposição da serapilheira e atividade microbiana em área de caatinga. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 31., Gramado. Anais. Gramado, SBCS, CD-ROM.
- StatSoft Inc., 2004. Statistica (data analysis software system), version 7.0. <http://www.statsoft.com>.
- Sudema. 1992. Superintendência de Administração do Meio Ambiente. Paraíba 92: perfil ambiental e estratégia. João pessoa: Sudema.
- Vasconcellos A., Araújo V.F.P., Moura F.M.S., Bandeira A.G. 2007. Biomass and population structure of *Constrictotermes cyphergaster* (Silvestri) (Isoptera: Termitidae) in the Dry Forest of Caatinga, Northeastern Brazil. *Neotropical Entomology* 36: 693– 698.
- Watson J.A.L. & Sewell J.J. 1981. The origin and evolution of castes systems in termites. *Sociobiology* 6: 101-111.
- Weesner F.M. 1953. The biology of *Tenuirostritermes tenuirostris* (Desneux) with emphasis on caste development. *University California Publications Zoology* 57: 251-301
- Weesner, 1969. External Anatomy. In Krishna, K., Weesner, F. (eds.) *Biology of Termites*. New York: Academic Press.
- Wilson, E.O. 1971. *The Insect Societies*. Cambridge, MA: Harvard Univ. Press, 560p.
- Wilson, E.O. 1990. Success and dominance in ecosystems : the case of the social insects. Ecology Institute, Oldendorf/Luhe, Federal Republic of Germany, 104p.

Anexo I. Terminologias e definições relevantes para o entendimento do estudo das castas e seus padrões de desenvolvimento em térmitas, segundo Thorne (1996) e Roisin (2000):

Larva: Imaturo sem esclerotização que é nutricionalmente dependente. Não possui sinais externos de brotos alares ou de morfologia de soldados.

Pseudergate: Diverge na linhagem imaginal através de uma muda regressiva ou estacionária. Semelhante as ninfas, porém com ausência ou regressão do broto alar. Pode diferenciar em outras castas de acordo com a colônia

Operário: Olhos compostos e ocelos são ausentes ou altamente reduzidos e as gônadas são vestigiais. Faz parte da linhagem áptera, tendo divergido irreversivelmente da linhagem imaginal. Não são necessariamente estéreis.

Soldado: Possui cabeça com morfologia bastante distinta e geralmente muito esclerotizada. Essa diferença o torna bastante importante taxonomicamente. Fazem parte da linhagem áptera, com diferenciação terminal.

Pré-soldado: Indivíduo que precede o soldado, porém não esclerotizado e com morfologia semelhante a do soldado, muitas vezes chamado de “soldado branco”, “larva de soldado”, “pseudosoldado” e callow soldier (inexperiente).

Ninfas: Indivíduo imaturo da linhagem imaginal com “broto alar”, que dá origem ao alado.

Alado: Bastante pigmentado, com asas e olhos compostos. Indivíduo com desenvolvimento finalizado, incapaz de sofrer muda. Revoam, perdem as asas e iniciam o processo de formação de novas colônias.

Reprodutores: Podem ser primários, que são formados por reis e rainhas, fêmeas e machos ativamente relacionados à reprodução na colônia. Os secundários podem ser adultóides ou neotênicos, onde o adultóide deriva de um desalado adulto e o neotênico de formas imaturas (larvas, ninfas, *pseudergates* ou operários) realizando uma muda especial. Em térmitas que possuem linhagens ápteras e ninfais distintas, um pode se distinguir em ninfóide neotênico derivados de ninfas, ou ergatóide neotênico, derivado de ápteros.