

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ZOOLOGIA)

RENAN RODRIGUES FERREIRA

TÉRMITAS NEOTROPICAIS: inventário para o Acre, novos registros no Nordeste Brasileiro e comparação genética de espécies

JOÃO PESSOA

2024

RENAN RODRIGUES FERREIRA

**TÉRMITAS NEOTROPICAIS: inventário para o Acre, novos registros no Nordeste Brasileiro
e comparação genética de espécies**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Ciências Biológicas (Zoologia) da Universidade
Federal da Paraíba, como requisito parcial para a obtenção
do título de Mestre em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Koroiva

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Vasconcellos

JOÃO PESSOA

2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

F383t Ferreira, Renan Rodrigues.

Térmitas neotropicais : inventário para o Acre,
novos registros no Nordeste Brasileiro e comparação
genética de espécies / Renan Rodrigues Ferreira. - João
Pessoa, 2024.

93 f. : il.

Orientação: Ricardo Koroiva.

Coorientação: Alexandre Vasconcellos.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Isoptera. 2. Amazônia. 3. Região semiárida. 4.
Cryptotermes havilandi. 5. Espécies crípticas. I.
Koroiva, Ricardo. II. Vasconcellos, Alexandre. III.
Título.

UFPB/BC

CDU 595.735.2(043)

Ata da 367ª Apresentação e Banca de Defesa de Mestrado de Renan Rodrigues Ferreira

Ao(s) dezesseis dias do mês de fevereiro de dois mil e vinte e quatro, às 14:00 horas, no(a) Ambiente Virtual, da Universidade Federal da Paraíba, reuniram-se, em caráter de solenidade pública, membros da banca examinadora para avaliar a dissertação de mestrado de **Renan Rodrigues Ferreira**, candidato(a) ao grau de Mestre(a) em Ciências Biológicas. A banca examinadora foi composta pelos seguintes membros: **Dr. Ricardo Koroiva (Orientador-UFPA/PA); Dr. Tiago Fernandes Carrijo (UFABC/SP); Dr. Thiago Santos (UFVJM/MG)**. Compareceram à solenidade, além do(a) candidato(a) e membros da banca examinadora, alunos e professores do PPGCB. Dando início à sessão, a coordenação fez a abertura dos trabalhos, apresentando o(a) discente e os membros da banca. Foi passada a palavra ao(à) orientador(a), para que assumisse a posição de presidente da sessão. A partir de então, o(a) presidente, após declarar o objeto da solenidade, concedeu a palavra a **Renan Rodrigues Ferreira**, para que dissertasse, oral e sucintamente, a respeito de seu trabalho intitulado **“Térmitas Neotropicais: inventário para o Acre, novos registros no Nordeste Brasileiro e comparação genética de espécies”**. Passando então a discorrer sobre o aludido tema, dentro do prazo legal, o(a) candidato(a) foi a seguir arguido(a) pelos examinadores na forma regimental. Em seguida, passou a Comissão, em caráter secreto, a proceder à avaliação e julgamento do trabalho, concluindo por atribuir-lhe o conceito APROVADO. Perante o resultado proclamado, os documentos da banca foram preparados para trâmites seguintes. Encerrados os trabalhos, nada mais havendo a tratar, eu, orientador(a), como presidente, lavrei a presente ata que, lida e aprovada, assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.


João Pessoa, 16/02/2024.



Orientador(a): Ricardo Koroiva



Examinador(a)



Examinador(a)



Renan Rodrigues Ferreira
(discente ciente do resultado)

(Em modo de webconferência, as assinaturas digitalizadas são certificadas pelo presidente da banca)

À MINHA FAMÍLIA, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter escrito no grande livro da história do universo esse capítulo tão incrível, desafiador e empolgante da minha vida, onde consegui, junto a pessoas extraordinárias, alcançar este objetivo. Se eu disser que não senti medo, estarei mentindo, mas todos os desafios se suavizaram na companhia e no apoio de todos que atravessaram essa caminhada comigo. Nesse momento de conclusão, agarro-me à sabedoria que diz: “Terminar algo é melhor que começar; a paciência é melhor que o orgulho”, e recordo todos os sentimentos que fizeram parte do percurso do mestrado.

Agradeço a minha família, Maria do Socorro Rodrigues Ferreira e Antônio Carlos Ferreira da Silva, meus pais, e Rian Rodrigues Ferreira e Renaly Rodrigues Ferreira, meus irmãos, por todo apoio, incentivo, zelo, compreensão, paciência e auxílio durante esses dois anos, um período em que estive ausente como nunca antes. Agradeço por sempre se disporem a me ajudar quando preciso, sempre com gosto e boa vontade.

Agradeço a Maria Joelma da Silva pelo incentivo em minha inscrição no processo seletivo do mestrado que resultou nesta dissertação. Agradeço a Jakeline Florêncio da Silva e Hilderlande Florêncio da Silva pela ajuda em algumas coletas de térmitas que precisei realizar ao longo das pesquisas. Sem a ajuda e incentivo de vocês este trabalho não teria acontecido da maneira que aconteceu.

Agradeço a minha tia Maria Lucemar Ferreira da Silva por todo apoio e acolhimento que recebi nas primeiras semanas que estive em João Pessoa. Obrigado pela generosidade e atenção ao me oferecer abrigo em casa enquanto eu organizava um lugar para morar.

Agradeço aos meus orientadores Ricardo Koroiva e Alexandre Vasconcellos por todos os ensinamentos durante os dois anos de mestrado. Obrigado por confiarem em mim e acreditarem no meu potencial quando eu não era capaz de fazê-lo. Espero não os ter decepcionado e espero que os frutos do meu trabalho reflitam a confiança que depositaram em mim. Cada orientação, conselho e encorajamento que recebi de vocês foi fundamental para o meu crescimento acadêmico e pessoal. A jornada do mestrado foi desafiadora, mas o apoio constante de vocês fez toda a diferença. Obrigado por serem não apenas orientadores dedicados, mas também por serem amigos, fontes de inspiração e mentores excepcionais.

Agradeço sinceramente a Wanessa Cilene e Luan Vieira por também terem acreditado no meu potencial mesmo quando eu não era capaz de fazê-lo. A oportunidade que me foi concedida ao longo do ano de 2023 desempenhou um papel fundamental no meu desenvolvimento pessoal e profissional, permitindo-me superar obstáculos que frequentemente

me levavam a questionar minha capacidade diante dos desafios da vida. Expresso minha gratidão por terem contribuído significativamente para o fortalecimento da minha autoconfiança, autoestima, impavidez e postura. Essa experiência foi verdadeiramente transformadora e moldou meu crescimento de maneiras que ultrapassam as fronteiras profissionais.

Agradeço a Victor Gabriel dos Santos e Myrelle Thainá Viana dos Santos por compartilharem dois anos de suas vidas comigo. Obrigado pela amizade e pelo companheirismo, de ajuda mútua nos momentos de necessidade, e conversas acadêmicas e sobre a vida que ficarão pra sempre na minha história. Agradeço a Pedro Augusto, Maikon Douglas, Kethellen Fidelis, Cleani Figueredo e Beatriz Oliveira por toda ajuda e solicitude durante o tempo em que fomos vizinhos. Jamais esquecerei o quanto fui ajudado.

Agradeço a todos que fazem parte da secretaria da Coordenação do Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas, Patrícia Almeida, Franklin Barbosa e Josias Xavier por sempre estarem disponíveis para atender as demandas dos alunos e professores com atenção, carinho e responsabilidade.

Agradeço a todos que integram a Igreja Presbiteriana de Areia pelo caloroso acolhimento, pelos sábios conselhos, pelas enriquecedoras conversas, pelas fervorosas orações, pelo inestimável apoio e pela notável compreensão ao longo destes dois anos de mestrado. Expresso minha profunda gratidão por cada um de vocês que, de maneira dedicada, se fizeram presentes em minha vida, tornando essa jornada acadêmica ainda mais significativa. Obrigado por serem uma fonte constante de renovação, proporcionando apoio nos momentos em que me senti sobrecarregado. As valiosas contribuições, seja através de conselhos perspicazes ou apoio tangível, foram cruciais para minhas decisões ao longo das pesquisas, iluminando meu caminho acadêmico.

Agradeço a todos os integrantes do Laboratório de Termitologia pela amizade e parceria nas pesquisas, pelos bons momentos de conversas acadêmicas e casuais que foram fundamentais para fortalecer os laços e construir uma atmosfera colaborativa. A troca de ideias, os debates construtivos e as risadas compartilhadas tornaram o ambiente do laboratório inspirador e motivador. Agradeço por todos os esforços dedicados às pesquisas, pela disposição em enfrentar desafios e pela paixão que cada um trouxe para o grupo. Juntos, superamos obstáculos, aprendemos uns com os outros e crescemos como um laboratório unido. Que nossa amizade e parceria continuem a prosperar, contribuindo não apenas para o avanço da pesquisa, mas também para o enriquecimento das nossas vidas acadêmicas e pessoais. Sou grato por fazer

parte deste laboratório excepcional e ansioso por mais descobertas e conquistas que o futuro nos reserva.

Agradeço a Amanda de Pádua pela amizade genuína e por todo apoio nos momentos de sobrecarga. Obrigado por me incentivar e sempre estar presente ao ouvir meus lamentos e sabores, e me ajudar sempre que precisei. Obrigado pelas risadas sinceras, pela companhia e por tornar os dias difíceis mais leves. Agradeço a Sara Rikeley e Rozzanna Figueiredo pela parceria durante todo o mestrado, pelo apoio constante nos afazeres de laboratório, e pela motivação mútua, além de conselhos oportunos e construtivos. Agradeço a Emanuelly Lucena pela paciência, inspiração e generosidade ao longo da minha pesquisa. Obrigado pelo material coletado, pelos conselhos e incentivos que foram fundamentais para o progresso deste trabalho. Estendo meus agradecimentos a Tarsila Almeida Cavalcanti e José Victor Alves Ferreira pelo apoio nas coletas realizadas no Acre. Agradeço a Antônio Carvalho pela amizade e por todos os conhecimentos transmitidos sobre dissecação de válvulas entéricas e taxonomia de Apicotermitinae, obrigado pela parceria e por todos os ensinamentos. Agradeço a Israel Soares pela amizade e pelas ajudas e dicas com mapas, ecologia de térmitas e pelo conhecimento transmitido nas expedições de campo. Agradeço a Gabriel de Sá, Thaís Alcântara, Amanda Dias, Priscilla Souza e Milena Cardoso pela boa companhia e amizade durante os desafios e conquistas ao longo desta jornada. A participação de vocês a deixou mais memorável e especial. Agradeço a Matilde Ernesto por ensinamentos valiosos de campo que vão além da pesquisa científica. Estou profundamente grato pela oportunidade de aprender com alguém tão dedicada e competente, por quem nutro imensa admiração.

Agradeço a todos os professores a quem tive a oportunidade de aprender cursando as disciplinas no mestrado. O que está escrito nesta dissertação teve a colaboração de vocês, a quem sou profundamente grato. Minha sincera gratidão a Alexandre Colavite, Antônio Creão-Duarte, Márcio Bernardino, Martin Christoffersen, Pablo Riul, Daniel Mesquita, João Paulo Capretz, Bráulio Almeida, Douglas Zeppelini, Manoela Marinho, Maria Regina de Vasconcellos, Martin Montes, Patrício da Rocha, Telton Ramos, Pedro Estrela, Hélder Araújo, Rômulo Alves e Valéria Tavares.

Agradeço a Jéssica Prata por toda paciência, disponibilidade e ajuda com as fotos de térmitas presentes nesta dissertação.

Agradeço aos meus colegas de turma de mestrado pela boa convivência e troca de conhecimentos nas disciplinas. Admiro e torço pelo sucesso de cada um de vocês. Meus

agradecimentos a André Reis, Beatriz da Natividade, Catarina Serrão, Jade Medeiros, Jéssica Soares, João Pedro Gonçalves, Marcus Vinícius Araújo, Maria Beatriz Sousa, Mikaelle Medeiros e Vitória Gomes.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida (88887.670390/2022-00), a Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ) pelo financiamento de parte da pesquisa desenvolvida, e a Research Council of Norway (projeto nº 288086) que financiou as expedições de campo que resultaram no material analisado nesta dissertação.

Que Deus abençoe todos que participaram e contribuíram para que esta dissertação fosse produzida. O meu mais sincero obrigado!

SDG!

RESUMO

Térmitas são insetos eussociais amplamente distribuídos em regiões tropicais e subtropicais ao redor do globo e compreendem um total de 2972 espécies, das quais 615 ocorrem na Região Neotropical. Desempenhando papéis essenciais como decompositores da necromassa vegetal e fontes de energia para diversos grupos. Esta dissertação, estruturada em três capítulos, visa proporcionar uma visão abrangente sobre os térmitas em várias áreas do Brasil. O primeiro capítulo concentra-se em uma lista de espécies de térmitas no estado do Acre, situado no sudoeste da Amazônia. Este levantamento registra a presença de 128 espécies, incluindo seis novos registros para o Brasil. Apesar do acréscimo significativo de informações, ressalta-se a necessidade de mais estudos abrangentes, visto que apenas quatro pontos foram amostrados no Acre, sublinhando a carência de dados em diversas regiões do estado. No segundo capítulo, destaca-se a identificação de novos registros de ocorrência da espécie praga invasora *Cryptotermes havilandi* (Sjöstedt, 1900) nos estados da Paraíba, Pernambuco e Bahia. A determinação das espécies foi apoiada por características morfológicas e moleculares, incluindo análises dos genes *COI* e *COII*. Este capítulo marca o primeiro registro desta espécie ocorrendo em ecossistemas de brejo de altitude e caatinga do nordeste brasileiro. A falta de evidências em pesquisas anteriores sugere que pode ter se espalhado apenas recentemente, levantando preocupações de que possa competir com espécies nativas. O terceiro capítulo concentra-se na discussão da comparação entre duas espécies de térmitas, *Nasutitermes ephratae* (Holmgren, 1910) e *Nasutitermes coxipoensis* (Holmgren, 1910). Apesar de possuírem ninhos com estruturas e sítios de nidificações diferentes, as suas diferenças morfológicas sutis dificultam a identificação, a menos que sejam coletados diretamente em seus ninhos. Utilizando os genes mitocondriais *COI*, *COII* e *16S*, e do nuclear *ITS2*, neste capítulo, foi feita a comparação entre *N. coxipoensis* e *N. ephratae*, buscando se investigar o status taxonômico dessas duas espécies, através de marcadores moleculares. Contudo, apesar da similaridade morfológica e molecular nos genes analisados, *N. coxipoensis* e *N. ephratae* puderam ser reconhecidas como duas espécies distintas. Entretanto, ressalta-se que são necessários estudos filogeográficos mais aprofundados e uma revisão taxonômica morfológica para conclusões mais sólidas. Concluindo, este estudo traz uma importante contribuição para o conhecimento dos térmitas em diferentes regiões do Brasil, destacando áreas com lacunas de pesquisa e fornecendo *insights* importantes sobre a distribuição das espécies estudadas.

Palavras-chave: Isoptera, Amazônia, região semiárida, *Cryptotermes havilandi*, espécies crípticas

ABSTRACT

Termites are eusocial insects that are widely distributed in tropical and subtropical regions around the globe and comprise a total of 2972 species, of which 615 occur in the Neotropical region. This dissertation, which is divided into three chapters, aims to provide a comprehensive overview of termites in different areas of Brazil. They play an important role as decomposers of plant necromass and as a source of energy for different groups. The first chapter focuses on a species list of termites in the state of Acre, located in the southwest of the Amazon. In this study, 128 species were recorded, including six new records for Brazil. Despite the significant increase in information, the need for more comprehensive studies is emphasized, as only four points were sampled in Acre, highlighting the lack of data in different regions of the state. The second chapter highlights the identification of new detections of the invasive pest species *Cryptotermes havilandi* (Sjöstedt, 1900) in the states of Paraíba, Pernambuco, and Bahia. Species identification was supported by morphological and molecular characteristics, including analyzes of *COI* and *COII* genes. This chapter is the first record of this species in natural environments in the Brazilian semiarid region. The lack of evidence in previous surveys suggests that it may have spread only recently, raising concerns that it may compete with native species. The third chapter focuses on discussing the comparison between two termite species, *Nasutitermes ephratae* (Holmgren, 1910) and *Nasutitermes coxipoensis* (Holmgren, 1910). Although they have nests with different structures and nesting sites, their subtle morphological differences make identification difficult unless they are collected directly from their nests. Using the mitochondrial genes *COI*, *COII*, and 16S, and the nuclear gene *ITS2*, this chapter compared *N. coxipoensis* and *N. ephratae* to investigate the taxonomic status of these two species using molecular markers. However, despite the morphological and molecular similarities in the analyzed genes, *N. coxipoensis* and *N. ephratae* could be recognized as two distinct species. Nevertheless, more in-depth phylogeographical studies and a morphological taxonomic review are necessary for more solid conclusions. In conclusion, this study makes an important contribution to the knowledge of termites in different regions of Brazil by highlighting areas with research gaps and providing valuable insights into the distribution of the species studied.

Keywords: Isoptera, Amazon, Caatinga, *Cryptotermes havilandi*, cryptic species.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1:

Figura 1.1 – Mapa de localização das áreas onde as amostragens de térmitas foram conduzidas no estado do Acre, Brasil. 1, Parque Nacional Serra do Divisor; 2, Parque Estadual de Chandless; 3, Reserva Florestal Humaitá; 4, Parque Ambiental Chico Mendes. 30

Figura 1.2 – Soldados das espécies de térmitas com novo registro de ocorrência para o Brasil. *Dolichorhinotermes tenebrosus* soldado maior (A, B); *Dolichorhinotermes tenebrosus* soldado menor (C, D); *Cornitermes bolivianus* (E, F); *Uncitermes almeriae* (G, H). Barra de escala: 1 mm. 34

Figura 1.3 – Operário de *Aparatermes thornatus*, novo registro de ocorrência para o Brasil. Vista lateral do corpo inteiro (A); vista de perfil, com vista lateral do tórax e da cabeça (B); vista dorsal da cabeça (C); válvula entérica em detalhe (D); vista completa das almofadas da válvula entérica (E). 35

Figura 1.4 – Operário de *Humitermes krishnai*, novo registro de ocorrência para o Brasil. Vista lateral do corpo inteiro (A); vista de perfil, com vista lateral do tórax e da cabeça (B); vista dorsal da cabeça (C); válvula entérica em detalhe (D); vista completa das almofadas da válvula entérica (E). 36

Figura 1.5 – Operário de *Rubeotermes jheringi*, novo registro de ocorrência para o Brasil. Vista lateral do corpo inteiro (A); vista de perfil, com vista lateral do tórax e da cabeça (B); vista dorsal da cabeça (C); válvula entérica em detalhe (D); vista completa das almofadas da válvula entérica (E). 37

Figura 1.6 – Mapa de localização dos novos registros de ocorrência para o Brasil das espécies *Cornitermes bolivianus* (A), *Rubeotermes jheringi* (B), *Uncitermes almeriae* (C), *Dolichorhinotermes tenebrosus* (D), *Humitermes krishnai* (E), *Aparatermes thornatus* (F). Cinza escuro: Amazônia. 38

CAPÍTULO 2:

Figura 2.1 – Mapa de distribuição de *Cryptotermes havilandi* (Sjöstedt, 1900) no Brasil a partir da literatura (triângulos pretos) e dos nossos novos registros (estrelas pretas). (A) Mapa da América do Sul (cinza escuro) destacando a divisão geopolítica do Brasil (branco); (B) Estados da região nordeste do Brasil com áreas de Caatinga (cinza claro) e Mata Atlântica (cinza), além das capitais estaduais (pontos pretos). AL = Alagoas; BA = Bahia; CE = Ceará; PB = Paraíba; PE = Pernambuco; RN = Rio Grande do Norte; SE = Sergipe. 60

Figura 2.2 – (A) Colônia de *Cryptotermes havilandi* (Sjöstedt, 1900) na base de uma árvore morta em uma floresta de Brejo de Altitude, em Dona Inês, estado da Paraíba, Brasil; (B) Vista dorsal, (C) lateral e (D) oblíqua da cabeça. Barra de escala = 1 mm. 64

CAPÍTULO 3:

Figura 3.1 – Vista dorsal e de perfil da cabeça de soldados de *Nasutitermes coxipoensis* (A e B) e *Nasutitermes ephratae* (C e D). 68

Figura 3.2 – Ninhos conspícuos de *Nasutitermes coxipoensis* (A) e *Nasutitermes ephratae* (B). colocar o tamanho da enxadinha e tamanho do escalímetro. 69

Figura 3.3 – Árvore de máxima verossimilhança com destaque do ramo com as sequências concatenadas de *N. coxipoensis* e *N. ephratae*. 76

APÊNDICES:

Figura A1 – Válvulas entéricas dos Apicotermitinae apresentados neste trabalho. Apicotermitinae sp.1 (A), Apicotermitinae sp.2 (B), Apicotermitinae sp.3 (C), Apicotermitinae sp.4 (D), Apicotermitinae sp.5 (E), Apicotermitinae sp.6 (F), Apicotermitinae sp.7 (G), Apicotermitinae sp.8 (H), Apicotermitinae sp.9 (I), Apicotermitinae sp.10 (J), Apicotermitinae sp.11(K), Apicotermitinae sp.12 (L), Apicotermitinae sp.13 (M), Apicotermitinae sp.14 (N) e Apicotermitinae sp.15 (O). 84

Figura A2 – Válvulas entéricas e junção S/P3 (apenas A) dos Apicotermitinae apresentados neste trabalho. *Compositermes vindai* (A, B), *Longustitermes manni* (C), *Hirsutitermes kanzakii* (D), *Patawatermes turricola* (E), *Rustitermes boteroi* (F), *Mangolditermes curveileum* (G), *Aparatermes silvestrii* (H), *Anoplotermes banksi* (I), *Krecekitermes daironi* (J), *Anoplotermes susanae* (K), *Anoplotermes aff. pacificus* (L), *Anoplotermes meridianus* (M), *Aparatermes thornatus* (N), *Disjunctitermes insularis* (O), *Hydrecotermes kawaii* (P) e *Patawatermes nigripunctatus* (Q). 85

Figura A3 – Válvulas entéricas das morfoespécies de *Anoplotermes* apresentadas neste trabalho. *Anoplotermes* sp.1 (A) e *Anoplotermes* sp.2 (B). 86

Figura A4 – Árvore de máxima verossimilhança utilizando apenas o gene mitocondrial *COI*. Ramos em azul para *Nasutitermes coxipoensis*, e ramos em vermelho para *Nasutitermes ephratae*. 89

Figura A5 – Árvore de máxima verossimilhança utilizando apenas o gene mitocondrial *COII*. Ramos em azul para *Nasutitermes coxipoensis*, e ramos em vermelho para *Nasutitermes ephratae*. 90

Figura A6 – Árvore de máxima verossimilhança utilizando apenas o gene mitocondrial *16S*. Ramos em azul para *Nasutitermes coxipoensis*, e ramos em vermelho para *Nasutitermes ephratae*. 91

Figura A7 – Árvore de máxima verossimilhança utilizando apenas o gene mitocondrial *ITS2*. Ramos em azul para *Nasutitermes coxipoensis*, e ramos em vermelho para *Nasutitermes ephratae*. 92

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1:

Tabela 1.1 – Lista de espécies de térmitas do estado do Acre, Brasil, e classificação dos grupos alimentares. Locais de amostragem: PNSD, Parque Nacional da Serra do Divisor; PEC, Parque Estadual Chandless; RFH, Reserva Florestal Humaitá; PACM, Parque Ambiental Chico Mendes. Registros previamente publicados (Literatura): 1, (Santos et al. 2022); 2, (Constantino 2022); 3, (Thomazini & Thomazini 2002); 4, (Santos 2022). FG, Grupos Alimentares: GA1 (Plaza 2019): L, alimentadores de folhas; S, alimentadores de solo; I, inquilino; W/S, interface madeira/solo; W, alimentadores de madeira. GA2: (Donovan et al. 2001). ¹Protocolo rápido de inventário de térmitas (Cancello et al. 2014). ★ Novo registro de ocorrência para o Brasil. * Espécies que constroem ninhos conspícuos, conforme registros na literatura. ** Espécies coletadas em ninhos conspícuos encontradas neste estudo. 40

Tabela 3.3 – Distâncias (p-distance) dos genes *COI*, *COII*, *16S* e *ITS2* entre as espécies estudadas. N, número de sequências; MédiaIntra, média do valor da distância genética intraespecífica; Máx.Intra, valor máximo da distância genética intraespecífica; DNN, menor distância genética entre espécies. 75

APÊNDICES:

Tabela A1 – Vinte primeiros resultados do BLAST que corresponderam às sequências de *COI* e *COII* de *Cryptotermes havilandi*. 87

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BLAST	Basic Local Alignment Search Tool
CIUFPB	Coleção de Isoptera da UFPB
<i>COI</i>	<i>Citocromo oxidase I</i>
<i>COII</i>	<i>Citocromo oxidase II</i>
DNN	Distance nearest neighbor
GA1	Grupo Alimentar 1
GA2	Grupo Alimentar 2
GB	Genbank
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
<i>ITS2</i>	<i>Internal Transcribed Spacer 2</i>
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PACM	Parque Ambiental Chico Mendes
PCR	Polymerase Chain Reaction
PEC	Parque Estadual Chandless
PNSD	Parque Nacional da Serra do Divisor
RaxML	Randomized Axelerated Maximum Likelihood
SISBIO	Sistema de Informação e Autorização em Biodiversidade Brasileira

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	15
REFERENCIAL TEÓRICO	17
1. TÉRMITAS	17
2. LIMITAÇÕES SOBRE O CONHECIMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DE TÉRMITAS NO BRASIL	17
3. AMAZÔNIA	19
4. CAATINGA	20
5. DELIMITAÇÃO INTEGRATIVA DE ESPÉCIES	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22
OBJETIVOS	27
CAPÍTULO 1: TÉRMITAS DA FLORESTA AMAZÔNICA: UMA LISTA DE ESPÉCIES DO ESTADO DO ACRE, BRASIL.....	28
1. INTRODUÇÃO	28
2. MATERIAL E MÉTODOS	29
2.1. ÁREA DE ESTUDO	29
2.2. AMOSTRAGEM DE ESPÉCIES.....	31
2.3. GRUPOS ALIMENTARES	32
3. RESULTADOS.....	33
4. DISCUSSÃO	47
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
CAPÍTULO 2: TÉRMITA PRAGA <i>Cryptotermes havilandi</i> (Sjöstedt, 1900) (BLATTODEA: ISOPTERA: KALOTERMITIDAE) COMO UMA ESPÉCIE INVASORA DE ECOSISTEMAS NATURAIS NO NORDESTE BRASILEIRO	60
1. INTRODUÇÃO	60
2. MATERIAL E MÉTODOS	61
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
CAPÍTULO 3: NOTA CIENTÍFICA: “EVIDÊNCIAS MOLECULARES NA SIMILARIDADE ENTRE OS TÉRMITAS NEOTROPICAIS <i>Nasutitermes coxipoensis</i> E <i>Nasutitermes ephratae</i> (ISOPTERA: TERMITIDAE: NASUTITERMITINAE)”	67
1. INTRODUÇÃO	67
2. MATERIAL E MÉTODOS	70
3. RESULTADOS.....	74
4. DISCUSSÃO	76

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
APÊNDICES	83
APÊNDICE A – Válvulas entéricas dos Apicotermatinae apresentados no Capítulo 1.....	84
APÊNDICE B – Válvulas entéricas e junção S/P3 (apenas A) dos Apicotermatinae apresentados no Capítulo 1.	85
APÊNDICE C – Válvulas entéricas das morfoespécies de <i>Anoplotermes</i> apresentadas no Capítulo 1.....	86
APÊNDICE D – Vinte primeiros resultados do BLAST que corresponderam às sequências de <i>COI</i> e <i>COII</i> de <i>Cryptotermes havilandi</i>	87
APÊNDICE E – Árvore de máxima verossimilhança utilizando apenas o gene mitocondrial <i>COI</i>	89
APÊNDICE F – Árvore de máxima verossimilhança utilizando apenas o gene mitocondrial <i>COII</i>	90
APÊNDICE G – Árvore de máxima verossimilhança utilizando apenas o gene mitocondrial <i>16S</i>	91
APÊNDICE H – Árvore de máxima verossimilhança utilizando apenas o gene mitocondrial <i>ITS2</i>	92

INTRODUÇÃO GERAL

Térmitas (Blattodea: Isoptera) são insetos eussociais abundantes em ecossistemas tropicais e subtropicais do planeta, com riqueza global conhecida de 2972 espécies viventes distribuídas em 312 gêneros e nove famílias (Constantino, 2022). Na Região Neotropical, considerada a região com o maior número de espécies de plantas e animais (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2008), são conhecidas 615 espécies viventes de térmitas, distribuídas em 112 gêneros e cinco famílias (Constantino, 2022). A eussocialidade observada nos térmitas é assim caracterizada pela presença divisão de funções na colônia em um sistema de castas, pela cooperação dos membros da colônia no cuidado com a prole, e a sobreposição de geração convivendo juntas na mesma colônia (Gullan; Cranston, 2012).

O papel ecológico dos térmitas é fundamental para o bom funcionamento dos ecossistemas e manutenção do seu equilíbrio. São os principais organismos atuantes na decomposição da necromassa vegetal, acelerando o retorno de macro e micronutrientes aprisionados em troncos mortos ao solo, tornando esse recurso disponível no ambiente sobretudo pela capacidade de digestão de celulose com microrganismo simbiote, favorecendo principalmente o aumento da produção primária dos ecossistemas (Cleveland, 1924; Eggleton et al., 1996; Costa-Leonardo, 2002). Ao construírem seus ninhos e galerias, promovem a bioturbação, um processo de alteração físico-química através da movimentação e revolvimento das partículas ao longo do perfil do solo, e da incorporação de compostos orgânicos que melhora a sua qualidade, além de potencializar, por decorrência disso, a infiltração e acumulação de água (Lee; Wood, 1971; Silva; Mendonça, 2007).

A identificação de uma parte significativa das espécies de térmitas é bem resolvida e claramente confirmada com caracteres morfológicos, sobretudo da casta de soldados. No entanto, alguns grupos (*e.g.* gênero *Nasutitermes*, subfamília Apicotermatinae, e alguns gêneros de Kalotermitidae) não apresentam caracteres claros o suficiente que permitam uma fácil identificação apenas por esse critério. Além disso, a plasticidade fenotípica e a variação intraespecífica existente, tornam a identificação de alguns táxons uma tarefa difícil e muito mais suscetível a erros. Técnicas de identificação baseadas em caracteres moleculares estão sendo integradas a taxonomia morfológica tradicional, auxiliando na resolução de inconsistências taxonômicas em muitos grupos de seres vivos. Uma delas, a técnica de DNA *barcode*, consiste em utilizar alguns genes do DNA mitocondrial, mais comumente o citocromo oxidase I (*COI*)

e o citocromo oxidase II (*COII*) para identificar as espécies, a partir de sequências previamente depositadas em um banco de dados (Hebert et al., 2003; Roe; Sperling, 2007).

Dada sua importância, vários estudos com térmitas já foram desenvolvidos na Região Neotropical (Roisin et al., 2006; Bahder et al., 2009; Scheffrahn et al., 2017; Castro; Scheffrahn; Carrijo, 2018; Casalla; Korb, 2019), sobretudo no Brasil em vários domínios morfoclimáticos diferentes (Constantino, 2005; Vasconcellos; Moura, 2014; Feitosa et al., 2021; Vasconcellos et al., 2023). Estudos que abordam taxonomia, ecologia, biogeografia, comportamento, biologia, e várias outras áreas do conhecimento ajudam a entender cada vez melhor o grupo e reconhecer seu papel nos ecossistemas, conhecimento fundamental no planejamento de estratégias de conservação de áreas naturais e projeto de recuperação de áreas degradadas (Mace, 2004). Ao entender os benefícios promovidos pelos térmitas no solo, técnicas que utilizam estes insetos tem sido empregadas e trazido benefícios para povos que sobrevivem da agricultura mas dispõem de um solo de difícil manejo na África (Reij; Tappan; Smale, 2009).

Diante de tamanha importância ecológica e socioeconômica que os térmitas apresentam, conhecer bem esse grupo é fundamental para o entendimento de como funcionam os ambientes naturais e dessa forma, por exemplo, desenvolver estratégias corretas de conservação da biodiversidade e de recuperação de ambientes naturais degradados (Mace, 2004). A biodiversidade sempre terá lacunas de conhecimento a serem preenchidas, sendo humanamente impossível compreender plenamente tudo que permeia a biodiversidade, uma vez que a biosfera muda em uma velocidade que a capacidade humana de descrevê-la não consegue acompanhar (Hortal et al., 2015). Este trabalho de dissertação agrega novos conhecimentos acerca da termitofauna neotropical, com uma lista de espécies de térmitas para o estado do Acre (Capítulo 1), novos registros de distribuição da espécie-praga invasora *Cryptotermes havilandi* (Sjöstedt, 1900) em ambientes naturais no nordeste brasileiro (Capítulo 2), utilizando técnicas moleculares para a identificação, e uma comparação genética das espécies *Nasutitermes ephratae* (Holmgren, 1910) e *Nasutitermes coxipoensis* (Holmgren, 1910) (Capítulo 3).

REFERENCIAL TEÓRICO

1. TÉRMITAS

Térmitas são insetos eussociais abundantes no planeta, com quase 3000 espécies viventes descritas no mundo. Na região Neotropical são conhecidas 615 espécies, estando atrás apenas das regiões Oriental (1151) e Etiópica (752) (Constantino, 2022). O Brasil, conhecido por abrigar a maior biodiversidade do planeta (Nash, 2022), apresenta 348 espécies descritas, valor claramente subestimado. Novas espécies vêm sendo descritas nos últimos anos, aumentando o número de espécies conhecidas para o Brasil (Carrijo et al., 2023; Scheffrahn; Vasconcellos, 2023). As espécies são distribuídas em nove famílias, no entanto, apenas quatro ocorrem no Brasil: Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae e Termitidae; sendo esta última a mais diversa e abundante, compreendendo cerca de dois terços de todas as espécies conhecidas.

A abundância de térmitas no mundo é surpreendente quando se compara a outros grupos de animais, chegando a um valor de biomassa seca no solo de 100 milhões de toneladas (Mt), valor bastante expressivo quando comparado a outros grupos de artrópodes, como ácaros, formigas e colêmbolos, que juntos somam pouco mais da metade da biomassa dos térmitas (Rosenberg et al., 2023).

São insetos de grande importância para os ecossistemas que habitam, atuando na ciclagem de nutrientes, sobretudo na decomposição da necromassa vegetal, devolvendo mais rapidamente os minerais e matéria orgânica aprisionados em troncos mortos de volta para uso nos ecossistemas, além de atuarem na aeração dos solos, que contribuem positivamente no desenvolvimento vegetal de uma região (Vasconcellos, 2016). Os térmitas movimentam verticalmente o solo, cavando túneis e cimentando partículas, facilitando a ação de microrganismos atuantes na mineralização da matéria orgânica. Os ninhos de térmitas servem de habitat para uma grande variedade de organismos e muitos predadores utilizam esses insetos como fonte de alimento, principalmente em épocas de seca e escassez de recursos (Monteiro, 2021; Grandcolas; Constantino; Pellens, 2024).

2. LIMITAÇÕES SOBRE O CONHECIMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DE TÉRMITAS NO BRASIL

O Brasil, reconhecido mundialmente como o país com a maior biodiversidade do planeta, abriga uma profusão inigualável de ecossistemas, inseridos em grandes domínios, como a Floresta Amazônica, Cerrado, Caatinga e Floresta Atlântica. No entanto, ao explorar a

distribuição das espécies de térmitas globalmente, a Região Neotropical, a qual o Brasil faz parte, figura como a terceira em quantidade de espécies de térmitas conhecidas, com cerca de 350 espécies, atrás apenas da Região Oriental e da Região Etiópica (Constantino, 2022). Tal fato aponta para valores subestimados da termitofauna no Brasil, onde se estima-se ter por volta 600 espécies (Grandcolas; Constantino; Pellens, 2024).

Embora todos os domínios morfoclimáticos brasileiro já apresentem registros de espécies de térmitas, muitas vezes, a informação acaba por não ser padronizada, sendo dessa forma inviável de serem realizados estudos ecológicos em nível nacional ou por grandes domínios morfoclimáticos. Além disso, vale destacar também a dificuldade de acesso a determinadas áreas, que por serem muito isoladas, demandam mais recursos e esforço para coletas das espécies. Atualmente, os valores para o Brasil são 247 espécies na Amazônia, 194 espécies no Cerrado, 147 espécies na Floresta Atlântica, 97 espécies na Caatinga, 53 espécies no Pantanal, e 16 espécies nos Pampas (Constantino, 2022). Estes valores incluem resultados de coletas avulsas e padronizadas. Atualmente, um protocolo padronizado de levantamento rápido de diversidade de térmitas, adaptado por Cancellato et al. (2014), vem sendo aplicado de forma intensiva ao longo de todo o Brasil, a fim de entender quais fatores ambientais e espaciais podem estar influenciando na distribuição das espécies.

Mesmo que já exista conhecimento acerca da termitofauna brasileira, alguns estados carecem de inventários de espécies, como o Acre, por exemplo, que, até esta dissertação se conhecia pouco mais de 10% das espécies agora registradas. Listas de espécies por estado são importantes, dentre inúmeras razões, pois contribuem no desenvolvimento de políticas de proteção de ambientes naturais, como parques nacionais e estaduais (Silveira et al., 2010). Estas compilações taxonômicas não apenas fornecem uma base robusta para a compreensão da distribuição geográfica das espécies de térmitas, mas também desempenham um papel fundamental na identificação de áreas prioritárias para conservação. Ao mapear a presença e a diversidade de térmitas em diferentes estados, torna-se possível direcionar esforços de preservação para ecossistemas específicos, promovendo uma gestão mais eficiente e adaptada às necessidades regionais. Além disso, essas listagens fornecem um alicerce científico para estratégias de monitoramento e pesquisa, fundamentais para a tomada de decisões informadas no âmbito da preservação da biodiversidade (Rocha et al., 2000).

3. AMAZÔNIA

A Amazônia é considerada a maior floresta tropical úmida do mundo e tem cerca de 60% de sua extensão dentro do território brasileiro (Margulis, 2003). Além do Brasil, se estende também pela Colômbia, Venezuela, Equador, Bolívia, Guiana, Suriname e Guiana Francesa. No Brasil, ocupa aproximadamente 50 % do território nacional, estando presente nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Roraima, Rondônia, Mato Grosso, Maranhão e Tocantins. Além de sua representativa biodiversidade, a Amazônia é de grande importância para a ecologia global, uma vez que regula os ciclos hidrológicos regionais e os padrões climáticos de grande parte da América do Sul (Hutyra et al., 2007; Silva; Rezende, 2022), e armazena cerca de 100 bilhões de toneladas de carbono (Copertino et al., 2019). Atualmente, a Bacia Amazônica vem sofrendo um rápido desmatamento e degradação florestal (Vergopolan; Fisher, 2016; INPE, 2021), o que ameaça o equilíbrio de todo o ecossistema e áreas próximas.

A biodiversidade encontrada na Amazônia é maior que em qualquer outra região do planeta. Estimativas apontam que há cerca de 40 mil espécies de plantas vasculares, sendo 30 mil espécies endêmicas à região; para mamíferos são 425 espécies conhecidas com 172 endêmicas; para aves são 1300 espécies, sendo destas 263 endêmicas; e para répteis e anfíbios, a Amazônia é abrigo de 798 espécies, sendo 626 endêmicas (Mittermeier et al., 2003). Diante da exploração que acontece na Amazônia, toda essa diversidade se encontra ameaçada. Considerando a alta taxa de endemismo que existe na região, as espécies, que, nesses casos, geralmente se concentram em pequenas populações, acabam sendo muito sensíveis às alterações ambientais e modificações em seus habitats, havendo forte pressão a eventos de extinção (Terborgh et al., 1990).

Alguns estudos com térmitas na Amazônia já foram realizados, sendo alguns mais antigos (Bandeira, 1979, 1989; Bandeira; Torres, 1985; Constantino, 1992; Constantino; Canello, 1992; De Souza; Brown, 1994; Martius, 1994) e outros mais recentes (Ackerman et al., 2009; Dambros et al., 2017; Palin et al., 2011; Pequeno; Franklin, 2018), no entanto, os estudos de diversidade de espécies não foram realizados de forma padronizada, sendo utilizados variados métodos, o que impossibilita análises comparativas acuradas para a região. Além disso, a maioria dos estudos acabam sendo realizados nas áreas mais próximas aos centros urbanos e instituições de pesquisa, devido a maior facilidade logística, e, considerando as várias áreas de endemismo presentes na Amazônia (Silva; Novaes; Oren, 2002), uma diversidade muito maior de espécies pode ser encontrada em áreas pouco exploradas.

4. CAATINGA

A Caatinga é um domínio morfoclimático brasileiro caracterizada por apresentar um mosaico de arbustos espinhosos e florestas sazonalmente secas, compondo grande parte da região Nordeste do Brasil. Cobrindo uma área de cerca de 912.529 km², ocorre nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e parte do norte de Minas Gerais, sendo cercada por outros domínios morfoclimáticos como Mata Atlântica, Cerrado e Amazônia (Silva et al., 2017). É um domínio de clima semiárido, com uma longa estação seca, e ao contrário do que se imagina, apresenta uma alta biodiversidade adaptada a escassez de água e temperaturas mais elevadas (Leite, 2008). O mau uso do solo, amplas áreas de pastoreio, ampliação de áreas de ocupação urbana e extrativismo descontrolado tem ameaçado o patrimônio natural da Caatinga, com muitas áreas sofrendo processos de desertificação e perda de hábitat, e como consequência disso, muitas espécies nativas tem figurado nas listas de espécies ameaçadas de extinção do IBAMA, como felinos e aves (FAO, 1993; ALBUQUERQUE, 1999; Oliveira; Gonçalves; Bonvicino, 2003).

A fitofisionomia da Caatinga é heterogênea, apresentando áreas de Caatinga arbórea, com árvores medindo cerca de 20 metros, bem como áreas de Caatinga arbustiva, com arbustos associados a cactáceas e bromélias (Sena, 2011). Em pontos de altitudes mais elevadas, como planaltos e chapadas, a temperatura se torna mais amena, e os níveis de umidade se elevam, principalmente em decorrência das chuvas orográficas, proporcionando a formação de uma fitofisionomia diferente das áreas ao entorno, apresentando uma característica mais próxima a florestas úmidas, chamados brejos de altitude (Tabarelli; Santos, 2004).

As comunidades de térmitas da Caatinga já foram bastante estudadas ao longo das várias ecorregiões do domínio, seja em áreas de Caatinga *sensu stricto* (Mélo; Bandeira, 2004; Vasconcellos et al., 2010; Alves et al., 2011; Souza; Alves; Vasconcellos, 2012; Ernesto et al., 2018), como nas áreas de Brejos de Altitude (Bandeira; Vasconcellos, 2002; Bandeira et al., 2003; Bandeira; Vasconcellos, 2004; Moura, 2012). Dada a importância dos térmitas para os ecossistemas em que estão inseridos, estudos de distribuição, riqueza de espécies, abundância, biomassa e grupos tróficos são fundamentais para a identificação nos padrões de diversidade, determinação de áreas de endemismo na Caatinga, bem como a implementação correta de medidas de conservação dos ambientes naturais.

5. DELIMITAÇÃO INTEGRATIVA DE ESPÉCIES

A compreensão da distribuição das espécies no contexto dos térmitas permanece um desafio premente na termitologia, destacando a necessidade de investigações aprofundadas nessa área. A identificação e descrição de espécies, particularmente aquelas que são crípticas e, portanto, de difícil detecção visual, emergem como uma esfera vasta e complexa de pesquisa. A abordagem taxonômica e morfológica tradicional muitas vezes revela-se insuficiente diante da diversidade genética subjacente a essas populações, exigindo, assim, a incorporação de técnicas moleculares aos estudos (Nadler; De León, 2011; Jörger; Schrödl, 2013). O estudo sistemático dessas espécies crípticas não apenas contribui para uma compreensão mais abrangente da biodiversidade, mas também lança luz sobre interações ecossistêmicas intrincadas, fornecendo *insights* cruciais para a conservação e o manejo sustentável dos ambientes naturais.

O conceito de espécie é algo que desafia estudiosos das ciências naturais desde muito tempo, uma vez que muito são os parâmetros utilizados para definir espécie, como morfologia, comportamento, ancestralidade, fluxo gênico, entre outros, e cada parâmetro acaba sendo restrito a determinado conjunto de características dos seres vivos, podendo não ser perfeitamente aplicável para se definir a categoria taxonômica “espécie”. Dessa maneira, cada abordagem representa uma hipótese do que seja uma espécie, e partindo de um pressuposto, é possível trabalhar com diferentes perspectivas sobre a diversidade biológica (Hey, 2006; De Queiroz, 2007).

A taxonomia tradicional fundamenta-se na análise dos caracteres morfológicos das entidades taxonômicas para classificar organismos de diferentes espécies. No entanto, a morfologia nem sempre é suficiente para delimitar essas espécies. Isso pode ocorrer, por exemplo, quando duas espécies estão em um processo recente de especiação, apresentando diferenças morfológicas pouco claras, ou quando uma espécie exibe uma variação intraespecífica significativa devido à sua alta plasticidade fenotípica. Diante dessas limitações, outras fontes de informação têm sido incorporadas à taxonomia, proporcionando suporte adicional na identificação das espécies. Esse enfoque integrativo visa aprimorar a abordagem taxonômica, considerando múltiplos aspectos para uma classificação mais precisa e robusta (Schlick-Steiner et al., 2010).

Com o progresso nas técnicas de biologia molecular, o DNA emergiu como uma valiosa fonte de informação biológica, tornando-se cada vez mais acessível. Através da análise das sequências de nucleotídeos de determinados genes, torna-se possível reconhecer e identificar espécies. Uma abordagem particularmente eficaz para esse fim é a técnica conhecida como

"DNA *barcode*", que utiliza sequências de DNA como códigos de barras (Hebert et al., 2003). Assim como um produto em um supermercado é identificado pelo seu código de barras, as espécies podem ser reconhecidas por meio das sequências de nucleotídeos depositadas em um banco de dados. Essa técnica representa um avanço significativo na identificação e categorização precisa das espécies, contribuindo para a compreensão mais aprofundada da diversidade biológica.

No DNA *barcode*, o gene proposto para uso foi o que codifica a subunidade I da *Citocromo C Oxidase (COI)*, obtendo 100% de sucesso na identificação das espécies (Hebert et al., 2003), porém, outros genes também se popularizaram na técnica do DNA barcode, como o gene que codifica a subunidade II da *Citocromo C Oxidase (COII)* (Roe; Sperling, 2007), sobretudo com térmitas, onde tal gene apresenta um bom potencial de delimitação (Miura et al., 1998), e já foi utilizado com sucesso em vários estudos com térmitas (Ohkuma et al., 2004; Sobti et al., 2009; Huang et al., 2011). Dada a importância das informações moleculares para a taxonomia atual, a grande maioria das publicações de novas espécies acompanham informações moleculares integrando a descrição do táxon, sendo quase que indispensável, uma vez que traz maior robustez na descrição da espécie. Devido à relevância das informações moleculares na taxonomia de térmitas atualmente, a grande maioria das publicações de descrição de novas espécies incorpora dados moleculares como parte essencial da descrição taxonômica. Esse método tornou-se praticamente indispensável, uma vez que confere maior robustez à delimitação das espécies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKERMAN, Ilse L. *et al.* Termite (Insecta: Isoptera) Species Composition in a Primary Rain Forest and Agroforests in Central Amazonia. **Biotropica**, v. 41, n. 2, p. 226–233, mar. 2009.
- ALBUQUERQUE, Severino Gonzaga. Caatinga vegetation dynamics under various grazing intensities by steers in the semi-arid Northeast, Brazil. **Journal of Range Management**, v. 52, p. 241–248, 1999.
- ALVES, W. De F. *et al.* Termites as Bioindicators of Habitat Quality in the Caatinga, Brazil: Is There Agreement Between Structural Habitat Variables and the Sampled Assemblages? **Neotropical Entomology**, v. 40, n. 1, p. 39–46, fev. 2011.
- BANDEIRA, Ademar Gomes. Notas sobre a fauna de cupins (Insecta: Isoptera) do Parque Nacional da Amazônia (Tapajós), Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, n. 96, p. 1–12, 18 abr. 1979.

BANDEIRA, Ademar Gomes. Análise da termitofauna (Insecta: Isoptera) de uma floresta primária e de uma pastagem na Amazônia Oriental. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Zoológica**, v. 5, n. 2, p. 225–241, 1989.

BANDEIRA, Ademar Gomes *et al.* Effects of habitat disturbance on the termite fauna in a highland humid forest in the Caatinga Domain, Brazil. **Sociobiology**, v. 42, n. 1, p. 117–127, 2003.

BANDEIRA, Ademar Gomes; TORRES, Maria Fernanda P. Abundância e distribuição de invertebrados do solo em ecossistemas da Amazônia Oriental. O papel ecológico dos cupins. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Zoologia**, v. 2, n. 1, p. 13–38, 1985.

BANDEIRA, Ademar Gomes; VASCONCELLOS, Alexandre. A quantitative survey of termites in a gradient of disturbed highland forest in Northeastern Brazil (Isoptera). **Sociobiology**, v. 39, n. 3, p. 429–439, 2002.

BANDEIRA, Ademar Gomes; VASCONCELLOS, Alexandre. Efeitos de distúrbios florestais sobre as populações de cupins (Isoptera) do Brejo dos Cavalos, Pernambuco. *In*: PÔRTO, Kátia Cavalcanti; CABRAL, Jaime J. P.; TABARELLI, Marcelo (Orgs.). **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação**. Biodiversidade. Brasília, DF : [Recife, Brazil]: Ministério do Meio Ambiente ; Universidade Federal de Pernambuco, 2004. p. 145–152.

CANCELLO, Eliana M. *et al.* Latitudinal variation in termite species richness and abundance along the Brazilian Atlantic Forest hotspot. **Biotropica**, v. 46, n. 4, p. 1–10, 2014.

CARRIJO, Tiago F. *et al.* Diminishing the taxonomic gap in the neotropical soldierless termites: descriptions of four new genera and a new *Anoplotermes* species (Isoptera, Termitidae, Apicotermittinae). **ZooKeys**, v. 1167, p. 317–352, 22 jun. 2023.

CONSTANTINO, R. Abundance and diversity of termites (Insecta: Isoptera) in two sites of primary rain forest in Brazilian Amazonia. **Biotropica**, v. 24, n. 3, p. 420–430, 1992.

CONSTANTINO, Reginaldo. **Termite Database**. Disponível em: <<http://termitologia.net>>. Acesso em: 7 ago. 2023.

CONSTANTINO, Reginaldo; CANCELLO, Eliana M. Cupins (Insecta, Isoptera) da Amazônia Brasileira: distribuição geográfica e esforço de coleta. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 52, n. 3, p. 401–413, 1992.

COPERTINO, Margareth *et al.* Desmatamento, fogo e clima estão intimamente conectados na Amazônia. **Ciência e Cultura**, v. 71, n. 4, p. 4–5, 2019.

DAMBROS, Crsitian S. *et al.* Isolation by distance, not rivers, control the distribution of termite species in the Amazonian rain forest. **Ecography**, v. 40, n. 10, p. 1242–1250, 2017.

DE QUEIROZ, Kevin. Species Concepts and Species Delimitation. **Systematic Biology**, v. 56, n. 6, p. 879–886, 1 dez. 2007.

DE SOUZA, Og Francisco Fonseca; BROWN, Valerie K. Effects of habitat fragmentation on Amazonian termite communities. **Journal of Tropical Ecology**, v. 10, n. 2, p. 197–206, maio 1994.

ERNESTO, Matilde Vasconcelos *et al.* Hexapod decomposers of Serra de Santa Catarina, Paraíba, Brazil: an area with high potential for conservation of Caatinga biodiversity. **Biota Neotropica**, v. 18, n. 2, 5 abr. 2018.

FAO. **El papel de los animales domesticos en el control de la desertificacion**. Santiago: PNUD/FAO, Oficina Regional de La Fao para America Latina Y el Caribe, 1993.

GRANDCOLAS, Philippe; CONSTANTINO, Reginaldo; PELLENS, Roseli. Capítulo 23: Blattaria Burmeister, 1829. *In*: CASARI, Sônia A.; CONSTANTINO, Reginaldo (Eds.). **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. 2. ed. [S.l.]: Editora INPA, 2024. p. 329–351.

HEBERT, Paul D. N. *et al.* Biological identifications through DNA barcodes. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 270, n. 1512, p. 313–321, 7 fev. 2003.

HEY, J. On the failure of modern species concepts. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 21, n. 8, p. 447–450, ago. 2006.

HUANG, Zhou *et al.* Molecular Analysis of Some Chinese Termites (Isoptera) Based on the Mitochondrial Cytochrome Oxidase (CoII) Gene. **Sociobiology**, v. 58, n. 1, p. 107–118, 2011.

HUTYRA, Lucy R. *et al.* Seasonal controls on the exchange of carbon and water in an Amazonian rain forest. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, v. 112, n. 3, p. 1–16, 1 set. 2007.

INPE. **Projeto PRODES: Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/>>. Acesso em: 31 maio. 2023.

JÖRGER, Katharina M.; SCHRÖDL, Michael. How to describe a cryptic species? Practical challenges of molecular taxonomy. **Frontiers in Zoology**, v. 10, n. 1, p. 59, 2013.

LEITE, Marcelo. **Brasil , Paisagens Naturais**. 1. ed. [S.l.]: Editora Ática, 2008.

MARGULIS, Sergio. **Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira**. BrasíliaBanco Mundial, , 2003.

MARTIUS, Christopher. Diversity and ecology of termites in Amazonian forests. **Pedobiologia**, v. 38, p. 407–428, 1994.

MÉLO, A. C. S.; BANDEIRA, A. G. A qualitative and quantitative survey of termites (Isoptera) in an open shrubby Caatinga in Northeast Brazil. **Sociobiology**, v. 44, n. 3, p. 707–716, 2004.

MITTERMEIER, R. A. *et al.* Wilderness and biodiversity conservation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 100, n. 18, p. 10309–10313, 2 set. 2003.

MIURA, Toru *et al.* Phylogenetic Relationships among Subfamilies in Higher Termites (Isoptera: Termitidae) Based on Mitochondrial Coii Gene Sequences. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 91, n. 5, p. 515–523, 1 set. 1998.

MONTEIRO, Sara Rikeley Paulino. **Térmitas e formigas como recursos perenes para a comunidade de lagartos em um ecossistema de caatinga**. [S.l.: S.n.].

MOURA, Flávia Maria Silva. **Diversidade de cupins (insecta, isoptera) em brejos de altitude: variação espacial, influência de fatores ambientais e similaridade com domínios morfoclimáticos brasileiros**. Doctoral thesis—João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2012.

NADLER, Steven A.; DE LEÓN, Gerardo Pérez-Ponce. Integrating molecular and morphological approaches for characterizing parasite cryptic species: implications for parasitology. **Parasitology**, v. 138, n. 13, p. 1688–1709, nov. 2011.

NASH, Matthew H. **The 201 Most (& Least) Biodiverse Countries**. Disponível em: <<https://theswiftest.com/biodiversity-index/>>. Acesso em: 31 dez. 2023.

OHKUMA, Moriya *et al.* Molecular phylogeny of Asian termites (Isoptera) of the families Termitidae and Rhinotermitidae based on mitochondrial COII sequences. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 31, n. 2, p. 701–710, maio 2004.

OLIVEIRA, João Alves de; GONÇALVES, Pablo Rodrigues; BONVICINO, Cibele Rodrigues. Mamíferos da Caatinga. *In: Ecologia e Conservação da Caatinga*. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2003. p. 275–336.

PALIN, Olivia F. *et al.* Termite Diversity along an Amazon-Andes Elevation Gradient, Peru: Termite Diversity along an Elevation Gradient. **Biotropica**, v. 43, n. 1, p. 100–107, jan. 2011.

PEQUENO, Pedro A. C. L.; FRANKLIN, Elizabeth. The scaling of growth, reproduction and defense in colonies of Amazonian Termites. **Sociobiology**, v. 65, n. 1, p. 1, 31 mar. 2018.

ROCHA, Carlos Frederico Duarte *et al.* As listas de fauna ameaçadas: as discrepâncias regionais e a importância e o significado de listas. *In: ROCHA, Carlos Frederico Duarte; ALVES, Maria Alice S.; VAN SLUYS, Marie-Anne (Orgs.). A Fauna Ameaçada de Extinção do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2000. p. 11–15.

ROE, Amanda D.; SPERLING, Felix A. H. **Patterns of evolution of mitochondrial cytochrome c oxidase I and II DNA and implications for DNA barcoding**. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, 2007.

ROSENBERG, Yuval *et al.* The global biomass and number of terrestrial arthropods. **Science Advances**, v. 9, n. 5, p. eabq4049, 3 fev. 2023.

SCHEFFRAHN, Rudolf H.; VASCONCELLOS, Alexandre. *Cryptotermes pugnus* (Blattodea, Isoptera, Kalotermitidae), a new drywood termite species from the Brazilian Caatinga dry forest and key to South American *Cryptotermes* Banks, 1909. **ZooKeys**, v. 1182, p. 11–18, 11 out. 2023.

SCHLICK-STEINER, Birgit C. *et al.* Integrative Taxonomy: A Multisource Approach to Exploring Biodiversity. **Annual Review of Entomology**, v. 55, n. 1, p. 421–438, 1 jan. 2010.

SENA, Liana Mara Mendes. **Conheça e conserve a Caatinga: O bioma Caatinga**. Fortaleza: Associação Caatinga, 2011. v. 1

SILVA, José Maria Cardoso da; NOVAES, Fernando C.; OREN, David C. **Differentiation of Xiphocolaptes (Dendrocolaptidae) across the river Xingu, Brazilian Amazonia**:

recognition of a new phylogenetic species and biogeographic implications. **Bulletin of the British Ornithologists' Club**, 2002.

SILVA, Victor Vartuli Cordeiro e; REZENDE, Elcio Nacur. Os rios voadores e as mudanças climáticas ocasionadas pelo desmatamento da Floresta Amazônica: uma perspectiva a partir do constitucionalismo latino-americano. **Revista Brasileira de Direito Animal**, v. 16, n. 3, p. 96–113, 10 jun. 2022.

SILVA, José Maria Cardoso Da *et al.* The Caatinga: Understanding the Challenges. *In*: SILVA, José Maria Cardoso Da; LEAL, Inara R.; TABARELLI, Marcelo (Orgs.). **Caatinga**. Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 3–19.

SILVEIRA, Luís Fábio *et al.* Para que servem os inventários de fauna? **Estudos Avançados**, v. 24, n. 1, p. 173–207, 2010.

SOBTI, Ranbir Chander *et al.* Sequence analysis of a few species of termites (Order: Isoptera) on the basis of partial characterization of COII gene. **Molecular and Cellular Biochemistry**, v. 331, n. 1–2, p. 145–151, nov. 2009.

SOUZA, Heitor Bruno Araújo; ALVES, Wagner França; VASCONCELLOS, Alexandre. Termite assemblages in five semideciduous Atlantic Forest fragments in the northern coastland limit of the biome. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 56, n. 1, p. 67–72, 2012.

TABARELLI, Marcelo; SANTOS, André Maurício Melo. Uma Breve Descrição Sobre a História Natural dos Brejos Nordestinos. *In*: PORTO, Kátia C.; CABRAL, Jaime J. P.; TABARELLI, Marcelo (Orgs.). **Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba: História Natural, Ecologia e Conservação**. Brasília: Kátia C. Porto, Jaime J. P. Cabral e Marcelo Tabarelli, 2004. p. 17–24.

TERBORGH, John *et al.* Structure and Organization of an Amazonian Forest Bird Community. **Ecological Monographs**, v. 60, n. 2, p. 213–238, jun. 1990.

VASCONCELLOS, Alexandre *et al.* Termite assemblages in three habitats under different disturbance regimes in the semi-arid Caatinga of NE Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 74, n. 2, p. 298–302, fev. 2010.

VASCONCELLOS, Alexandre. **Cupins: mocinhos ou vilões. Conhecendo os artrópodes do semiárido** São Paulo Métis, , 2016.

VERGOPOLAN, Noemi; FISHER, Joshua B. The impact of deforestation on the hydrological cycle in Amazonia as observed from remote sensing. **International Journal of Remote Sensing**, v. 37, n. 22, p. 5412–5430, 16 nov. 2016.

OBJETIVOS

Geral: Estudar a biodiversidade de térmitas de algumas localidades brasileiras, abrangendo aspectos taxonômicos, morfológicos e moleculares na determinação dos grupos.

Específicos:

1. Construir um inventário de espécies de térmitas de quatro ecossistemas do estado do Acre, indicando as espécies construtoras de ninhos e os grupos alimentares que elas pertencem.
2. Registrar novos pontos de ocorrência da espécie-praga e invasora *Cryptotermes havilandi* autor ano em ecossistemas naturais do Nordeste Brasileiro.
3. Comparar geneticamente as espécies *Nasutitermes ephratae* (Holmgren, 1910) e *Nasutitermes coxipoensis* (Holmgren, 1910).

CAPÍTULO 1

TÉRMITAS DA FLORESTA AMAZÔNICA: UMA LISTA DE ESPÉCIES DO ESTADO DO ACRE, BRASIL

Uma versão deste capítulo foi publicada no periódico *Biota Neotropica*: “FERREIRA, R. R.; LUCENA, E. F. KOROIVA, R.; AZEVEDO, R. A.; HAUGAASEN, T.; PERES, C. A.; HAWES, J. E.; VASCONCELLOS, A. Amazonian forest termites: a species checklist from the State of Acre, Brazil. **Biota Neotropica** (Online. Edição Em Inglês), v. 23, p. e20231551, 2023. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2023-1551>”

1. INTRODUÇÃO

Os térmitas são insetos eussociais abundantes que atuam como decompositores e engenheiros ecossistêmicos em regiões tropicais e subtropicais do mundo (Bignell; Roisin; Lo, 2011). Sua presença altera o ambiente devido ao seu comportamento de busca por alimento e construção de ninhos, tornando os nutrientes retidos na matéria orgânica vegetal mais prontamente disponíveis para o solo e criando novos microhábitats para uma ampla variedade de organismos de diferentes categorias tróficas (Bignell; Eggleton, 2000; Holt; Lepage, 2000). Regiões de baixas latitudes tendem a ter temperaturas mais elevadas e maior precipitação, o que contribui para níveis elevados de diversidade de espécies (Lomolino, 2001). Isso é verdadeiro para o Brasil, um dos países com maior biodiversidade, que possui 348 espécies de térmitas registradas, um valor claramente subestimado (Cancello et al., 2014; Constantino, 2022). Atualmente, são conhecidas 2.970 espécies de térmitas vivas em todo o mundo, das quais 615 são registradas na região Neotropical, sendo superada apenas pelas regiões Oriental e Etíope (Constantino, 2022).

Os estudos de térmitas no Brasil têm aumentado nossa compreensão sobre a diversidade desse grupo e sua distribuição em diferentes biomas (Constantino, 2005; Vasconcellos; Moura, 2014; Feitosa et al., 2021; Vasconcellos et al., 2023). Algumas listas de espécies já foram publicadas para a Amazônia (Emerson, 1925; Bandeira, 1979; Constantino, 1992; Constantino; Cancello, 1992; Issa, 2000; Bahder et al., 2009; Palin et al., 2011; Dambros et al., 2012; Castro et al., 2021a), mas até o momento não há listas publicadas para nenhum dos estados federais do norte do Brasil. A ausência de um inventário de espécies é especialmente prejudicial devido à importância desses dados para o estabelecimento de bases ecológicas e biogeográficas que informem estratégias de conservação mais eficazes (Silveira et al., 2010; Koroiva et al., 2020).

O bioma Amazônia é caracterizado por densas florestas tropicais. Cerca de 60% de sua extensão está no Brasil, mas também se estende para o Peru, Bolívia, Equador, Colômbia, Venezuela, Guiana Francesa, Guiana e Suriname. Muito além de sua reconhecida biodiversidade, o bioma é de grande importância para a ecologia global, regulando ciclos hidrológicos regionais e padrões climáticos (Hutyra et al., 2007; Silva; Rezende, 2022), e armazena até 100 bilhões de toneladas de carbono (Copertino et al., 2019). No entanto, a Bacia Amazônica continua a enfrentar rápido desmatamento e degradação florestal (Vergopolan; Fisher, 2016; INPE, 2021), ameaçando o equilíbrio de todo o ecossistema.

O estado do Acre, localizado na parte mais ocidental da Amazônia brasileira, possui características ambientais particulares que favorecem alta biodiversidade devido à influência da Cordilheira dos Andes (Sombroek, 2000). Apesar de várias áreas protegidas, o Acre tem experimentado taxas especialmente altas de desmatamento nas últimas décadas (INPE, 2021), destacando a necessidade de aprimorar rapidamente nosso conhecimento sobre a região. Um exemplo é o Parque Nacional da Serra do Divisor, que abriga uma das maiores biodiversidades do planeta e está ameaçado por propostas de leis que buscam reduzir seu status de proteção, o que provavelmente levará a um aumento na degradação dentro dos limites do parque (Koga et al., 2022). Para muitas espécies de térmitas, existem apenas alguns registros do Acre, o que sugere uma subestimação da diversidade gama de térmitas e destaca a necessidade de estudos adicionais para entender melhor sua distribuição na área. Melhorar o conhecimento atual desse táxon será útil no desenvolvimento de estratégias de conservação e contribuirá para os planos de manejo de áreas protegidas. Nosso objetivo aqui é, portanto, fornecer uma lista abrangente das espécies ou unidades taxonômicas reconhecíveis de térmitas que ocorrem em quatro importantes áreas protegidas do estado brasileiro do Acre.

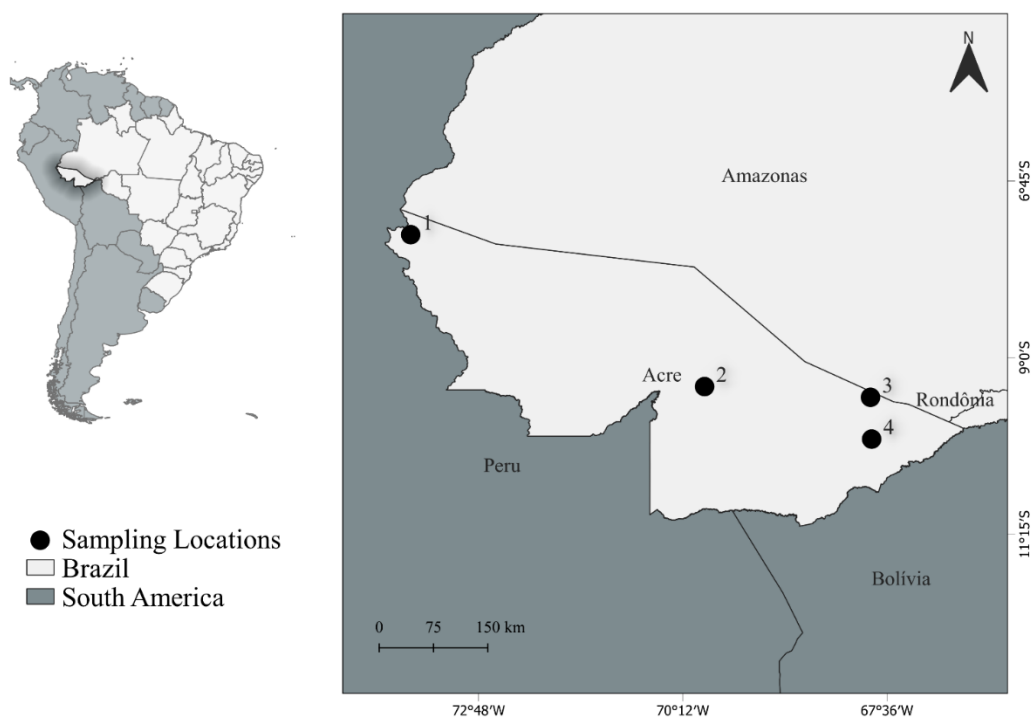
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estado do Acre (Figura 1.1) possui uma área de 164.173,431 km², está localizado inteiramente no bioma Amazônia e faz parte da região norte do Brasil. Faz fronteira com o rio Amazonas ao norte, Rondônia a leste e tem fronteiras internacionais com o Peru a oeste e a Bolívia ao sul. O relevo do Acre é principalmente composto por depressões, exceto por um pequeno planalto a norte, e terras baixas relacionadas à bacia hidrográfica do estado (Cavalcante, 2006). A hidrografia do Acre é composta por extensos rios que fazem parte do

sistema do rio Amazonas, fluindo do sudoeste para o nordeste e formando duas bacias hidrográficas importantes para o estado: a Bacia Acre-Purus e a Bacia Juruá.

Figura 0.1 – Mapa de localização das áreas onde as amostragens de térmitas foram conduzidas no estado do Acre, Brasil. 1, Parque Nacional Serra do Divisor; 2, Parque Estadual de Chandless; 3, Reserva Florestal Humaitá; 4, Parque Ambiental Chico Mendes.



Fonte: autoria própria.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o Acre possui um clima de savana tropical, equatorial e monçônico, com uma temperatura média de 25,1 °C e uma precipitação anual de 2.169 mm. Embora a vegetação do Acre seja predominantemente floresta tropical úmida, apresenta variações que incluem 11 tipologias florestais (IBGE, 2005). O Acre é o segundo maior estado na região legal da Amazônia em termos de cobertura vegetal, com 86% de seu território coberto pela floresta amazônica, ficando atrás apenas do estado do Amazonas, que possui 91% de cobertura (INPE, 2021).

Para este estudo, as amostragens foram realizadas em quatro áreas protegidas em todo o estado do Acre: Parque Nacional da Serra do Divisor (PNSD—8°02'39,0" S 73°33'55,0" W), Parque Estadual Chandless (PEC—9°55'15" S 70°09'45" W), Reserva Florestal Humaitá (RFH—9°45'49" S 67°38'40" W) e Parque Ambiental Chico Mendes (PACM—10°02'14" S 67°47'38" W). As áreas protegidas PNSD e PEC estão sob regimes especiais de proteção que

visam preservar a biodiversidade, os ecossistemas naturais e as características ambientais únicas. Essas áreas são reconhecidas como importantes para a preservação da diversidade biológica e têm uma extensão territorial de 843.012,28 ha e 695.303,00 ha, respectivamente. Em contraste, a RFH (2.000 ha) está localizada em um fragmento de floresta próximo à capital do estado, Rio Branco, e a PACM (57 ha) é um parque urbano situado nos subúrbios de Rio Branco. Esses dois locais têm um status de proteção mais baixo e apresentam claramente diferentes pressões ambientais em comparação com as observadas em PNSD e PEC.

2.2. Amostragem de espécies

Foram realizadas cinco expedições de coleta em maio e dezembro de 2019. Em maio, as coletas foram realizadas em PNSD, PEC, RFH e PACM, e em dezembro, uma coleta adicional foi conduzida no PNSD. O protocolo de rápido de diversidade adaptado por Cancellato et al. (2014) foi aplicado duas vezes no PNSD e uma vez no PEC. A aplicação desse protocolo é importante não apenas porque captura um grande número de espécies e grupos alimentares com um esforço de campo rápido, mas também porque é um método padronizado que permite comparações mais confiáveis entre diferentes localidades, possibilitando o desenvolvimento de estudos ecológicos em escalas mais amplas. Este protocolo consiste em seis transectos espaçados pelo menos 100 metros de distância, divididos em cinco parcelas de 5 x 2 metros espaçadas 10 metros entre si. O esforço de amostragem foi de 1 hora/parcela/pessoa, procurando térmitas em todos os ambientes possíveis dentro da parcela, como no solo, em troncos caídos, na serapilheira, sob pedras e em árvores até cerca de 2 metros de altura. O material coletado foi acondicionado em frascos contendo álcool etílico a 80°GL para triagem posterior em laboratório. Em RFH e PACM, as coletas foram realizadas usando busca ativa por térmitas ao longo do caminho percorrido nessas áreas, sem um protocolo específico. O número reduzido de dias nas expedições RFH e PACM limitou a implementação do protocolo de inventário rápido nesses locais.

A coleta e o transporte de térmitas foram autorizados pelo Sistema de Informação e Autorização em Biodiversidade Brasileira (SISBIO), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Ministério do Meio Ambiente (MMA) (números de autorização do SISBIO 68077-1, 50565-2 e 72337-1). Todos os espécimes coletados neste projeto foram depositados na Coleção de Isoptera do Departamento de Sistemática e Ecologia da Universidade Federal da Paraíba (CIUFPB).

A identificação de espécies e morfoespécies foi baseada no material disponível na literatura científica (Constantino, 1998, 2002; Bourguignon et al., 2016a; Carrijo et al., 2023) e na comparação de espécimes com material previamente identificado depositado na coleção de Isoptera da UFPB. Devido à limitada identificabilidade de espécimes da subfamília sem soldados Apicotermatinae, foi necessário dissecar suas válvulas entéricas (Apêndice A, B e C), que contêm caracteres taxonômicos essenciais para esta subfamília, além da topologia de seus intestinos (Bourguignon et al., 2016b). Isso resulta na perda de espécimes submetidos a esse procedimento, pois parte de seu intestino é destruída. Portanto, nove amostras de térmitas depositadas na Coleção de Isoptera da UFPB não foram incluídas neste *checklist* porque continham cinco ou menos espécimes e, desta maneira, não puderam ser identificadas.

Para completar a lista, foram adicionados dados do Catálogo Taxonômico de Isoptera do Brasil (Constantino, 2022) e dos bancos de dados *Web of Science* (Clarivate Analytics, 2023) e *Google Scholar* (Google Scholar, 2023) usando as palavras-chave "*Termites*" e "*Acre state*". Dos térmitas encontrados na literatura científica para o estado do Acre, apenas aqueles representados a nível de espécie ou morfotipo de gênero que não fizeram parte da amostragem conduzida neste trabalho foram considerados, pois é impossível saber se os morfotipos designados em estudos de terceiros são diferentes dos analisados neste trabalho.

2.3. Grupos Alimentares

Os térmitas foram classificados em grupos alimentares de acordo com as propostas de Plaza (2019) e Donovan et al. (2001). A primeira classificação de grupos alimentares (GA1) faz parte de um dos critérios analisados para a caracterização de guildas de térmitas amazônicos (Plaza, 2019). A caracterização desses grupos alimentares segue critérios adaptados de estudos anteriores (De Souza; Brown, 1994; Eggleton et al., 1995; Vasconcellos et al., 2010; Canello et al., 2014). Embora seja literatura cinzenta, o uso dessa classificação foi apropriado devido à proximidade regional do material estudado, ou seja, térmitas da Amazônia. Cinco categorias são propostas, considerando os hábitos alimentares dos térmitas: (1) W = alimentadores de madeira que se alimentam de madeira e serapilheira, independentemente do estágio de decomposição; (2) L = alimentadores de folhas que cortam material vegetal vivo durante a forrageamento para se alimentar; (3) S = alimentadores de solo que se alimentam de material orgânico em decomposição e solo; (4) W/S = alimentadores de interface madeira/solo que usam madeira em estágio avançado de decomposição, já na fase de incorporação ao solo; e (5) I = térmitas inquilinos obrigatórios que se alimentam de compostos orgânicos das espécies

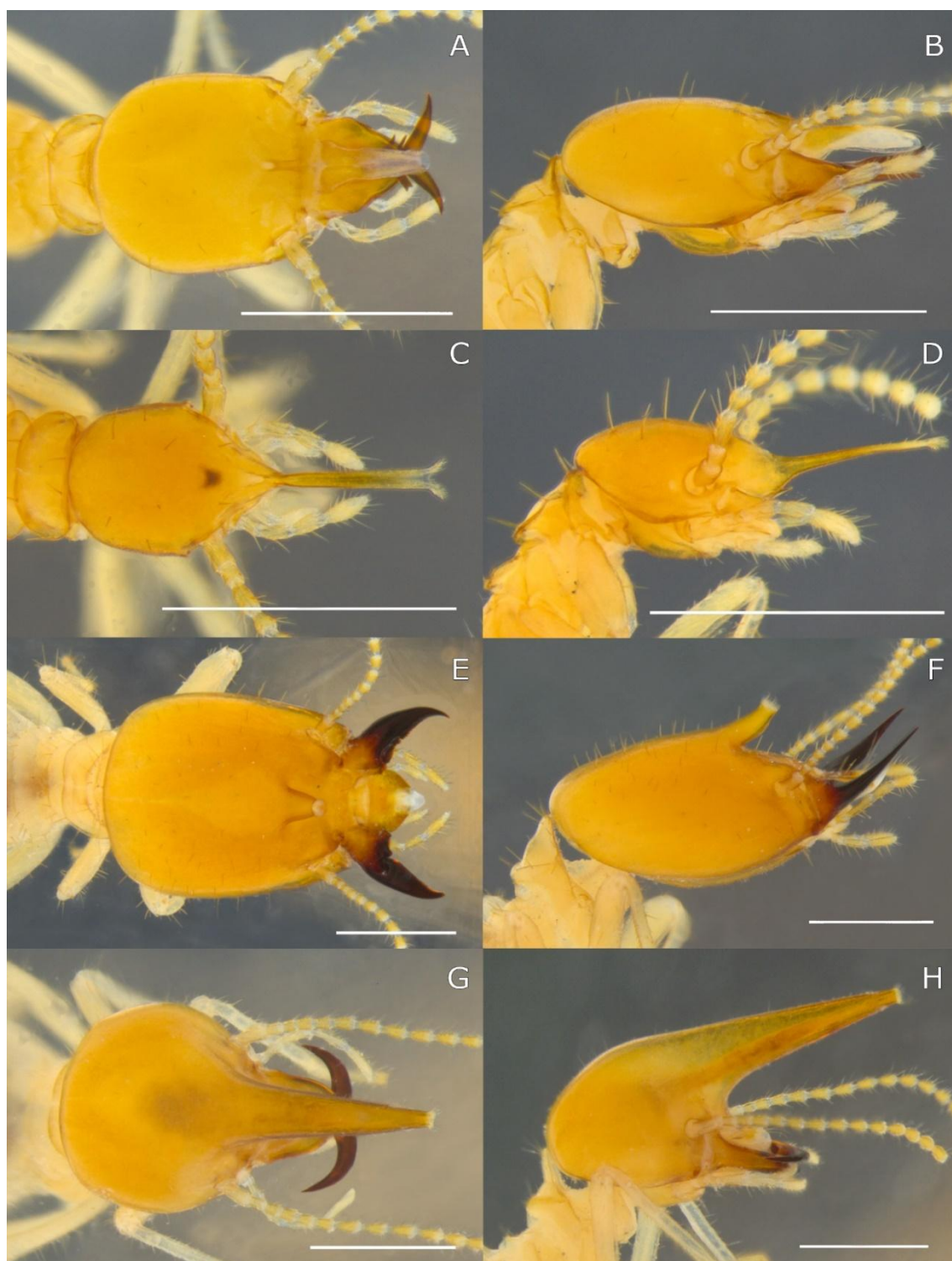
construtoras de ninhos das quais são inquilinos. A segunda classificação de grupos alimentares (GA2) estabelece um gradiente de humificação e divide os térmitas em quatro grupos com base em diferenças no conteúdo estomacal, morfologia e anatomia interna (Donovan; Eggleton; Bignell, 2001).

3. RESULTADOS

Para o estado do Acre, foram registradas um total de 128 espécies e morfoespécies de térmitas, incluindo aquelas deste estudo e de outros estudos previamente publicados. Dentre essas, 89 espécies (69%) puderam ser identificadas ao nível de espécie, enquanto para 39, foi apenas possível identificar morfoespécies (para 17 foi possível identificar até o nível de gênero, para 15 foi possível identificar apenas até o nível de subfamília, e para as sete espécies restantes, houve alguma incerteza, e atribuímos uma palavra qualificativa, como *aff.* e *cf.*, para indicar o grau de incerteza).

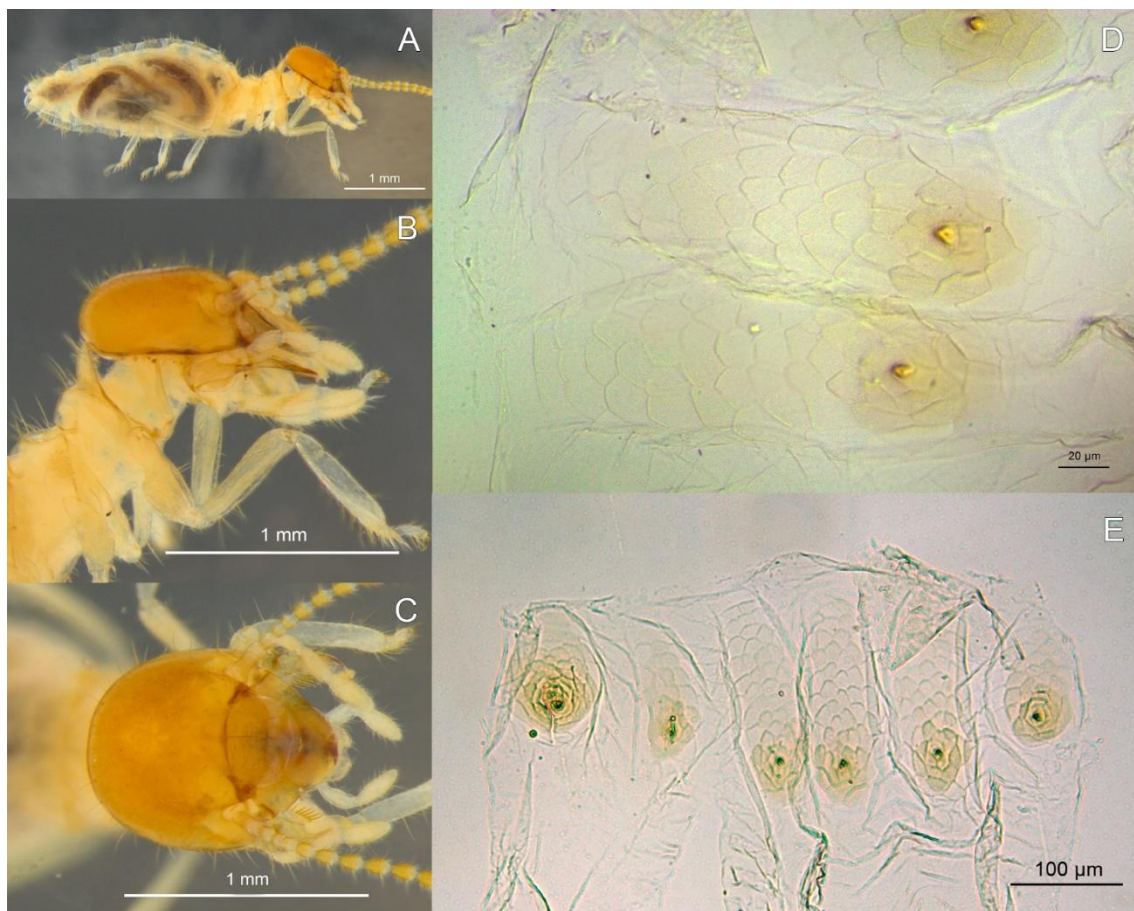
Neste estudo, foram registrados 59 gêneros distribuídos em quatro famílias: Kalotermitidae (quatro gêneros, seis espécies), Rhinotermitidae (quatro gêneros, seis espécies), Serritermitidae (um gênero, uma espécie) e Termitidae (50 gêneros, 115 espécies e morfoespécies). A alta diversidade dentro da família Termitidae pode ser examinada no nível de subfamília, com 15 gêneros e 40 espécies e/ou morfoespécies para Apicotermitinae, 12 gêneros e 31 espécies e/ou morfoespécies para Nasutitermitinae, 12 gêneros e 23 espécies e/ou morfoespécies para Syntermitinae, e 11 gêneros e 21 espécies e/ou morfoespécies para Termitinae. A lista resultante, abrangendo todas as famílias, incluem 112 novos registros de espécies de térmitas para o Acre e seis novos registros de espécies de térmitas para o Brasil (Figuras 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 e 1.6).

Figura 0.2 – Soldados das espécies de térmitas com novo registro de ocorrência para o Brasil. *Dolichorhinotermes tenebrosus* soldado maior (A, B); *Dolichorhinotermes tenebrosus* soldado menor (C, D); *Cornitermes bolivianus* (E, F); *Uncitermes almeriae* (G, H). Barra de escala: 1 mm.



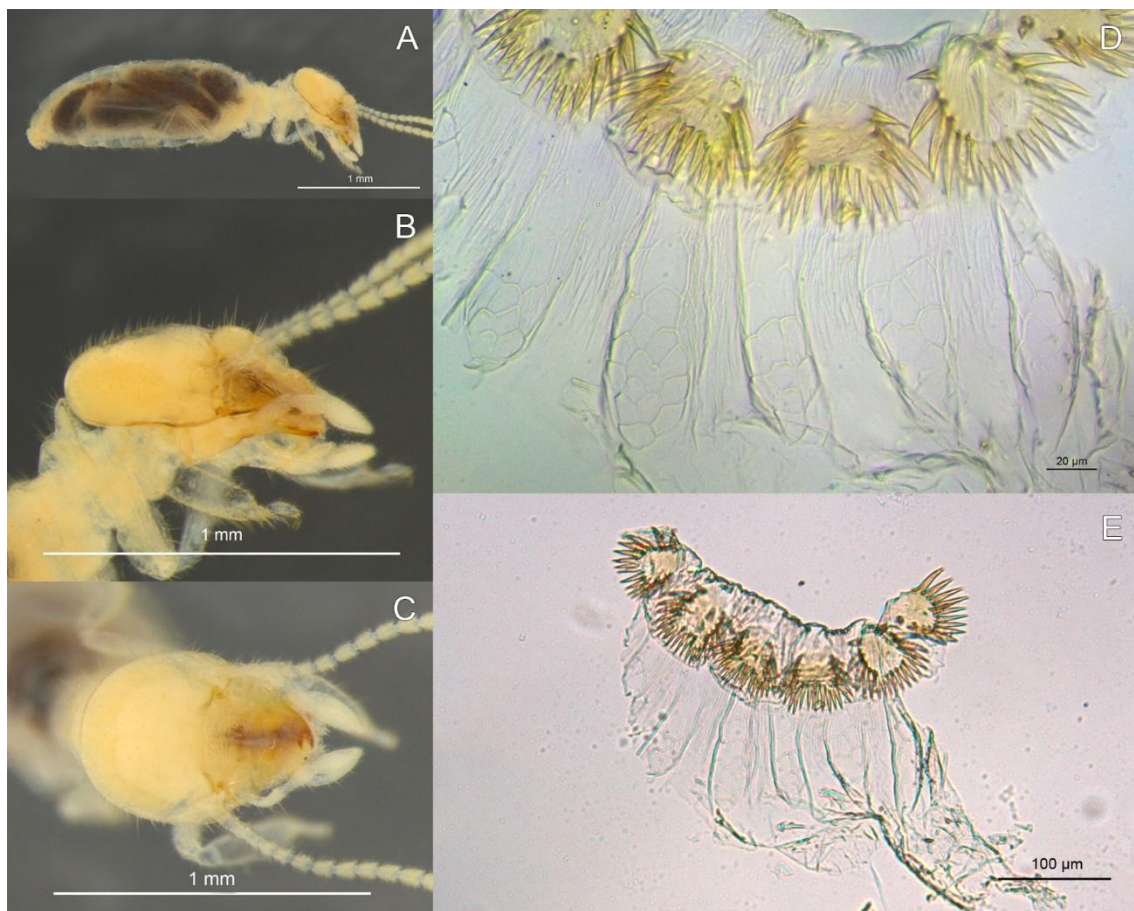
Fonte: autoria própria.

Figura 0.3 – Operário de *Aparatermes thornatus*, novo registro de ocorrência para o Brasil. Vista lateral do corpo inteiro (A); vista de perfil, com vista lateral do tórax e da cabeça (B); vista dorsal da cabeça (C); válvula entérica em detalhe (D); vista completa das almofadas da válvula entérica (E).



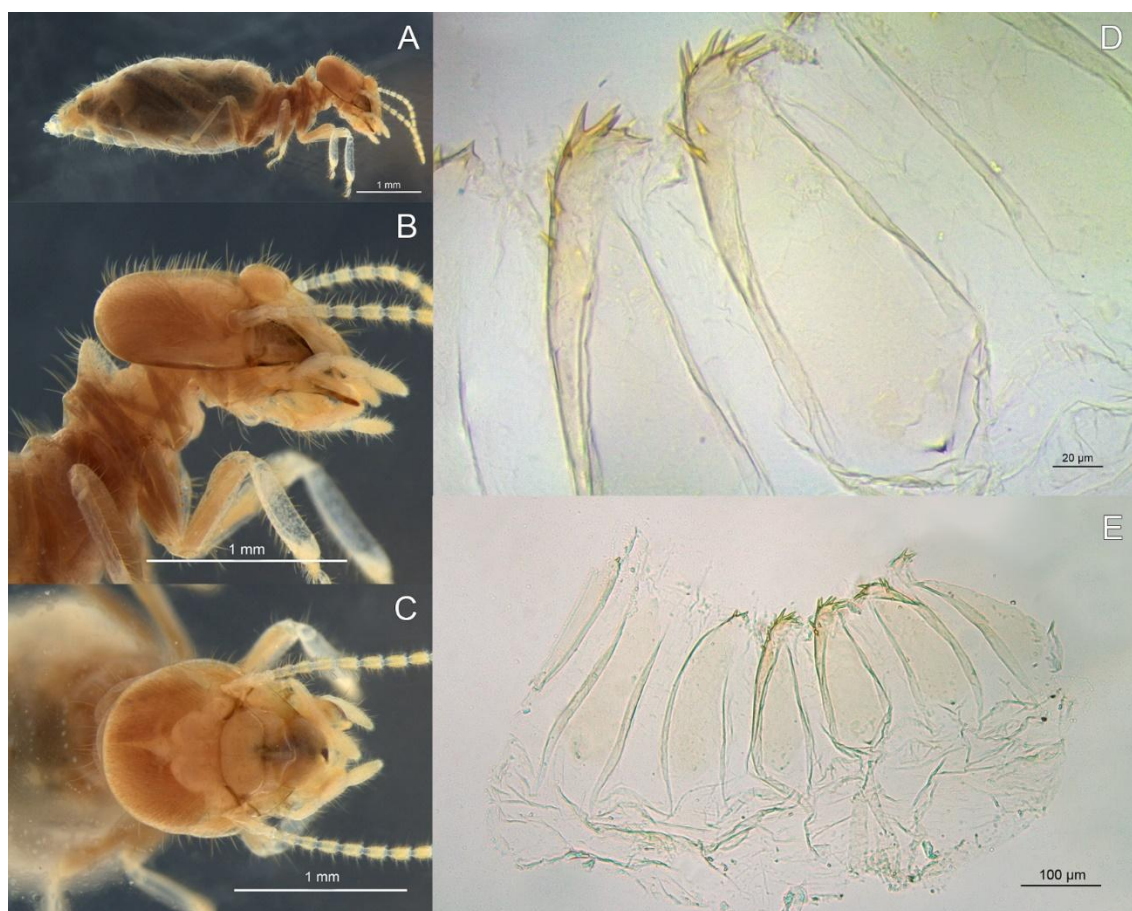
Fonte: autoria própria.

Figura 0.4 – Operário de *Humuterms krishnai*, novo registro de ocorrência para o Brasil. Vista lateral do corpo inteiro (A); vista de perfil, com vista lateral do tórax e da cabeça (B); vista dorsal da cabeça (C); válvula entérica em detalhe (D); vista completa das almofadas da válvula entérica (E).



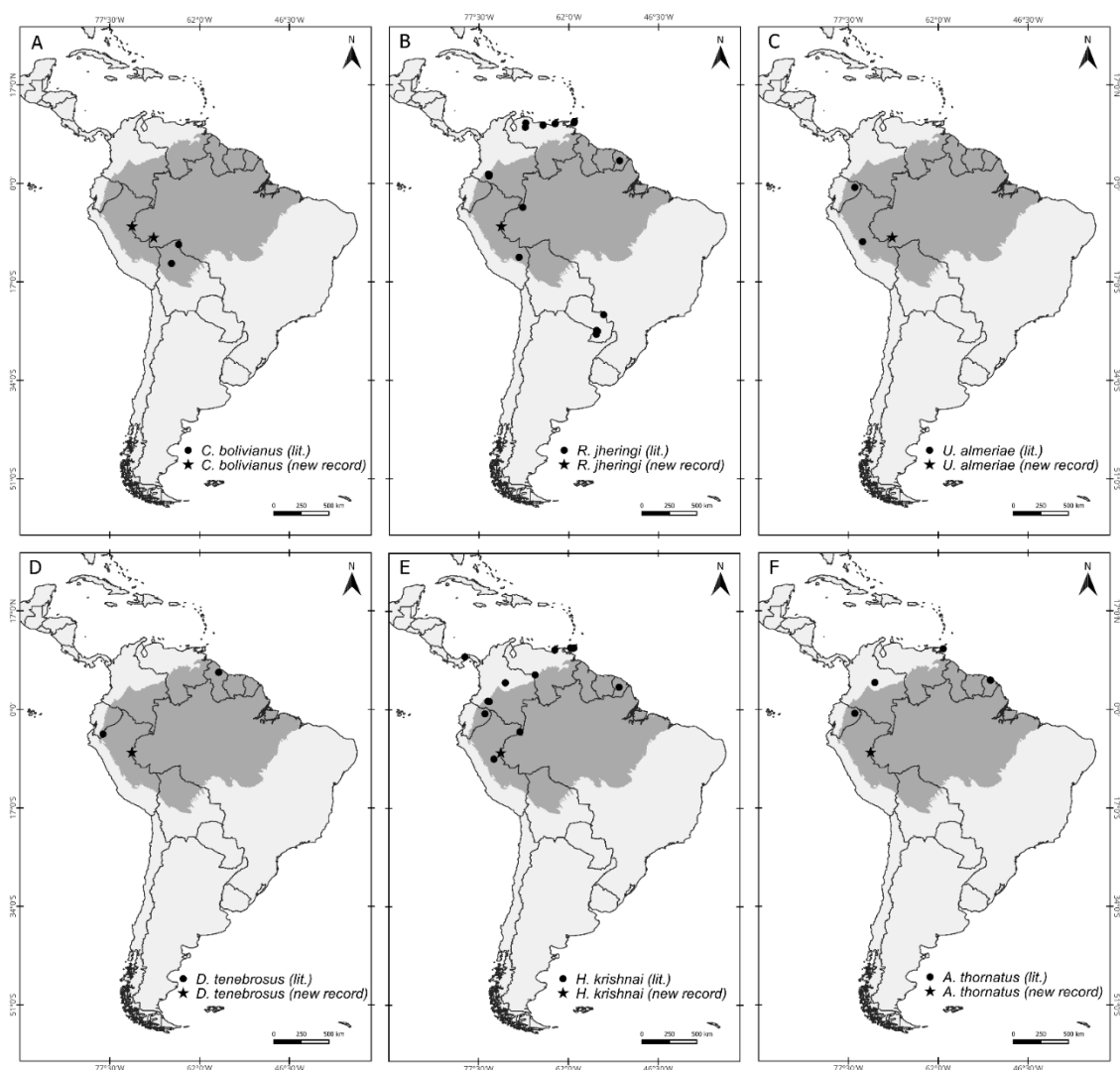
Fonte: autoria própria.

Figura 0.5 – Operário de *Rubeotermes jheringi*, novo registro de ocorrência para o Brasil. Vista lateral do corpo inteiro (A); vista de perfil, com vista lateral do tórax e da cabeça (B); vista dorsal da cabeça (C); válvula entérica em detalhe (D); vista completa das almofadas da válvula entérica (E).



Fonte: autoria própria.

Figura 0.6 – Mapa de localização dos novos registros de ocorrência para o Brasil das espécies *Cornitermes bolivianus* (A), *Rubeotermes jheringi* (B), *Uncitermes almeriae* (C), *Dolichorhinotermes tenebrosus* (D), *Humitermes krishnai* (E), *Aparatermes thornatus* (F). Cinza escuro: Amazônia.



Fonte: autoria própria.

O PNSD foi o local com a maior riqueza de espécies (89), seguido pelo PEC (62), RFH (19) e PACM (4). Dados da literatura registraram apenas 16 espécies para todo o Acre. Dos 128 registros para o Acre, 52 foram coletados apenas no PNSD, 22 apenas no PEC, duas espécies na RFH, duas na PACM e quatro encontradas apenas na literatura. Apenas nove espécies ocorreram em três ou mais localidades. Setenta e quatro espécies (58%) foram exclusivamente amostradas através do protocolo de inventário rápido, enquanto 27 espécies (21%) foram exclusivamente amostradas através de busca ativa. No geral, 23 espécies foram registradas construindo ninhos conspícuos, tanto neste estudo quanto na literatura (Mathews, 1977;

Bandeira; Fontes, 1979; Constantino, 1991, 1992, 1995; Laffont et al., 2004; Fougeyrollas et al., 2017).

Os térmitas que se alimentam de solo (categoria S do GA1) foram predominantes em todo o Acre, representando 42% das espécies encontradas nas amostras deste estudo, seguidos pelos alimentadores de madeira, representados por 34% das espécies. De acordo com a classificação baseada na morfologia do trabalhador por Donovan et al. (2001) (GA2), os grupos alimentares II e III foram os mais representados, com 28% e 46% das espécies encontradas, respectivamente (Tabela 1.1).

Tabela 0.1 – Lista de espécies de térmitas do estado do Acre, Brasil, e classificação dos grupos alimentares. Locais de amostragem: PNSD, Parque Nacional da Serra do Divisor; PEC, Parque Estadual Chandless; RFH, Reserva Florestal Humaitá; PACM, Parque Ambiental Chico Mendes. Registros previamente publicados (Literatura): 1, (Santos et al. 2022); 2, (Constantino 2022); 3, (Thomazini & Thomazini 2002); 4, (Santos 2022). FG, Grupos Alimentares: GA1 (Plaza 2019): L, alimentadores de folhas; S, alimentadores de solo; I, inquilino; W/S, interface madeira/solo; W, alimentadores de madeira. GA2: (Donovan et al. 2001). 'Protocolo rápido de inventário de térmitas (Canello et al. 2014). ★ Novo registro de ocorrência para o Brasil. * Espécies que constroem ninhos conspícuos, conforme registros na literatura. ** Espécies coletadas em ninhos conspícuos encontradas neste estudo.

Família/subfamília/espécie	Locais de amostragem					Grupos alimentares	
	PNSD	PEC	RFH	PACM	Literatura	GA1	GA2
KALOTERMITIDAE							
<i>Calcaritermes rioensis</i> Krishna, 1962		X ¹				W	I
<i>Calcaritermes</i> aff. <i>temnocephalus</i> (Silvestri, 1901)		X	X			W	I
<i>Eucryptotermes hagenii</i> (Müller, 1873)	X ¹					W	I
<i>Glyptotermes</i> sp.	X					W	I
<i>Rugitermes</i> sp.1		X ¹				W	I
<i>Rugitermes</i> sp.2		X ¹				W	I
RHINOTERMITIDAE							
<i>Coptotermes testaceus</i> (Linnaeus, 1758)	X ¹	X ¹	X		1;2	W	I
<i>Dolichorhinotermes longilabius</i> (Emerson, 1924)	X ¹	X ¹	X		2	W	I
<i>Dolichorhinotermes tenebrosus</i> (Emerson, 1925) ★	X ¹					W	I
<i>Heterotermes tenuis</i> (Hagen, 1858)	X ¹	X ¹	X		2;3;4	W	I
<i>Rhinotermes hispidus</i> Emerson, 1925	X				2	W	I
<i>Rhinotermes marginalis</i> (Linnaeus, 1758)	X ¹	X ¹			2	W	I
SERRITERMITIDAE							

<i>Glossotermes sulcatus</i> Cancellato & DeSouza, 2005	X ¹				W	I
TERMITIDAE						
Apicotermitinae						
<i>Anoplotermes banksi</i> Emerson, 1925 **	X ¹				S	III
<i>Anoplotermes meridianus</i> Emerson, 1925	X ¹	X ¹			S	III
<i>Anoplotermes</i> sp.1	X ¹	X ¹	X		S	III
<i>Anoplotermes</i> sp.2	X ¹				S	III
<i>Anoplotermes</i> aff. <i>pacificus</i> Müller, 1873	X ¹				S	III
<i>Anoplotermes susanae</i> Scheffrahn, Carrijo & Castro, 2023	X ¹				S	III
<i>Aparatermes silvestrii</i> (Emerson, 1925)		X		X	W/S	III
<i>Aparatermes thornatus</i> Pinzon & Scheffrahn, 2019 ★	X ¹				W/S	III
Apicotermitinae sp.1	X ¹				S	III
Apicotermitinae sp.2	X ¹	X ¹			S	III
Apicotermitinae sp.3	X ¹	X ¹			S	III
Apicotermitinae sp.4	X ¹	X ¹	X		S	III
Apicotermitinae sp.5		X ¹			S	III
Apicotermitinae sp.6	X ¹				S	III
Apicotermitinae sp.7	X ¹				S	III
Apicotermitinae sp.8	X ¹				S	III
Apicotermitinae sp.9	X ¹				S	III
Apicotermitinae sp.10		X ¹			S	III

Apicotermitinae sp.11	X ¹			S	III	
Apicotermitinae sp.12		X		S	III	
Apicotermitinae sp.13	X ¹	X ¹	X	S	III	
Apicotermitinae sp.14		X ¹		S	III	
Apicotermitinae sp.15		X ¹	X	S	III	
<i>Compositermes vindai</i> Scheffrahn, 2013	X ¹			2	S	IV
<i>Disjunctitermes</i> sp.1	X ¹				S	IV
<i>Disjunctitermes insularis</i> Scheffrahn, 2017	X				S	III
<i>Grigiotermes hageni</i> (Snyder & Emerson, 1949)				2	S	IV
<i>Hirsutitermes kanzakii</i> Scheffrahn, Carrijo & Castro, 2023	X				S	III
<i>Humutermes krishnai</i> Bourguignon & Roisin, 2016 ★	X ¹				S	IV
<i>Hydrecoptermes kawaii</i> Bourguignon & Roisin, 2016	X ¹				S	III
<i>Krecekitermes daironi</i> Scheffrahn, Carrijo & Castro, 2023	X ¹				S	III
<i>Longustitermes manni</i> (Snyder, 1922)	X ¹				S	IV
<i>Mangolditermes curveileum</i> Scheffrahn, Carrijo & Castro, 2023	X ¹	X ¹			S	III
<i>Patawatermes nigripunctatus</i> (Emerson, 1925)	X	X			S	IV
<i>Patawatermes turricola</i> (Silvestri, 1901)	X ¹				S	IV
<i>Rubeotermes jheringi</i> (Holmgren, 1906) ★	X ¹				S	IV
<i>Ruptitermes franciscoi</i> (Snyder, 1959)	X ¹				L	III
<i>Ruptitermes piliceps</i> Acioli & Constantino, 2015	X ¹	X ¹			L	III
<i>Ruptitermes</i> sp.	X ¹				L	III

<i>Rustitermes boteroi</i> Constantini, Castro & Scheffrahn, 2020	X ¹		X		W/S	III
Nasutitermitinae						
<i>Agnathotermes</i> aff. <i>crassinasus</i> Constantino, 1990				X	S	IV
<i>Agnathotermes glaber</i> (Snyder, 1926)	X ¹				S	IV
<i>Atlantitermes oculatissimus</i> (Emerson, 1925)	X ¹				W/S	IV
<i>Atlantitermes osborni</i> (Emerson, 1925)			X ¹		W/S	IV
<i>Atlantitermes</i> sp.	X ¹				W/S	IV
<i>Coatitermes clevelandi</i> (Snyder, 1926)	X ¹	X			W/S	III
<i>Coatitermes kartaboensis</i> (Emerson, 1925)	X	X ¹			W/S	III
<i>Constrictotermes cavifrons</i> (Holmgren, 1910) **	X				W	II
<i>Convexitermes convexifrons</i> (Holmgren, 1906)	X	X ¹			W/S	III
<i>Diversitermes diversimiles</i> (Silvestri, 1901)			X		W	II
<i>Hyleotermes brevipilus</i> (Emerson, 1925)	X ¹				W	II
<i>Nasutitermes acangussu</i> Bandeira & Fontes, 1979 *	X	X ¹		2	W	II
<i>Nasutitermes banksi</i> Emerson, 1925	X ¹				W	II
<i>Nasutitermes callimorphus</i> Mathews, 1977		X ¹	X		W	II
<i>Nasutitermes</i> cf. <i>bivalens</i> (Holmgren, 1910)	X	X ¹	X		W	II
<i>Nasutitermes</i> cf. <i>bolivari</i> (Snyder, 1959)		X ¹			W	II
<i>Nasutitermes chaquimayensis</i> (Holmgren, 1906)	X ¹				W	II
<i>Nasutitermes corniger</i> (Motschulsky, 1855) *		X ¹	X	1;2	W	II
<i>Nasutitermes ephratae</i> (Holmgren, 1910) **		X ¹			W	II

<i>Nasutitermes guayanae</i> (Holmgren, 1910)	X ¹	X ¹			W	II
<i>Nasutitermes longirostratus</i> (Holmgren, 1906)		X ¹	X		W	II
<i>Nasutitermes rotundatus</i> (Holmgren, 1906)		X ¹	X		W	II
<i>Nasutitermes</i> sp.	X ¹				W	II
<i>Nasutitermes surinamensis</i> (Holmgren, 1910) *	X ¹	X ¹			W	II
<i>Nasutitermes wheeleri</i> Emerson, 1925 *		X			W	II
<i>Rotunditermes bragantinus</i> (Roonwal & Rathore, 1976) *	X				W	II
<i>Subulitermes</i> sp.			X		S	III
<i>Triangularitermes triangulariceps</i> Mathews, 1977	X ¹				S	III
<i>Velocitermes</i> sp.1	X ¹	X ¹			L	II
<i>Velocitermes</i> sp.2	X ¹	X ¹			L	II
<i>Velocitermes</i> sp.3			X		L	II
Syntermitinae						
<i>Armitermes</i> sp.				1	S	III
<i>Cornitermes bequaerti</i> Emerson, 1952 **	X			2	L	II
<i>Cornitermes pugnax</i> Emerson, 1925*	X	X ¹	X		L	II
<i>Cornitermes bolivianus</i> Snyder, 1926 ★	X ¹	X ¹			L	II
<i>Cornitermes pilosus</i> Holmgren, 1906		X			L	II
<i>Curvitermes odontognathus</i> (Silvestri, 1901)				X	S	III
<i>Cyrilliotermes angulariceps</i> (Mathews, 1977)	X ¹				S	III
<i>Embiraetermes neotenicus</i> (Holmgren, 1906) **	X ¹	X			W/S	III

<i>Embiratermes</i> sp.	X ¹			S	III
<i>Labiotermes labralis</i> (Holmgren, 1906) *		X		S	IV
<i>Mapinguaritermes peruanus</i> (Holmgren, 1906)	X ¹			W/S	III
<i>Rhynchotermes amazonensis</i> Constantini & Canello, 2016	X ¹			L	II
<i>Silvestritermes heyeri</i> (Wasmann, 1915) *	X ¹	X		W/S	III
<i>Silvestritermes minutus</i> (Emerson, 1925) *	X ¹			W/S	III
<i>Syntermes aculeosus</i> Emerson, 1945 *	X ¹			L	II
<i>Syntermes brevimalatus</i> Emerson, 1945	X ¹			L	II
<i>Syntermes chaquimayensis</i> (Holmgren, 1906) *			2	L	II
<i>Syntermes molestus</i> (Burmeister, 1839)	X ¹	X ¹		L	II
<i>Syntermes spinosus</i> (Latreille, 1804) *		X		L	II
<i>Syntermes</i> cf. <i>terratus</i> Emerson, 1924	X ¹			L	II
<i>Uncitermes almeriae</i> Carrijo, 2016 ★		X		W/S	III
<i>Uncitermes teevani</i> (Emerson, 1925)	X	X		W/S	III
<i>Vaninitermes ignotus</i> (Constantino, 1991)	X ¹			S	III
Termitinae					
<i>Cavitermes tuberosus</i> (Emerson, 1925)		X	X	S	III
<i>Cornicapritermes mucronatus</i> Emerson, 1950	X ¹			S	III
<i>Crepititermes verruculosus</i> (Emerson, 1925)	X ¹			S	III
<i>Cylindrotermes flangiatus</i> Mathews, 1977	X ¹			W	II
<i>Cylindrotermes parvignathus</i> Emerson, 1949	X ¹			W	II

<i>Inquilinitermes</i> sp.					1	I	III
<i>Microcerotermes arboreus</i> Emerson, 1925 *		X ¹				W	II
<i>Microcerotermes strunckii</i> (Sörensen, 1884) *	X ¹	X ¹	X		1	W	II
<i>Neocapritermes guyana</i> Krishna & Araujo, 1968	X ¹					W	III
<i>Neocapritermes pumilis</i> Constantino, 1991	X ¹				2	W	III
<i>Neocapritermes talpa</i> (Holmgren, 1906)		X ¹	X		2	W	III
<i>Neocapritermes talpoides</i> Krishna & Araujo, 1968	X ¹					W	III
<i>Neocapritermes utiariti</i> Krishna & Araujo, 1968		X				W	III
<i>Orthognathotermes</i> sp.1		X				S	IV
<i>Orthognathotermes</i> sp.2		X				S	IV
<i>Planicapritermes planiceps</i> (Emerson, 1925)	X ¹					W	III
<i>Spinitermes trispinosus</i> (Hagen, 1858)	X ¹					S	III
<i>Termes ayri</i> Bandeira & Cancellato, 1992	X ¹	X				S	III
<i>Termes fatalis</i> Linnaeus, 1758		X				S	III
<i>Termes hispaniolae</i> (Banks, 1918) *		X ¹				S	III
<i>Termes medioculatus</i> Emerson, 1949 **	X ¹	X ¹				S	III
Riqueza de espécies	89	62	19	4	16		

Fonte: autoria própria.

4. DISCUSSÃO

Considerando os dados apresentados neste estudo, juntamente com as espécies e morfoespécies já publicadas (Thomazini; Thomazini, 2002; Constantino, 2022; Santos, 2022; Santos; Godoy; Costa, 2022), há um total de 128 espécies registradas para o estado brasileiro do Acre, representando um aumento de 112 novas espécies agora conhecidas no Acre. Seis espécies são novos registros para o Brasil, revelando que, embora muito já seja conhecido sobre a biodiversidade brasileira, uma amostragem aprimorada, mesmo em alguns locais, pode contribuir com novos registros para o Brasil, além de novos táxons para a ciência.

A proximidade geográfica do estado do Acre com outros países da América do Sul, como Peru e Bolívia, significa que espécies já conhecidas nesses países também podem ocorrer no território brasileiro, dado as condições climáticas semelhantes e a curta distância entre esses países, favorecendo sua dispersão (Tatem; Hay, 2007; Seebens; Gastner; Blasius, 2013; Seebens et al., 2015). Um exemplo disso é a espécie *Uncitermes almeriae* Carrijo, 2016 (Figura 1.6), que foi registrada aqui no Brasil pela primeira vez, mas que já havia sido detectada anteriormente no Peru e no Equador em 2016 (Carrijo; Constantini; Scheffrahn, 2016). Inventários faunísticos, como este, podem reduzir lacunas na amostragem (*shortfall* Wallaceano), melhorando as informações sobre a distribuição geográfica de táxons. Eles também podem fornecer importantes contribuições taxonômicas, especialmente considerando que, no caso de térmitas, a identificação precisa e correta de alguns táxons pode ser complicada, e grupos específicos têm muitas espécies ainda não descritas (*shortfall* Lineano) (Hortal et al., 2015).

Embora não seja um grupo de insetos megadiverso, a taxonomia de térmitas é relativamente difícil. Considerando os novos registros encontrados aqui para o estado do Acre, 32 morfoespécies são identificadas nos níveis de gênero (17) e subfamília (15). A subfamília Apicotermatinae tem o maior número de registros morfotipados (18), incluindo todas as morfoespécies a nível de subfamília. Em muitas listas de espécies de térmitas publicadas, a subfamília Apicotermatinae aparece com notáveis imprecisões taxonômicas (Bandeira; Vasconcellos, 2002; Bandeira et al., 2003; Vasconcellos, 2010; Araújo; Silva; Vasconcellos, 2015; Couto et al., 2015; Silva; Vasconcellos; Moura, 2019). Esse problema é em grande parte devido à ausência da casta de soldados em espécies neotropicais da subfamília Apicotermatinae, uma vez que essa casta compreende os principais caracteres morfológicos importantes para a taxonomia de térmitas (Carrijo et al., 2023). A identificação nesta subfamília também é difícil devido às diferenças entre operários da mesma espécie, o que pode indicar variações

intrapopulacionais (Bourguignon et al., 2016b). Como resultado, análises comparativas no nível de espécies nem sempre são possíveis, tornando mais difícil realizar estudos ecológicos para diferentes conjuntos utilizando dados da literatura (Dambros et al., 2017; Cerezer et al., 2020).

O padrão de riqueza de espécies para os locais amostrados neste estudo segue aproximadamente os encontrados em outros estudos realizados em florestas úmidas (Roisin et al., 2006; Jones; Eggleton, 2011), onde Termitidae possui a maior riqueza de espécies, sendo Apicotermatinae a subfamília mais rica em espécies dentro dessa família. Em relação aos grupos alimentares, também é observado um padrão semelhante aos dados da literatura, onde a maioria das espécies de térmitas se alimenta de solo (42%) e madeira (34%) (Davies et al., 2003; Ernesto et al., 2014; Silva; Vasconcellos; Moura, 2019; Castro et al., 2021b).

A maior riqueza de espécies de comedores de solo está possivelmente relacionada ao tipo de solo e ao uso de protocolos de amostragem que dedicam tempo por área, favorecendo a amostragem do solo em busca de colônias de térmitas. Em geral, solos arenosos oferecem pouca estabilidade para a construção de túneis e ninhos subterrâneos por térmitas, desfavorecendo os comedores de solo, que aparentemente preferem solos mais argilosos (Lee; Wood, 1971; Vasconcellos et al., 2005). Vários outros estudos realizados na Amazônia também encontraram uma maior proporção de espécies comedores de solo (Davies, 2002; Bourguignon; Leponce; Roisin, 2011). Os térmitas que se alimentam de solo tendem a ser mais abundantes e mais uniformemente distribuídos em áreas com florestas mais densas, porque as condições ambientais favorecem o desenvolvimento de solos mais ricos em húmus (Davies; Parr; Eggleton, 2021). Em outros ecossistemas no Brasil, há registros de maior riqueza de espécies comedores de madeira, como na Caatinga e em algumas localidades na Mata Atlântica (Vasconcellos, 2010; Souza; Alves; Vasconcellos, 2012; Canello et al., 2014).

Quanto à presença de ninhos conspicuamente construídos, a maioria das espécies construtoras de ninhos está amplamente distribuída pela Floresta Amazônica (Constantino, 1992; Dambros et al., 2012; Palin et al., 2011; Castro et al., 2021b). Os ninhos de térmitas, tanto ativos quanto abandonados, fazem parte da estrutura do ecossistema tropical e podem servir como abrigo e locais para predação e reprodução para várias espécies de diferentes grupos funcionais, incluindo outros insetos, aracnídeos, anfíbios, répteis e aves (Cunha; Brandão, 2001; Vasconcellos; Moura; Ernesto, 2015). Além disso, o tipo (epígeo, arbóreo, etc.) e a densidade de ninhos, além da composição da comunidade de térmitas construtores, podem fornecer informações relevantes sobre os níveis de perturbação antropogênica em escalas locais e regionais (Vasconcellos et al., 2008).

Este estudo fornece uma contribuição essencial para o nosso conhecimento da biodiversidade no Acre e no Brasil, mesmo que apenas quatro áreas tenham sido amostradas, e apenas duas delas usando o protocolo rápido de diversidade de térmitas. Assim, no caso da Amazônia, que abriga a maior diversidade de espécies na Terra (Flores et al., 2010), o número de espécies apresentado aqui certamente é menor do que a diversidade real. A Amazônia abriga cerca de 70% de todas as espécies de térmitas conhecidas no Brasil (Constantino, 2022), no entanto, muitas espécies ainda são desconhecidas na Amazônia. Além do Parque Nacional da Serra do Divisor, existem outras dez áreas protegidas federais no Acre, além de parques estaduais como o Parque Estadual Chandless e outras áreas protegidas menores, como a Reserva Florestal Humaitá e o Parque Ambiental Chico Mendes, que foram amostrados neste estudo. A realização e expansão de expedições além dessas áreas são essenciais para a melhoria do nosso conhecimento da diversidade de térmitas no Acre e no Brasil.

A necessidade urgente desses estudos é exemplificada pelo caso do Parque Nacional da Serra do Divisor, considerado uma das áreas mais diversas do mundo (Koga et al., 2022), mas agora ameaçado pelo desenvolvimento de uma rodovia para conectar os municípios de Cruzeiro do Sul, no Acre, e Pucallpa, no Peru, que cruzaria o parque, causando impactos ambientais irreparáveis (Koga et al., 2022). Inventários de espécies limitados foram realizados aqui para alguns grupos, como morcegos (Nogueira; Pol; Peracchi, 1999), mas a biodiversidade para o Parque Nacional da Serra do Divisor ainda é notavelmente subamostrada em comparação com outras áreas do Acre que foram mais bem cobertas por levantamentos de táxons, incluindo formigas (Miranda et al., 2012), serpentes (Silva; De Souza; Bernarde, 2010; Bernarde; Machado; Turci, 2011), borboletas (Mielke; Carneiro; Casagrande, 2010), mamíferos (Botelho et al., 2012), escorpiões (Lira et al., 2021) e libélulas (Miranda Filho et al., 2022). Novos inventários contribuem não apenas para o conhecimento da biodiversidade da área, mas também influenciam políticas de conservação para áreas protegidas.

O Parque Nacional da Serra do Divisor possui uma alta taxa de endemismo (Souza et al., 2003; Almeida; Rocha; Bernarde, 2022). Um dos principais fatores que tornam esta área especial é a influência exercida pela Cordilheira dos Andes. Atualmente, por meio de modelagem paleoclimática e análises moleculares, sabe-se que modificações geomorfológicas e filogenéticas na Amazônia ocorreram em paralelo (Hoorn et al., 2010). O levantamento dos Andes criou uma barreira orográfica, alterando a influência da umidade do Oceano Pacífico sobre a Amazônia (Poulsen; Ehlers; Insel, 2010), e mudanças na topografia afetaram a direção do fluxo dos rios na bacia amazônica (Costa et al., 1996; Figueiredo et al., 2009). Todas essas

dinâmicas também influenciaram a composição do solo na região, sendo o solo na porção oeste muito mais rico do que na porção leste (Quesada et al., 2010).

Dentre as nove Unidades de Conservação estaduais existentes no Acre, o Parque Chandless apresenta a maior biodiversidade conhecida, com 1.392 espécies incluindo insetos, répteis, anfíbios, aves, mamíferos e plantas, e esse valor é obviamente subestimado (Lacerda; Deus; Boufleuer, 2022). Este estudo contribui para o conhecimento da biodiversidade do parque, adicionando à sua preservação como Unidade de Conservação, que fornece importantes serviços socioambientais, como proteção de flora e fauna, uma área para pesquisa científica, significativa para o desenvolvimento de atividades de educação ambiental, ecoturismo, proteção e manutenção de fontes de água, e promoção de saúde e bem-estar para aqueles que interagem com a paisagem natural (Lacerda; Deus; Boufleuer, 2022).

As áreas RFH e PACM, apesar de serem menores, abrangem uma diversidade importante de grupos animais e vegetais, já tendo sido objeto de diversos estudos (Pinheiro; Ferreira; Santos, 2015; Venâncio; Souza, 2016; Lima et al., 2021). No entanto, os térmitas ainda não haviam sido amostrados nessas áreas, dada a importância deste trabalho para o conhecimento da biodiversidade nesses fragmentos florestais. Por serem menores e relativamente mais próximas de centros urbanos, essas áreas protegidas são excelentes espaços para o desenvolvimento de atividades de educação ambiental, especialmente com crianças, pois estão próximas às escolas, tornando os fragmentos recursos didáticos acessíveis para a produção de conhecimento ambiental local (Cerati; Lazarini, 2009). Além disso, fragmentos florestais urbanos, como o PACM, promovem a sociabilidade ao fornecer ambientes que estimulam o exercício físico, reduzem o estresse e o déficit de atenção em adolescentes e crianças, contribuindo para a melhoria do bem-estar da população ao melhorar a qualidade ambiental da cidade, regular a temperatura e umidade do ar, proteger corpos d'água, reduzir a poluição, entre muitos outros benefícios (Rosso et al., 2021).

Inventários de espécies são importantes e têm impacto em várias áreas do conhecimento além da taxonomia, sendo fundamentais para compor análises ecológicas (Wijas; Lim; Cornwell, 2022), por exemplo. Neste estudo, há um aumento de 128 espécies para um estado brasileiro, além de seis novos registros para o país. Por abrigar a maior biodiversidade do planeta (Vieira; Silva; Toledo, 2005), é crucial conhecer quais espécies existem na Amazônia, para que novas e raras espécies possam ser identificadas, auxiliando na conservação de ecossistemas inteiros (Ngiam; Cheong, 2016). Inventários de espécies podem ajudar a compreender o grau de ameaça que as espécies enfrentam e, como consequência, orientar

esforços de conservação e alocar recursos de maneira mais eficaz para proteger a biodiversidade, já que muitas espécies podem estar em risco de extinção, mas ainda não identificadas como ameaçadas ou em perigo (Costello; May; Stork, 2013). Além disso, o conhecimento da diversidade da Amazônia pode revelar a presença de espécies bioindicadoras (Rodríguez; Pearson; Barrera, 1998), contribuindo para o monitoramento de mudanças ambientais, como perda de habitat, mudanças climáticas, bem como outros fatores que afetam a biodiversidade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, Marllus Rafael Negreiros; ROCHA, Vlamir Jose; BERNARDE, Paulo Sérgio. Notas sobre a ocorrência de pequenos mamíferos pouco conhecidos no Parque Nacional da Serra do Divisor, estado do Acre, Brasil. **Notas sobre Mamíferos Sudamericanos**, v. 4, n. 1, p. 1–8, out. 2022.
- ARAÚJO, V. F. P.; SILVA, M. P.; VASCONCELLOS, A. Soil-sampled termites in two contrasting ecosystems within the semiarid domain in northeastern Brazil: abundance, biomass, and seasonal influences. **Sociobiology**, v. 62, n. 1, p. 70–75, 2015.
- BAHDER, Brian W. *et al.* Termites (Isoptera: Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Termitidae) of Ecuador. **Annales de la Société entomologique de France (N.S.)**, v. 45, n. 4, p. 529–536, jan. 2009.
- BANDEIRA, Adelmar Gomes. Notas sobre a fauna de cupins (Insecta: Isoptera) do Parque Nacional da Amazônia (Tapajós), Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, n. 96, p. 1–12, 18 abr. 1979.
- BANDEIRA, Adelmar Gomes *et al.* Effects of habitat disturbance on the termite fauna in a highland humid forest in the Caatinga Domain, Brazil. **Sociobiology**, v. 42, n. 1, p. 117–127, 2003.
- BANDEIRA, Adelmar Gomes; FONTES, Luiz Roberto. *Nasutitermes acangussu*, a new species of termite from Brazil (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 23, n. 3, p. 119–122, 31 out. 1979.
- BANDEIRA, Adelmar Gomes; VASCONCELLOS, Alexandre. A quantitative survey of termites in a gradient of disturbed highland forest in Northeastern Brazil (Isoptera). **Sociobiology**, v. 39, n. 3, p. 429–439, 2002.
- BERNARDE, Paulo Sérgio; MACHADO, Reginaldo Assêncio; TURCI, Luiz Carlos Batista. Herpetofauna da área do Igarapé Esperança na Reserva Extrativista Riozinho da Liberdade, Acre-Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 3, p. 117–144, 2011.
- BIGNELL, David E.; EGGLETON, Paul. Termites in ecosystems. *In*: ABE, Takuya; BIGNELL, David E.; HIGASHI, Masahiko (Orgs.). **Termites: Evolution, Sociality, Symbiosis, Ecology**. Dordrecht: Springer, 2000. v. 1 p. 363–387.
- BIGNELL, David E.; ROISIN, Yves; LO, Nathan. **Biology of Termites: A Modern Synthesis**. 2. ed. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2011. v. 1
- BOTELHO, André LM *et al.* Large and medium-sized mammals of the Humaitá Forest Reserve, southwestern Amazonia, state of Acre, Brazil. **Check List**, v. 8, n. 6, p. 1190–1196, 1 dez. 2012.
- BOURGUIGNON, T. *et al.* Towards a revision of the Neotropical soldierless termites (Isoptera: Termitidae): redescription of the genus *Grigiotermes* Mathews and description of five new genera. **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 176, n. 1, p. 15–35, 2016a.
- BOURGUIGNON, T. *et al.* The soldierless Apicotermittinae: insights into a poorly known and ecologically dominant tropical taxon. **Insectes Sociaux**, v. 63, n. 1, p. 39–50, fev. 2016b.

- BOURGUIGNON, Thomas; LEPONCE, Maurice; ROISIN, Yves. Beta-diversity of termite assemblages among primary French Guiana rain forests. **Biotropica**, v. 43, n. 4, p. 473–479, 2011.
- CANCELLO, Eliana M. *et al.* Latitudinal variation in termite species richness and abundance along the Brazilian Atlantic Forest hotspot. **Biotropica**, v. 46, n. 4, p. 1–10, 2014.
- CARRIJO, Tiago F. *et al.* Diminishing the taxonomic gap in the neotropical soldierless termites: descriptions of four new genera and a new *Anoplotermes* species (Isoptera, Termitidae, Apicotermatinae). **ZooKeys**, v. 1167, p. 317–352, 22 jun. 2023.
- CARRIJO, Tiago F.; CONSTANTINI, Joice P.; SCHEFFRAHN, Rudolf H. *Uncitermes almeriae*, a new termite species from Amazonia (Isoptera, Termitidae, Syntermitinae). **ZooKeys**, v. 595, p. 1–6, 2016.
- CASTRO, Daniel *et al.* Ant and termite diversity of the Colombian Amazon soils. *In*: **Proceedings of the Global Symposium on Soil Biodiversity 2021**. [S.l.]: FAO, 2021a. p. 273–278.
- CASTRO, Daniel *et al.* Can Rubber Crop Systems Recover Termite Diversity in Previously Degraded Pastures in the Colombian Amazon Region? **Neotropical Entomology**, v. 50, n. 6, p. 899–911, dez. 2021b.
- CAVALCANTE, Luciana Mendes. **Aspectos Geológicos do Estado do Acre e Implicações na Evolução da Paisagem**. 1. ed. Rio Branco: Embrapa Acre, 2006. v. 1
- CERATI, Tania Maria; LAZARINI, Rosmari Aparecida de Moraes. A pesquisa-ação em educação ambiental: uma experiência no entorno de uma unidade de conservação urbana. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 2, p. 383–392, 2009.
- CEREZER, Felipe *et al.* Latitudinal gradient of termite diversity indicates higher diversification and narrower thermal niches in the tropics. **Global Ecology and Biogeography**, v. 29, n. 11, p. 1967–1977, 18 ago. 2020.
- CLARIVATE ANALYTICS. **Web of Science**. Disponível em: <<https://clarivate.com/webofsciencegroup/solutions/web-of-science/>>. Acesso em: 1 mar. 2023.
- CONSTANTINO, R. Abundance and diversity of termites (Insecta: Isoptera) in two sites of primary rain forest in Brazilian Amazonia. **Biotropica**, v. 24, n. 3, p. 420–430, 1992.
- CONSTANTINO, R. Catalog of the living termites of the New World (Insecta: Isoptera). **Arquivos de Zoologia**, v. 35, n. 2, p. 135–230, 1998.
- CONSTANTINO, R. An illustrated key to Neotropical termite genera (Insecta: Isoptera) based primarily on soldiers. **Zootaxa**, v. 67, n. 1, p. 1–40, 2002.
- CONSTANTINO, Reginaldo. Termites (Isoptera) from the lower Japurá River, Amazonas State, Brazil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Zoologia**, v. 7, n. 2, p. 189–224, 1991.

CONSTANTINO, Reginaldo. Revision of the Neotropical Termite Genus *Syntermes* Holmgren (Isoptera: Termitidae). **The University of Kansas Science Bulletin**, v. 55, n. 13, p. 455–518, 10 nov. 1995.

CONSTANTINO, Reginaldo. Padrões de diversidade e endemismo de térmitas no bioma Cerrado. In: SCARIOT, Aldicir; FELFILI, Jeanine M.; SILVA, José Carlos Sousa (Orgs.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 319–333.

CONSTANTINO, Reginaldo. **Termite Database**. Disponível em: <<http://termitologia.net>>. Acesso em: 7 ago. 2023.

CONSTANTINO, Reginaldo; CANCELLO, Eliana M. Cupins (Insecta, Isoptera) da Amazônia Brasileira: distribuição geográfica e esforço de coleta. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 52, n. 3, p. 401–413, 1992.

COPERTINO, Margareth *et al.* Desmatamento, fogo e clima estão intimamente conectados na Amazônia. **Ciência e Cultura**, v. 71, n. 4, p. 4–5, 2019.

COSTA, João Batista Sena *et al.* Neotectônica da região amazônica: aspectos tectônicos, geomorfológicos e deposicionais. **Geonomos**, v. 4, n. 2, p. 23–44, 1 dez. 1996.

COSTELLO, Mark J.; MAY, Robert M.; STORK, Nigel E. Can we name Earth's species before they go extinct? **Science**, v. 339, n. 6118, p. 413–416, 25 jan. 2013.

COUTO, Alane A. V. A. *et al.* Termite assemblages (Blattodea: Isoptera) in a habitat humidity gradient in the semiarid region of northeastern Brazil. **Zoologia**, v. 32, n. 4, p. 281–288, 2015.

CUNHA, Hélida Ferreira; BRANDÃO, Divino. Invertebrates associated with the neotropical termite *Constrictotermes cyphergaster* (Isoptera: Termitidae, Nasutitermitinae). **Sociobiology**, v. 37, n. 3, p. 593–600, 2001.

DAMBROS, Cristian Sales *et al.* Termite species list in a terra firme and ghost forest associated with a hydroelectric plant in Presidente Figueiredo, Amazonas, Brazil. **Check List**, v. 8, n. 4, p. 718–721, 2012.

DAMBROS, Cristian S. *et al.* Isolation by distance, not rivers, control the distribution of termite species in the Amazonian rain forest. **Ecography**, v. 40, n. 10, p. 1242–1250, 2017.

DAVIES, A. B.; PARR, C. L.; EGGLETON, P. A global review of termite sampling methods. **Insectes Sociaux**, v. 68, n. 1, p. 3–14, 1 fev. 2021.

DAVIES, Richard *et al.* Environmental and spatial influences upon species composition of a termite assemblage across Neotropical forest islands. **Journal of Tropical Ecology**, v. 19, n. 5, p. 509–524, 1 set. 2003.

DAVIES, Richard G. Feeding group responses of a Neotropical termite assemblage to rain forest fragmentation. **Oecologia**, v. 133, n. 2, p. 233–242, 2002.

DE SOUZA, Og Francisco Fonseca; BROWN, Valerie K. Effects of habitat fragmentation on Amazonian termite communities. **Journal of Tropical Ecology**, v. 10, n. 2, p. 197–206, maio 1994.

DONOVAN, S. E.; EGGLETON, P.; BIGNELL, D. E. Gut content analysis and a new feeding group classification of termites. **Ecological Entomology**, v. 26, n. 4, p. 356–366, 2001.

EGGLETON, Paul *et al.* The species richness of termites (Isoptera) under differing levels of forest disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, southern Cameroon. **Journal of Tropical Ecology**, v. 11, n. 1, p. 85–98, fev. 1995.

EMERSON, Alfred Edwards. The termites of Kartabo: Bartica District, British Guiana. **Zoologica**, v. 6, n. 4, p. 291–459, 1925.

ERNESTO, Matilde Vasconcelos *et al.* High termite richness in an urban fragment of Atlantic Forest in northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 14, n. 3, p. e20140052, 2014.

FEITOSA, Rodrigo Machado *et al.* Social insects of the Atlantic Forest. In: MARQUES, Márcia C. M.; GRELLER, Carlos E. V. (Orgs.). **The Atlantic Forest**. Cham, Switzerland: Springer, 2021. p. 151–183.

FIGUEIREDO, J. *et al.* Late Miocene onset of the Amazon River and the Amazon deep-sea fan: Evidence from the Foz do Amazonas Basin. **Geology**, v. 37, n. 7, p. 619–622, 1 jul. 2009.

FLORES, Marco *et al.* **WWF's Living Amazon Initiative: A comprehensive approach to conserving the largest rainforest and river system on Earth**. Lima: Grambs Corporación Gráfica, 2010.

FOUGEYROLLAS, R. *et al.* Asexual queen succession mediates an accelerated colony life cycle in the termite *Silvestritermes minutus*. **Molecular Ecology**, v. 26, n. 12, p. 3295–3308, jun. 2017.

GOOGLE SCHOLAR. **About Google Scholar**. Disponível em:
<<https://scholar.google.com/intl/en/scholar/about.html>>. Acesso em: 1 mar. 2023.

HOLT, John A.; LEPAGE, Michel. Termites and Soil Properties. In: ABE, Takuya; BIGNELL, David Edward; HIGASHI, Masahiko (Orgs.). **Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2000. p. 389–407.

HOORN, C. *et al.* Amazonia Through Time: Andean Uplift, Climate Change, Landscape Evolution, and Biodiversity. **Science**, v. 330, n. 6006, p. 927–931, 2010.

HORTAL, Joaquín *et al.* Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 46, n. 1, p. 523–549, 2 dez. 2015.

HUTYRA, Lucy R. *et al.* Seasonal controls on the exchange of carbon and water in an Amazonian rain forest. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, v. 112, n. 3, p. 1–16, 1 set. 2007.

IBGE. **Potencial florestal do Estado do Acre : relatório técnico : resultados preliminares**. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2005.

Disponível em:

<ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/potencial_florestal_ac.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2023.

INPE. **Projeto PRODES: Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/>>. Acesso em: 31 maio. 2023.

ISSA, Solange. A Checklist of the Termites from Venezuela (Isoptera: Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Termitidae). **The Florida Entomologist**, v. 83, n. 3, p. 379, set. 2000.

JONES, David T.; EGGLETON, Paul. Global Biogeography of Termites: A Compilation of Sources. *In: **Biology of Termites: a Modern Synthesis***. Dordrecht, Alemanha: Springer, 2011. p. 477–498.

KOGA, Diogo Mitsuru *et al.* Serra do Divisor National Park: A protected area under threat in the south-western Brazilian Amazon. **Environmental Conservation**, v. 49, n. 2, p. 74–82, 2022.

KOROIVA, Ricardo *et al.* Checklist of dragonflies and damselflies (Insecta: Odonata) of the Amazonas state, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 20, n. 1, p. e20190877, 2020.

LACERDA, Cristina Maria Batista de; DEUS, Carlos Edegard de; BOUFLEUER, Neuza Teresinha. Implementação do zoneamento ecológico-econômico do Acre - Unidades de conservação estaduais: ações para a valorização da sociobiodiversidade. *In: ROMERO, Flora Magdaline Benitez et al. (Orgs.). **Conservação e Biodiversidade Amazônica: potencialidade e incertezas***. Guarujá: Editora Científica Digital, 2022. v. 1 p. 125–138.

LAFFONT, Enrique Rafael *et al.* Termite (Insecta, Isoptera) fauna from natural parks of the northeast region of Argentina. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 6, p. 665–670, dez. 2004.

LEE, KE; WOOD, TG. **Termites and soils**. London: Academic Press., 1971.

LIMA, Marcos Silva de *et al.* Terrestrial gastropods of Reserva Florestal Humaitá, southwestern Brazilian Amazon. **Check List**, v. 17, n. 1, p. 269–281, 2021.

LIRA, André Felipe de Araujo *et al.* Scorpions (Arachnida, Scorpiones) from the state of Acre, southwestern Brazilian Amazon. **Acta Amazonica**, v. 51, n. 1, p. 58–62, 2021.

LOMOLINO, M. V. Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. **Global Ecology and Biogeography**, v. 10, n. 1, p. 3–13, 2001.

MATHEWS, A. G. A. **Studies on termites from the Mato Grosso State, Brazil**. 267p. ed. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1977.

MIELKE, Olaf Hermann Hendrik; CARNEIRO, Eduardo; CASAGRANDE, Mirna Martins. Lepidopterofauna (Papilionoidea e Hesperioidea) do Parque Estadual do Chandless e arredores, Acre, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 285–299, 2010.

MIRANDA FILHO, Jair da Costa *et al.* Checklist of Damselflies and Dragonflies (Odonata) from Acre state, and the first record of *Drepanoneura loutoni* von Ellenrieder & Garrison, 2008 for Brazil. **Biota Neotropica**, v. 22, n. 2, p. e20211320, 2022.

MIRANDA, Patrícia Nakayama *et al.* Check list of ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) of the eastern Acre, Amazon, Brazil. **Check List**, v. 8, n. 4, p. 722–730, 2012.

- NGIAM, Robin Wen Jiang; CHEONG, Loong Fah. The dragonflies of Singapore: An updated checklist and revision of the national conservation statuses. **Nature in Singapore**, v. 9, n. 1, p. 149–163, 2016.
- NOGUEIRA, M. R.; POL, A.; PERACCHI, A. L. New records of bats from Brazil with a list of additional species for the chiropteran fauna of the state of Acre, western Amazon basin. **Mammalia**, v. 63, n. 3, p. 363–368, 1999.
- PALIN, Olivia F. *et al.* Termite Diversity along an Amazon-Andes Elevation Gradient, Peru: Termite Diversity along an Elevation Gradient. **Biotropica**, v. 43, n. 1, p. 100–107, jan. 2011.
- PINHEIRO, Romário; FERREIRA, Evandro José; SANTOS, Ednéia. Florística e fitossociologia de comunidades de palmeiras na Reserva Florestal Humaitá, Acre. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 276–292, 2015.
- PLAZA, Tarik Godoy Dangl. **Caracterização das guildas de cupins em uma área de Floresta Amazônica, Rondônia, Brasil**. Doctoral thesis—São Paulo: Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 2019.
- POULSEN, Christopher J.; EHLERS, Todd A.; INSEL, Nadja. Onset of Convective Rainfall During Gradual Late Miocene Rise of the Central Andes. **Science**, v. 328, n. 5977, p. 490–493, 23 abr. 2010.
- QUESADA, C. A. *et al.* Variations in chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. **Biogeosciences**, v. 7, n. 5, p. 1515–1541, 2010.
- RODRÍGUEZ, Jon Paul; PEARSON, David L.; BARRERA, Roberto R. A test for the adequacy of bioindicator taxa: Are tiger beetles (Coleoptera: Cicindelidae) appropriate indicators for monitoring the degradation of tropical forests in Venezuela? **Biological Conservation**, v. 83, n. 1, p. 69–76, 1 jan. 1998.
- ROISIN, Yves *et al.* Vertical stratification of the termite assemblage in a neotropical rainforest. **Oecologia**, v. 149, n. 2, p. 301–311, 1 ago. 2006.
- ROSSO, Pedro *et al.* Áreas verdes urbanas e trilhas ecológicas como locais e instrumentos de Educação Ambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 536–553, 2021.
- SANTOS, Rodrigo Souza. *Heterotermes tenuis* (Hagen) (Blattodea: Rhinotermitidae): principal térmita associado a espécies florestais, em campo de apodrecimento de madeiras, em Rio Branco, Acre, Brasil. **Nativa Sinop**, v. 10, n. 3, p. 327–332, 2022.
- SANTOS, Rodrigo Souza; GODOY, Karlla Barbosa; COSTA, José Elenildo da Silva. Termitofauna (Blattodea) em sistemas agroflorestais no sudoeste da Amazônia, Acre, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 12, n. 1, p. 57–60, 2022.
- SEEBENS, H.; GASTNER, MT; BLASIUS, B. The risk of marine bioinvasion caused by global shipping. **Ecology Letters**, v. 16, n. 6, p. 782–790, 2013.
- SEEBENS, Hanno *et al.* Global trade will accelerate plant invasions in emerging economies under climate change. **Global change biology**, v. 21, n. 11, p. 4128–4140, 2015.

- SILVA, Victor Vartuli Cordeiro e; REZENDE, Elcio Nacur. Os rios voadores e as mudanças climáticas ocasionadas pelo desmatamento da Floresta Amazônica: uma perspectiva a partir do constitucionalismo latino-americano. **Revista Brasileira de Direito Animal**, v. 16, n. 3, p. 96–113, 10 jun. 2022.
- SILVA, Israel Soares; VASCONCELLOS, Alexandre; MOURA, Flávia Maria Silva. Termite assemblages (Blattaria, Isoptera) in two montane forest (Brejo de Altitude) areas in northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 19, n. 1, p. e20180519, 2019.
- SILVA, Marilene Vasconcelos; DE SOUZA, Moisés Barbosa; BERNARDE, Paulo Sérgio. Riqueza e dieta de serpentes do Estado do Acre, Brasil. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 12, n. 2, p. 165–176, 2010.
- SILVEIRA, Luís Fábio *et al.* Para que servem os inventários de fauna? **Estudos Avançados**, v. 24, n. 1, p. 173–207, 2010.
- SOMBROEK, Wim. Amazon landforms and soils in relation to biological diversity. **Acta Amazonica**, v. 30, n. 1, p. 81–81, mar. 2000.
- SOUZA, Heitor Bruno Araújo; ALVES, Wagner França; VASCONCELLOS, Alexandre. Termite assemblages in five semideciduous Atlantic Forest fragments in the northern coastland limit of the biome. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 56, n. 1, p. 67–72, 2012.
- SOUZA, Moisés *et al.* A biodiversidade no Estado do Acre: conhecimento atual, conservação e perspectivas. **T&C Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 45–56, 30 abr. 2003.
- TATEM, Andrew J.; HAY, Simon I. Climatic similarity and biological exchange in the worldwide airline transportation network. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, n. 1617, p. 1489–1496, 2007.
- THOMAZINI, Marcílio José; THOMAZINI, Ariane Paes de Barros Werckmeister. **Levantamento de insetos e análise entomofaunística em floresta, capoeira e pastagem no Sudeste Acreano**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2002.
- VASCONCELLOS, Alexandre *et al.* Cupins de duas florestas de restinga do nordeste brasileiro. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 95, n. 2, p. 127–131, 30 jun. 2005.
- VASCONCELLOS, Alexandre *et al.* Térmitas construtores de ninhos conspícuos em duas áreas de Mata Atlântica com diferentes níveis de perturbação antrópica. **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 1, p. 15–19, fev. 2008.
- VASCONCELLOS, Alexandre. Biomass and abundance of termites in three remnant areas of Atlantic Forest in northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 3, p. 455–461, 2010.
- VASCONCELLOS, Alexandre *et al.* Termite assemblages in three habitats under different disturbance regimes in the semi-arid Caatinga of NE Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 74, n. 2, p. 298–302, fev. 2010.
- VASCONCELLOS, Alexandre *et al.* Termites from the Northern Atlantic Forest, Brazil: Ecology and Conservation. In: PEREIRA FILHO, Gentil Alves *et al.* (Orgs.). **Animal**

Biodiversity and Conservation in Brazil's Northern Atlantic Forest. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 121–132.

VASCONCELLOS, Alexandre; MOURA, Flávia Maria da Silva. Térmitas de oito ecossistemas inseridos no domínio do Semiárido Brasileiro. *In: Artrópodes do Semiárido: Biodiversidade e Conservação.* Feira de Santana: Printmidiap, 2014. p. 99–109.

VASCONCELLOS, Alexandre; MOURA, Flávia Maria da Silva; ERNESTO, Matilde Vasconcelos. Térmitas em ecossistemas Neotropicais: amostragens qualitativas e quantitativas. *In: SOUZA LIMA, Mauro Sérgio Cruz; CARVALHO, Leonardo Sousa; PREZOTO, Fábio (Orgs.). Métodos em Ecologia e Comportamento Animal.* Teresina: EDUFPI, 2015. p. 164–185.

VENÂNCIO, Nathocley Mendes; SOUZA, Moisés Barbosa de. Anfíbios do Parque Ambiental Chico Mendes, Rio Branco – Acre, Brasil. **Biotemas**, v. 29, n. 1, p. 85–95, 2016.

VERGOPOLAN, Noemi; FISHER, Joshua B. The impact of deforestation on the hydrological cycle in Amazonia as observed from remote sensing. **International Journal of Remote Sensing**, v. 37, n. 22, p. 5412–5430, 16 nov. 2016.

VIEIRA, Ima Célia Guimarães; SILVA, José Maria Cardoso da; TOLEDO, Peter Mann de. Estratégias para evitar a perda de biodiversidade na Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, p. 153–164, ago. 2005.

WIJAS, Baptiste J.; LIM, Shevaun; CORNWELL, William K. Continental-scale shifts in termite diversity and nesting and feeding strategies. **Ecography**, v. 1, n. 1, p. 1–12, 2022.

CAPÍTULO 2

TÉRMITA PRAGA *CRYPTOTERMES HAVILANDI* (SJÖSTEDT, 1900) (BLATTODEA: ISOPTERA: KALOTERMITIDAE) COMO UMA ESPÉCIE INVASORA DE ECOSSISTEMAS NATURAIS NO NORDESTE BRASILEIRO

Uma versão deste capítulo foi publicada no periódico *International Journal of Tropical Insect Science* “FERREIRA, R. R.; KOROIVA, R.; MOURA, F. M. S.; MONTEIRO, S. R. P.; FIGUEIRÊDO, R. E. C. R.; ERNESTO, M. V.; VASCONCELLOS, A. Pest termite *Cryptotermes havilandi* (Sjöstedt, 1900) (Blattodea: Isoptera: Kalotermitidae) as an invasive species of natural ecosystems in northeastern Brazil. **International Journal of Tropical Insect Science** (Online), 2024. <https://doi.org/10.1007/s42690-023-01146-9>.”

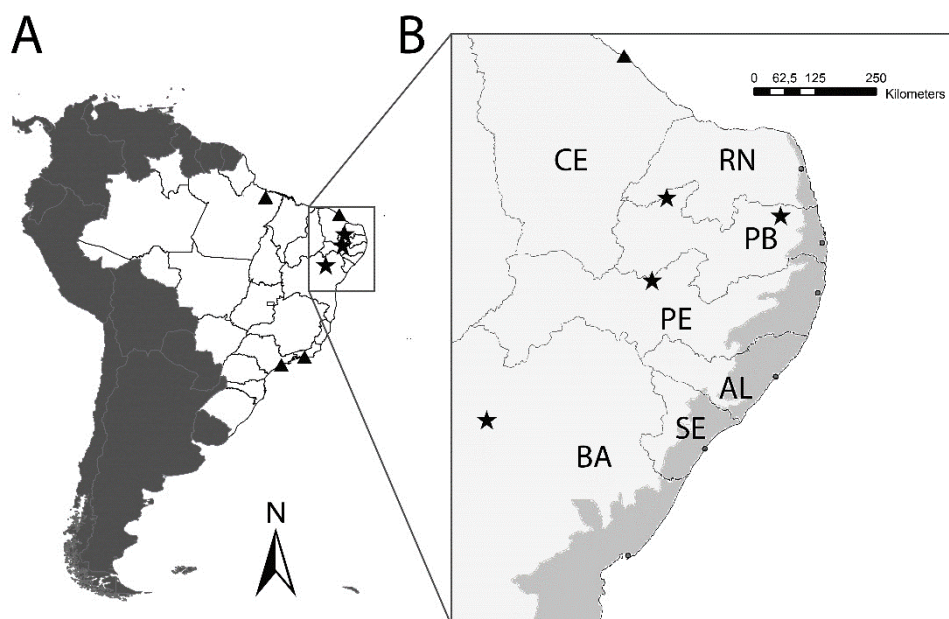
1. INTRODUÇÃO

Os térmitas podem causar sérios impactos econômicos, apesar de seu importante papel ecológico (Su; Scheffrahn, 2000; Rouland-Lefèvre, 2010). Desde a expansão marítima, muitas espécies de térmitas foram introduzidas fora de suas áreas nativas, tornando-se invasivas (Evans; Forschler; Grace, 2013), competindo ecologicamente com outras espécies e causando perdas financeiras. Uma dessas espécies é o *Cryptotermes havilandi* (Sjöstedt, 1900) (Isoptera: Kalotermitidae).

O *C. havilandi* é uma importante praga que ataca madeira morta sólida em florestas e habitats nativos, incluindo galhos mortos em árvores e arbustos vivos, bem como madeira (Scheffrahn et al., 2003). Essa espécie provavelmente se originou na África Ocidental tropical e se espalhou para Tanzânia, ilhas do Oceano Índico, Índia e Bangladesh (Scheffrahn et al., 2003). Na América do Norte e do Sul, essa espécie está distribuída em onze ilhas do Caribe, Guiana, Suriname e Brasil. Neste último, há registros nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Pará e Ceará (Figura 2.1) (Scheffrahn, 2019). Neste estudo, relatamos a ocorrência de *C. havilandi* em três outros estados da região Nordeste do Brasil.

Figura 0.1 – Mapa de distribuição de *Cryptotermes havilandi* (Sjöstedt, 1900) no Brasil a partir da literatura (triângulos pretos) e dos nossos novos registros (estrelas pretas). (A) Mapa da América do Sul (cinza escuro) destacando a divisão geopolítica do Brasil (branco); (B) Estados da região nordeste do Brasil com áreas de

Caatinga (cinza claro) e Mata Atlântica (cinza), além das capitais estaduais (pontos pretos). AL = Alagoas; BA = Bahia; CE = Ceará; PB = Paraíba; PE = Pernambuco; RN = Rio Grande do Norte; SE = Sergipe.



Fonte: Ricardo Koroiva (2022).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo, a coleta de térmitas, a eutanásia e o transporte foram autorizados pelo Sistema de Informação e Autorização em Biodiversidade do Brasil (SISBIO), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Ministério do Meio Ambiente (MMA) (número de autorização SISBIO 72602-4). Os térmitas foram amostrados usando protocolos baseados em transectos, conforme descrito por Cancellato et al. (2014). As chaves taxonômicas de Scheffrahn e Křeček (1999) foram utilizadas para identificar as espécies. Uma amostra (CIUFPB 4798) do estado de Pernambuco foi determinada pelo Dr. Rudolf H. Scheffrahn da University of Florida.

Em 07 de junho de 2022, encontramos uma colônia de térmitas com soldados no município de Catolé do Rocha, estado da Paraíba (-6,341, -37,749 WGS84). Coletas na Mata do Seró (Dona Inês, estado da Paraíba; -6,616, -35,600 WGS84) em 01 de setembro de 2022, Serra de Triunfo (Triunfo, estado de Pernambuco; -7,867, -38,017 WGS84) em 14 de janeiro de 2012, e na APA Boqueirão das Onças (Campo Formoso, estado da Bahia; -10,250, -41,083 WGS84) em 09 de julho de 2022 também identificaram colônias dessa espécie.

Fotomicrografias foram capturadas como imagens em múltiplas camadas usando o estereomicroscópio Leica M205C e o software Leica Application Suite v3. Os espécimes preservados foram retirados de etanol a 85% e suspensos em um álcool em gel para posicioná-los sobre um fundo de placa de Petri transparente.

Além disso, os espécimes também foram identificados por análise de DNA mitocondrial. O DNA genômico total de um soldado de cada estado foi extraído usando o Ludwig Blood & Tissue DNA Mini Kit (Alvorada, Brasil). Amplificações de PCR foram realizadas para um fragmento do gene *COII* usando os iniciadores A-tLeu modificado (5'-CAGATAAGTGCATTGGATTT-3') (Miura; Roisin; Matsumoto, 2000) e B-tLys (5'-GTTAAGAGACCAGTACTTG-3') (Liu; Beckenbach, 1992) e para um fragmento do gene *COI* usando os iniciadores OdoF1_t1 (5'-TGTAACGACGGCCAGTATTCAACHAATCATAARGATATTG G-3') e OdoR1_t1 (5'-CAGGAAACAGCTATGACTAACTTCTGGATGYCCRAARAAYCA-3') (Semotok, não publicado, BOLD Systems http://www.boldsystems.org/index.php/Public_Primer_PrimerSearch, acessado em 27 de janeiro de 2022). As condições de PCR para amplificação consistiram em 1× tampão, dNTP a 0,5 mM, cada iniciador a 0,5 µM, MgCl₂ a 2mM, 1U de Taq polimerase e 2 µl de DNA de template em um volume total de reação de 25 µl. O programa de ciclo de PCR para A-tLeu e B-tLys seguiu Miura et al. (2000) e para OdoF1_t1 e OdoR1_t1 seguiu Koroiva et al. (2022).

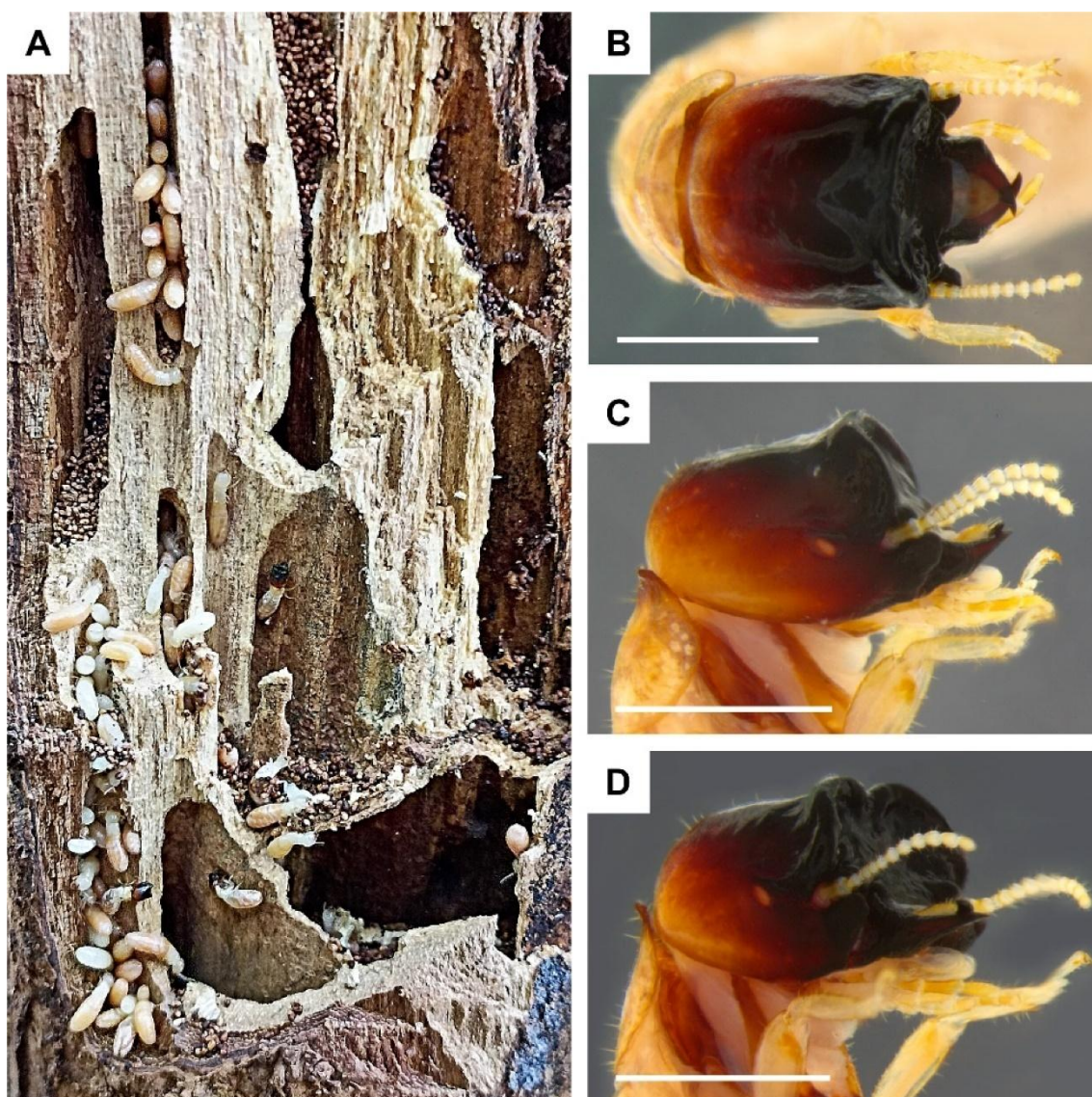
Os produtos de PCR foram purificados com etanol/acetato de sódio e sequenciados em um Analisador Genético ABI 3130 (Applied Biosystems, Waltham, MA, EUA). O sequenciamento de OdoF1_t1 e OdoR1_t1 foi realizado usando os iniciadores M13 Forward (5'-TGTAACGACGGCCAGT-3') e M13 Reverse (5'-CAGGAAACAGCTATGAC-3'). Utilizamos o GENEIOUS v 9.1.3 (Kearse et al., 2012) para verificar a qualidade da sequência das fitas por comparação com os cromatogramas respectivos e para montar e editar, se necessário. Para identificar nossas amostras, as atribuímos a uma espécie usando uma abordagem de BLAST de nucleotídeos no GenBank (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov>; 26 de setembro de 2022) para identificação. As sequências editadas foram depositadas no GenBank (números de acesso do GenBank OQ852744-OQ852745 e OQ865213).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste estudo, relatamos a descoberta de *C. havilandi* (Figura 2.2) em três estados da região nordeste (Bahia, Paraíba e Pernambuco), em áreas situadas nos setores mais úmidos da região semiárida, como florestas de galeria e florestas montanas ("brejos de altitude").

Em nossa análise molecular, apenas espécimes dos estados da Paraíba e Bahia foram analisados. Nossa análise de nucleotídeos com a ferramenta online BLAST mostrou que os espécimes da Paraíba (*COII*, Ident. Per. 99,71%, Value E 0,00; OL469805; *COI*, Ident. Per. 100%, Value E 0,00; OL469805) e Bahia (*COI*, Ident. Per. 99,84%, Value E 0,00; OL469805) correspondiam a *C. havilandi* quando ambos os genes (*COII* e *COI*) foram avaliados. Uma tabela com os vinte primeiros resultados do BLAST para cada sequência analisada está em apêndice no final desta dissertação (Apêndice D).

Figura 0.2 – (A) Colônia de *Cryptotermes havilandi* (Sjöstedt, 1900) na base de uma árvore morta em uma floresta de Brejo de Altitude, em Dona Inês, estado da Paraíba, Brasil; (B) Vista dorsal, (C) lateral e (D) oblíqua da cabeça. Barra de escala = 1 mm.



Fonte: autoria própria.

Dessa forma, relatamos pela primeira vez a ocorrência de *C. havilandi* como espécie invasora em ecossistemas naturais inseridos na zona semiárida em três estados do nordeste do Brasil. As colônias estavam associadas a árvores mortas em locais mais úmidos na região semiárida, como florestas de galeria (Catolé do Rocha, estado da Paraíba) e florestas montanas (Triunfo, estado de Pernambuco; Dona Inês, Paraíba). Anteriormente, a espécie só havia sido registrada em ecossistemas urbanos no Brasil. Essas novas detecções ampliam sua área conhecida em cerca de 310 km ao sul até o estado do Ceará e 1.300 km ao norte até o estado do Rio de Janeiro (Figura 2.1). Considerando que levantamentos extensivos de térmitas já foram

realizados nesta região (mais de 30 localidades), é razoável supor que *C. havilandi* foi introduzido recentemente (Vasconcellos et al., 2002, 2010; Albuquerque et al., 2014; Canello et al., 2014; Viana-Junior et al., 2014; Couto et al., 2015; Silva; Vasconcellos; Moura, 2019; Vasconcellos et al., 2023). Nossos resultados sugerem que essa importante praga pode competir ecologicamente com espécies encontradas na parte leste do nordeste do Brasil, o que demanda estudos específicos de impacto.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, Auristela C. *et al.* Urban Termites of Recife, Northeast Brazil (Isoptera). **Sociobiology**, v. 59, n. 1, p. 183–188, 22 out. 2014.
- CANCELLO, Eliana M. *et al.* Latitudinal variation in termite species richness and abundance along the Brazilian Atlantic Forest hotspot. **Biotropica**, v. 46, n. 4, p. 1–10, 2014.
- COUTO, Alane A. V. A. *et al.* Termite assemblages (Blattodea: Isoptera) in a habitat humidity gradient in the semiarid region of northeastern Brazil. **Zoologia**, v. 32, n. 4, p. 281–288, 2015.
- EVANS, Theodore A.; FORSCHLER, Brian T.; GRACE, J. Kenneth. Biology of Invasive Termites: A Worldwide Review. **Annual Review of Entomology**, v. 58, n. 1, p. 455–474, 7 jan. 2013.
- KEARSE, Matthew *et al.* **Geneious Basic: An integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data**. **Bioinformatics**, 2012.
- KOROIVA, Ricardo; GOMES, Vanessa Gabrielle Nóbrega; VILELA, Diogo Silva. DNA Barcoding and New Records of Odonates (Insecta: Odonata) from Paraíba State, Brazil. **Diversity**, v. 14, n. 3, p. 203, 10 mar. 2022.
- LIU, Hong; BECKENBACH, Andrew T. Evolution of the mitochondrial cytochrome oxidase II gene among 10 orders of insects. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 1, n. 1, p. 41–52, mar. 1992.
- MIURA, Toru; ROISIN, Yves; MATSUMOTO, Tadao. **Molecular Phylogeny and Biogeography of the Nasute Termite Genus Nasutitermes (Isoptera: Termitidae) in the Pacific Tropics**. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, 2000.
- ROULAND-LEFÈVRE, Corinne. Termites as Pests of Agriculture. *In*: BIGNELL, David Edward; ROISIN, Yves; LO, Nathan (Orgs.). **Biology of Termites: a Modern Synthesis**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2010. p. 499–517.
- SCHEFFRAHN, Rudolf H. *et al.* Taxonomy, Distribution, and Notes on the Termites (Isoptera: Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Termitidae) of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 96, n. 3, p. 181–201, 1 maio 2003.
- SCHEFFRAHN, Rudolf H. Expanded New World Distributions of Genera in the Termite Family Kalotermitidae. **Sociobiology**, v. 66, n. 1, p. 136, 25 abr. 2019.

SCHEFFRAHN, Rudolf H.; KRECEK, Jan. Termites of the genus *Cryptotermes* Banks (Isoptera: Kalotermitidae) from the West Indies. **Insecta Mundi**, v. 13, p. 111–171, 1999.

SILVA, Israel Soares; VASCONCELLOS, Alexandre; MOURA, Flávia Maria Silva. Termite assemblages (Blattaria, Isoptera) in two montane forest (Brejo de Altitude) areas in northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 19, n. 1, p. e20180519, 2019.

SU, Nan-Yao; SCHEFFRAHN, Rudolf H. Termites as Pests of Buildings. *In*: ABE, Takuya; BIGNELL, David Edward; HIGASHI, Masahiko (Orgs.). **Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2000. p. 437–453.

VASCONCELLOS, Alexandre *et al.* Termites (Isoptera) pests in buildings in João Pessoa, Brazil. **Sociobiology**, v. 40, p. 639–644, 1 jan. 2002.

VASCONCELLOS, Alexandre *et al.* Termite assemblages in three habitats under different disturbance regimes in the semi-arid Caatinga of NE Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 74, n. 2, p. 298–302, fev. 2010.

VASCONCELLOS, Alexandre *et al.* Termites from the Northern Atlantic Forest, Brazil: Ecology and Conservation. *In*: PEREIRA FILHO, Gentil Alves *et al.* (Orgs.). **Animal Biodiversity and Conservation in Brazil's Northern Atlantic Forest**. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 121–132.

VIANA-JUNIOR, Arleu Barbosa *et al.* Termite assemblages in dry tropical forests of Northeastern Brazil: Are termites bioindicators of environmental disturbances? **Sociobiology**, v. 61, n. 3, p. 324–331, 30 set. 2014.

CAPÍTULO 3

NOTA CIENTÍFICA: “EVIDÊNCIAS MOLECULARES NA SIMILARIDADE ENTRE OS TÉRMITAS NEOTROPICAIS *Nasutitermes coxipoensis* E *Nasutitermes ephratae* (ISOPTERA: TERMITIDAE: NASUTITERMITINAE)”

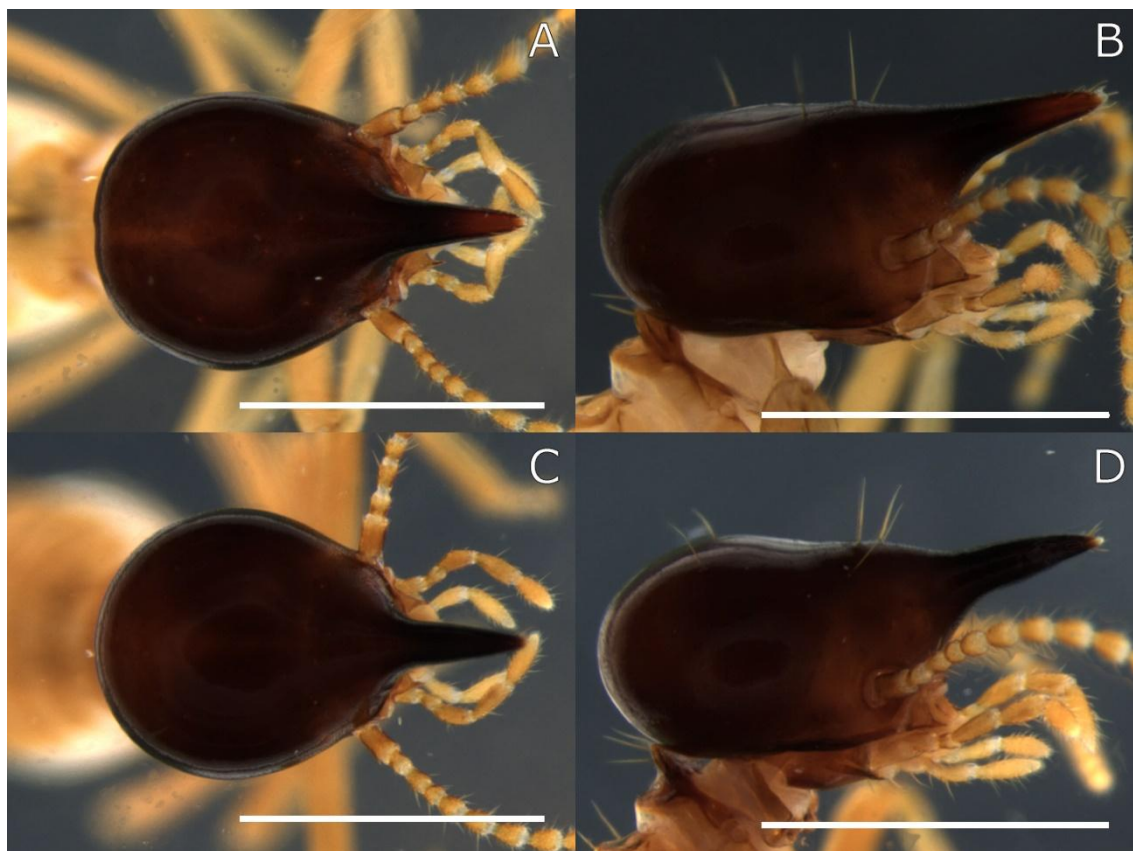
1. INTRODUÇÃO

Os térmitas (Blattaria: Isoptera) são insetos eussociais que habitam principalmente as regiões tropicais e subtropicais do planeta (Bignell; Roisin; Lo, 2011). Mundialmente são conhecidas cerca de 2.970 espécies, distribuídas em nove famílias, onde Termitidae é a mais diversa (Constantino, 2022). O Brasil, fazendo parte da região Neotropical, abriga a maior biodiversidade do mundo, principalmente por sua posição geográfica, eventos históricos e características ambientais.

O gênero *Nasutitermes* Dudley, 1890 (Termitidae: Nasutitermitinae) possui 247 espécies descritas no mundo, sendo 66 espécies com ocorrência registrada para o Brasil (Constantino, 2022). É o gênero de térmita com mais espécies descritas, evidenciando uma grande variação morfológica e funcional dentro do gênero. A determinação das espécies do grupo depende de variações sutis em caracteres como pilosidade, tamanho, formato e cor da cápsula cefálica, e algumas variações no tórax e nas pernas (Holmgren, 1910). Diante desse cenário de grande diversidade morfológica dentro do grupo, há grande possibilidade de haver alto índice de variações intraespecíficas, ou até mesmo sutis diferenças que dificultem a identificação das espécies.

Nasutitermes ephratae (Holmgren, 1910) e *Nasutitermes coxipoensis* (Holmgren, 1910) são espécies de térmitas neotropicais que foram descritas pelo mesmo autor e na mesma obra. *N. ephratae* ocorre desde o sul do México até o Mato Grosso do Sul, no Brasil, enquanto *N. coxipoensis* tem uma distribuição um pouco menos ampla, ocorrendo da Guiana Francesa até o norte da Argentina (Schmidt, 2007; Santos; Cancelli; Morales, 2022). As descrições destas espécies estão relacionados a caracteres como coloração da cabeça e do corpo, presença de cerdas na cabeça, formato da cabeça, antenas, tergitos e pronoto (Holmgren, 1910), características bastante subjetivas e variáveis, sendo muito difícil, pelas diagnoses propostas, diferencia-las (Figura 3.1).

Figura 0.1 – Vista dorsal e de perfil da cabeça de soldados de *Nasutitermes coxipoensis* (A e B) e *Nasutitermes ephratae* (C e D).



Fonte: autoria própria.

No entanto, uma característica comportamental é geralmente utilizada para identificar e separar estas espécies: *N. ephratae* constrói seu ninho sobre árvores, do tipo arborícola, apresentando uma coloração marrom escuro e uma superfície coriácea e cartonada (Thorne, 1980). Por outro lado, *N. coxipoensis* constrói seu ninho sobre o solo, do tipo epígeo, e apresenta uma coloração que varia do marrom claro a escuro ou marro avermelhado, sendo utilizado na construção dos ninhos material vegetal misturado com areia e fezes dos operários, fazendo com que os ninhos apresentem certa maciez e se tornem mais quebradiços do que outros ninhos epígeos de espécies diferentes (Laffont, 2014) (Figura 3.2).

Figura 0.2 – Ninhos conspícuos de *Nasutitermes coxipoensis* (A) e *Nasutitermes ephratae* (B). Tamanho do sacho (A): 35 cm; tamanho do escalímetro (B): 30 cm.



Fonte: autoria própria.

Para este tipo de questionamento, a delimitação de espécies a partir de informações moleculares ganha relevância, uma vez que, pode contribuir na resolução de problemas taxonômicos existentes nos mais variados grupos de seres vivos, agregando informações aos métodos tradicionais já utilizados. Cada vez mais, ferramentas moleculares vem sendo utilizadas na identificação de espécies crípticas, (Jörger; Schrödl, 2013) como no estudo sobre borboletas conduzido por Hebert et al. (2004), o estudo sobre espécies crípticas de Scyphozoa (Dawson; Jacobs, 2001), e sobre espécies crípticas em Nematoda (Blouin, 2002) e Platyhelminthes (Lavikainen et al., 2010). Esses casos demonstram a capacidade das técnicas moleculares em revelar a diversidade oculta dentro de grupos taxonômicos. Além da detecção de espécies crípticas, as ferramentas moleculares têm sido fundamentais na investigação de possíveis sinonímias, como exemplificado no estudo de Vilela et al. (2019), bem como em um trabalho relevante sobre espécie do gênero *Anopheles* (Ponçon et al., 2008)

Nesse contexto, a combinação de diferentes abordagens emerge como uma estratégia robusta. A pesquisa contemporânea destaca que a integração de marcadores moleculares, como o mtDNA e o DNA nuclear, aliada à análise de múltiplas evidências, representa uma abordagem mais abrangente e confiável (Thielsch et al., 2017). Assim, a sinergia entre diferentes métodos e a avaliação criteriosa de diversas fontes de evidência tornam-se essenciais para alcançar uma compreensão mais completa da diversidade biológica, especialmente em contextos nos quais espécies crípticas e sinonímias podem desafiar a interpretação tradicional.

Considerando as similaridades e questionamentos sobre estas espécies, neste estudo, considerando a similaridade morfológica entre *N. coxipoensis* e *N. ephratae*, foi realizada uma investigação do status taxonômico dessas duas espécies neotropicais, utilizando os marcadores mitocondriais *COI*, *COII* e *16S*, e nuclear *ITS2*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de *N. coxipoensis* e *N. ephratae* foram coletadas diretamente em seus respectivos ninhos na Paraíba, nos municípios de Areia, Bayeux, Campina Grande, João Pessoa, Remígio e Serra da Raiz, sendo algumas amostras coletadas no mesmo ponto (Tabela 3.1). Os térmitas foram acondicionados em etanol 80°GL e depositados na Coleção de Isoptera da Universidade Federal da Paraíba.

Tabela 0.1 – Códigos de acesso do Genbank (GB) das sequências utilizadas nas análises, e localidades das amostras utilizadas no estudo. *Amostras coletadas neste estudo. A numeração sobrescrita nos códigos de acesso, nas localidades e nas coordenadas geográficas são correspondentes entre si exclusivamente na linha da referida espécie. Algumas informações não foram possíveis de serem acessadas (-).

Espécie	GB <i>COI</i>	GB <i>COII</i>	GB <i>16S</i>	GB <i>ITS2</i>	Localidade	Coordenadas Geográficas
<i>Nasutitermes ephratae</i>	KX036769 ¹	OL830676 ²	OL830582 ²	MH574853	Aracruz, ES ¹ ; João Pessoa, PB ²	-19.93862, -40.15992 ¹ ; -7.13445, -34.84602 ²
<i>Nasutitermes ephratae</i>	OM415253 ¹	MT188746 ²	OL830579 ²	MH574853	Barro Colorado, Panamá ¹ ; João Pessoa, PB ²	9.16886, -79.85085 ¹ ; -7.13445, -34.84602 ²
<i>Nasutitermes ephratae</i>	-	OL830677 ¹	OL830580 ¹	-	João Pessoa, PB ¹	-7.13445, -34.84602 ¹
<i>Nasutitermes ephratae</i>	-	OL830678 ¹	OL830581 ¹	-	João Pessoa, PB ¹	-7.13445, -34.84602 ¹
<i>Nasutitermes ephratae</i>	-	OL830679 ¹	OL830582 ¹	-	João Pessoa, PB ¹	-7.13445, -34.84602 ¹
<i>Nasutitermes ephratae</i> *	PP209058	PP209578	PP198860	PP209155	Areia, PB	-6.965648, -35.743330
<i>Nasutitermes ephratae</i> *	PP209060	PP209579	PP198857	PP209156	Areia, PB	-6.970504, -35.715400
<i>Nasutitermes ephratae</i> *	PP209056	PP209576	PP198855	PP209141	Serra da Raiz, PB	-6.686000, -35.443000
<i>Nasutitermes ephratae</i> *	PP209057	PP209577	PP198856	PP209142	Serra da Raiz, PB	-6.686000, -35.443000
<i>Nasutitermes ephratae</i> *	PP209059	PP209580	PP198858	PP209154	Bayeux, PB	-7.149898, -34.916680
<i>Nasutitermes ephratae</i> *	PP209063	PP209581	PP198859	PP209143	João Pessoa, PB	-7.138011, -34.845870
<i>Nasutitermes coxipoensis</i> *	PP209061	PP209590	PP198862	PP209149	Campina Grande, PB	-7.181689, -35.865098
<i>Nasutitermes coxipoensis</i> *	PP209062	PP209591	PP198863	PP209150	Campina Grande, PB	-7.181689, -35.865098
<i>Nasutitermes coxipoensis</i> *	PP209071	PP209589	PP198867	PP209152	Remígio, PB	-6.972775, -35.809979
<i>Nasutitermes coxipoensis</i> *	PP209068	PP209587	PP198866	PP209153	Remígio, PB	-6.972775, -35.809979
<i>Nasutitermes coxipoensis</i> *	PP209066	PP209582	PP198869	PP209144	Serra da Raiz, PB	-6.686000, -35.443000
<i>Nasutitermes coxipoensis</i> *	PP209067	PP209583	PP198870	PP209146	Serra da Raiz, PB	-6.686000, -35.443000
<i>Nasutitermes coxipoensis</i> *	PP209069	PP209586	PP198868	PP209147	João Pessoa, PB	-7.190225, -34.858850

<i>Nasutitermes coxipoensis</i> *	PP209064	PP209585	PP198864	PP209148	João Pessoa, PB	-7.190225, -34.858850
<i>Nasutitermes coxipoensis</i> *	PP209070	PP209588	PP198865	PP209151	Conde, PB	-7.268087, -34.917749
<i>Nasutitermes coxipoensis</i> *	PP209065	PP209584	PP198861	PP209145	Conde, PB	-7.269137, -34.916669
<i>Nasutitermes coxipoensis</i>	-	MF176395 ¹	KF724737 ²	KF724774 ²	Sinnamary, Guiana Francesa ¹ ; Guiana Francesa ²	5.68819, -53.01023 ¹
<i>Nasutitermes triodidae</i>	KY224403	KY224403	KY224403	GQ300840 ¹	Austrália ¹	-
<i>Nasutitermes banksi</i>	KY224405	KY224405	KY224405	MH574849	-	-
<i>Nasutitermes macrocephalus</i>	KY224724	KY224724	KY224724	MH574860	-	-
<i>Nasutitermes corniger</i>	NC026115 ¹	NC26115 ¹	NC26115 ¹	KF724770 ²	Guiana ¹ ; Guiana Francesa ²	-
<i>Nasutitermes octopilis</i>	NC034045	NC034045	NC034045	MH574862	-	-
<i>Nasutitermes similis</i>	NC034093	NC034093	NC034093	MH574864	-	-
<i>Macrotermes subhyalinus</i>	OR653920 ¹	OR653920 ¹	OR653920 ¹	JF302882 ²	Borana, Etiópia ¹ ; Costa do Marfim ²	-
<i>Constrictotermes cyphergaster</i>	NC034044	NC034044	NC034044	MH574885	-	-

Fonte: autoria própria.

Para extração de material genético foi utilizado o kit de extração Zymo Research- Quick DNA/RNA Viral MagBead. Um espécime de cada amostra foi retirado do frasco onde estava acondicionado, e foi colocada apenas a cabeça do inseto em tubos *safe-lock* que foram deixados abertos por 15 minutos para que o excesso de álcool evaporasse. Após isso foi seguido o protocolo recomendado pelo fabricante do kit.

As condições de PCR para a amplificação consistiram em 1 × tampão, dNTP a 0,2 mM, cada primer a 0,2 µM, MgCl₂ a 2 mM, 1U Taq polimerase e 2 µL de DNA extraído. Esses materiais formam um volume total de reação de 25 µL. Para cada gene, um programa de ciclagem de PCR foi utilizado (Tabela 3.2).

Tabela 0.2 – Lista de primers e programas de ciclagem de PCR utilizados.

Genes	Nomes dos primers	Sequências (5' - 3')			Referências	
<i>COI</i>	ODOS0-F	TACCAATTATAATTGGAGGATTYGG			Futahasi, 2011	
	ODOSASO-R	CTTCTGGATGTCCAAARAATCA				
<i>COII</i>	Mod A-tLeu	CAGATAAGTGCATTGGATTT			Miura et al., 2000	
	B-tLys	GTTTAAGAGACCAGTACTTG			Simon et al., 1994	
<i>16S</i>	16sAH	CGCCTGTTTATCAAAAACAT			Palumbi et al.,1991	
	16sBH	CCGGTCTGAACTCAGATCACGT				
<i>ITS2</i>	ITS2F1	TGTGAACTGCAGGACACAT			Jenkins et al., 2001	
	ITS2Rnas2	GCTTAAATTCAGMGGGTAGTC			Roy et al., 2014	
Genes	Desnaturação inicial	Desnaturação	Anelamento	Extensão	Extensão final	Ciclos
<i>COI</i>	94°C (2 min)	94°C (30 s)	48°C (45 s)	72°C (1 min)	72°C (5 min)	35
<i>COII</i>	94°C (2 min)	94°C (45 s)	47°C (45 s)	72°C (1 min)	72°C (10 min)	35
<i>16S</i>	94°C (2 min)	94°C (30 s)	48°C (45 s)	72°C (1 min)	72°C (5 min)	35
<i>ITS2</i>	96°C (5 min)	96°C (30 s)	50°C (1 min)	72°C (1 min 30s)	72°C (5 min)	45

Fonte: autoria própria.

Os produtos de PCR foram examinados em eletroforese, e aqueles que obtiveram sucesso na amplificação foram purificados e sequenciados bidirecionalmente utilizando ABI 3130 Genetic Analyzer (Applied Biosystems).

As sequências foram inspecionadas e corrigidas quando necessário utilizando o *software* Geneious v9.1.3 (Kearse et al., 2012). Os alinhamentos das sequências foram realizados através do MAFFT v7.017 (Katoh; Standley, 2013), utilizando a configuração padrão do módulo instalado no Geneious. As sequências concatenadas foram feitas manualmente no *software* Bloco de Notas, a partir dos alinhamentos obtidos para cada gene separadamente. O alinhamento foi particionado em 4 partições (COI, COII, 16S e ITS2). As árvores de máxima

verossimilhança foram geradas com IQ-TREE 2.4.0 (Minh et al., 2020), utilizando como modelo de substituição de nucleotídeos aqueles indicados como melhores pelo ModelFinder no IQ-TREE (COI: TIM2+F+G4; COII: TN+F+G4; 16S: TIM3+F+G4; ITS2: TPM3u+F+G4) (Chernomor; Von Haeseler; Minh, 2016; Kalyaanamoorthy et al., 2017). A análise foi realizada com os testes de *Bootstrapping* e *SH-aLRT*, com 1000 replicações, ambos. A matriz de distância genética foi construída utilizando o *software* Molecular Evolutionary Genetics Analysis v.11 (MEGA11) utilizando o modelo de substituição *p-distance*.

O grupo externo foi composto por sequências depositadas no GenBank. Foram selecionadas sequências de espécies do gênero *Nasutitermes*, de uma espécie da mesma subfamília (*Constrictotermes cyphergaster*) e de uma espécie de outra família (*Macrotermes subhyalinus*). As espécies e seus respectivos códigos de acesso das sequências estão disponíveis na tabela 3.1.

3. RESULTADOS

Para cada gene amplificado foram obtidas 16 sequências, sendo seis de *N. ephratae* e 10 de *N. coxipoensis*, totalizando 64 sequências. As sequências de *COI* variaram de 339 a 463 nucleotídeos; as sequências de *COII* variaram de 606 a 712 nucleotídeos; as sequências de *16S* variaram de 294 a 518 nucleotídeos; e as sequências de *ITS2* variaram de 309 a 346 nucleotídeos.

A divergência genética intraespecífica para cada gene analisado está representada na Tabela 3. A maior divergência intraespecífica observada foi em *N. ephratae* no gene *ITS2*, com 0,1710. Os valores de divergência genética interespecífica entre *N. ephratae* e *N. coxipoensis* em todos os genes foi inferior a 2%, evidenciando uma forte similaridade genética entre essas duas espécies.

O gene *COI* em *N. coxipoensis* apresentou maior divergência intraespecífica do que interespecífica com *N. ephratae*, enquanto em *N. ephratae* foi observado o oposto, um valor mais alto de divergência interespecífica com *N. coxipoensis*, do que intraespecífica. No entanto, o valor de DNN foi de 0,0069, demonstrando a proximidade genética existente entre ambas as espécies nesse gene. Com o gene *ITS2*, não houve diferença intraespecífica em *N. coxipoensis*, mas houve uma diferença intraespecífica de quase 20% em *N. ephratae*, havendo sobreposição genética entre as espécies nesse marcador. Assim como os demais marcadores, o valor de divergência interespecífica entre ambas as espécies foi inferior a 2% (Tabela 3.3).

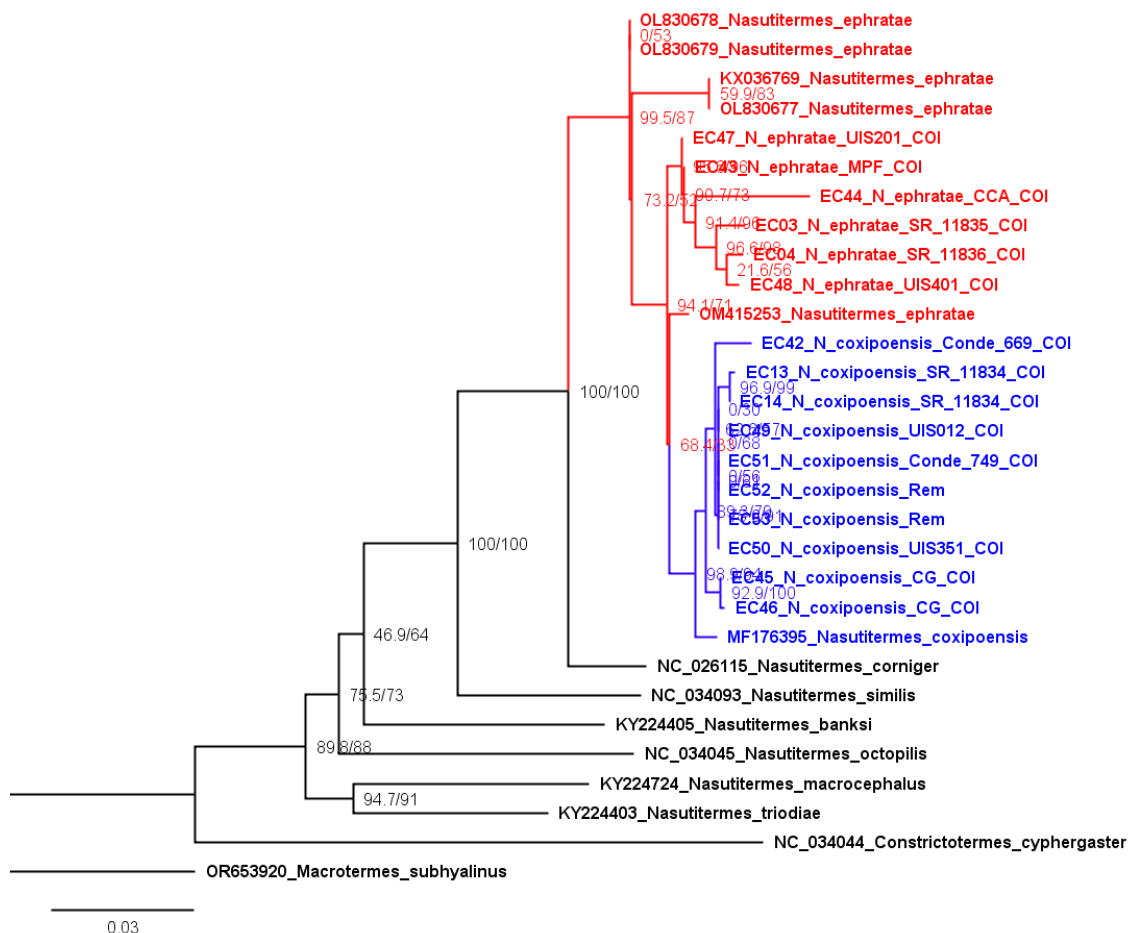
Tabela 0.1 – Distâncias (p-distance) dos genes *COI*, *COII*, *16S* e *ITS2* entre as espécies estudadas. N, número de sequências; MédiaIntra, média do valor da distância genética intraespecífica; Máx.Intra, valor máximo da distância genética intraespecífica; DNN, menor distância genética entre espécies.

		Espécies	
		<i>Nasutitermes coxipoensis</i>	<i>Nasutitermes ephratae</i>
		N	6
COI	MédiaIntra	0,0054	0,0000
	Máx.Intra	0,0275	0,0000
	DNN	0,0069	
COII	MédiaIntra	0,0043	0,0005
	Máx.Intra	0,0119	0,0017
	DNN	0,0149	
16S	MédiaIntra	0,0055	0,0015
	Máx.Intra	0,0154	0,0063
	DNN	0,0020	
ITS2	MédiaIntra	0,0000	0,0835
	Máx.Intra	0,0000	0,1710
	DNN	0,0065	

Fonte: autoria própria.

A árvore de máxima verossimilhança (Figura 3.3) recuperou *Nasutitermes coxipoensis* e *N. ephratae* como dois táxons diferentes, embora que *N. ephratae* só tenha sido recuperado como grupo monofilético nas sequências obtidas pelo sequenciamento realizado neste trabalho. As árvores obtidas para cada marcador separadamente estão disponíveis como apêndice no final desta dissertação (Apêndices E, F, G e H).

Figura 0.3 – Árvore de máxima verossimilhança com destaque do ramo com as sequências concatenadas de *N. coxipoensis* e *N. ephratae*.



Fonte: autoria própria.

4. DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos com os genes *COI*, *COII*, *16S* e *ITS2*, as espécies *N. coxipoensis* e *N. ephratae* foram recuperadas como espécies distintas. Um estudo realizado com espécies de *Nasutitermes* da Guiana Francesa mostra que há separação das duas espécies em questão com alguns métodos de delimitação baseados em dados moleculares (Roy et al., 2014), no entanto, de acordo com as análises realizadas com os marcadores separadamente, *N. ephratae* e *N. coxipoensis* foram recuperadas como a mesma espécie nas árvores dos genes *COI*

e *ITS2*, o que demonstra a similaridade genética existente entre ambas espécies, e a importância do uso de diferentes marcadores moleculares.

Os valores de divergência genética inferiores a 2% encontrados entre os genes sugere uma forte semelhança genética entre ambas espécies, tornando justa a dúvida a respeito da robustez taxonômica de cada uma. Monteiro et al. 2025 (no prelo) encontrou um valor de variação intra-específica de 1,65% para *N. coxipoensis* e *N. ephratae* utilizando o marcador mitocondrial COII. Entretanto, dos sete métodos de delimitação utilizados, apenas dois delimitaram as duas espécies como sendo uma só.

As espécies *N. corniger* e *N. ephratae* já tiveram sua relação filogenética discutida, sendo frequentemente descritas como espécies filogeneticamente próximas (Scheffrahn et al., 2005a, 2005b). Só que, da mesma forma que ocorre em *N. coxipoensis* e *N. ephratae*, apesar dessa proximidade filogenética, há também diferenças morfológicas e na arquitetura dos ninhos. Estudos envolvendo comportamento reprodutivo, secreções defensivas, e análises de isoenzimas indicam que não há isolamento reprodutivo completo, e que pode haver hibridização na natureza (Prestwich, 1983; Collet; Ruvoilo-Takasusuki, 2003; Hartke; Rosengaus, 2011). Dessa maneira, é possível que a mesma situação ocorra entre *N. coxipoensis* e *N. ephratae*.

O fato de *N. ephratae* e *N. coxipoensis* apresentarem populações ocorrendo em simpatria pode colocar em questão a hipótese de uma especiação recente, visto que, para isto é esperado o isolamento geográfico para que o fluxo gênico seja interrompido e as populações passem a se diferenciar ao longo do tempo (Mayr, 1963; Colley; Fischer, 2013). Entretanto, um outro modelo de especiação proposto acontece com fluxo gênico, em um cenário em que a seleção natural é forte o suficiente para não permitir que o fluxo gênico homogeneíze a população (Servedio, 2016), atuando em mecanismos específicos que estão associados a reprodução, tornando o acasalamento cada vez mais seletivo entre as espécies, e exercendo pressão sobre os híbridos, fazendo com que cada vez mais as populações divirjam no processo de especiação (Fitzpatrick; Fordyce; Gavrillets, 2009). Alguns trabalhos tem mostrado que a similaridade genética em populações em processo de especiação se dá pela não separação completa e ordenada da variação genética em linhagens distintas para cada espécie ou população, havendo alguma variação genética ancestral persistente nas espécies ou populações descendentes resultando no compartilhamento de traços genéticos entre as populações (Niemiller; Fitzpatrick; Miller, 2008; Nosil, 2008).

Considerando, por outro lado, as características que permitem diferenciar *N. coxipoensis* e *N. ephratae* (e. g., diferenças na construção dos ninhos e na coloração do nasu), não é descartada a existência de fluxo gênico entre as espécies, dada tamanha similaridade genética. Os mecanismos que mantêm estas duas espécies como entidades distintas apesar da ocorrência de um provável fluxo gênico, carecem de esclarecimentos, sendo importante a realização de estudos voltados para análises morfológicas mais profundas, bem como estudos de filogeografia com ambas espécies.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIGNELL, David E.; ROISIN, Yves; LO, Nathan. **Biology of Termites: A Modern Synthesis**. 2. ed. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2011. v. 1

BLOUIN, Michael S. Molecular prospecting for cryptic species of nematodes: mitochondrial DNA versus internal transcribed spacer. **International Journal for Parasitology**, v. 32, n. 5, p. 527–531, maio 2002.

CHERNOMOR, Olga; VON HAESELER, Arndt; MINH, Bui Quang. Terrace Aware Data Structure for Phylogenomic Inference from Supermatrices. **Systematic Biology**, v. 65, n. 6, p. 997–1008, nov. 2016.

COLLET, T.; RUVOLO-TAKASUSUKI, Maria Claudia Colla. Genetic relationship of *Nasutitermes* populations from southern Brazil (Isoptera: Termitidae). **Sociobiology**, v. 42, p. 343–349, 1 jan. 2003.

COLLEY, Eduardo; FISCHER, Marta Luciane. Especiação e seus mecanismos: histórico conceitual e avanços recentes. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 20, n. 4, p. 1671–1694, dez. 2013.

CONSTANTINO, Reginaldo. **Termite Database**. Disponível em: <<http://termitologia.net>>. Acesso em: 7 ago. 2023.

DAWSON, Michael N.; JACOBS, David K. Molecular Evidence for Cryptic Species of *Aurelia aurita* (Cnidaria, Scyphozoa). **The Biological Bulletin**, v. 200, n. 1, p. 92–96, fev. 2001.

FITZPATRICK, B. M.; FORDYCE, J. A.; GAVRILETS, S. Pattern, process and geographic modes of speciation. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 22, n. 11, p. 2342–2347, nov. 2009.

HARTKE, Tamara R.; ROSENGAUS, Rebeca B. Heterospecific pairing and hybridization between *Nasutitermes corniger* and *N. ephratae*. **Naturwissenschaften**, v. 98, n. 9, p. 745–753, set. 2011.

HEBERT, Paul D. N. *et al.* Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly *Astraptes fulgerator*. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 101, n. 41, p. 14812–14817, 12 out. 2004.

- HOLMGREN, Nils. Versuch einer Monographie der amerikanischen Eutermes – Arten. **Jahrbuch der Hamburgischen Wissenschaftlichen Anstalten**, v. 27, p. 171–325, 1910.
- JÖRGER, Katharina M.; SCHRÖDL, Michael. How to describe a cryptic species? Practical challenges of molecular taxonomy. **Frontiers in Zoology**, v. 10, n. 1, p. 59, 2013.
- KALYAANAMOORTHY, Subha *et al.* ModelFinder: fast model selection for accurate phylogenetic estimates. **Nature Methods**, v. 14, n. 6, p. 587–589, jun. 2017.
- KATOH, K.; STANDLEY, D. M. MAFFT Multiple Sequence Alignment Software Version 7: Improvements in Performance and Usability. **Molecular Biology and Evolution**, v. 30, n. 4, p. 772–780, 1 abr. 2013.
- KEARSE, Matthew *et al.* **Geneious Basic: An integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data**. **Bioinformatics**, 2012.
- LAFFONT, Enrique R. Nest Architecture, Colony Composition and Feeding Substrates of *Nasutitermes coxipoensis* (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae) in Subtropical Biomes of Northeastern Argentina. **Sociobiology**, v. 59, n. 4, p. 1297–1313, 27 ago. 2014.
- LAVIKAINEN, Antti *et al.* Mitochondrial DNA data reveal cryptic species within *Taenia krabbei*. **Parasitology International**, v. 59, n. 2, p. 290–293, jun. 2010.
- MAYR, Ernst. **Animal Species and Evolution**: [S.l.]: Harvard University Press, 1963.
- MINH, Bui Quang *et al.* IQ-TREE 2: New Models and Efficient Methods for Phylogenetic Inference in the Genomic Era. **Molecular Biology and Evolution**, v. 37, n. 5, p. 1530–1534, 1 maio 2020.
- NIEMILLER, Matthew L.; FITZPATRICK, Benjamin M.; MILLER, Brian T. Recent divergence with gene flow in Tennessee cave salamanders (Plethodontidae: *Gyrinophilus*) inferred from gene genealogies. **Molecular Ecology**, v. 17, n. 9, p. 2258–2275, maio 2008.
- NOSIL, Patrik. Speciation with gene flow could be common. **Molecular Ecology**, v. 17, n. 9, p. 2103–2106, maio 2008.
- PONÇON, N. *et al.* Molecular Evidence for Similarity Between *Anopheles hyrcanus* (Diptera: Culicidae) and *Anopheles pseudopictus* (Diptera: Culicidae), Sympatric Potential Vectors of Malaria in France. **Journal of Medical Entomology**, v. 45, n. 3, p. 576–580, 1 maio 2008.
- PRESTWICH, Glenn D. Chemical Systematics of Termite Exocrine Secretions. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 14, p. 287–311, 1983.
- ROY, Virginie *et al.* Species delimitation and phylogeny in the genus *Nasutitermes* (Termitidae: Nasutitermitinae) in French Guiana. **Molecular Ecology**, v. 23, n. 4, p. 902–920, fev. 2014.
- SANTOS, Amanda Faria; CANCELLO, Eliana Marques; MORALES, Adriana Coletto. Phylogeography of *Nasutitermes ephratae* (Termitidae: Nasutitermitinae) in neotropical region. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 11656, 8 jul. 2022.

SCHEFFRAHN, Rudolf H. *et al.* Synonymy of two arboreal termites (Isoptera: Termitidae: Nasutitermitinae): *Nasutitermes corniger* from the Neotropics and *N. polygynus* from New Guinea. **Florida Entomologist**, v. 88, n. 1, p. 28–33, mar. 2005a.

SCHEFFRAHN, Rudolf H. *et al.* Synonymy of two arboreal termites (Isoptera: Termitidae: Nasutitermitinae): *Nasutitermes corniger* from the neotropics and *N. polygynus* from New Guinea. **Florida Entomologist**, v. 88, n. 1, p. 28–33, mar. 2005b.

SCHMIDT, Karen. **Distribuição Potencial de Espécies de Isoptera e Conservação do Cerrado**. Dissertação de Mestrado—Brasília: Universidade de Brasília, 2007.

SERVEDIO, Maria R. Geography, assortative mating, and the effects of sexual selection on speciation with gene flow. **Evolutionary Applications**, v. 9, n. 1, p. 91–102, jan. 2016.

THIELSCH, Anne *et al.* Divergent clades or cryptic species? Mito-nuclear discordance in a *Daphnia* species complex. **BMC Evolutionary Biology**, v. 17, n. 1, p. 227, dez. 2017.

THORNE, Barbara L. Differences in Nest Architecture Between the Neotropical Arboreal Termites *Nasutitermes Corniger* and *Nasutitermes Ephratae* (Isoptera: Termitidae). **Psyche: A Journal of Entomology**, v. 87, n. 3–4, p. 235–243, 1 jan. 1980.

VILELA, Diogo Silva *et al.* A further study on *Franciscobasis* Machado & Bedê, 2016 (Odonata: Coenagrionidae), a newly described genus from Minas Gerais, Brazil. **PLOS ONE**, v. 14, n. 10, p. e0223241, 8 out. 2019.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta dissertação, apresentamos contribuições para o conhecimento dos térmitas neotropicais, de forma ampla, abrangendo vários aspectos concernentes à termitologia, caminhando por áreas como taxonomia, biogeografia e biologia molecular, envolvendo térmitas de diferentes domínios morfoclimáticos brasileiros, como Amazônia, Caatinga e Floresta Atlântica.

A elaboração da primeira lista de espécies para o estado do Acre assume relevância fundamental para a conservação da Floresta Amazônica que permeia a região. Tal importância é sustentada tanto pela função ecológica vital que as espécies de térmitas desempenham nos ecossistemas locais quanto pelos primeiros registros de espécies para o Brasil ocorrendo no Acre. Essas contribuições oferecem uma base sólida para a implementação de medidas de conservação em parques e ambientes naturais, proporcionando embasamento e direcionamento mais precisos. Além disso, esses dados respaldam a formulação de políticas de preservação específicas para o estado do Acre.

Além de identificar as espécies presentes no Brasil, esta dissertação contribui significativamente para o entendimento da distribuição dos térmitas, incluindo novos registros de ocorrência no país e a identificação de locais adicionais onde a espécie *Cryptotermes havilandi*, reconhecida como praga e exótica, foi encontrada. Este conhecimento é de suma importância para monitorar a expansão dessa espécie no Brasil, especialmente em ambientes naturais. A presença de *C. havilandi* potencialmente pode representar uma ameaça significativa, uma vez que sua condição de espécie exótica sugere potenciais impactos adversos, como a competição com térmitas nativos. Portanto, o mapeamento preciso da distribuição dessa espécie em ambientes naturais não apenas amplia nosso entendimento da biodiversidade, mas também fornece informações cruciais para estratégias de conservação e manejo ambiental, visando mitigar os prováveis efeitos negativos associados à sua presença.

A sondagem da diversidade de térmitas é inextricavelmente associada a desafios taxonômicos, particularmente evidentes em determinados grupos. Nesta dissertação, a investigação da similaridade genética entre duas espécies, *Nasutitermes coxipoensis* e *N. ephratae*, valendo-se de marcadores moleculares mitocondriais e nuclear, chama a atenção para o problema da dificuldade taxonômica existente entre ambas. Apesar da resolução taxonômica clara em muitas espécies de térmitas, certos grupos enfrentam obstáculos substanciais na identificação e delimitação de espécies. Essa complexidade pode decorrer da presença de características morfológicas essencialmente indistinguíveis, caracterizando as

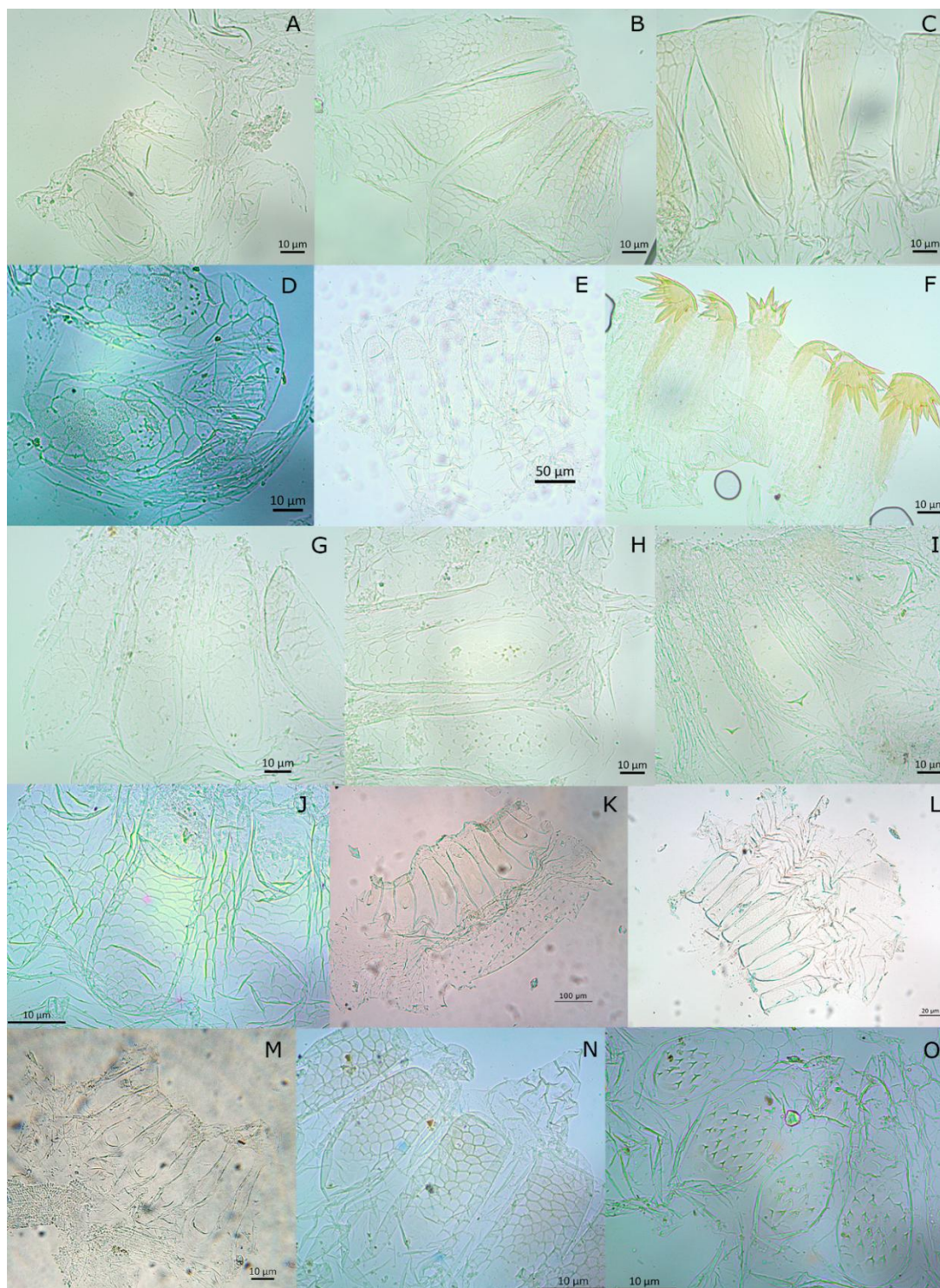
espécies crípticas, podendo estar acompanhada de similaridade genética, expressa pela sobreposição de perfis genéticos, conforme elucidado neste estudo com as duas espécies em foco. Os resultados que corroboram a equivalência genética dessas duas espécies constituem uma fundação substancial para orientar pesquisas subsequentes. Tal constatação proporciona um ponto de partida para o desenvolvimento de investigações adicionais, utilizando outras abordagens metodológicas, que possam explorar de maneira mais abrangente as nuances taxonômicas, garantindo, assim, uma base mais robusta para futuras decisões taxonômicas.

Em síntese, esse trabalho de dissertação não apenas expande o conhecimento científico sobre térmitas neotropicais, mas também destaca a relevância de abordagens integradas para compreender, conservar e manejar eficientemente a biodiversidade em diferentes ecossistemas brasileiros. Estes achados fornecem uma base sólida para futuras pesquisas e direcionam ações práticas na preservação de espécies e dos ambientes naturais.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Válvulas entéricas dos Apicotermitinae apresentados no Capítulo 1.

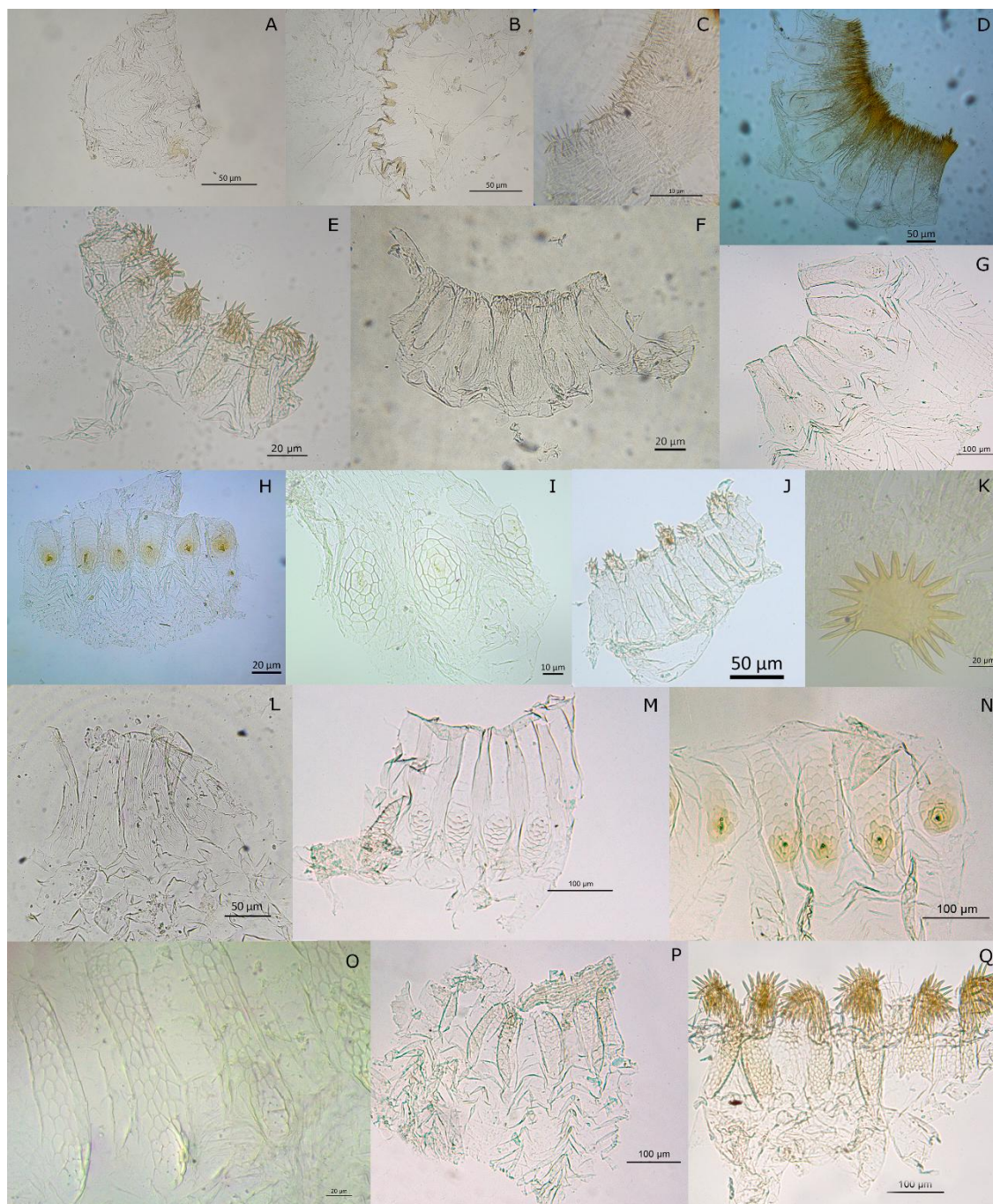
Figura A1 – Válvulas entéricas dos Apicotermitinae apresentados neste trabalho. Apicotermitinae sp.1 (A), Apicotermitinae sp.2 (B), Apicotermitinae sp.3 (C), Apicotermitinae sp.4 (D), Apicotermitinae sp.5 (E), Apicotermitinae sp.6 (F), Apicotermitinae sp.7 (G), Apicotermitinae sp.8 (H), Apicotermitinae sp.9 (I), Apicotermitinae sp.10 (J), Apicotermitinae sp.11 (K), Apicotermitinae sp.12 (L), Apicotermitinae sp.13 (M), Apicotermitinae sp.14 (N) e Apicotermitinae sp.15 (O).



Fonte: autoria própria.

APÊNDICE B – Válvulas entéricas e junção S/P3 (apenas A) dos Apicotermitinae apresentados no Capítulo 1.

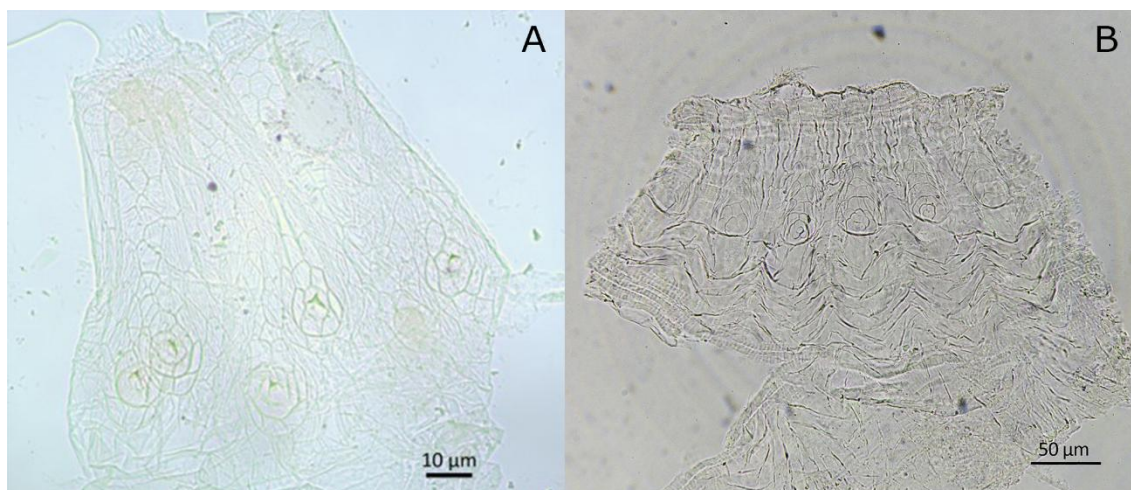
Figura A2 – Válvulas entéricas e junção S/P3 (apenas A) dos Apicotermitinae apresentados neste trabalho. *Compositermes vindai* (A, B), *Longustitermes manni* (C), *Hirsutitermes kanzakii* (D), *Patawatermes turricola* (E), *Rustitermes boteroi* (F), *Mangolditermes curveileum* (G), *Aparatermes silvestrii* (H), *Anoplotermes banksi* (I), *Kreckitermes daironi* (J), *Anoplotermes susanae* (K), *Anoplotermes aff. pacificus* (L), *Anoplotermes meridianus* (M), *Aparatermes thornatus* (N), *Disjunctitermes insularis* (O), *Hydrecoitermes kawaii* (P) e *Patawatermes nigripunctatus* (Q).



Fonte: autoria própria.

APÊNDICE C – Válvulas entéricas das morfoespécies de *Anoplotermes* apresentadas no Capítulo 1.

Figura A3 – Válvulas entéricas das morfoespécies de *Anoplotermes* apresentadas neste trabalho. *Anoplotermes* sp.1 (A) e *Anoplotermes* sp.2 (B).



Fonte: autoria própria.

APÊNDICE D – Vinte primeiros resultados do BLAST que corresponderam às sequências de *COI* e *COII* de *Cryptotermes havilandi*.

Tabela A1 – Vinte primeiros resultados do BLAST que corresponderam às sequências de *COI* e *COII* de *Cryptotermes havilandi*.

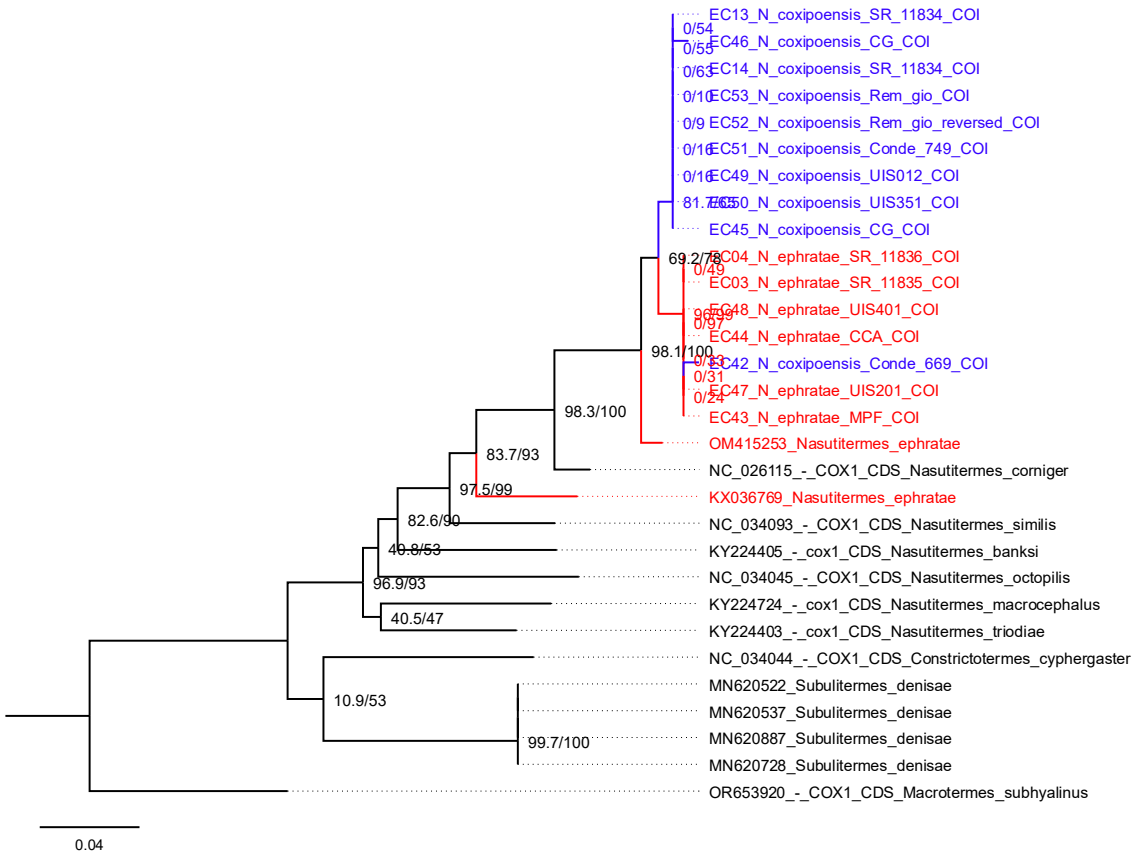
	BLAST result			
	Per. Ident	E value	Accession	Scientific name
<i>COI</i> - PB (OQ852745)	100.00%	0	OL469805	<i>Cryptotermes havilandi</i>
	99.70%	0	OM991433	<i>Cryptotermes havilandi</i>
	99.70%	0	OM991313	<i>Cryptotermes havilandi</i>
	99.70%	0	NC_056118	<i>Cryptotermes havilandi</i>
	99.54%	0	OM991316	<i>Cryptotermes havilandi</i>
	96.81%	0	OM991385	<i>Cryptotermes havilandi</i>
	87.39%	0	OM991334	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	87.41%	0	LC523999	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	87.41%	0	LC523996	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	87.10%	0	MT010558	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	87.10%	0	LC524000	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	87.10%	0	LC523995	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	87.10%	0	LC523994	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	87.10%	0	LC523993	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	86.95%	0	LC523998	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	86.95%	0	LC523997	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	86.65%	0	MT040345	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	86.49%	0	OM991399	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	86.32%	0	MT040337	<i>Cryptotermes brevis</i>
	86.32%	0	MK618724	<i>Cryptotermes brevis</i>
<i>COII</i> - PB (OQ865213)	99.71%	0	OM991433	<i>Cryptotermes havilandi</i>
	99.71%	0	OL469805	<i>Cryptotermes havilandi</i>
	99.56%	0	OM991316	<i>Cryptotermes havilandi</i>
	99.42%	0	OM991313	<i>Cryptotermes havilandi</i>
	99.42%	0	NC_056118	<i>Cryptotermes havilandi</i>
	97.39%	0	OM991385	<i>Cryptotermes havilandi</i>
	99.18%	0	FN377809	<i>Cryptotermes havilandi</i>
	89.70%	0	OM991334	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	89.70%	0	MT010558	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	89.55%	0	HQ012042	<i>Cryptotermes declivis</i>
	89.55%	0	HQ012041	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	89.11%	0	OM991399	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	89.22%	0	DQ493745	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	89.17%	0	MG333652	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	89.79%	0	JQ678601	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	89.51%	0	LC527395	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	89.51%	0	LC527392	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	89.51%	0	LC527391	<i>Cryptotermes domesticus</i>

	88.87%	0	EF442719	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	89.35%	0	LC527389	<i>Cryptotermes domesticus</i>
COI - BA (OQ852744)	99.84%	0	OL469805	<i>Cryptotermes havilandi</i>
	99.53%	0	OM991433	<i>Cryptotermes havilandi</i>
	99.53%	0	OM991313	<i>Cryptotermes havilandi</i>
	99.53%	0	NC_056118	<i>Cryptotermes havilandi</i>
	99.37%	0	OM991316	<i>Cryptotermes havilandi</i>
	96.68%	0	OM991385	<i>Cryptotermes havilandi</i>
	87.52%	0	OM991334	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	87.54%	0	LC523999	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	87.54%	0	LC523996	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	87.22%	0	MT010558	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	87.22%	0	LC524000	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	87.22%	0	LC523995	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	87.22%	0	LC523994	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	87.22%	0	LC523993	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	87.07%	0	LC523998	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	87.07%	0	LC523997	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	86.75%	0	MT040345	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	86.59%	0	OM991399	<i>Cryptotermes domesticus</i>
	86.30%	0	KP026283	<i>Cryptotermes secundus</i>
	86.32%	0	OM991398	<i>Cryptotermes</i> sp. 5 AB-2022a

Fonte: autoria própria.

APÊNDICE E – Árvore de máxima verossimilhança utilizando apenas o gene mitocondrial *COI*.

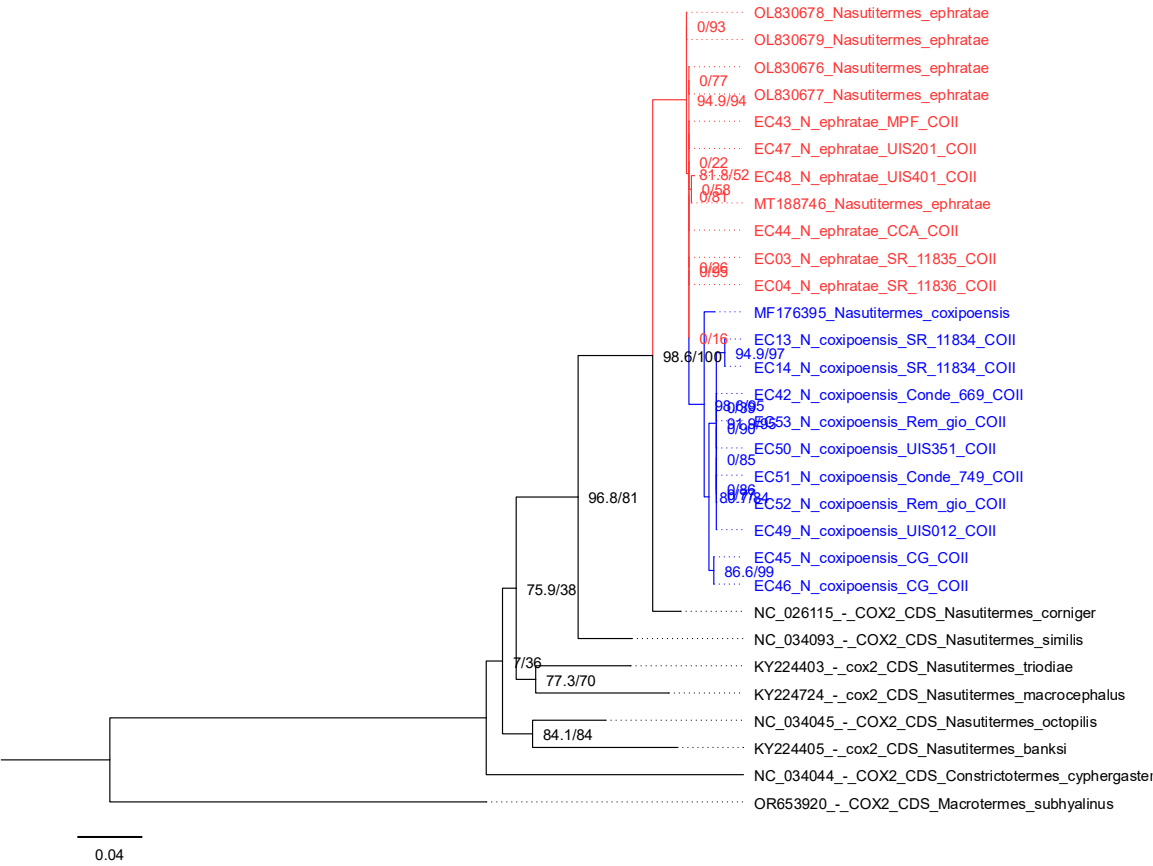
Figura A4 – Árvore de máxima verossimilhança utilizando apenas o gene mitocondrial *COI*. Ramos em azul para *Nasutitermes coxipoensis*, e ramos em vermelho para *Nasutitermes ephratae*.



Fonte: autoria própria.

APÊNDICE F – Árvore de máxima verossimilhança utilizando apenas o gene mitocondrial *COII*.

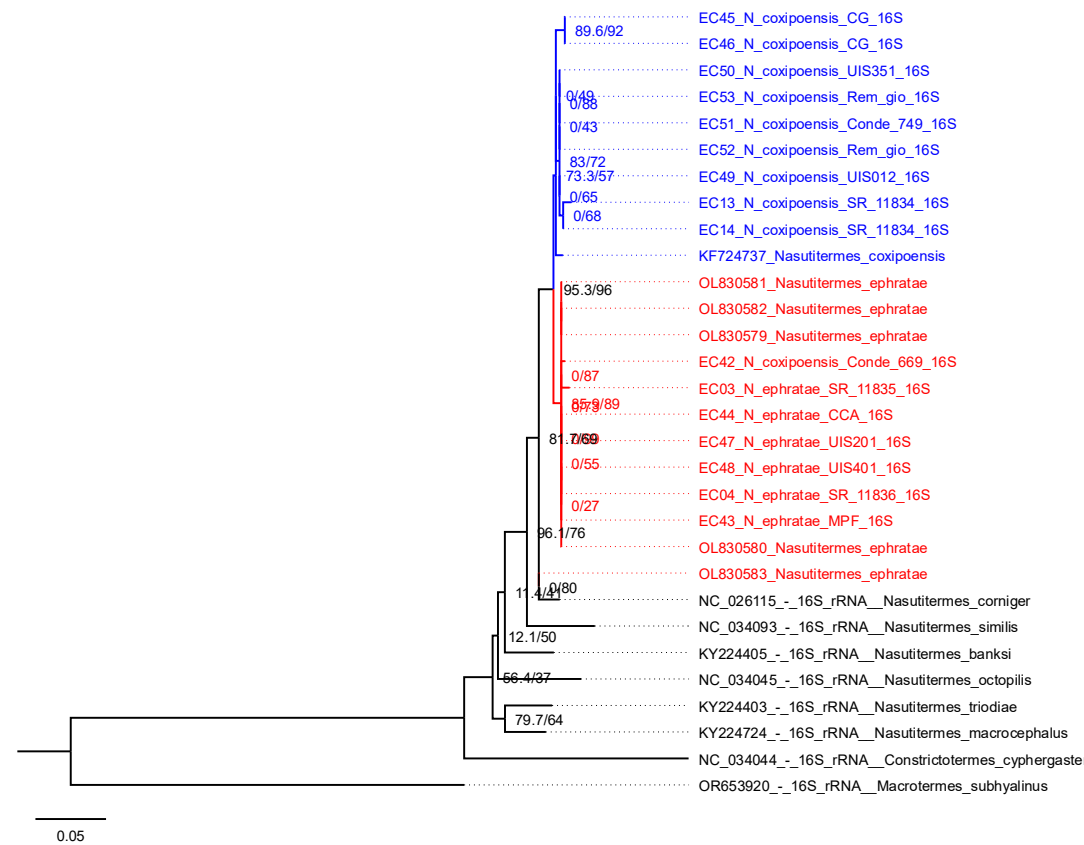
Figura A5 – Árvore de máxima verossimilhança utilizando apenas o gene mitocondrial *COII*. Ramos em azul para *Nasutitermes coxipoensis*, e ramos em vermelho para *Nasutitermes ephratae*.



Fonte: autoria própria.

APÊNDICE G – Árvore de máxima verossimilhança utilizando apenas o gene mitocondrial *16S*.

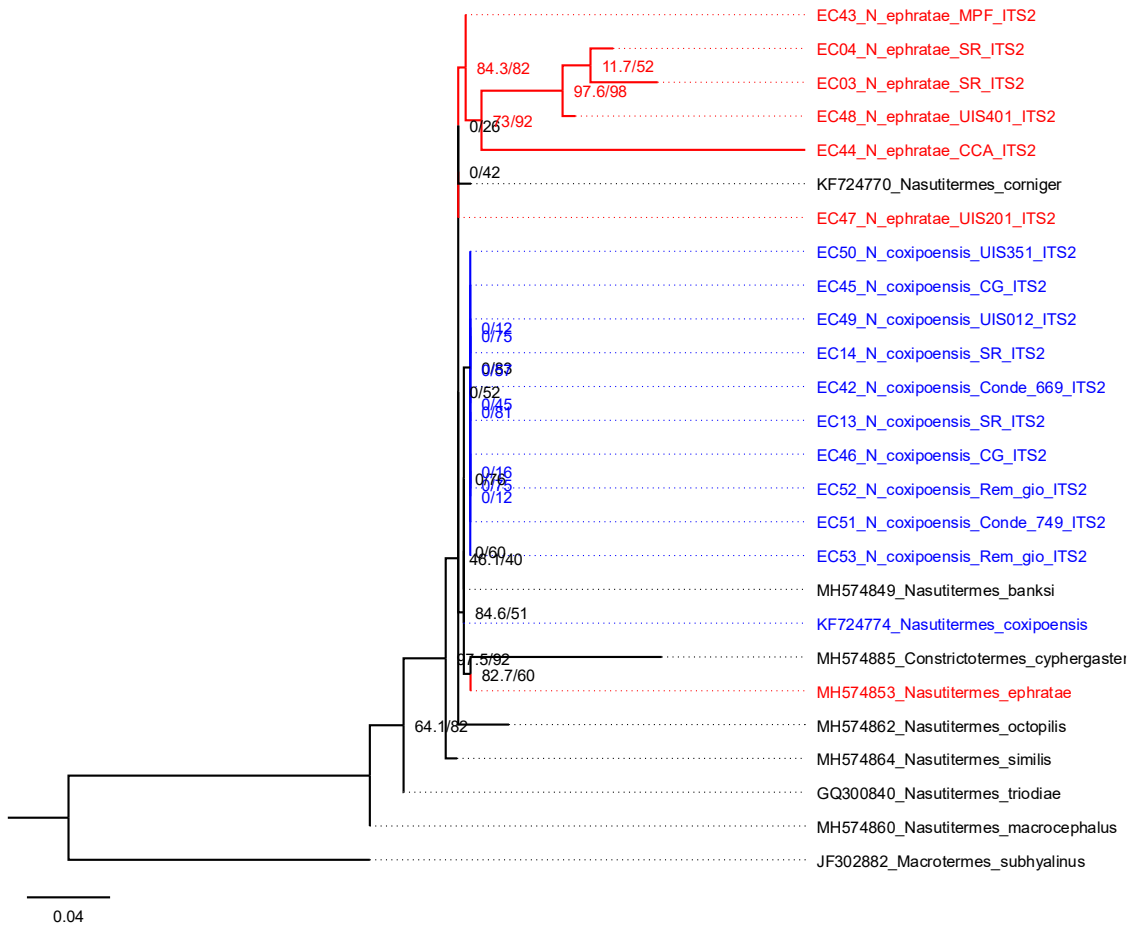
Figura A6 – Árvore de máxima verossimilhança utilizando apenas o gene mitocondrial *16S*. Ramos em azul para *Nasutitermes coxipoensis*, e ramos em vermelho para *Nasutitermes ephratae*.



Fonte: autoria própria.

APÊNDICE H – Árvore de máxima verossimilhança utilizando apenas o gene mitocondrial *ITS2*.

Figura A7 – Árvore de máxima verossimilhança utilizando apenas o gene mitocondrial *ITS2*. Ramos em azul para *Nasutitermes coxipoensis*, e ramos em vermelho para *Nasutitermes ephratae*.



Fonte: autoria própria.