

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL**

**RODRIGO FELIPE RODRIGUES DO CARMO**

**DIVERSIDADE, POTENCIAL INVASIVO E IMPORTÂNCIA  
FORENSE DE DÍPTEROS NECRÓFAGOS EM DOIS  
AMBIENTES INSULARES DE PERNAMBUCO**

**RECIFE 2014**

RODRIGO FELIPE RODRIGUES DO CARMO

**DIVERSIDADE, POTENCIAL INVASIVO E IMPORTÂNCIA FORENSE DE  
DÍPTEROS NECRÓFAGOS EM DOIS AMBIENTES INSULARES DE  
PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da Universidade Federal de Pernambuco, como um dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Biologia Animal.

Orientador: Prof. Dr. Simão Dias de Vasconcelos

Coorientador: Prof. Dr. José Roberto Pujol Luz

RECIFE, 2014

Catálogo na fonte

Elaine Barroso

CRB 1728

**Carmo, Rodrigo Felipe Rodrigues do**

**Diversidade, potencial invasivo e importância forense de dípteros necrófagos em dois ambientes insulares de Pernambuco/ Recife: O Autor, 2014.**

**79 folhas : il., fig., tab.**

**Orientador: Simão Dias de Vasconcelos**

**Coorientador: José Roberto Pujol Luz**

**Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Biológicas, Biologia Animal, 2014.**

**Inclui bibliografia e anexos**

**1. Mosca 2. Entomologia forense I. Vasconcelos, Simão Dias (orientador) II. Luz, José Roberto Pujol (coorientador) III. Título**

**595.77**

**CDD (22.ed.)**

**UFPE/CCB- 2014- 194**

RODRIGO FELIPE RODRIGUES DO CARMO

**DIVERSIDADE, POTENCIAL INVASIVO E IMPORTÂNCIA FORENSE DE  
DÍPTEROS NECRÓFAGOS EM DOIS AMBIENTES INSULARES DE  
PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada em **12 de fevereiro e  
aprovada** pela banca examinadora composta pelos  
seguintes membros:

**BANCA EXAMINADORA**

Orientador: \_\_\_\_\_

Dr. Simão Dias Vasconcelos  
Universidade Federal de Pernambuco

I Examinador: \_\_\_\_\_

Dra. Margareth Maria de Carvalho Queiroz  
Fundação Oswaldo Cruz – Rio de Janeiro

II Examinador: \_\_\_\_\_

Dra. Luciana Iannuzzi  
Universidade Federal de Pernambuco

III Examinador: \_\_\_\_\_

Dr. José Roberto Botelho de Souza  
Universidade Federal de Pernambuco

I Suplente: \_\_\_\_\_

Dr. Gilberto Gonçalves Rodrigues  
Universidade Federal de Pernambuco

II Suplente: \_\_\_\_\_

Dr. Wendel José Teles Pontes  
Universidade Federal de Pernambuco

*Àqueles que  
concentraram todos os seus esforços  
em minha formação,  
sendo até hoje minha base,  
dedico; **João Laurindo e Kátia Rejane***

## AGRADECIMENTOS

*A priori* agradeço a Deus, por me propiciar, em todos os dias, uma relação maravilhosa com a vida. E unido a Ele posso aclamar muitas vitórias!

Ao meu Pai e grande conselheiro João Laurindo, não apenas pela dedicação em todos esses anos voltada para a melhoria na minha educação, mas pela forte companhia e presença em TODOS os momentos importantes de minha vida. À minha melhor amiga e Mãe, Kátia Rejane agradeço por todos os ensinamentos de vida, sem ela não conseguiria ser o ser que hoje sou. À minha agridoce irmã, Raiana Rodrigues, por me propiciar momentos maravilhosos de alegrias e de reflexões, mas muitas vezes estressantes! À minha segunda mãe, a melhor madrinha de todos os tempos, Anaelise Cândido. Impossível expressar toda a minha gratidão por ela em poucas palavras, mas posso dizer, de coração, que ela faz parte de todo o meu desenvolvimento como pessoa!

À Julliana Barretto, meu melhor presente deste ano e “meu melhor plano para o futuro”. Grande incentivadora do meu sucesso, não me deixando esmaecer em nenhum momento, sendo sempre meu apoio em todos os momentos, deixo meu muito obrigado!

Agradeço aos “necrophagous” Thiago Soares, que mesmo com sua tagarelice, não me deixando (nunca!) falar esteve presente grande parte do tempo nessa jornada me auxiliando e aconselhando em muitos aspectos do trabalho, amigo que construí; Taciano Moura (ã?!), que com toda sua *paraibaneidade* sempre esteve disposto a me ajudar mesmo quando não podia, sem ele esse trabalho estaria na metade; Diego Oliveira, colega de trabalho, diretor de fotografia, chefe de edição e nas horas vagas ecólogo, por todo o apoio no desenvolvimento do meu trabalho e por conseguir, com o seu exuberante sarcasmo, deixar o ambiente de trabalho muito descontraído; Fêr, Fernanda Ito, que chegou pra ficar de vez, estimulando e auxiliando no meu conhecimento em marés nunca antes navegadas; Leonardo Pereira, dedicado ao trabalho, mas sempre disposto a me ver sorrir, pelas suas palhaçadas, e pelo fundamental auxílio agradeço; Raissa Guerra, fazendo jus ao nome, guerreira e quase um homem nas coletas, agradeço pela essencial ajuda; Diogo Oliveira pelo excepcional apoio e ajuda nas coletas no arquipélago, mas também pelos momentos de diversão e tensão! E por

último mas não menos importante, à Taynã, “the international necrophagous”, pela ajuda nas identificações e por todo seu empenho e apoio!

Agradeço também à Roberta Salgado pela paciência e dedicação na minha iniciação aos insetos necrófagos.

Ao Professor José Roberto Pujol Luz, agradeço pela confiança e paciência em me aceitar como um de seus alunos, pela coorientação, pelos ensinamentos da taxonomia e bases ecológicas dos dípteros necrófagos.

Agradeço à toda equipe docente do Programa de Pós Graduação em Biologia Animal por fazer parte de um processo importante no meu desenvolvimento cognitivo. Com especial atenção ao professor José Roberto Botelho, que com o seu jeito, digamos peculiar de ser, me estimulou muito a buscar novas perspectivas para o desenvolvimento do meu trabalho; ao professor Paulo Santos, por desenvolver em mim uma autocrítica quase que ferrenha; ao professor André Esteves por toda a presteza e solidariedade; à professora Luciana Iannuzzi, por simplesmente ser o que é! Me amparando sempre com um grande sorriso e disposta a ajudar em todos os momentos! Como uma extensão ao PPGBA agradeço à Aurenice Guerra, a mais sorridente secretária dessa universidade, que me auxiliou muito nas dificuldades burocráticas, deixando-as quase sempre imperceptíveis.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), agradeço pelo suporte financeiro, concedendo a bolsa de estudos e parte do financiamento do projeto. Bem como ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade pelas autorizações legais, em especial ao Chefe do PARNAMAR de Fernando de Noronha, Ricardo Araújo, pelo auxílio e cooperação nas coletas no arquipélago.

À Administração do distrito de Fernando de Noronha pelo apoio logístico, especialmente ao Sr. Jorge que me deu livre acesso ao transporte das cargas biológicas, deixo meu sincero agradecimento.

Ao meu grande tio Genivaldo (Val) morador da Ilha de Fernando de Noronha, agradeço pelo apoio prestado e toda atenção em todas as minhas estadas na ilha.

Por fim, mas não menos importante...

... àquele que sempre me incentivou a procurar o melhor Rodrigo que existe dentro de mim, àquele que conviveu e dedicou todos esses anos me ensinando a arte de fazer ciência, àquele que em certos (vários) momentos me fez dar um nó na cabeça por divergências em pensamentos, mas que sempre almejava o melhor, àquele que deixava escapar um sincero elogio depois de um duro carão! Àquele que, enfim, posso dizer que considero, também como um amigo, agradeço de uma forma muito especial! Ao meu grande Orientador e amigo Simão Vasconcelos, agradeço de todo o coração pela sincera companhia, confiança e dedicação na minha formação como um cientista. Espero que essa parceria se consolide ainda mais e que possamos comemorar muitas conquistas juntos. Enfim, deixo aqui meu muito obrigado!

*Todo ponto de vista é  
Apenas a vista de um ponto*

*Leonardo Boff*

Ambientes insulares funcionam como verdadeiros laboratórios à céu aberto para estudos envolvendo processos ecológicos e evolutivos, estando os primeiros responsáveis por destacar o papel dos principais fatores que predizem a diversidade da ilha. Dessa forma os estudos sobre comunidades de moscas necrófagas em ilhas com diferentes origens, graus de isolamento e ocupação humana, são indispensáveis para a compreensão mais completa da dinâmica de comunidades insulares. Moscas (Insecta, Diptera) compõem uma importante, mas subestimada porção da biodiversidade do nosso planeta, com mais de 124 mil espécies descritas. No entanto em ambientes insulares brasileiros essa diversidade é pouco conhecida. Portanto, objetivou-se de uma maneira geral caracterizar as assembleias de dípteros necrófagos em dois tipos de ambientes insulares de Pernambuco, analisando a diversidade, ocorrência de espécies invasoras e o potencial forense das espécies, bem como a importância médica sanitária de algumas espécies. Para tanto, as coletas ocorreram na Ilha de Itamaracá e na Ilha de Fernando de Noronha. Em ambas, seis pontos de coleta foram selecionados, categorizados de acordo com o grau de influência antrópica. Em cada ponto um conjunto com seis armadilhas foram instaladas, sendo três iscadas com peixe e três iscadas com fígado de frango, ambos em estágio inicial de decomposição. As coletas foram feitas em duas estações (seca e chuvosa) e as armadilhas ficaram expostas no ambiente por oito dias, sendo feitas coleta e substituição das iscas a cada 48 h. Para a caracterização das assembleias, bem como para comparação entre elas, indicadores ecológicos como riqueza, abundância, frequência relativa, dominância e constância, foram avaliados. Além de serem calculados os índices de diversidade e equitabilidade de Shannon e Pielou respectivamente. Um total de 123.012 dípteros adultos foi registrado, dos quais 94,7% são pertencentes as famílias Calliphoridae e Sarcophagidae juntas. A ilha de Fernando de Noronha foi caracterizada pela baixa riqueza das duas famílias com 4 e 3 espécies das famílias Calliphoridae e Sarcophagidae, respectivamente, no entanto uma grande abundância foi vista com cerca de 100.500 indivíduos amostrados. Itamaracá, por outro lado, foi mais rica, com um total de 20 espécies amostradas, porém com uma abundância reduzida, cerca de 11 mil indivíduos amostrados. O gênero invasor foi detectado nos dois ambientes, no entanto a composição das espécies foi diferente, com apenas *Chrysomya megacephala* presente nas duas ilhas, ao ponto que em Itamaracá as outras duas espécies congêneras também foram amostradas (*C. albiceps* e *C. putoria*). Para a família Sarcophagidae as iscas a base de peixe foram mais atrativas, tanto para Fernando de Noronha ( $\chi^2 = 401,999$ ;  $P < 0,0001$ ; g.l. = 1), quanto para Itamaracá ( $\chi^2 = 204,366$ ;  $P < 0,0001$ ; g.l. = 1). Com relação ao fator antropização, não houve um claro padrão de similaridade entre as praias, tanto para Fernando de Noronha, quanto para Itamaracá. Na ilha oceânica, uma clara dominância foi observada para a família Sarcophagidae ( $S_{BIA} = 0,861$   $S_{MIA} = 0,888$   $S_{AIA} = 0,972$ ), sendo esse padrão de dominância claro para a família Calliphoridae em Itamaracá ( $S_{BIA} = 0,741$   $S_{MIA} = 0,773$   $S_{AIA} = 0,799$ ). Tanto Fernando de Noronha quanto Itamaracá apresentaram uma baixa diversidade nos três graus de influência antrópica.

## ABSTRACT

---

Island environments operate as true open-air laboratories for studies involving ecological and evolutionary processes, being primarily responsible for highlighting the role of the main factors that predict the diversity of the island. Thus studies on the community of necrophagous flies on islands with different origins, degrees of isolation and human occupation, are essential for a more complete understanding of the dynamics of island communities. Flies (Insecta, Diptera) comprise an important but underestimated portion of the biodiversity of our planet, with more than 124,000 described species. However, in Brazilian's island such diversity is poorly known. Therefore, this study aimed was to characterize the assemblies of carrion flies in two types of island environments of Pernambuco, analyzing the diversity, occurrence of invasive species and species of potential forensic, medical and sanitary importance of some species. To this end, the collections occurred in Itamaracá and the island of Fernando de Noronha. In both Six sampling points were selected, categorized according to the degree of anthropogenic impact. At each point a set with six traps were installed, three baited with fish and three baited with chicken liver, both in early stages of decomposition. Collections were made in two (dry and wet) stations and traps were exposed in the environment for eight days, collecting and replacing the baits being made every 48 h. For the characterization of the assemblies, as well as to compare, ecological indicators such as wealth, abundance, relative frequency, dominance and constancy, have been assessed. In addition to being calculated indices of diversity and evenness and Shannon evenness respectively. A total of 123,012 adult flies were recorded, of whom 94.7% belong to the Calliphoridae and Sarcophagidae families together. The island of Fernando de Noronha was characterized by low richness of two families with 4 and 3 species of the families Calliphoridae and Sarcophagidae, respectively, however an abundance of views about 100,500 individuals sampled. Itamaraca, on the other hand, is richer, a total of 20 species sampled, but with a lower abundance, about 11 thousand individuals sampled. The invader genus was detected in both environments, however the species composition was different, with only *Chrysomya megacephala* present on both islands, to the point that Itamaracá other two congeneric species were also sampled (*C. albiceps* e *C. putoria*). For the family Sarcophagidae baits with fish were more attractive, both to Fernando de Noronha ( $\chi^2 = 401.999$ ,  $P < 0.0001$ ,  $df = 1$ ), and for Itamaracá ( $\chi^2 = 204.366$ ,  $P < 0.0001$ ,  $df = 1$ ). Regarding the anthropic factor, there was no clear pattern of similarity between the beaches, both Fernando de Noronha, and for Itamaracá. In oceanic island, a clear dominance was observed for the family Sarcophagidae ( $S_{BIA} = 0,861$   $S_{MIA} = 0,888$   $S_{AIA} = 0,972$ ), and this pattern of clear dominance for the family Calliphoridae Itamaracá  $S_{BIA} = 0,741$   $S_{MIA} = 0,773$   $S_{AIA} = 0,799$ . Both Fernando de Noronha as Itamaracá showed a low diversity in the three levels of anthropogenic impact.

## LISTA DE FIGURAS

---

- Figura 1.** Mapa de Fernando de Noronha elucidando as respectivas áreas de coleta: AU: Área Urbana; BG: Baía dos Golfinhos; MS: Mangue do Sueste; PA: Praia da Atalaia; PC: Praia do Cachorro; PS: Ponta da Sapata.....23
- Figura 2.** Mapa de Itamaracá elucidando as respectivas áreas de coleta: AU: Área Urbana; BO: Bosque; CO: Coqueiral; MA: Mangue; P1: Praia 1; P2: Praia 2.....25
- Figura 3.** a) Modelo esquemático do *grid* amostral; b) Armadilha de Ferreira (1978) – Adaptada. ....26
- Figura 4.** Curva de acumulação espécie/amostra observada para a família Calliphoridae na ilha de Fernando de Noronha com os estimadores de riqueza Chao1 e Jacknife1.....31
- Figura 5.** Curva de acumulação espécie/amostra observada para a família Sarcophagidae na ilha de Fernando de Noronha com os estimadores de riqueza Chao1 e Jacknife1.....31
- Figura 6.** Curva de acumulação espécie/amostra observada para a família Calliphoridae na ilha de Itamaracá com os estimadores de riqueza Chao1 e Jacknife1.....32
- Figura 7.** Curva de acumulação espécie/amostra observada para a família Sarcophagidae na ilha de Itamaracá com os estimadores de riqueza Chao1 e Jacknife1.....32
- Figura 8.** Proporção de *Chrysomya megacephala* e *Cochliomyia macellaria* em Fernando de Noronha sob os diferentes Graus de Influência Antrópica: (1) Baixa Influência Antrópica; (2) Moderada Influência Antrópica e (3) Alta Influência Antrópica; com os respectivos erros padrão.....36
- Figura 9.** Proporção de *Peckia (Peckia) chrysostoma*, *Oxysarcodexia thornax* e *Tricharaea (Sarcophagula) occidua*, em Fernando de Noronha sob os diferentes Graus de Influência Antrópica: (1) Baixa Influência Antrópica; (2) Moderada Influência Antrópica e (3) Alta Influência Antrópica; com os respectivos erros padrão.....36
- Figura 10.** Proporção de *Chrysomya megacephala*, *Chrysomya albiceps* e outros califorídeos amostrados em Itamaracá sob os diferentes Graus de Influência Antrópica: (1) Baixa Influência Antrópica; (2) Moderada Influência Antrópica e (3) Alta Influência Antrópica; com os respectivos erros padrão.....38

**Figura 11.** Dendrograma de Análise de Agrupamento (Cluster) utilizando a matriz de similaridade de Bray-Curtis para os ambientes amostrados na ilha de Fernando de Noronha. ATA: Praia da Atalaia; CAC: Praia do Cachorro; GOL: Baía dos Golfinhos; REM: Vila dos Remédios (área Urbana); SAP: Ponta da Sapata; SUE: Mangue do Sueste.....39

**Figura 12.** Dendrograma de Análise de Agrupamento (Cluster) utilizando a matriz de similaridade de Bray-Curtis para os ambientes amostrados na ilha de Itamaracá. BOS: Bosque; COC: Coqueiral; MAN: Mangue; PR1: Praia 1; PR2; URB: Área Urbana.....41

**Figura 13.** Ranking de dominância para as espécies da família Calliphoridae em Fernando de Noronha em áreas sob diferentes Graus de Influência Antrópica.....44

**Figura 14.** Ranking de dominância para as espécies da família Sarcophagidae em Fernando de Noronha em áreas sob diferentes Graus de Influência Antrópica.....44

**Figura 15.** Ranking de dominância para as espécies da família Calliphoridae em Itamaracá em áreas sob diferentes Graus de Influência Antrópica. Com ênfase nas duas espécies codominantes *Chrysomya megacephala* e *Chrysomya albiceps*.....45

**Figura 16.** Ranking de dominância para as espécies da família Sarcophagidae em Itamaracá em áreas sob diferentes Graus de Influência Antrópica. *O.amo:* *Oxysarcodexia amorosa*; *O.cul:* *Oxysarcodexia culmiforceps*; *O.int:* *Oxysarcodexia intona*; *O.tim:* *Oxysarcodexia timida*; *P.ang:* *Peckia (E) anguilla*; *P.chr:* *Peckia (P) chrysostoma*; *T.occ:* *Tricharaea (S) occidua*.....45

## **LISTA DE TABELAS**

---

- Tabela 1.** Abundância e frequência relativa (Fr) das principais famílias de dípteros necrófagos amostradas em Fernando de Noronha (FN) e Itamaracá (ITA).....29
- Tabela 2.** Espécies das famílias Calliphoridae e Sarcophagidae amostradas nas ilhas de Fernando de Noronha e Itamaracá: Abundância e Frequência Relativa (FR em %). N amostral = 216 / ilha.....30
- Tabela 3.** Abundância das espécies amostradas das famílias Calliphoridae e Sarcophagidae por tipo de isca (Fígado de Frango e Peixe) nas duas ilhas, Fernando de Noronha e Itamaracá.....33
- Tabela 4.** Abundância e frequência relativa (Fr) das espécies de Calliphoridae e Sarcophagidae, na ilha de Fernando de Noronha, sob diferentes graus de antropização; Praia da Atalaia (PA), Ponta da Sapata (PS), Baía dos Golfinhos (BG), Mangue do Sueste (MS), Área Urbana (AU) e Praia do Cachorro (PC).....35
- Tabela 5.** Abundância e frequência relativa (Fr) das espécies de Calliphoridae e Sarcophagidae, na ilha de Itamaracá, sob diferentes graus de antropização: Coqueiral (CO); Bosque (BO); Praia 1 (P1); Mangue (MA); Praia 2 (P2) e Área Urbana (AU).....37
- Tabela 6.** Valores e categorias de Constância das espécies de Calliphoridae e Sarcophagidae amostradas sob diferentes graus de antropização na ilha de Fernando de Noronha.....40
- Tabela 7.** Valores e categorias de Constância das espécies de Calliphoridae e Sarcophagidae amostradas sob diferentes graus de antropização na ilha de Itamaracá.....42
- Tabela 8.** Diversidade de Shannon-Wiener (H') e Equitabilidade de Pielou (J) das famílias Calliphoridae e Sarcophagidae amostrados em Fernando de Noronha e Itamaracá sob os diferentes graus de antropização: BIA: Baixa Influência Antrópica; MIA: Moderada Influência Antrópica e AIA: Alta Influência Antrópica.....43

1. Introdução	14
1.1. Biogeografia e Ambientes Insulares	14
1.2. Dípteros Necrófagos e Entomologia Forense	16
2. Objetivos e Hipóteses	20
2.1. Objetivo Geral	20
2.2. Objetivos Específicos	20
2.3. Hipóteses	20
3. Materiais e Métodos	22
3.1. Área de Estudo	22
3.2. Coleta e Identificação dos Insetos	25
3.3. Análise de Dados	27
4. Resultados	29
4.1. Aspectos Gerais da Abundância e Riqueza (Calliphoridae e Sarcophagidae)	29
4.2. Potencial Atrativo das Iscas	33
4.3. Gradiente de Influência Antrópica (GIA)	34
4.4. Aspectos Ecológicos das Assembleias	39
5. Discussão	46
5.1. Composição de Espécies e GIA	46
5.2. Aspectos da Bioinvasão e Conservação	51

5.3. Contribuições para Entomologia Forense	55
6. Considerações Finais	59
7. Referências Bibliográficas	60
Apêndice	70
Anexos	78

### 1.1. *Biogeografia e Ambientes Insulares*

A biogeografia é o estudo da distribuição geográfica de táxons e seus atributos no espaço e no tempo (HAUSDORF & HENNIG, 2007). Essa ciência busca entender o dinâmico cenário de causas e consequências do espaço geográfico e dos organismos ao longo do tempo, através do reconhecimento de padrões de ocorrência dos táxons, sendo possível hipotetizar processos importantes na configuração passada e atual da biodiversidade (MORRONE, 2004). Subordinada a outras áreas de conhecimento até pouco tempo atrás, a biogeografia é atualmente entendida como disciplina com seus próprios fundamentos e técnicas (NIHEI, 2006). Cada vez mais seus métodos têm sido utilizados para a compreensão do padrão da distribuição das espécies em um sentido global, sendo importante intercessora de outras áreas do conhecimento (DONOGHUE & MOORE, 2003).

Nas duas últimas décadas a biogeografia tem sofrido uma extraordinária renovação teórica e metodológica. Morrone & Crisci (1995) consideram que a biogeografia esteja passando por uma revolução acerca de sua fundação, conceitos básicos, métodos e interação com outras disciplinas. Esta integração permite que a biogeografia possa ser constituída de basicamente dois eixos, a biogeografia histórica e ecológica (MORRONE, 2009). A primeira analisa os padrões de espécies e taxa supraespecíficas, em grandes escalas espaciais e temporais, sendo mais interessada nos processos que acontecem ao longo de grandes períodos de tempo. Por outro lado, a biogeografia ecológica visa analisar padrões populacionais, em pequenas escalas espaço-temporais, levando em conta as interações bióticas e abióticas que acontecem em um curto período de tempo, conceito amplamente aplicado em ambientes insulares (MORRONE, 2009).

Arquipélagos isolados podem servir como laboratórios naturais para estudos envolvendo processos ecológicos e evolutivos (MacARTHUR & WILSON, 1967; GRANT, 1998). Estudos ecológicos destacam o papel dos dois principais fatores que predizem a diversidade da ilha: tamanho e isolamento, sendo as ilhas maiores associadas a uma menor extinção (TOFT & SCHOENER, 1983), enquanto ambientes insulares isolados estão associados com uma imigração reduzida (SIMBERLOFF & WILSON, 1969). Estudos sobre ilhas remotas têm destacado fenômenos como radiação adaptativa, com a imigração de diferentes espécies que estão sendo largamente substituídas por especiação (SIMON &

SUGDEN, 1987). Deste modo, se a diversidade resulta da imigração ou evolução, ilhas maiores aportam um maior número de espécies (GILLESPIE & RODERICK, 2002).

A teoria de colonização insular proposta por MacArthur & Wilson (1967) admite que a riqueza específica de uma determinada ilha resulta de um equilíbrio dinâmico entre as taxas de imigração e de extinção. Em seu modelo, MacArthur & Wilson (1967) preveem uma diferença entre a relação que liga a superfície do ambiente insular e o número de espécies presentes. A taxa de imigração decresce em consequência da intensificação de fenômenos como predação e competição, podendo esses processos ocasionarem possíveis extinções principalmente em ilhas de porte reduzido (KREBS, 2001). Deste modo, as ilhas continentais, geralmente mais próximas aos continentes do que as ilhas “verdadeiras”. apresentam um maior fluxo de imigrantes e residentes temporários com maior diversidade quando comparada às ilhas oceânicas. Estas apresentam taxa de extinção mais elevada, que aumenta quando a superfície da ilha diminui. Porém a significação biológica das variações dessa relação foi discutida e questionada (MAY, 1975).

Esse modelo de biogeografia de ilhas permite fazer três tipos de previsões: o número de espécies de uma ilha é mais ou menos constante; espécies desaparecem e essas extinções são compensadas por imigrações, e, por fim, a taxa de renovação das espécies varia em sentido inverso à superfície da ilha (DAJOZ, 2005). Outros fatores, além da superfície da ilha e do seu isolamento geográfico podem intervir na determinação da riqueza local. A idade avançada da ilha permite uma longa evolução e diferenciação das espécies endêmicas, contribuindo para o aumento da riqueza local, além dessa riqueza ser inversamente proporcional à latitude máxima atingida (DAJOZ, 2005).

Ilhas continentais são aquelas que, de alguma forma, já estiveram ligadas ao continente e podem ter surgido a partir da separação de porções do continente por erosão de uma península primitiva ou de variações do nível do mar durante os períodos glaciais (GILLESPIE et al., 2008). A área geralmente pequena desses ambientes e o isolamento geográfico são características que influem na diversidade da biota, assim como a riqueza em espécies do continente ou áreas vizinhas.

As ilhas oceânicas são ambientes distantes da costa e com limitada porção emersa; o processo de endemismo da biota nesse ambiente é produto da dispersão oceânica das espécies, já que estas ilhas nunca estiveram conectadas com o continente (COWIE & HOLLAND, 2006). Assim, apesar dos riscos representados pelas mudanças climáticas, as espécies invasoras e a perda de habitat são as principais ameaças, em curto prazo, à biodiversidade das ilhas oceânicas brasileiras. Os principais impactos das espécies invasoras sobre as nativas estão

relacionados à exclusão competitiva, deslocamento de nichos, hibridização, predação e extinção. A maior parte das evidências conhecidas destes impactos no mundo ocorreu em ilhas (MOONEY & CLELAND, 2001), embora nenhum estudo focalizasse assembleias de espécies necrófagas.

O interesse atual na biogeografia de ilhas foi iniciado pelos trabalhos pioneiros de MacArthur e Wilson (1967), sendo largamente estimulados por estudos envolvendo aves. O arcabouço teórico construído a partir do estudo de aves pode ser aplicável a outros seres vivos, como insetos, e, mais particularmente, dípteros necrófagos. A relação direta entre a produção e a utilização dos recursos tornando as populações intimamente limitadas pelo recurso em questão (HANSKI, 1977). Dessa forma, os estudos sobre a comunidade de moscas necrófagas em ilhas com diferentes origens, graus de isolamento e ocupação humana, são indispensáveis para a compreensão mais completa da dinâmica de comunidades insulares.

As principais famílias de dípteros que atuam diretamente na utilização do recurso em decomposição, seja como alimento ou utilizando-o como sítio de cópula e oviposição, são também destacadas pelo sua potencialidade como vetores de patógenos (MONZON et al., 1991; SUKONTASON et al., 2007). Dentre elas, quatro famílias (Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae e Fanniidae) estão diretamente associadas à utilização do recurso efêmero para diversos fins, sendo representadas por espécies associadas diretamente com carcaças/cadáveres (BYRD & CASTNER, 2010). Destacam-se a família Calliphoridae, que inclui as moscas popularmente conhecidas como varejeiras, com cerca de 100 espécies distribuídas em sete subfamílias (KOSMANN et al., 2013), sendo a maioria de importância médica, veterinária e sanitária (GUIMARÃES & PAPAVERO, 1999), e a família Sarcophagidae, a qual apresenta uma grande diversidade, sendo conhecidas cerca de 750 espécies para a região Neotropical.

## **1.2. Dípteros Necrófagos e a Entomologia Forense**

Diptera (Insecta) compõem uma importante, mas subestimada porção da biodiversidade do nosso planeta. Com cerca de 160 mil espécies descritas, e muitas a serem descobertas, formam um dos grupos mais diversos na Terra (THOMPSON, 2013). Esta diversidade está associada a uma enorme variedade de hábitos alimentares, que inclui a necrofagia. Para Smith (1986) essa fauna pode ser classificada de acordo com a potencial utilização desse recurso efêmero em: *necrófagos*, cujos adultos e/ou imaturos utilizam o

recurso como fonte alimentar ou estimulante para cópula e oviposição; *onívoros*, aqueles que se alimentam tanto da carcaça, quanto da fauna associada ou ainda de outros substratos; *predadores e parasitoides*, os quais utilizam os insetos associados ao recurso como sua fonte de alimentação e por fim os *acidentais*, que se encontram no cadáver por acaso, como extensão do seu habitat normal.

Além de sua importância ecológica – pelo processo de decomposição da matéria orgânica animal – os insetos necrófagos representam uma importante ferramenta nos processos de investigação criminal, permitindo aos peritos estimar através da presença e frequência desses insetos, bem como da bionomia dos seus estágios imaturos, o intervalo pós-morte (AMENDT et al., 2007). Além dessa estimativa, tais insetos podem ser usados como evidência ou prova física sobre movimentação do corpo, o que requer profundo conhecimento sobre a ecologia e biogeografia de cada espécie (CATTS & GOFF, 1992; BYRD & CASTNER, 2010). Deste modo, a Entomologia Forense é a aplicação do conhecimento sobre insetos e outros artrópodes associados a diversas questões criminais (PUJOL-LUZ et al., 2008). Dentre os insetos associados a eventos criminais destacam-se quatro famílias de dípteros necrófagos que detêm uma relação direta com o recurso, sendo elas as famílias Fanniidae, Muscidae, Calliphoridae e Sarcophagidae.

Para a família Fanniidae são conhecidas apenas 285 espécies, distribuídas em quatro gêneros (CARVALHO et al., 2003). Na região Neotropical, ocorrem 79 espécies pertencentes a dois gêneros, *Fannia* e *Euryomma* (CARVALHO et al., 2012). São moscas pequenas com adultos variando de 2,5 a 7 mm de comprimento, geralmente de coloração cinza a negra (ALBUQUERQUE et al., 1981). Os estágios imaturos geralmente se alimentam de matéria orgânica em decomposição, sendo algumas espécies causadoras de miíases urogenital ou intestinal em homens e animais (GUIMARÃES & PAPAVERO, 1999). Sua relação com cadáveres humanos tem sido reconhecida recentemente. Por exemplo, em Jabotão dos Guararapes (PE), registrou-se o primeiro registro da espécie *Fannia trimaculata* colonizando um cadáver humano (VASCONCELOS et al., 2014).

A família Muscidae apresenta uma ampla distribuição geográfica, com 5.155 espécies distribuídas em 196 gêneros para o mundo (THOMPSON, 2013) e um total de 846 espécies para região Neotropical (CARVALHO et al., 2005). De acordo com Carvalho (1989) os aspectos filogenéticos dessa família devem ser bastante discutidos e investigados. Os adultos apresentam hábitos extremamente variados, incluindo até mesmo algumas espécies predadoras. Porém, os adultos da maioria das espécies alimentam-se de matéria orgânica em decomposição, principalmente de origem animal (CARVALHO & COURI, 2002). Grande

parte das espécies é silvestre, porém algumas são importantes devido a associação com ambientes modificados pela ação antrópica, como é o caso de *Musca domestica* Linneaus, 1758, espécie amplamente conhecida por sua importância médica e veterinária (CARVALHO et al., 2012).

Calliphoridae inclui as moscas conhecidas popularmente como varejeiras, sendo considerada uma das duas principais famílias de importância forense. Assim como a família Muscidae é cosmopolita e estão descritas 1.522 espécies em 109 gêneros para o mundo, com sua grande maioria distribuída para o Velho Mundo (THOMPSON, 2013). A região Neotropical abriga um total de 99 espécies distribuídas em 29 gêneros e sete subfamílias (KOSMANN et al., 2013). De modo geral são caracterizados por sua coloração metálica variando do verde ao cúprico, passando pelo azul e púrpura, com comprimento máximo de 16 mm (CARVALHO et al., 2012). Suas larvas criam-se em matéria orgânica em decomposição, podendo ser causadoras de miíases primárias ou secundárias (GUIMARÃES & PAPAVERO 1999). Já na fase adulta sua importância para a população humana é ainda maior, podendo ser vetores mecânicos de patógenos como bactérias e protozoários (MONZON et al, 1991). Algumas espécies são de importância para a Entomologia Forense, fornecendo informações fundamentais sobre o IPM, podendo ser importantes na resolução de crimes (MOURA et al., 1997), e potenciais bioindicadoras de locais de morte (SOUZA & LINHARES, 1997).

A família Sarcophagidae é cosmopolita e muito diversa, com 3.073 espécies descritas em 355 gêneros no mundo (THOMPSON, 2013), sendo catalogadas 750 espécies para a região Neotropical. São dípteros de aparência externa relativamente uniforme variando entre 2 a cerca de 25 mm de comprimento, o que motiva sua enorme dificuldade em identificação por chaves taxonômicas padrões, sendo necessária a distensão do edeago (órgão copulador do macho) para identificação em nível específico (CARVALHO et al., 2012). As fêmeas são vivíparas, podendo apresentar espécies ovovivíparas, o que confere um pioneirismo à colonização do recurso (VASCONCELOS et al., 2013). Atualmente são conhecidas três subfamílias, Mitogramminae, Paramacronychiinae e Sarcophaginae, razoavelmente uniformes em seus aspectos biológicos. Dessas, espécies de Sarcophaginae têm hábito mais variado podendo ser parasitas de insetos e outros artrópodes, além de serem encontradas em matéria orgânica animal em decomposição (CARVALHO et al., 2012).

Muitas espécies, principalmente de Calliphoridae, são caracterizadas pela sua associação a ambientes perturbados pela ação antrópica (LINHARES, 1981; D'ALMEIDA et al., 1991). Essa preferência, conceituada como sinantropia, varia de acordo com a espécie e as características geográfico-climáticas de cada concentração humana que de alguma forma

afetam as populações de insetos (NUORTEVA, 1963). Gregor & Povolny (1958) classificaram a sinantropia em três categorias eusinantrópicas, aquelas espécies que são altamente relacionadas com ambientes sob ação antrópica; hemisinantrópicas, espécies que apresentam certa associação a ambientes antropizados e aquelas que apresentam aversão a ambientes perturbados pela influência antrópica, sendo classificadas como assinantrópicas. MONTOYA et al. (2009) alertam para preferência de determinadas espécies da família Calliphoridae por ambientes antropizados, principalmente as espécies do gênero invasor *Chrysomya*. Para a família Sarcophagidae poucos são os estudos relacionando sua associação à ambientes antropizados (YEPES-GAURISAS et al., 2013).

Por fim, o cadáver é um recurso efêmero importante também no ambiente insular e informações sobre a riqueza e distribuição geográfica de espécies de insetos necrófagos são fundamentais para o mapeamento da biodiversidade (CARTER et al., 2007), além de contribuir para elucidar questões de endemismo, conservação e bioinvasão. Ilhas oceânicas, especialmente aquelas com crescente taxa de visita humana, destacam-se como ambientes sensíveis à ação antrópica e a espécies invasoras, de modo que a descoberta de espécies dominantes nestes ambientes pode elucidar questões de adaptação e competição.

## **2. OBJETIVOS e HIPÓTESES**

---

### **2.1. Objetivo Geral**

Caracterizar as assembleias de dípteros necrófagos em dois tipos de ambientes insulares (ilha continental e ilha oceânica) de Pernambuco, analisando a diversidade, ocorrência de espécies invasoras e o potencial forense das espécies.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Fornecer subsídios para a construção de um banco de dados das espécies de dípteros de importância sanitária e forense nos dois ambientes insulares estudados (Ilha de Itamaracá e Ilha de Fernando de Noronha);
- Analisar a riqueza, abundância, frequência relativa e constância das espécies de dípteros necrófagos amostradas, bem como comparar a diversidade e a estrutura das assembleias de dípteros necrófagos entre as duas ilhas;
- Avaliar o potencial atrativo dos tipos de iscas (fígado de frango e peixe) para as espécies pertencentes às famílias Calliphoridae e Sarcophagidae;
- Inferir a distribuição dos dípteros (Calliphoridae e Sarcophagidae) de acordo com um gradiente de ação antrópica;
- Detectar a ocorrência de espécies invasoras do gênero *Chrysomya* (Calliphoridae) investigando sua dominância sobre espécies nativas;
- Identificar espécies com potencial utilização como bioindicação de local de morte em investigações criminais;

### **2.3. Hipóteses**

I – Por seu isolamento geográfico, origem geológica e escassez de vertebrados de grande porte, a comunidade de insetos necrófagos em Fernando de Noronha será menos diversa quando comparada à ilha continental.

II – Espécies invasoras do gênero *Chrysomya*, as quais já se encontram estabelecidas no continente, estarão presentes na Ilha de Itamaracá, mas ainda não se estabeleceram na Ilha de Fernando de Noronha, devido à maior distância desta última para o continente;

III – Espécies da família Calliphoridae, por seu potencial reprodutivo e plasticidade ambiental, serão as espécies mais comuns nos dois ambientes investigados;

IV – As espécies de insetos necrófagos nas ilhas colonizam também outros habitats, o que limita sua utilização como indicadores de local de morte.

V – Pela complexidade orgânica, as armadilhas iscadas à base de peixe serão mais atrativas do que aquelas iscadas à base de fígado de frango, principalmente para os indivíduos da família Sarcophagidae

VI – Pelo pequeno tamanho das ilhas não haverá diferença na distribuição das espécies em relação à influência antrópica

### 3.1. Área de Estudo

#### a) Ilha Oceânica

O arquipélago de Fernando de Noronha (3°52'S; 32°26'O) está localizado a 545 km da capital pernambucana e a 345 km da porção mais próxima do Nordeste do Brasil, Cabo de São Roque (RN). De origem vulcânica é formado por uma ilha principal e mais 20 ilhotas que ocupam uma área de aproximadamente 20 km<sup>2</sup>. A ilha principal, que também recebe o nome do arquipélago é a única habitada há mais de 500 anos e apresenta área total de aproximadamente 18.4 km<sup>2</sup> (Figura 1). Comporta nessa área uma população flutuante de cerca de 3.450 habitantes, intimamente relacionada ao turismo (BRASIL, 2012). Todo o arquipélago é legalmente protegido, de modo que as atividades humanas (agricultura de subsistência, comércio e turismo) são limitadas ou proibidas em grande parte de seu território (FREITAS & VASCONCELOS, 2008). O clima é Tropical, quente oceânico de duas estações bem definidas. Pluviometria média de 1.418 mm anual, com maiores índices entre março e maio e estiagem que pode atingir 7 meses. A ilha apresenta faixa de temperatura de 23,5 °C a 31,5 °C e média de 27,0 °C e elevada umidade relativa, com uma média anual de 78% (COURI et al., 2008). A flora é geralmente pobre e representada principalmente por uma vegetação decídua sazonal, com várias espécies introduzidas (BRASIL, 2012). No geral, a ilha sofre de uma persistente falta de água, já que inexistem reservatórios de água doce permanentes (FREITAS & VASCONCELOS, 2008).

Para as inferências sobre a distribuição dos dípteros necrófagos amostrados em relação às atividades antrópicas, seis localidades de coleta foram selecionados e previamente categorizados, representando diferentes níveis de exposição à atividades humanas. A categorização dos ambientes se deu por um somatório de fatores que incluem produção de lixo, frequência de transeuntes e presença de construções, especialmente moradias. Todos esses fatores foram utilizados e enquadrados num raio de aproximadamente 1 km de distância do local de coleta. Aqueles locais que se encontravam dentro do raio de 1 km e nele era notória a frequência de transeuntes, produção de lixo e existência de casas foram classificados como sendo de *Alta Influência Antrópica (AIA)*, já aqueles que se encontravam em locais onde esses fatores eram nulos ou raros foram classificados como sendo de *Baixa Influência*

*Antrópica (BIA)*. E por fim os ambientes que se encontravam numa classificação intermediária aos dois anteriores foram categorizados como sendo de *Moderada Influência Antrópica (MIA)*.

Figura 1. Mapa de Fernando de Noronha elucidando as respectivas áreas de coleta: AU: Área Urbana; BG: Baía dos Golfinhos; MS: Mangue do Sueste; PA: Praia da Atalaia; PC: Praia do Cachorro; PS: Ponta da Sapata.



Os locais com Baixa Influência Antrópica incluem *Ponta da Sapata (PS)*: localizada no extremo oeste da ilha principal, é uma pequena península restrita a atividades científicas e de gestão, parcialmente coberta com vegetação nativa que faz parte do Parque Nacional Marinho e *Praia da Atalaia (PA)*: uma praia restrita localizada no nordeste da ilha, aberta à visitação controlada (duas horas / dia), é também parte do Parque Nacional Marinho. Os locais sob Moderada Influência Antrópica são *Mangue do Sueste (MS)*: uma área de manguezal localizada na porção sul da ilha, a sua vegetação é composta quase que exclusivamente de *Laguncularia racemosa*, é uma área onde ocorre postura de tartarugas o que limita a presença humana; *Baía dos Golfinhos (BG)*: é uma baía situada no nordeste da ilha, que pertence ao Parque Nacional Marinho, no entanto ela está aberta a pequenos grupos de turistas durante o dia, com vegetação predominantemente arbustiva é um local para forrageamento e reprodução de aves migratórias. Dois locais foram classificados como sendo de Alta Influência Antrópica, *Área Urbana (AU)*: a vila onde cerca de 70% da população da ilha vive, composta por

habitações, estradas e edifícios administrativos, o acúmulo de lixo pode ser encontrado em diversas áreas e *Praia do Cachorro (PC)*: é a praia mais próxima da parte habitada da ilha, com acesso ilimitado a nativos e turistas, há a presença de alguns bares e uma moderada quantidade de lixo pode ser encontrada nessa região.

## b) Ilha Continental

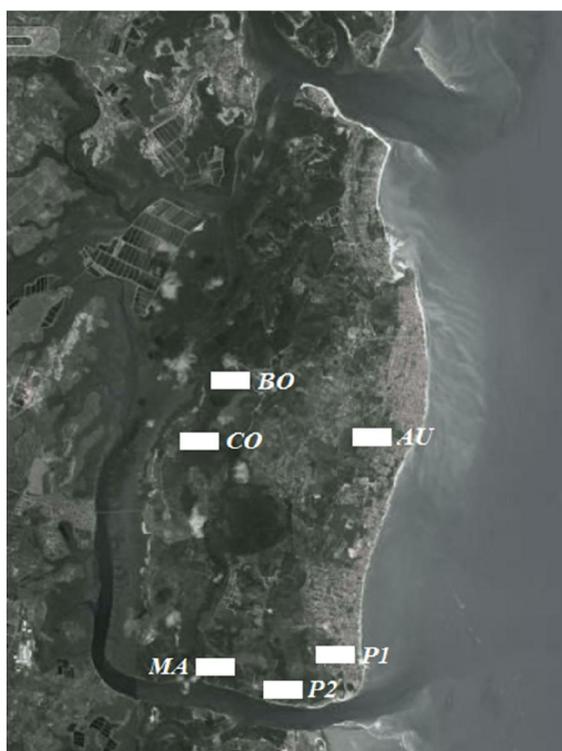
A ilha de Itamaracá (07°44'52"S; 34°49'33"O) está distante cerca de 45 km da capital pernambucana e se encontra situada na mesorregião Metropolitana do Estado de Pernambuco. Sua área total é de ca. 65,1 km<sup>2</sup> e apresenta 23.923 habitantes (IBGE, 2013). A ilha está localizada na unidade geoambiental da Baixada Litorânea, com relevo formado pelas Áreas Arenosas Litorâneas. A vegetação é basicamente formada por Florestas Perenifólias de Restinga. O clima é do tipo Tropical chuvoso, com verão seco e chuvas que permeiam os meses de janeiro à setembro e temperatura média anual de 25,3 °C. A precipitação média anual é de cerca de 1.867 mm. A ilha encontra-se inserida nos domínios do Grupo de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos, onde os principais representantes são os rios Paripe e Jaguaribe. O principal corpo hídrico de acumulação é a Lagoa Pai Tomé (BRASIL, 2005).

Assim como para a ilha de Fernando de Noronha, seis ambientes foram selecionados e categorizados de acordo com o grau de ação antrópica na ilha de Itamaracá (Figura 2). A classificação desses ambientes seguiu o padrão adotado para a ilha oceânica.

Sendo assim, os ambientes selecionados como sendo de Alta Influência Antrópica foram: *Área Urbana (AU)*: localizada no centro comercial da ilha é uma área rodeada por residências com mercados, restaurantes, bares e visível produção excessiva de lixo; *Praia 1 (P1)*: esse ponto de coleta está localizado à aproximadamente 500 metros do hotel Orange na Praia do Forte, encontra-se rodeada de residências e bares, além de estar nas proximidades de monoculturas de subsistência e residências, a produção de lixo é demasiada. Os ambientes que foram caracterizados como sendo de Moderada Influência Antrópica incluem *Praia 2 (P2)*: localizada também na Praia do Forte, essa área amostral está distante cerca de 2 km da área categorizada como sendo de alto impacto antrópico, nela se percebe produção de lixo oriundo, em sua maioria, das residências. É uma área descampada com predominância de culturas de subsistência; *Mangue (MA)*: área de mangue localizado na porção sul da ilha, é uma área irrestrita à entrada de visitantes, no entanto pela relativa dificuldade de acesso ainda se encontra com estado moderado de preservação, o lixo é encontrado em algumas porções dessa

região. Os ambientes categorizados como sendo de Baixa Influência Antrópica são: *Coqueiral (CO)*: área localizada à cerca de 1 km da rodovia, é caracterizada por apresentar em sua formação uma vegetação arbustiva típica de restinga além de uma vasta área de coqueiros, não se encontra moradia num raio de aproximadamente 3 km além de não haver indícios de lixo; *Bosque (BO)*: sítio amostral localizado nas proximidades do Coqueiral, cerca de 2 km de distância é formado basicamente por vegetação de restinga aliada a plantas de maior porte, assim como no coqueiral, não são encontrado resquícios de lixo; o acesso é relativamente difícil e a concentração humana mais próxima fica a cerca de 2 km.

Figura 2. Mapa de Itamaracá elucidando as respectivas áreas de coleta: AU: Área Urbana; BO: Bosque; CO: Coqueiral; MA: Mangue; P1: Praia 1; P2: Praia 2.



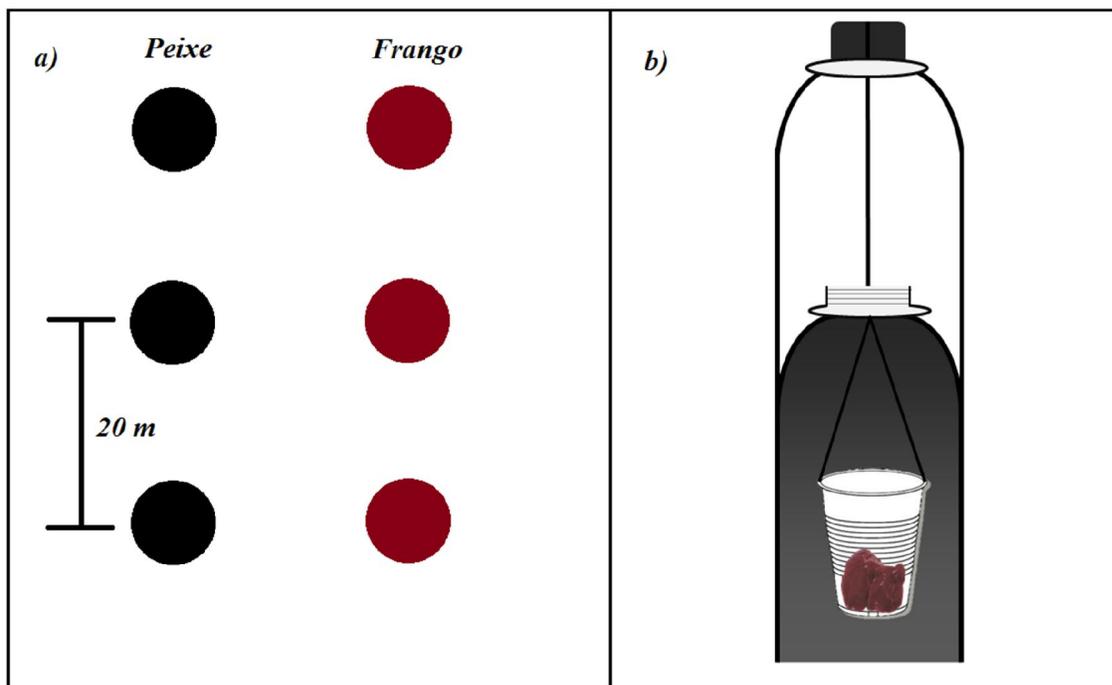
### **3.2. Coleta e Identificação dos Insetos**

Para a captura dos insetos, foram utilizadas armadilhas adaptadas do modelo de Ferreira (1978), suspensas a 60 cm do solo. A armadilha consiste em duas garrafas do tipo *pet* cortadas em nível da base acopladas uma sobre a outra contendo um porta-isca. A garrafa inferior foi previamente pintada com tinta spray de cor preta, nela contém o porta-isca, o qual consiste de um copo plástico de 250 mL fixado com dois cordões presos no ápice da garrafa superior

(Figura 3). Os insetos são atraídos pela isca e entram na armadilha pela porção inferior, após a utilização do recurso, os indivíduos adultos migram para a região superior da armadilha onde ficam presos. O presente trabalho concentrou esforços para as duas principais famílias de dípteros necrófagos – Calliphoridae e Sarcophagidae, as demais foram armazenadas para posterior identificação.

Em cada ilha, seis áreas de coleta foram selecionadas, conforme descrição acima (Figura 3), separadas por uma distância mínima de 500 m, a fim de contemplar a representatividade dos diferentes ambientes, aumentando a possibilidade de captura de diferentes espécies e ampliando a área amostral. Em cada área foi instalado um conjunto de seis armadilhas separadas entre si por uma distância mínima de 20 m, composta de três armadilhas com iscas a base de fígado de frango (200 g) e três com iscas de peixe – sardinha – (200 g), ambas em estágio inicial de putrefação (24 horas em temperatura ambiente). As coletas foram feitas em duas estações (seca e chuvosa) e as armadilhas ficaram expostas no ambiente por oito dias, sendo feitas coleta e substituição das iscas a cada 48 h.

Figura 3. a) Modelo esquemático do *grid* amostral; b) Armadilha de Ferreira (1978) – Adaptada.



Os insetos foram sacrificados com acetato de etila e fixados em etanol a 70%. O material coletado foi etiquetado, informando o local, período da coleta, repetição e tipo da isca. Posteriormente, os espécimes foram encaminhados ao Laboratório de Insetos Necrófagos no

Centro de Ciências Biológicas da UFPE. Para a identificação dos espécimes foram utilizadas as chaves de identificação de CARVALHO & RIBEIRO (2000), VAIRO et al. (2011), CARVALHO & MELLO-PATIU (2008) e KOSMANN et al. (2013). Amostras de cada localidade de coleta serão encaminhadas para depósito na Coleção Científica da UFPE (Curadora Dra. Luciana Iannuzzi).

### 3.3. *Análise de Dados*

Para caracterização das assembleias de dípteros foram avaliadas riqueza, abundância, frequência relativa, dominância e constância. A constância para cada espécie foi determinada pela equação  $C = (p \times 100)/N$ , onde  $C$  = constância (%);  $p$  = número de coletas contendo a espécie;  $N$  = número total de coletas. As espécies foram classificadas em constantes (> 50% das coletas), acessórias (de 25% a 50%) ou acidentais (< 25% das coletas). A dominância foi calculada tomando como base o índice de Simpson ( $D$ ), que leva em consideração não apenas a riqueza e a abundância, mas também a porcentagem de ocorrência de cada espécie. Um *ranking* de dominância também foi construído, utilizando a transformação logarítmica da abundância para todas as espécies. Este parâmetro aplica-se especialmente na aferição do potencial invasivo de *Chrysomya* spp., considerado gênero invasor em diversos países.

A riqueza observada em cada ambiente insular foi comparada com os estimadores *Chao1* e *Jackknife1*. A estimativa de riqueza de espécies produzida por *Chao1* é uma função da razão entre espécies representadas por um só indivíduo e aquelas representadas por dois indivíduos;  $Chao1 = S_{obs} + (F_1^2 / 2 \times F_2)$ . Onde:  $S_{obs}$  é o número de espécies na amostra;  $F_1$  = número de espécies observadas representadas por um só indivíduo (*singletons*); e  $F_2$  = número de espécies observadas representadas por dois indivíduos (*doubletons*). O método Jackknife de primeira ordem (Jack1) leva em consideração o número de espécies observadas em apenas uma amostra e o número total de amostras;  $Jack1 = S_{obs} + Q (m-1/m)$ . Onde:  $S_{obs}$  é o número de espécies observado nas amostras,  $Q$  é o número de espécies representadas em somente uma amostra e  $m$  é o número de amostras.

A diversidade foi avaliada utilizando-se o índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ), o qual assume que indivíduos são aleatoriamente amostrados de uma comunidade infinitamente grande e que todas as espécies são representadas na amostra (MAGURRAN, 1988). O índice é calculado pela equação  $H' = - \sum p_i \ln p_i$ . Onde  $p_i$  é a proporção de indivíduos encontrados na “ $i$ -ésima” espécie. A medida de uniformidade de Shannon também conhecida como

equitabilidade de Pielou ( $J$ ) é uma razão entre a diversidade observada e a diversidade máxima possível para aquele ambiente (MAGURRAN, 1988). O índice é calculado da seguinte forma:  $J = H' / H_{max}$ ; onde  $H_{max}$  é dado por  $\ln S$ .

O potencial atrativo das iscas, para cada ambiente insular, foi comparado por meio do teste não paramétrico *Qui-quadrado* utilizando-se como variáveis abundância e riqueza. Para avaliar a distribuição das abundâncias em relação ao gradiente de influência antrópica foi realizada a Análise de Variância simples (ANOVA).

Os dados de abundância por ambiente foram transformados, em raiz quadrada, para a obtenção da matriz de similaridade e a partir do índice de Bray-Curtis foi realizada a análise de agrupamento CLUSTER para avaliar o quão similar são as áreas amostradas de acordo com o gradiente de influência antrópica. Curvas de acumulação de espécies foram construídas a partir das réplicas e coletas temporais avaliando se o esforço amostral foi suficiente para perfazer o máximo de espécies possíveis em cada ambiente.

As análises estatísticas e ecológicas foram realizadas utilizando-se os pacotes estatísticos Primer® 6.0e BioEstat® 5.3. Todas as análises estatísticas adotaram o nível de significância de 5%.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Aspectos Gerais da Abundância e Riqueza (*Calliphoridae* e *Sarcophagidae*)

Quando combinadas todas as 432 amostras, nas duas ilhas, um total de 123.012 dípteros adultos foi registrado, dos quais 117.931 são pertencentes às quatro principais famílias de dípteros necrófagos - *Calliphoridae*, *Fanniidae*, *Muscidae* e *Sarcophagidae* (Tabela 1). Destes, 94,7% são representantes das famílias *Calliphoridae* e *Sarcophagidae* juntas, alvo do presente estudo perfazendo uma riqueza total de 21 espécies (Tabela 2).

Na ilha de Fernando de Noronha, foram coletadas 100.552 moscas adultas quando somadas as abundâncias das famílias *Calliphoridae* e *Sarcophagidae*, sendo a primeira mais numerosa, com 87.869 indivíduos (87,3% dos espécimes amostrados), distribuídos em apenas três espécies (Tabela 2). Para a família *Calliphoridae* se destacam as espécies *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1974) e *Cochliomyia macellaria* (Fabricius, 1775) com 66,7% e 32,4% do total de califorídeos, respectivamente. Os sarcófagídeos foram representados por 4.805 indivíduos adultos, dos quais apenas 883 (18,3%) são machos, pertencentes a três espécies (Tabela 2). Na família *Sarcophagidae* *Peckia (Peckia) chrysostoma* (Wiedemann, 1830) merece destaque pela alta frequência relativa (95%), ao serem excluídas as fêmeas.

De acordo com os estimadores de riqueza Chao1 e Jackknife1, o esforço amostral para as duas famílias em questão foi suficiente para registrar as espécies presentes, atingindo-se a assintótica da curva das espécies observadas e estimadas (Figuras 4 e 5).

Tabela 1. Abundância e frequência relativa (Fr) das principais famílias de dípteros necrófagos amostradas em Fernando de Noronha (FN) e Itamaracá (ITA).

Famílias	FN		ITA	
	Abundância	Fr %	Abundância	Fr %
<i>Calliphoridae</i>	●●●●	90,2	●●●	89,3
<i>Fanniidae</i>	●●●	4,5	●	2,3
<i>Muscidae</i>	●●	0,8	●	2,0
<i>Sarcophagidae</i>	●●●	4,5	●●	6,4
<b>TOTAL</b>		100,0		100,0

(●) = 100 a 500; (●●) = 501 a 1.000; (●●●) = 1.001 a 50.000; (●●●●) > 50.000; Fr (%)

Na ilha de Itamaracá, quando combinadas todas as áreas de coleta, um total de 11.245 espécimes, pertencentes às duas famílias, foram coletados. A família Calliphoridae (97,2%) foi representada por oito espécies, sendo destacadas as espécies congêneras *Chrysomya megacephala* e *Chrysomya albiceps* com 9.356 e 1.431 indivíduos respectivamente (Tabela 2). Para a família Sarcophagidae um total de 313 indivíduos adultos foram amostrados distribuídos em 12 espécies, das quais *Peckia (Peckia) chrysostoma* (24,1%) e *Oxysarcodexia thornax* (22,4%) foram as mais representativas, excluindo-se as fêmeas.

Tabela 2. Espécies das famílias Calliphoridae e Sarcophagidae amostradas nas ilhas de Fernando de Noronha e Itamaracá: Abundância e Frequência Relativa (FR em %). N amostral = 216 / ilha.

Família / Espécie	Fernando de Noronha		Itamaracá	
	Abundância	FR	Abundância	FR
<b>Calliphoridae</b>				
<i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius, 1974)	58.649	66,7	9.356	85,6
<i>Chrysomya albiceps</i> (Wiedmann, 1819)			1431	13,1
<i>Chrysomya putoria</i> (Wiedmann, 1819)			15	0,1
<i>Cochliomyia macellaria</i> (Fabricius, 1775)	28.508	32,4		
<i>Chloroprocta idiodea</i> (Robineau-Desvoidy, 1830)			6	0,1
<i>Lucilia eximia</i> (Wiedemann, 1819)	712	0,8	57	0,5
<i>Hemilucilia semidiaphana</i> (Rondani, 1850)			30	0,3
<i>Hemilucilia segmentaria</i> (Fabricius, 1805)			30	0,3
<i>Mesembrinella bicolor</i> (Fabricius, 1805)			7	0,1
Total	87.869		10.932	
<b>Sarcophagidae</b>				
<i>Oxysarcodexia intona</i> (Curran & Walley, 1934)			40	22,5
<i>Oxysarcodexia timida</i> (Aldrich, 1916)			15	8,4
<i>Oxysarcodexia amorosa</i> (Schiner, 1868)			6	3,4
<i>Oxysarcodexia culmiforceps</i> Dodge, 1966			6	3,4
<i>Oxysarcodexia thornax</i> (Walker, 1849)	27	3,1	1	0,6
<i>Sarcodexia lambens</i> (Wiedemann, 1830)			8	4,5
<i>Peckia (Peckia) chrysostoma</i> (Wiedemann, 1830)	840	95,1	43	24,2
<i>Peckia (Euboettcheria) anguilla</i> ((Curran & Walley, 1934)			31	17,4
<i>Peckia (Euboettcheria) collusor</i> (Curran & Walley, 1934)			2	1,1
<i>Tricharaea (Sarcophagula) occidua</i> (Fabricius, 1794)	16	1,8	18	10,1
<i>Ravinia belforti</i> (Prado & Fonseca, 1932)			2	1,1
<i>Titanogrypa</i> sp.			6	3,4
Total	883		178	

Com relação ao esforço amostral, a amostragem em Itamaracá também foi considerada satisfatória, tanto para a família Calliphoridae quanto para a família Sarcophagidae, sendo assintótica a curva das espécies observadas e semelhantes aos estimadores de riqueza Chao1 e Jackknife1 (Figuras 6 e 7).

Figura 4. Curva de acumulação espécie/amostra observada para a família Calliphoridae na ilha de Fernando de Noronha com os estimadores de riqueza Chao1 e Jackknife1.

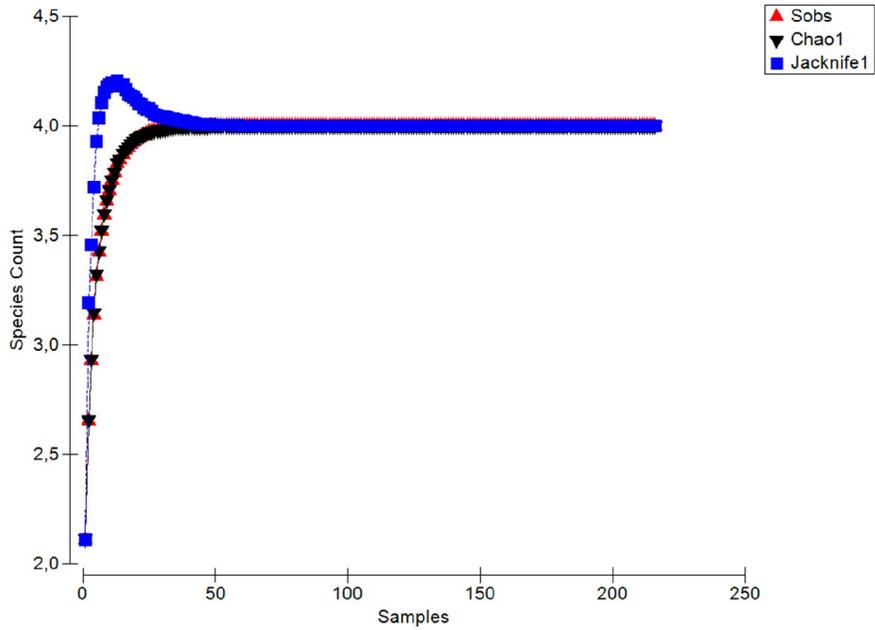


Figura 5. Curva de acumulação espécie/amostra observada para a família Sarcophagidae na ilha de Fernando de Noronha com os estimadores de riqueza Chao1 e Jackknife1.

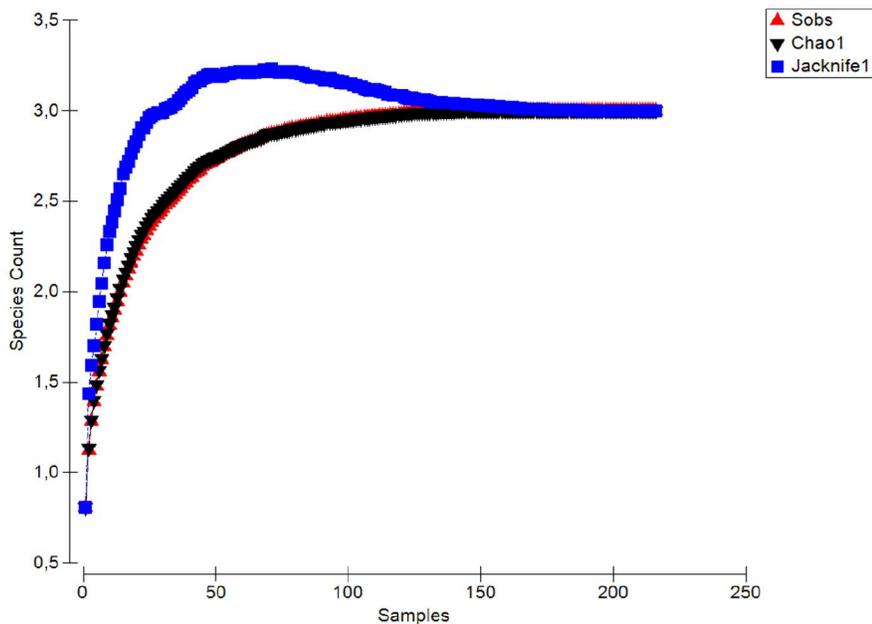


Figura 6. Curva de acumulação espécie/amostra observada para a família Calliphoridae na ilha de Itamaracá com os estimadores de riqueza Chao1 e Jackknife1.

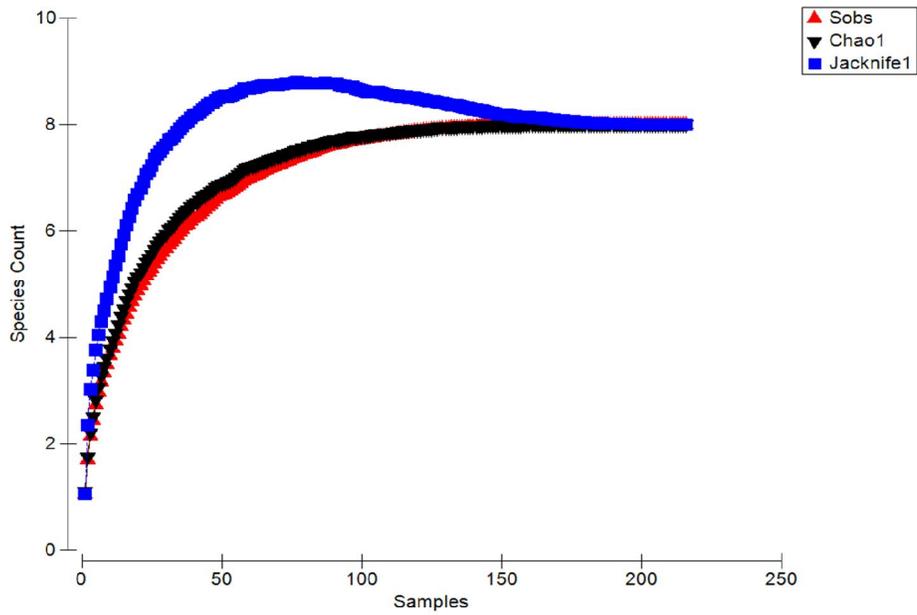
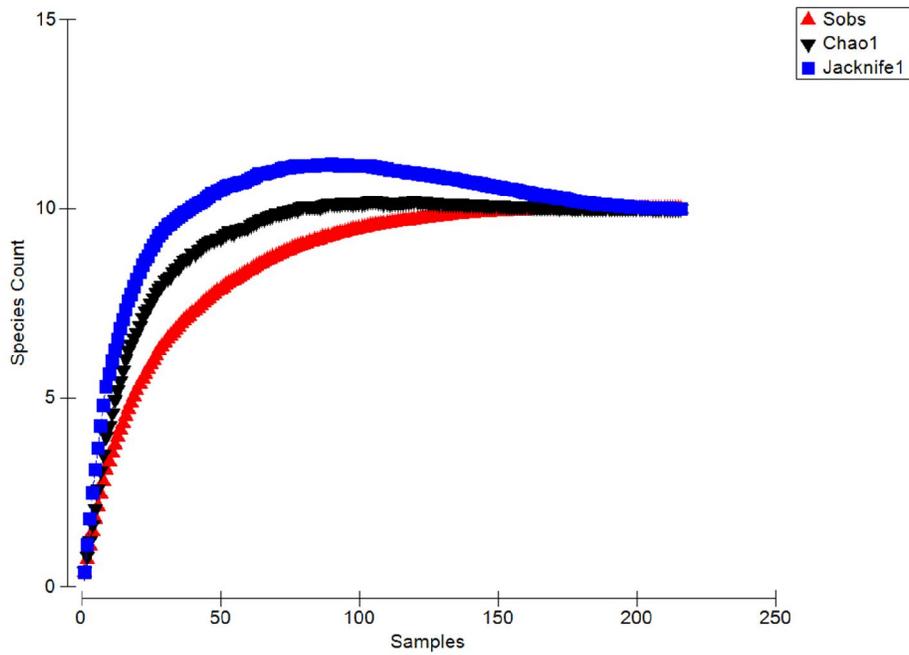


Figura 7. Curva de acumulação espécie/amostra observada para a família Sarcophagidae na ilha de Itamaracá com os estimadores de riqueza Chao1 e Jackknife1.



## 4.2. Potencial Atrativo das Iscas

A atratividade das iscas à base de frango e peixe esteve associada a diferenças na riqueza e na abundância das espécies capturadas, dependendo da ilha amostrada. Em Fernando de Noronha não foi observada diferença na atratividade com relação à riqueza, sendo amostradas todas as espécies, tanto para a família Calliphoridae (S = 3) (Tabela 3) quanto para Sarcophagidae (S = 3) nos dois tipos de iscas. O mesmo foi observado, em relação à abundância para a família Calliphoridae nesse ambiente, onde não houve diferença significativa no potencial atrativo das iscas ( $\chi^2 = 0,308$ ;  $P = 0,581$ ; g.l. = 1). Porém, para a família Sarcophagidae a isca de peixe esteve associada a um maior número de indivíduos capturados quando comparada à isca de fígado de frango ( $\chi^2 = 401,999$ ;  $P < 0,0001$ ; g.l. = 1) (Tabela 3).

Para Itamaracá, todas as espécies de Calliphoridae foram amostradas em ambas as iscas (S = 8) (Tabela 3). Embora um maior número de espécies de Sarcophagidae tenha sido atraído pelas armadilhas iscadas à base de peixe (S = 8), quando comparadas às iscadas à base de fígado de frango (S = 4), esta diferença não foi significativa ( $\chi^2 = 1,333$ ;  $P = 0,248$ ; g.l. = 1). O mesmo potencial atrativo foi evidenciado para a abundância, havendo diferença significativa entre as iscas, nas quais peixe se mostrou mais atrativo tanto para a família Sarcophagidae ( $\chi^2 = 204,366$ ;  $P < 0,0001$ ; g.l. = 1), quanto para os califorídeos ( $\chi^2 = 7,535$ ;  $P < 0,05$ ; g.l. = 1).

Tabela 3. Abundância das espécies amostradas das famílias Calliphoridae e Sarcophagidae por tipo de isca (Fígado de Frango e Peixe) nas duas ilhas, Fernando de Noronha e Itamaracá.

Família / Espécie	Fernando de Noronha		Itamaracá	
	F. Frango	Peixe	F. Frango	Peixe
<b>Calliphoridae</b>				
<i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius, 1974)	28.239	35.268	4.803	4.553
<i>Chrysomya albiceps</i> (Wiedmann, 1819)			752	980
<i>Chrysomya putoria</i> (Wiedmann, 1819)			11	11
<i>Cochliomyia macellaria</i> (Fabricius, 1775)	19.007	12.590		
<i>Chloroprocta idiodea</i> (Robineau-Desvoidy, 1830)			6	6
<i>Lucilia exima</i> (Wiedemann, 1819)	801	17	27	27
<i>Hemilucilia semidiaphana</i> (Rondani, 1850)			21	21
<i>Hemilucilia segmentaria</i> (Fabricius, 1805)			10	10
<i>Mesembrinella bicolor</i> (Fabricius, 1805)			2	2
Total	48.047	47.858	5.632	5.610
<b>Sarcophagidae</b>				
<i>Oxysarcodexia intona</i> (Curran & Walley, 1934)			14	26

<i>Oxysarcodexia timida</i> (Aldrich, 1916)			4	11
<i>Oxysarcodexia amorosa</i> (Schiner, 1868)			2	4
<i>Oxysarcodexia culmiforceps</i> Dodge, 1966			1	5
<i>Oxysarcodexia thornax</i> (Walker, 1849)	10	17	1	0
<i>Sarcodexia lambens</i> (Wiedemann, 1830)			2	6
<i>Peckia (Peckia) chrysostoma</i> (Wiedemann, 1830)	239	603	10	33
<i>Peckia (Euboettcheria) anguilla</i> (Curran & Walley, 1934)			8	23
<i>Peckia (Euboettcheria) collusor</i> (Curran & Walley, 1934)			0	2
<i>Tricharaea (Sarcophagula) occidua</i> (Fabricius, 1794)	14	2	2	16
<i>Ravinia belforti</i> (Prado & Fonseca, 1932)			0	2
<i>Titanogrypa</i> sp.			0	6
<b>Total</b>	<b>263</b>	<b>622</b>	<b>44</b>	<b>134</b>

### 4.3. Gradiente de Influência Antrópica (GIA)

De acordo com o Gradiente de Influência Antrópica (GIA), a riqueza para as duas famílias em estudo não diferiu, sendo todas as espécies amostradas em todos os tipos de ambiente para Fernando de Noronha. Também não houve diferença na abundância em relação ao grau de antropização tanto para os representantes da família Calliphoridae ( $F_{5;18} = 0,311$ ;  $P = 0,899$ ), quanto para a família Sarcophagidae ( $F_{5;18} = 0,253$ ;  $P = 0,931$ ) (Tabela 4). A espécie invasora *Chrysomya megacephala* (Calliphoridae) foi a mais abundante nessa ilha, em todos os sítios de coleta, distribuindo-se de forma semelhante em todos os ambientes amostrados, independentemente do grau de antropização (Figura 8). O mesmo padrão de distribuição para abundância foi evidenciado para a espécie nativa da região Neotropical *Cochliomyia macellaria* (Figura 8), mesmo não apresentando uma frequência relativa tão expressiva quanto à espécie exótica.

A presença de *C. megacephala* foi significativamente superior quando comparada com *Co. macellaria*, nos diferentes graus de antropização ( $F_{1;4} = 239,097$ ;  $P < 0,001$ ). Para a família Sarcophagidae a distribuição seguiu um padrão semelhante, sendo a espécie *P. chrysostoma* a mais abundante em todos os ambientes amostrados, seguida por *O. thornax*, exceto nos ambientes sob baixa influência antrópica, onde a segunda espécie mais abundante foi *T. occidua* (Figura 9).

Tabela 4. Abundância e frequência relativa (Fr) das espécies de Calliphoridae e Sarcophagidae, na ilha de Fernando de Noronha, sob diferentes graus de antropização; Praia da Atalaia (PA), Ponta da Sapata (PS), Baía dos Golfinhos (BG), Mangue do Sueste (MS), Área Urbana (AU) e Praia do Cachorro (PC).

Família / Espécie	Baixa				Moderada				Alta			
	PA	Fr	PS	Fr	BG	Fr	MS	Fr	AU	Fr	PC	Fr
<b>Calliphoridae</b>												
<i>Chrysomya megacephala</i>	8.432	53,8%	18178	78,3%	16027	68,6%	7381	60,1%	8631	64,8%	4722	59,9%
<i>Cochliomyia macellaria</i>	7.167	45,7%	4931	21,2%	7111	30,4%	4745	38,6%	4554	34,2%	3054	38,8%
<i>Lucilia eximia</i>	82	0,5%	107	0,5%	228	1,0%	162	1,3%	133	1,0%	102	1,3%
Total	15.681	100,0%	23216	100,0%	23366	100,0%	12288	100,0%	13318	100,0%	7878	100,0%
<b>Sarcophagidae</b>												
<i>Oxysarcodexia thornax</i>	1	0,1%	3	0,6%	2	0,3%	17	1,6%	4	0,4%	0	<0,01%
<i>Peckia (P) chrysostoma</i>	137	10,6%	99	18,6%	123	20,7%	197	18,7%	186	20,1%	98	23,5%
Sarcophagidae (FEM)	1134	88,1%	430	80,8%	467	78,8%	837	79,6%	735	79,5%	319	76,5%
<i>Tricharaea (S) occidua</i>	15	1,2%	0	0%	1	0,2%	0	0%	0	0%	0	<0,01%
Total	1287	100,0%	532	100,0%	593	100,0%	1051	100,0%	925	100,0%	417	100,0%

Figura 8. Proporção de *Chrysomya megacephala* e *Cochliomyia macellaria* em Fernando de Noronha sob os diferentes Graus de Influência Antrópica: (1) Baixa Influência Antrópica; (2) Moderada Influência Antrópica e (3) Alta Influência Antrópica; com os respectivos erros padrão.

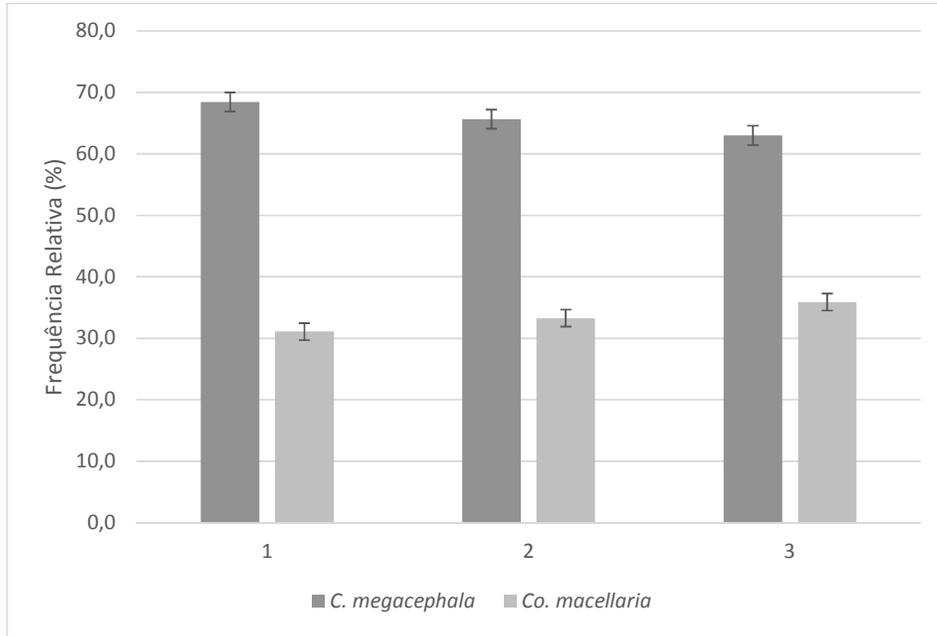


Figura 9. Proporção de *Peckia (Peckia) chrysostoma*, *Oxysarcodexia thornax* e *Tricharaea (Sarcophagula) occidua*, em Fernando de Noronha sob os diferentes Graus de Influência Antrópica: (1) Baixa Influência Antrópica; (2) Moderada Influência Antrópica e (3) Alta Influência Antrópica; com os respectivos erros padrão.

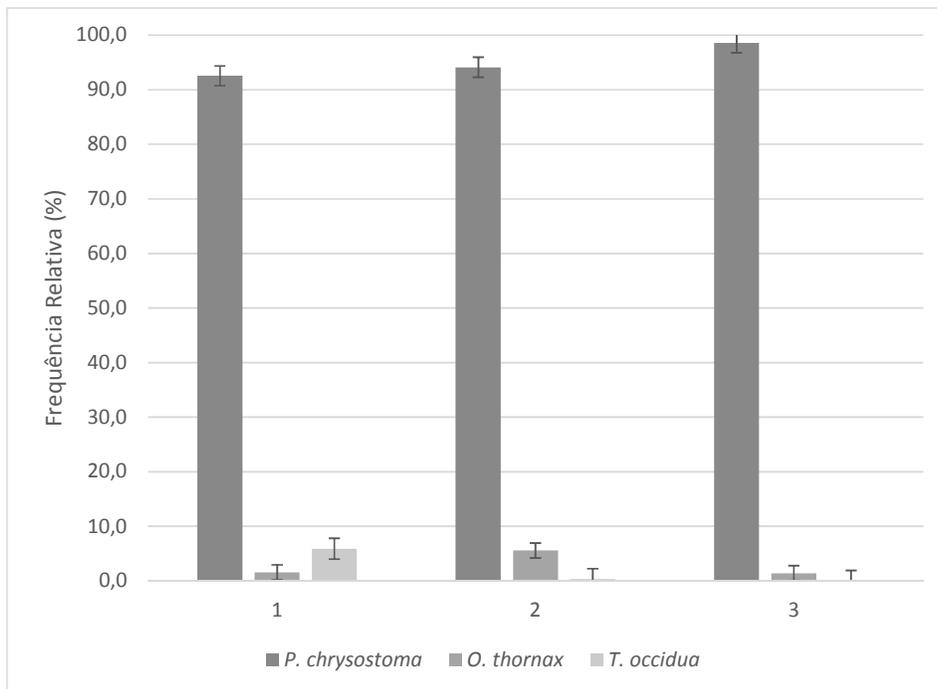


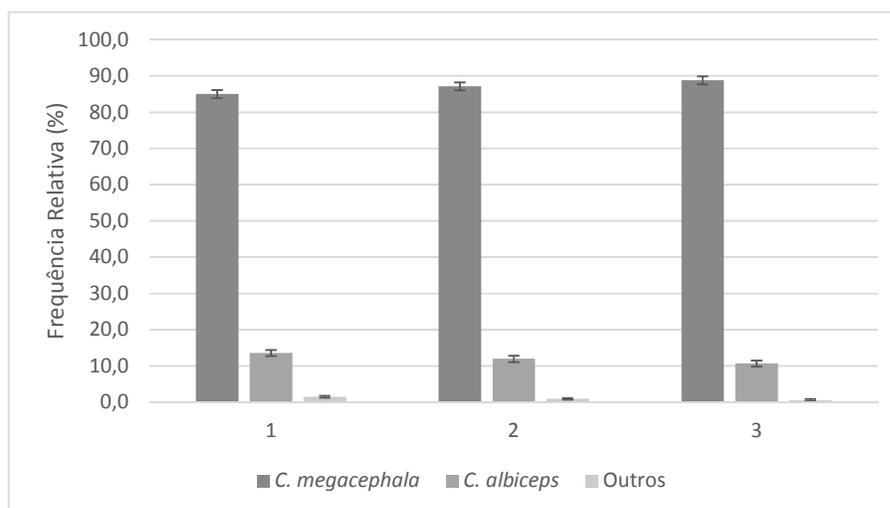
Tabela 5. Abundância e frequência relativa (Fr) das espécies de Calliphoridae e Sarcophagidae, na ilha de Itamaracá, sob diferentes graus de antropização: Coqueiral (CO); Bosque (BO); Praia 1 (P1); Mangue (MA); Praia 2 (P2) e Área Urbana (AU).

Família / Espécie	Baixa				Moderada				Alta			
	CO	Fr	BO	Fr	P2	Fr	MA	Fr	P1	Fr	AU	Fr
<b>Calliphoridae</b>												
<i>Chrysomya albiceps</i>	420	15,7%	783	12,6%	31	15,6%	46	10,3%	69	25,8%	82	7,1%
<i>Chrysomya megacephala</i>	2.244	83,7%	5293	85,5%	165	82,9%	396	89,0%	195	73,0%	1063	92,4%
<i>Chrysomya putoria</i>	3	0,1%	8	0,1%	1	0,5%	1	0,2%	1	0,4%	1	0,1%
<i>Chloroprocta idiodea</i>	1	0,0%	5	0,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
<i>Hemilucilia segmentaria</i>	0	0,0%	30	0,5%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
<i>Hemilucilia semidiaphana</i>	0	0,0%	30	0,5%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
<i>Lucilia eximia</i>	10	0,4%	37	0,6%	2	1,0%	2	0,4%	2	0,7%	4	0,3%
<i>Mesembrinella bicolor</i>	2	0,1%	5	0,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Total	2680	100,0%	6191	100,0%	199	100,0%	445	100,0%	267	100,0%	1150	100%
<b>Sarcophagidae</b>												
<i>Oxysarcodexia culmiforceps</i>	0	0,0%	6	21,4%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
<i>Oxysarcodexia intona</i>	4	13,8%	4	14,3%	12	12,1%	2	5,7%	8	9,5%	10	26,3%
<i>Oxysarcodexia amorosa</i>	0	0,0%	6	21,4%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
<i>Oxysarcodexia thornax</i>	0	0,0%	0	0,0%	1	1,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
<i>Oxysarcodexia timida</i>	2	6,9%	3	10,7%	5	5,1%	1	2,9%	3	3,6%	1	2,6%
<i>Peckia (E)anguilla</i>	6	20,7%	3	10,7%	6	6,1%	7	20,0%	6	7,1%	3	7,9%
<i>Peckia (P)chrysostoma</i>	6	20,7%	1	3,6%	8	8,1%	15	42,9%	6	7,1%	7	18,4%
<i>Peckia (E)collusor</i>	0	0,0%	2	7,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
<i>Ravina belforti</i>	0	0,0%	2	7,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
<i>Sarcodexia lambens</i>	0	0,0%	0	0,0%	4	4,0%	0	0,0%	4	4,8%	0	0,0%
Sarcophagidae (FEM)	3	10,3%	1	3,6%	58	58,6%	7	20,0%	49	58,3%	17	44,7%
<i>Tricharaea (S)occidua</i>	8	27,6%	0	0,0%	3	3,0%	1	2,9%	6	7,1%	0	0,0%
<i>Titanogrypa sp.</i>	0	0,0%	0	0,0%	2	2,0%	2	5,7%	2	2,4%	0	0,0%
Total	29	100,0%	28	100,0%	99	100,0%	35	100,0%	84	100,0%	38	100,0%

Na ilha de Itamaracá houve diferenças na composição de espécies, tanto para a família Calliphoridae quanto para Sarcophagidae. Para a primeira, *Ch. idiodea*, *H. segmentaria* e *H. semidiaphana* só foram amostradas nos ambientes sob baixa ação antrópica (Tabela 5). Para a família Sarcophagidae, as espécies *O. culmiforceps* e *P. collusor* foram as únicas representantes nos ambientes sob baixa influencia antrópica, por outro lado *O. thornax* foi amostrada, com apenas um indivíduo nos ambientes sob moderada influência antrópica (Tabela 5). Não houve diferença significativa na abundância de insetos da Família Calliphoridae de acordo com o Gradiente de Influência Antrópica ( $F_{5,42} = 0,975$ ;  $P = 0,554$ ), sendo as abundâncias bastante similares nos três tipos de exposição à ação humana. Para a família Sarcophagidae, mesmo com um aumento gradativo da abundância proporcional à elevação do grau de antropização (Tabela 5), também não houve diferença significativa na distribuição desses indivíduos de acordo com o gradiente de influência antrópica ( $F_{5,54} = 1,067$ ;  $P = 0,389$ ).

Assim como na ilha de Fernando de Noronha, *C. megacephala* foi a espécie mais numerosa em todos os ambientes amostrados em Itamaracá, sendo seguida pela espécie congênica *C. albiceps*, independente da influência antrópica (Figura 10). Quando somadas as demais espécies de califorídeos, a representatividade foi consideravelmente baixa, não atingindo o patamar de 5% de frequência relativa em relação ao total de califorídeos, nas duas ilhas, independentemente do tipo de ambiente (Figura 10). Em Itamaracá, a frequência relativa de *C. megacephala* foi significativamente superior à frequência de todas as outras espécies de califorídeos somadas ( $F_{1,4} = 2.253,628$ ;  $P < 0,0001$ ).

Figura 10. Proporção de *Chrysomya megacephala*, *Chrysomya albiceps* e outros califorídeos amostrados em Itamaracá sob os diferentes Graus de Influência Antrópica: (1) Baixa Influência Antrópica; (2) Moderada Influência Antrópica e (3) Alta Influência Antrópica; com os respectivos erros padrão.

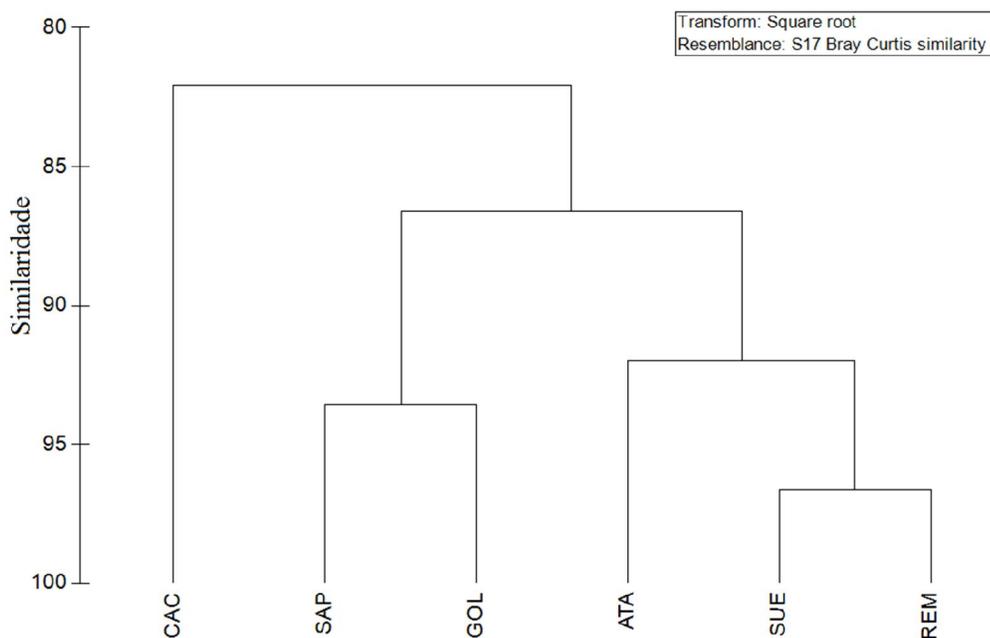


#### 4.4. Aspectos Ecológicos das Assembleias

Na ilha de Fernando de Noronha, quando combinadas as amostras em todos os ambientes, independente do grau de antropização para a família Calliphoridae, tanto a espécie exótica *C. megacephala* quanto a espécie nativa *C. macellaria* foram classificadas como constantes (99,0% e 97,4%, respectivamente), sendo amostradas em todos os sítios de coleta. No entanto, *Lucilia eximia*, espécie também nativa da região Neotropical foi classificada como acessória com uma constância equivalente a 30,2%. Da família Sarcophagidae *P. chrysostoma* foi a única espécie classificada como constante (82,3%), sendo as demais, *O. thornax* e *T. occidua* classificadas como acidentais, por possuírem valor de constância inferior ao limite categórico de 25% de presença nas coletas.

Para a ilha de Fernando de Noronha não houve um padrão de similaridade entre as praias, com relação ao gradiente de ação antrópica. Quando realizado um corte em 85% de similaridade observa-se a formação de dois grupos, dos quais um é formado exclusivamente pela Praia do Cachorro (Figura 11).

Figura 11. Dendrograma de Análise de Agrupamento (Cluster) utilizando a matriz de similaridade de Bray-Curtis para os ambientes amostrados na ilha de Fernando de Noronha. ATA: Praia da Atalaia; CAC: Praia do Cachorro; GOL: Baía dos Golfinhos; REM: Vila dos Remédios (área Urbana); SAP: Ponta da Sapata; SUE: Mangue do Sueste.



O mesmo padrão de distribuição não é evidenciado, para todas as espécies, quando os ambientes são classificados de acordo como o gradiente de influência antrópica na ilha de Fernando de Noronha (Tabela 6). *C. megacephala* e *Co. macellaria* (Calliphoridae) ainda são únicas espécies constantes nos ambientes sob baixa e moderada influência antrópica. No entanto, para o ambiente sob alta ação antrópica todas as espécies de Calliphoridae foram classificadas como constantes (Tabela 6). Para os sarcófagídeos, independente do gradiente de ação antrópica, *P. chrysostoma* foi a única espécie classificada como constante, *O. thornax* e *T. occidua* foram classificadas como acidentais em todos sítios amostrais. No ambiente sob alta influência antrópica, *T. occidua* não foi amostrada (Tabela 6).

Tabela 6. Valores e categorias de Constância das espécies de Calliphoridae e Sarcophagidae amostradas sob diferentes graus de antropização na ilha de Fernando de Noronha.

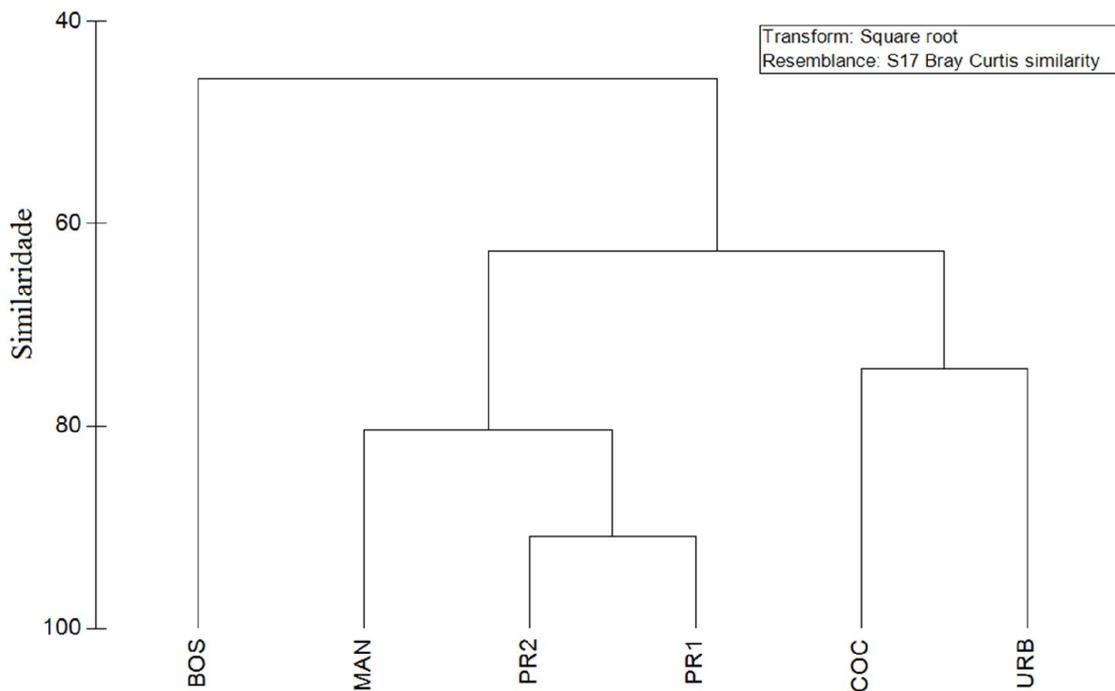
Família	Espécie	Baixa		Moderada		Alta	
		Constância		Constância		Constância	
Calliphoridae	<i>Chrysomya megacephala</i>	98,5	Const.	100,0	Const.	98,3	Const.
	<i>Cochliomyia macellaria</i>	98,5	Const.	100,0	Const.	95,0	Const.
	<i>Lucilia eximia</i>	40,0	Aces.	26,2	Aces.	75,0	Const.
Sarcophagidae	<i>Oxysarcodexia thornax</i>	6,2	Acid.	16,9	Acid.	6,7	Acid.
	<i>Peckia (P) chrysostoma</i>	81,5	Const.	75,4	Const.	83,3	Const.
	Sarcophagidae (FEM)	96,9	Const.	92,3	Const.	91,7	Const.
	<i>Tricharaea(S) occidua</i>	6,2	Acid.	1,5	Acid.	0,0	-

Para a ilha de Fernando de Noronha a diversidade, tanto para a família Calliphoridae quanto para a Sarcophagidae, para os três níveis de antropização foi consideravelmente baixa, bem como a equitabilidade de Pielou (J), demonstrando uma baixa uniformidade nas proporções do número de indivíduos/número de espécies para os três graus de influência antrópica (Tabela 8).

Na ilha de Itamaracá, quando somadas todas as amostras, independente do gradiente de influência antrópica, nenhuma espécie de Calliphoridae foi classificada como constante. As espécies do complexo *Chrysomya* foram classificadas em patamares distintos, sendo *C. albiceps* e *C. megacephala* espécies acessórias (49,0% e 28,8%, respectivamente) e *C. putoria* classificada como acidental por estar presente em apenas 6,5% das coletas. Todas as outras espécies da família Calliphoridae foram classificadas como acidentais. Para a família Sarcophagidae todas as espécies foram classificadas como sendo acidentais; enquanto *P. chrysostoma* esteve presente em 13,7% das coletas, seguida por *P. anguilla* e *O. intona* com 11,1% e 9,2% de constância, respectivamente.

Na ilha de Itamaracá não houve um claro padrão de similaridade entre as praias, com relação ao gradiente de ação antrópica. Quando realizado um corte em 70% de similaridade observa-se a formação três grupos, sendo um deles exclusivamente formado pela região de Bosque (Figura 12).

Figura 12. Dendrograma de Análise de Agrupamento (Cluster) utilizando a matriz de similaridade de Bray-Curtis para os ambientes amostrados na ilha de Itamaracá. BOS: Bosque; COC: Coqueiral; MAN: Manguê; PR1: Praia 1; PR2; URB: Área Urbana.



Quando separados os ambientes sob os diferentes graus de ação antrópica (baixa, moderada e alta) para a ilha de Itamaracá, o padrão de distribuição das constâncias para a família Calliphoridae foi mantido, sendo distinta apenas as classificações. *C. megacephala* foi classificada como espécie constante em todos os ambientes, independente do grau de ação antrópica. Por outro lado sua espécie congênica *C. albiceps* foi classificada como constante em apenas um ambiente e *C. albiceps* foi classificada como acidental em todos os ambientes amostrados (Tabela 7). Um destaque especial é merecido para a espécie *L. eximia* que nesse ambiente insular foi caracterizada como acessória nas praias classificadas como de baixa antropização (Tabela 7). Para a família Sarcophagidae, mesmo separando os ambientes sob um gradiente de influência antrópica, nenhuma espécie foi categorizada como constante.

*Peckia (P) chrysostoma* foi a espécie mais expressiva classificada como acessória nas praias sob moderada ação antrópica e atingindo um patamar de cerca de 15% nos outros dois graus de influência antrópica (Tabela 7). Todas as outras espécies foram classificadas como sendo acidentais para esse ambiente insular, independentemente do grau de antropização.

Tabela 7. Valores e categorias de Constância das espécies de Calliphoridae e Sarcophagidae amostradas sob diferentes graus de antropização na ilha de Itamaracá.

Família	Espécie	Baixa		Moderada		Alta	
		Constância		Constância		Constância	
<b>Calliphoridae</b>	<i>Chrysomya albiceps</i>	71,4	Const.	36,5	Aces.	47,9	Aces.
	<i>Chrysomya megacephala</i>	81,0	Const.	60,3	Const.	75,0	Const.
	<i>Chrysomya putoria</i>	14,3	Acid.	3,2	Acid.	4,2	Acid.
	<i>Chloroprocta Idiodea</i>	9,5	Acid.	0,0		0,0	
	<i>Hemilucilia segmentaria</i>	14,3	Acid.	0,0		0,0	
	<i>Hemilucilia semidiaphana</i>	9,5	Acid.	0,0		0,0	
	<i>Lucilia eximia</i>	26,2	Aces.	6,3	Acid.	8,3	Acid.
	<i>Mesembrinella bicolor</i>	9,5	Acid.	0,0		0,0	
<b>Sarcophagidae</b>	<i>Oxysarcodexia culmiforceps</i>	4,8	Acid.	0,0		2,1	Acid.
	<i>Oxysarcodexia intona</i>	16,7	Acid.	6,3	Acid.	6,3	Acid.
	<i>Oxysarcodexia amorosa</i>	2,4	Acid.	0,0		0,0	
	<i>Oxysarcodexia thornax</i>	0,0		1,6	Acid.	0,0	
	<i>Oxysarcodexia timida</i>	9,5	Acid.	4,8	Acid.	2,1	Acid.
	<i>Peckia (E) anguilla</i>	2,4	Acid.	1,6	Acid.	10,4	Acid.
	<i>Peckia (P) chrysostoma</i>	14,3	Acid.	27,0	Aces.	16,7	Acid.
	<i>Peckia (E) collusor</i>	4,8	Acid.	0,0		0,0	
	<i>Ravina belforti</i>	0,0		1,6	Acid.	6,3	Acid.
	<i>Sarcodexia lambens</i>	2,4	Acid.	3,2	Acid.	4,2	Acid.
	Sarcophagidae (Fem)	50,0	Aces.	6,3	Acid.	54,2	Aces.
	<i>Tricharaea(S) occidua</i>	7,1	Acid.	6,3	Acid.	8,3	Acid.
	<i>Titanogrypa sp.</i>	2,4	Acid.	4,8	Acid.	2,1	Acid.

A diversidade na ilha de Itamaracá para a família Calliphoridae nos três níveis de antropização foi consideravelmente baixa, bem como a equitabilidade de Pielou (J), demonstrando uma baixa uniformidade nas proporções do número de indivíduos/número de espécies para os três graus de influência antrópica. No entanto, para os sarcófagídeos o ambiente sob baixa influência antrópica se mostrou relativamente mais diverso do que os outros. Para a família a Sarcophagidae equitabilidade de Pielou (J) em todos os ambientes foi relativamente alta, demonstrando uma uniformidade nas proporções do número de indivíduos/número de espécies para os três graus de influência antrópica (Tabela 8).

Tabela 8. Diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e Equitabilidade de Pielou ( $J$ ) das famílias Calliphoridae e Sarcophagidae amostrados em Fernando de Noronha e Itamaracá sob os diferentes graus de antropização: BIA: Baixa Influência Antrópica; MIA: Moderada Influência Antrópica e AIA: Alta Influência Antrópica.

Famílias		Fernando de Noronha			Itamaracá		
		BIA	MIA	AIA	BIA	MIA	AIA
Calliphoridae	H'	0,651	0,695	0,712	0,494	0,423	0,376
	J	0,469	0,501	0,514	0,237	0,305	0,271
Sarcophagidae	H'	0,303	0,235	0,072	2,102	1,773	1,733
	J	0,276	0,214	0,105	0,956	0,852	0,890

Com relação ao parâmetro dominância para a ilha de Fernando de Noronha, as espécies *C. megacephala* e *Co. macellaria* (ambas da família Calliphoridae) foram classificadas como codominantes em todos os ambientes de coleta, independentemente do grau de influência antrópica  $S_{BIA} = 0,564$   $S_{MIA} = 0,541$   $S_{AIA} = 0,526$  (Figura 13). Para os representantes da família Sarcophagidae a dominância foi bastante clara, com a espécie *P. chrysostoma* sendo classificada como a única espécie dominante em todos os ambientes sob diferentes graus de antropização, corroborando um alto índice de dominância nas três categorias de antropização  $S_{BIA} = 0,861$   $S_{MIA} = 0,888$   $S_{AIA} = 0,972$  (Figura 14).

A ilha de Itamaracá não apresentou uma clara dominância de uma espécie quando analisada a família Calliphoridae, revelando um baixo índice de dominância  $S_{BIA} = 0,741$   $S_{MIA} = 0,773$   $S_{AIA} = 0,799$ . No entanto o complexo genérico *Chrysomya* foi o mais representativo com as espécies *C. megacephala* e *C. albiceps* compartilhando a dominância em todos os sítios amostrais sob os diferentes graus de ação antrópica (Figura 15). Para a família Sarcophagidae não houve espécies classificadas como dominantes em todos os ambientes sob diferentes graus de antropização  $S_{BIA} = 0,129$   $S_{MIA} = 0,205$   $S_{AIA} = 0,205$ , havendo alternância de posições na codominância de pelo menos quatro espécies nos para as três categorias de antropização (Figura 16).

Figura 13. Ranking de dominância para as espécies da família Calliphoridae em Fernando de Noronha em áreas sob diferentes Graus de Influência Antrópica.

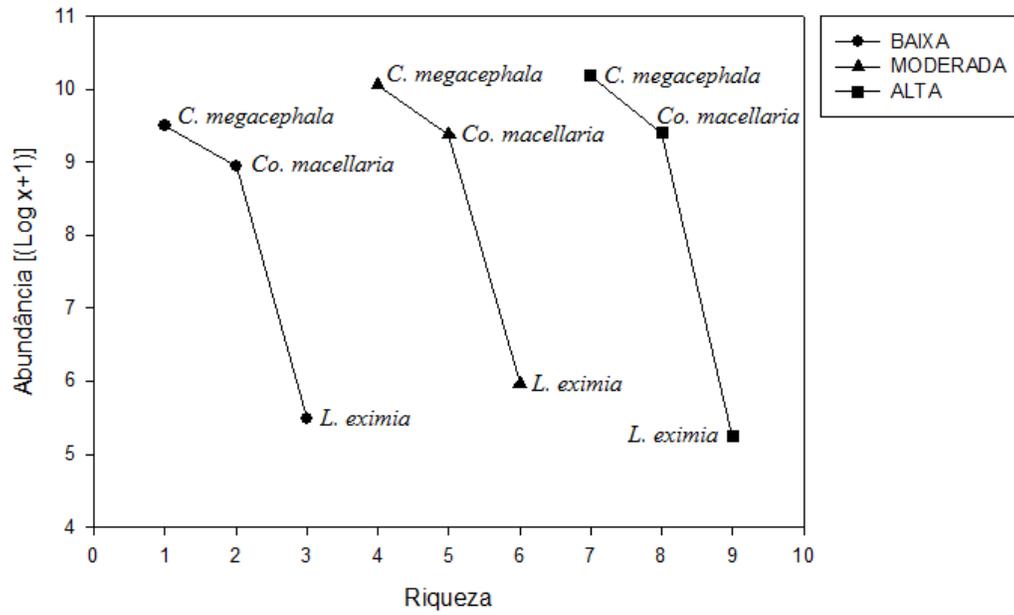


Figura 14. Ranking de dominância para as espécies da família Sarcophagidae em Fernando de Noronha em áreas sob diferentes Graus de Influência Antrópica.

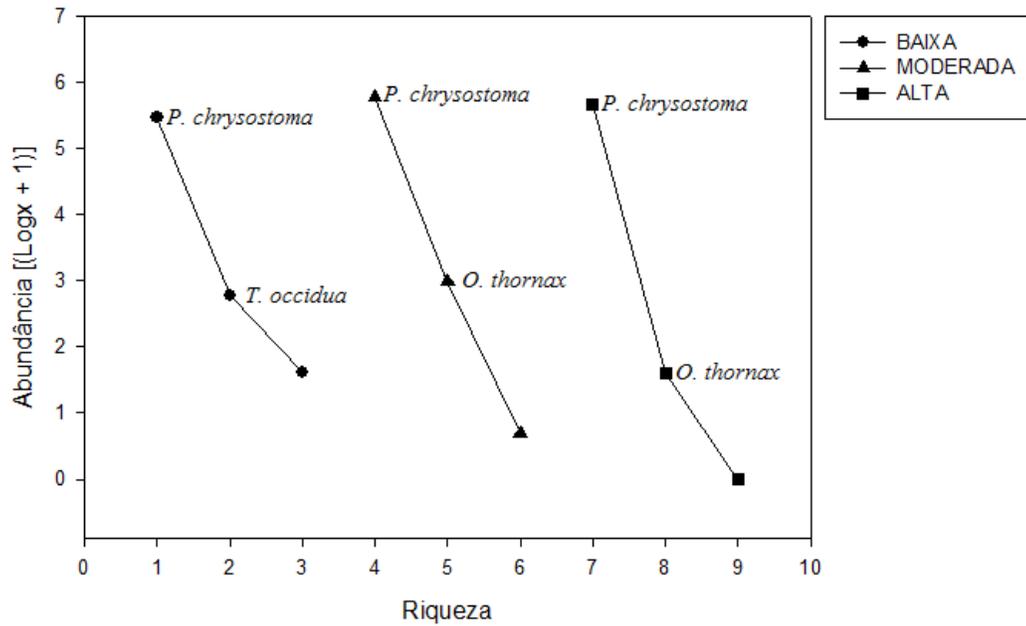


Figura 15. Ranking de dominância para as espécies da família Calliphoridae em Itamaracá em áreas sob diferentes Graus de Influência Antrópica. Com ênfase nas duas espécies codominantes *Chrysomya megacephala* e *Chrysomya albiceps*.

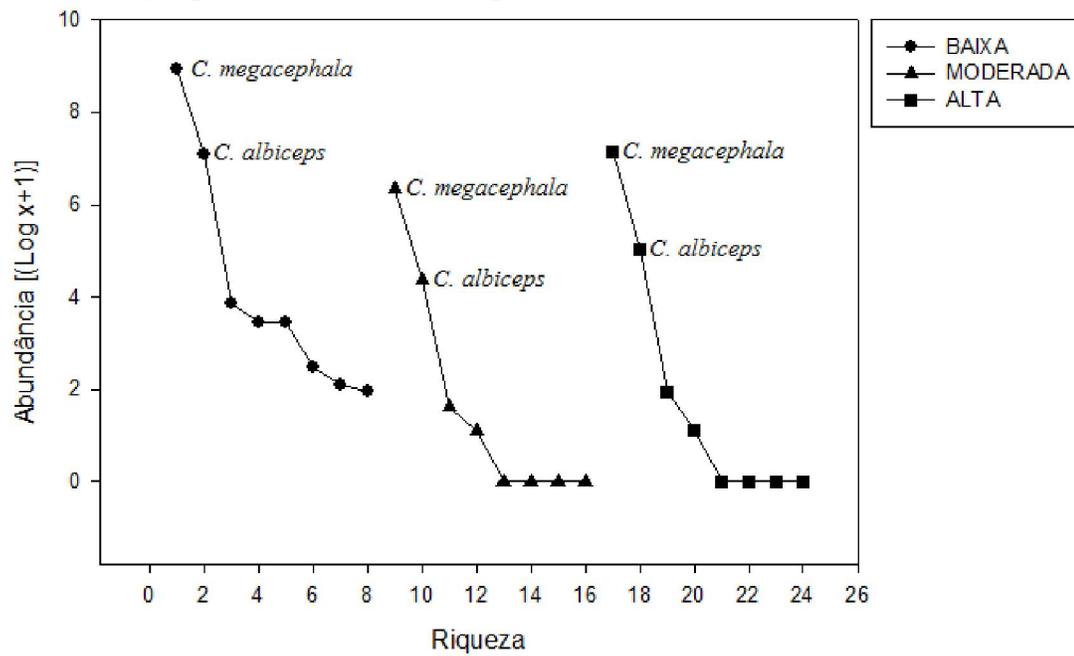
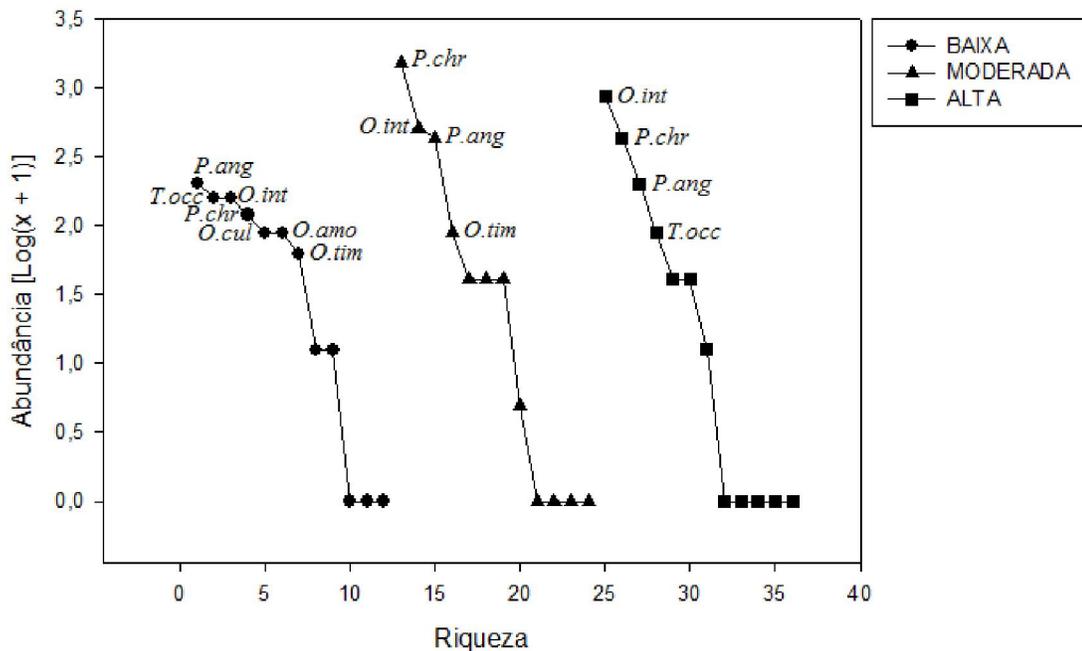


Figura 16. Ranking de dominância para as espécies da família Sarcophagidae em Itamaracá em áreas sob diferentes Graus de Influência Antrópica. *O.amo*: *Oxysarcodexia amorosa*; *O.cul*: *Oxysarcodexia culmiforceps*; *O.int*: *Oxysarcodexia intona*; *O.tim*: *Oxysarcodexia timida*; *P.ang*: *Peckia (E) anguilla*; *P.chr*: *Peckia (P) chrysostoma*; *T.occ*: *Tricharaea (S) occidua*.



### 5.1. *Composição de espécies e GIA*

Na ilha de Fernando de Noronha a riqueza da família Calliphoridae foi consideravelmente baixa, com aproximadamente a metade das espécies amostradas em Itamaracá, a qual apresentou oito espécies. O mesmo padrão de distribuição foi evidenciado para a família Sarcophagidae, com uma discrepância em termos de composição ainda maior, sendo ela marcada por apenas três espécies na ilha oceânica comparada a 12 em Itamaracá. Em um único estudo envolvendo a fauna de dípteros necrófagos na ilha de Fernando de Noronha, Couri e colaboradores (2008) relatam as mesmas espécies de sarcófagídeos registradas no presente trabalho. Ainda assim, para a família Calliphoridae a composição da ilha foi ampliada com o incremento da espécie invasora *Chrysomya megacephala*. É possível que um polimorfismo para a espécie *L. eximia* tenha sido detectado, podendo estar relacionado com um processo de especiação *in situ*, no entanto análises morfológicas mais robustas aliadas à ferramentas moleculares poderão responder com mais certeza esse questionamento.

Hanski (1977) desperta o interesse na realização de trabalhos envolvendo conceitos da biogeografia de ilhas, argumentando que a dinâmica das comunidades de moscas em ambientes insulares pode ser semelhante à das aves. Gillespie et al. (2008) discutem a relação entre a produção e utilização dos recursos ambientais em ilhas, havendo nas populações uma estreita dependência dos recursos locais. Assim, a diversidade em ambientes insulares é relativamente mais baixa quando comparada com suas contrapartidas continentais (CONNOR et al., 2000), sendo linear o aumento da riqueza como aumento das porções terrenas de um ambiente (MacARTHUR & WILSON, 1967).

Dúvidas sobre o processo de especiação *in situ* não são recentes, porém a capacidade de distinguir colonização e especiação *in situ* era mais difícil antes da disponibilidade de análises filogenéticas modernas (PRESGRAVES & GLOR, 2010). Não se pode calcular com precisão há quanto tempo a espécie nativa da região Neotropical se encontra estabelecida no arquipélago, haja vista a inexistência de inventários de insetos nesse ambiente. Ainda assim, decorridos 40 anos do primeiro inventário, a dinâmica da invasão e da especiação sugere a possibilidade da existência de polimorfismos e, em uma escala mais longa, o surgimento de novas espécies.

Diferenças na composição de espécies para os dois ambientes insulares refletem, também, as peculiaridades de cada ilha. *A priori*, a distância para o continente assessorada pelo tamanho de superfície são os dois principais fatores que influenciam no processo de distribuição das espécies. Fernando de Noronha dista 345 km da região mais próxima da costa brasileira e detém uma área total de cerca de 20 km<sup>2</sup> (quando somadas as superfícies de todas as ilhas e ilhotas do arquipélago), e por conta disso uma baixa riqueza de invertebrados terrestres já seria esperada. No entanto isso não é refletido na abundância, a qual superou todas as expectativas para a ilha, contrariando nossas hipóteses de trabalho.

Quando somadas todas as espécies amostradas, 88.752 dípteros adultos foram amostrados em Fernando de Noronha. Entre os califorídeos a espécie exótica *C. megacephala* foi dominante em todos os ambientes amostrados, acompanhada por *C. macellaria*. O aspecto de dominância, por si só não elucidada nem tão pouco caracteriza uma assembleia, no entanto assessorado por outros indicadores ecológicos como frequência relativa e constância, a assembleia pode ser mais bem caracterizada e inferências acerca dela podem ser feitas. Trata-se do primeiro registro desta espécie invasora em uma ilha oceânica do Atlântico Sul. A dominância e alta frequência relativa decorrem em grande parte de suas características reprodutivas; em laboratório, fêmeas de *C. megacephala* puseram em média 223 ovos, dos quais 30% atingiram a fase adulta (GABRE & CHI, 2005), enquanto Goodbrod & Goff (1990) registraram uma taxa de emergência de 44%.

Mesmo não apresentando hábitos predadores na fase larval como sua congênere *C. albiceps*, a mosca da latrina desenvolve estratégias reprodutivas de bastante sucesso, tipicamente r-estrategista. Tullis & Goff (1987) e Goff et al. (1988) descrevem que as larvas de *C. megacephala* formam massas orgânicas de tecidos firmes situadas abaixo de agrupamentos de *C. rufifacies* havendo uma coexistência harmoniosa entre essas espécies. É possível que esse comportamento ocorra também entre outras espécies da mesma família. Outra característica importante dessa espécie é a celeridade do desenvolvimento larval e emergência em adultos (AGUIAR-COELHO & MILWARD-DE-AZEVEDO, 1995). Os autores elucidaram experimentalmente a rapidez do abandono do recurso pelas larvas de *Co. macellaria* quando em presença de *C. megacephala*, além de relatarem um maior grau de emergência de adultos dessa espécie quando comparado a *Co. macellaria*. Ainda no mesmo estudo, os autores demonstraram que quando as espécies são associadas há uma redução significativa do peso das larvas da espécie Neotropical resultando num menor percentual de emergência de adultos dessa espécie. Isso explica o fato de em tão pouco tempo *C.*

*megacephala* ter conseguido reduzir, em termos proporcionais, a população de *Co. macellaria* de 99% para cerca de 40% em Fernando de Noronha. Deste modo, mesmo não apresentando hábitos predadores a espécie *C. megacephala* é extremamente competitiva, pressionando o declínio das demais. A competição por recurso é aumentada quando a assembleia é mais diversa.

Em Itamaracá a riqueza de califorídeos foi o dobro do amostrado em Fernando de Noronha, e das oito espécies amostradas três são pertencentes do gênero exótico *Chrysomya*. Isso pode ser reflexo da proximidade do continente e do alto fluxo de produtos e transeuntes continente-ilha. Isto produz as condições para a proliferação desses indivíduos, os quais muitas vezes utilizam outros recursos como o lixo para a perpetuação das espécies. Dentre os califorídeos Linhares (1981) denota a dominância de *C. megacephala* para ambientes urbanizados bem como sua congênica *C. putoria*. Em levantamentos realizados por Ferreira (1983) na cidade de Goiânia, constatou-se uma predominância de *Co. macellaria* em lixões a céu aberto.

Não diferente da ilha oceânica *C. megacephala* foi a espécie dominante em todos os ambientes amostrados em Itamaracá, independentemente do grau de antropização. No entanto, essa dominância foi compartilhada com outra espécie invasora, *C. albiceps*. Entre moscas varejeiras, o estágio larval é o período de mais alta competição, no qual os indivíduos lutam pelo recurso limitado, se alimentando do quanto for possível antes do esgotamento do mesmo (ULLYETT, 1950; LEVOT et al., 1979; LOMNICKI, 1988). Após esse processo competitivo as larvas procuram um local para a pupação, comportamento conhecido como dispersão larval pós-alimentar (GREENBERG, 1990). Gomes et al. (2005) descrevem um maior afastamento das larvas de *C. megacephala*, comportamento tomado para evitar a predação pela espécie congênica.

Um fato interessante para a ilha de Itamaracá é a presença, mesmo que em baixa abundância, de *Mesembrinella bicolor* (Calliphoridae). Embora a biologia e a ecologia de muitas espécies de califorídeos seja bem estudada, em se tratando da subfamília Mesembrinellinae, os hábitos dos adultos e os nichos ocupados pelos imaturos são praticamente desconhecidos. Gadelha e colaboradores (2009) consideram que a presença de representantes da subfamília Mesembrinellinae esteja associada a locais preservados. Em estudo sobre riqueza e composição de espécies de califorídeos em fragmento de floresta atlântica Cabrini e colaboradores (2013) relatam a associação de *Mesembrinella bellardiana* em áreas menos impactadas pela ação antrópica. Naquele estudo os autores alertam para o

fato de outra espécie do mesmo gênero *M. peregrina* também estar intimamente relacionada com ambientes preservados, sugerindo a espécie como uma possível indicadora de locais preservados. Por conseguinte, parece haver uma associação a presença de espécies do gênero *Mesembrinella* a locais sob baixa ação antrópica, mesmo não havendo estudos sinantrópicos envolvendo espécies pertencentes a esse gênero.

Em relação à família Sarcophagidae a abundância foi menor que a de califorídeos. Este padrão de alta riqueza e baixa abundância é encontrado em inventários realizados nos mais diversos ambientes, como floresta (CRUZ & VASCONCELOS, 2006), áreas urbanas (NILO, 2007), agroecossistemas (VASCONCELOS & ARAUJO, 2012), e reflete características reprodutivas do grupo. Ainda assim, a riqueza foi consideravelmente superior com 12 espécies amostradas. Todas as espécies amostradas para Fernando de Noronha também foram registradas para a ilha continental. *Peckia chrysostoma* e *Oxysarcodexia intona* merecem destaque pela alta abundância e frequência relativa dentro da família, não sendo refletida na constância, já que ambas foram classificadas como acidentais, independente do grau de influência antrópica. Esses gêneros são os mais abundantes e diversos para o Brasil (SALVIANO, 1996; CARVALHO & LINHARES 2001). Conhecidas como moscas da carne, a maioria dos representantes da família Sarcophagidae são ovovivíparos, depositando larvas de primeiro instar nos substratos alimentares (DENNO & COTHRAN 1976). A estratégia reprodutiva da família, para muitas espécies pode garantir pioneirismo na colonização do substrato (BARROS et al., 2008). Essa mesma estratégia pode ser a razão pela baixa abundância quando comparada com os califorídeos. Investindo mais recurso e tempo no desenvolvimento dos imaturos em detrimento do aumento populacional, os sarcófagídeos apresentam uma estratégia tipicamente k-estrategista. Ao ponto que os representantes da família Calliphoridae investem o recurso no aumento populacional, sendo eles r-estrategistas.

A sinantropia é definida como um possível indicador de habilidade das espécies em utilizar condições de vida criadas pelo homem (NUORTEVA, 1963), estendendo-se ainda, à importância médico-sanitária apresentada principalmente pelos califorídeos (NUORTEVA, 1963). Para a família Calliphoridae, as espécies mais abundantes amostradas no presente estudo detêm afinidade por áreas perturbadas pela ação antrópica. Montoya et al. (2009) relataram em estudo realizado na Colômbia *C. megacephala* e *Co. macellaria* como as espécies com maior grau de associação a ambientes urbanos. Em contrapartida, a espécie invasora *C. albiceps* foi classificada como hemisinantrópica no mesmo estudo, indicando moderada preferência por assentamentos humanos. *C. megacephala* detém o status de espécie

com forte preferência a zonas urbanas (ESPINDOLA, 2006), inclusive no Brasil (LINHARES, 1981). D’Almeida & Almeida (1998) registraram para essa espécie um extenso nicho, relatando uma sobreposição importante com as espécies *L. eximia* em área urbana e com *L. cuprina* em áreas rurais. Fatores como sua rápida adaptabilidade, associação com ambientes urbanos e altos índices sinantrópicos podem determinar seu potencial colonizador (PARALUPPI, 1996).

Na Colômbia, *Co. macellaria* foi a segunda espécie de maior afinidade por ambientes urbanizados (MONTROYA et al., 2009), contrariando seu status para o Brasil, onde foi classificada como hemisinantrópica em diversas localidades (FERREIRA, 1983; LINHARES, 1981; RODRIGUES-GUIMARÃES et al., 2008). Em Curitiba, a espécie obteve um índice de sinantropia negativo, demonstrando aversão localizada a ambientes perturbados pela ação humana (FERREIRA, 1978). Para *C. albiceps* a preferência por ambientes antropizados é moderada; na Colômbia, Montoya et al. (2009) identificou a espécie como hemissinantrópica, o mesmo observado para Argentina (MARILUIS & SCHNACK, 2002), Peru (BAUMGARTNER & GREENBERG 1985) e Brasil (RODRIGUES-GUIMARÃES et al., 2008). Para *L. eximia*, espécie registrada tanto para o arquipélago de Fernando de Noronha quanto para a ilha de Itamaracá, sugere-se sua preferência por ambientes antropizados (LINHARES, 1981; D’ALMEIDA & LOPES, 1983; FERREIRA & BARBOLA, 1998). Esse pode ser um dos fatores associados com o aumento da espécie na ilha de Fernando de Noronha.

Todavia, há poucos estudos acerca do grau sinantrópico dos representantes de Sarcophagidae. YEPES-GAURISAS et al. (2013) descrevem a associação dos gêneros *Peckia* e *Oxysarcodexia* com ambientes perturbados por ação antrópica na Colômbia. *Peckia chrysostoma* é comumente encontrada em ambientes urbanos, estando praticamente ausente em ambientes florestais conservados, isso corrobora D’ALMEIDA (1984) que encontrou essa espécie em uma área residencial de Belo Horizonte (MG), assim como LINHARES (1981) em Campinas. Bem como para a Região Metropolitana do Recife por Oliveira & Vasconcelos (2010) e por Vasconcelos et al., (2014).

O aumento do fluxo de turistas para a ilha de Fernando de Noronha em cerca de 150% nos últimos anos (BRASIL, 2012), esse ambiente vem se tornando ideal para o desenvolvimento populacional desses califorídeos. Em Itamaracá, outro fator influencia na chegada e estabelecimento desses dípteros, além do alto número de pessoas. A proximidade

com o continente pode ser um aliado dos dípteros, uma vez que essa proximidade facilita o trânsito de pessoas/animais do continente para a Ilha.

## **5.2. Aspectos da Bioinvasão e Conservação**

A diversidade de uma ilha é fruto do processo de dispersão que pode ocorrer naturalmente ou de maneira induzida (GILLESPIE et al., 2008) e a dinâmica populacional nesses ambientes reflete a relação entre a taxa de migração e o tamanho da ilha (TOFT & SCHOENER, 1983). Ilhas grandes estão associadas a uma reduzida extinção, enquanto ilhas mais isoladas – como Fernando de Noronha – estão relacionadas com uma imigração reduzida de espécies. Isso corrobora o fato da baixa diversidade encontrada em Fernando de Noronha, alertando para a fragilidade desse ambiente, evidenciada pela presença de espécies potencialmente destrutivas como é o caso da espécie invasora, *Chrysomya megacephala*.

Para Greenslade & Convey (2012) uma espécie é classificada como exótica quando é claramente nativa de outra região, ao passo que quando consegue se estabelecer em uma nova região colonizando-a e causando alguma perturbação no ecossistema original passa a ser classificada como uma espécie invasora. Para a ilha de Fernando de Noronha, nenhuma das três espécies de Sarcophagidae apresenta esse status, sendo todas nativas da região Neotropical. O mesmo é evidenciado para a ilha continental com relação à família Sarcophagidae. No entanto, em relação à família Calliphoridae os padrões de distribuição são diferentes.

A introdução de algumas espécies do gênero *Chrysomya* no continente americano nas últimas quatro décadas teve espetacular sucesso. *C. megacephala*, *C. albiceps* e *C. putoria* foram introduzidas em meados da década de 1970 no Sul do Brasil (GUIMARÃES et al., 1978). Desde então o sucesso colonizador dessas espécies foi grande, aumentando periodicamente sua plasticidade ambiental. Em 1978 uma quarta espécie pertencente a esse gênero, *Chrysomya rufifacies*, foi registrada para a região Neotropical na Costa Rica e rapidamente ampliou sua distribuição geográfica para a América do Norte (BAUMGARTNER, 1993; SHAHID et al., 2000).

O gênero invasor (*Chrysomya*) está sendo relatado pela primeira vez, com a presença de três espécies, para a ilha de Itamaracá sendo concomitante à presença de apenas uma das três espécies para as duas ilhas (Tabela 2). *Chrysomya megacephala* foi a espécie dominante nos dois ambientes insulares, evidenciando de seu estabelecimento nesses locais. Isso

demonstra o alto potencial invasivo dessa espécie assessorado pela grande capacidade de adaptação a diferentes ambientes/biomas.

Essa espécie de grande importância médica e forense ocupa uma vasta variedade de habitats e desde sua introdução no continente americano foi detectada desde a floresta amazônica até ambientes semiáridos, incluindo florestas tropicais da costa brasileira (VASCONCELOS et al., 2013), agroecossistemas, ambientes costeiros (VASCONCELOS & ARAUJO, 2012) e áreas urbanas (MONTROYA et al., 2009). O aumento de sua plasticidade ambiental somada a dominância em todos esses ambientes, corrobora a potencialidade invasiva dessa espécie. Tanto no arquipélago de Fernando de Noronha, quanto na ilha continental de Itamaracá, a espécie encontrou um ambiente favorável para prosperar, ou seja, com ampla oferta de comida e abrigo, poucos inimigos naturais e condições abióticas favoráveis, como alta temperatura e baixa umidade relativa durante todo o ano, sendo similar às condições encontradas em seu território de origem (WELLS, 1991).

Após sua chegada em uma ilha, uma espécie exótica ou invasora se torna naturalizada quando consegue estabelecer novas populações nesse ambiente (GREENSLADE & CONVEY, 2012), como é o caso de *C. megacephala* nas ilhas Galápagos (CAUSTON et al., 2006). *A priori* as espécies Neotropicais *Co. macellaria* e *L. eximia* também não são nativas do arquipélago de Fernando de Noronha. No entanto, o tempo de colonização é um fator importante na mudança desse status, podendo atualmente serem classificadas como *naturalizadas*, uma vez que quarenta anos atrás populações dessas espécies já se encontravam estabelecidas na ilha (COURI et al., 2008). Até o momento é impossível saber se o estabelecimento de *C. megacephala* levou, ou eventualmente levará, à extinção local de outras espécies de califorídeos. A única referência à diversidade de Diptera para a ilha de Fernando de Noronha foi baseada em amostragens realizadas no início dos anos 1970, quando apenas as duas espécies – *Co. macellaria* e *L. eximia* – foram registradas (COURI et al., 2008). Naquele estudo o domínio de *Co. macellaria* foi definido por sua frequência relativa na ordem de 99% quando comparada à outra única espécie de Calliphoridae amostrada para o momento (COURI et al., 2008). Quarenta anos mais tarde com a chegada de *C. megacephala*, a frequência relativa de *Co. macellaria* entre os califorídeos caiu vertiginosamente para cerca de 40%. O fato de que a espécie invasora *C. megacephala* atingiu o status de dominante tão rapidamente apoia a conclusão de que a espécie experimenta um aumento da plasticidade ambiental constante. Embora se desconheça a metodologia do primeiro inventário, é provável

que as proporções de indivíduos amostrados em ambos os estudos representem de forma realista, as comunidades locais em seus respectivos períodos.

Vários autores mencionam a coexistência de moscas varejeiras em recursos alimentares efêmeros. Para Denno & Cothran (1976), esses insetos não exploram a carcaça como um recurso homogêneo, eles parecem se especializar em diferentes porções desse substrato, podendo sua distribuição ser não somente temporal como espacial. Tullis & Goff (1987) e Goff et al. (1988) demonstraram experimentalmente que larvas de *C. rufifacies* permanecem em massa dispersa enquanto larvas de *C. megacephala* formam massas orgânicas de tecidos firmes situados abaixo de agrupamentos de *C. rufifacies* havendo uma coexistência entre essas espécies. Por outro lado, uma reação diferenciada foi vista por Ullyett (1950) envolvendo *C. albiceps* e *Co. macellaria*, sendo mais deletéria para a segunda espécie. Porém, pouco se sabe sobre a associação entre as espécies *C. megacephala* e *Co. macellaria*. Aguiar-Coelho e Milward-de-Azevedo (1995) denotam a coexistência das duas espécies em questão, mencionando que a estratégia reprodutiva e a dinâmica de utilização do recurso de *C. megacephala* pode comprometer o desenvolvimento da espécie nativa no mesmo substrato.

Para Itamaracá o status de invasora de *C. megacephala* não é diferente. Uma série de características deve ser levada em consideração a fim de sustentar que uma determinada espécie é considerada potencialmente invasora em uma nova área, muitas das quais estão reunidas na espécie para os dois ambientes insulares em questão. A espécie ocupa uma variedade de ecótopos ou nichos ecológicos, apresenta altas taxas de reprodução e um ciclo de vida muito curto que lhes permitem atingir a idade adulta em cerca de 124 horas após a oviposição (RABELO et al., 2011). Aspectos comportamentais também são vantajosos: em um fragmento urbano de floresta tropical localizado na região Nordeste do Brasil, fêmeas adultas dessa espécie foram capazes de localizar um animal morto nas primeiras 24 horas após a morte (VASCONCELOS et al., 2013). Além disso, Wells (1991) argumenta que é provável que *C. megacephala* irá apresentar o mesmo papel ecológico e de saúde pública no Novo Mundo, assim como em seu local de origem.

O aumento do tráfego entre Fernando de Noronha e o continente brasileiro e de outros países ao longo das últimas décadas elevou drasticamente a possibilidade de espécies invasoras serem acidentalmente introduzidas no arquipélago. Isso não é diferente para a ilha de Itamaracá, ainda mais potencializada pela proximidade do continente, facilidade de acesso e ausência de políticas públicas que estabeleçam normas rígidas de inspeção de alimentos e organismos vivos, como é visto em Fernando de Noronha. No entanto, apesar dessa rigidez,

as varejeiras são difíceis de detectar e conter. A história de introdução desastrosa de espécies de animais na ilha de Fernando de Noronha inclui a Garça vaqueira – *Bubulcus ibis* (Linnaeus, 1758) – o lagarto teiú – *Tupinambis merianae* (Duméril & Bibron, 1839) – e uma espécie de importância médica de escorpião *Tityus stigmurus* (Thorell, 1876) (FREITAS & VASCONCELOS, 2008). Em Fernando de Noronha, uma forte dependência do transporte humano mediado ao elevado grau de plasticidade ambiental são requisitos cumpridos por *C. megacephala*, com todos os riscos médicos e ambientais inerentes.

Os efeitos ecológicos oriundos da introdução de uma espécie invasora podem gerar alterações significativas na dinâmica do ecossistema de uma comunidade local (KENIS et al., 2009). Muitos estudos mostram que insetos predadores invasores deslocam as espécies nativas, mas a maioria não consegue identificar o mecanismo por trás do deslocamento (REITZ & TRUMBLE, 2002). Estudos envolvendo formigas invasoras revelam de maneira clara os danos ecológicos à fauna nativa, e o impacto mais acentuado ocorre quando as formigas nativas são deslocadas através da competição por recursos ou por predação direta (HOLWAY et al., 2002). Além da predação, o deslocamento de espécies nativas por competição direta também é relatado, como no caso da presença do mosquito invasor *Culex quinquefasciatus* ter deslocado populações do nativo *Culex tarsalis* Coquillett, 1896 na Califórnia (SMITH et al., 1995). Em estudos de laboratório Carrier et al. (2003) demonstraram a potencial competição entre *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) e o nativo *Culex pipiens* Linnaeus, 1758 achando evidências da superior utilização do recurso pelo invasor, diminuindo assim as populações do mosquito nativo.

Para assembleias de dípteros necrófagos esses efeitos deletérios são similares. A alta frequência e constância de *C. albiceps* pode acarretar o deslocamento das espécies predadas diretamente por ela, ao ponto que assessorada por sua congênera *C. megacephala* a potencialidade do deslocamento pode ainda ser maior, pelo fato de ser competidora direta pelo recurso efêmero. O deslocamento de populações de *Co. macellaria* em campo ou em arenas experimentais, provocado pela introdução de varejeiras invasoras como *C. albiceps* e *C. rufifacies*, foi mencionando por Wells & Greenberg (1992) e por Faria & Godoy (2001). Estudos laboratoriais ainda denotam que, curiosamente, as espécies do velho mundo tendo coevoluido com espécies predadora, são mais resistentes à predação que a espécie Neotropical *Co. macellaria* (WELLS & KURAHASHI, 1997; FARIA & GODOY, 2001).

### 5.3. Contribuições para a Entomologia Forense

O conhecimento sobre a biologia e distribuição dos dípteros necrófagos serve como instrumento de auxílio aos órgãos criminais, estando eles relacionados principalmente com o cálculo do intervalo pós-morte – IPM (GOFF et al., 1988). A entomologia forense pode ser uma ferramenta útil para os cientistas forenses, principalmente em ambientes onde o número de crimes violentos é alto. A composição das espécies colonizadoras e suas dinâmicas são pontos cruciais para uma melhor precisão na estimativa do IPM, e na associação de espécies com os locais de crime. É o que sugere Greenberg (1991) e Wells & Kurahashi (1994) ao afirmarem que algumas espécies podem ser associadas a determinados locais, sendo elas então, utilizadas como boas indicadoras de locais de crime.

Em estudo recente realizado no Brasil Carvalho e Linhares (2001) classificaram *Hemilucilia semidiaphana* como sendo potencial indicadora forense para regiões florestadas. A mesma ideia de bioindicação é dada por Centeno et al. (2002) que observaram diferenças em relação ao tempo de decomposição e o padrão de sucessão em carcaças de porcos abrigadas ou não. Assim, baseados na distribuição geográfica, habitat natural e biologia da espécie é possível estimar o local onde a morte ocorreu (SMITH, 1986).

No entanto, essa estimativa bioindicadora de local de morte pode ser ineficiente para algumas espécies em regiões específicas, como é o caso da região Neotropical, onde não se tem uma clara divisão entre estações, sendo mínima a variação de fatores que influenciam diretamente na colonização como temperatura e umidade relativa do ar. As espécies pioneiras na colonização de uma carcaça/corpo são quase sempre pertencentes à família Calliphoridae (VASCONCELOS et al., 2013), dentre elas destacam-se as espécies invasoras pertencentes ao gênero *Chrysomya*. Para o Brasil, a distribuição geográfica das espécies pertencentes a esse gênero tem aumentado consideravelmente (VASCONCELOS & ARAUJO, 2012) o que inviabiliza a utilização desses indivíduos como potenciais bioindicadores de locais de morte. Além disso, a pressão causada pelas espécies exóticas às nativas por competição por sítios de cópula, postura e alimentação pode causar deslocamento populacional ou até mesmo a extinção de determinadas espécies nativas.

Das nove espécies de califorídeos amostradas no presente estudo, cinco apresentam importância forense. Para Souza & Linhares (1997) *C. albiceps* é classificada como indicadora forense para a região Sudeste do Brasil, especialmente em áreas urbanas, tanto em São Paulo quanto no Rio de Janeiro. Não se conhece sua utilização como potencial indicadora

de locais de crime para a região Nordeste, haja visto, sua frequência de ocorrência similar em diversas áreas dessa região (VASCONCELOS & ARAUJO, 2012). Na região Sudeste essa espécie foi amostrada tanto em carcaças animais (MONTEIRO-FILHO & PENEREIRO, 1987) como em cadáveres humanos (OLIVEIRA-COSTA et al., 2001). Da mesma forma *C. megacephala* foi amostrada em diversos substratos sugerindo uma não especificidade de recursos. Carvalho e Linhares (2001) e Vasconcelos et al. (2013) encontraram essa espécie associada a carcaças suínas, de contrapartida Leandro & D'Almeida (2005) amostraram essa espécie com predominância em carcaças de peixe. No Rio de Janeiro, Oliveira-Costa (2005) encontrou essa espécie colonizando cadáveres humanos, bem como em Pernambuco Vasconcelos et al. (2014) também amostraram essa espécie colonizando um cadáver. Ambas as espécies podem ser importantes instrumentos para a estimativa do Intervalo Pós-Morte (IPM), no entanto com uma alta plasticidade ambiental a utilização delas como indicadoras de local de morte torna-se ineficaz.

Com pouca frequência de ocorrência e encontrada apenas na ilha de Itamaracá, *C. putoria* também apresenta uma importância para a entomologia forense na estimativa do IPM. Souza & Linhares (1997) relataram que as carcaças podem não ser o meio preferido para essa espécie, no entanto os espécimes podem frequentá-la a procura de proteína para o desenvolvimento dos ovos. Recentemente, registrou-se a presença de *C. putoria* como colonizadora de cadáveres humanos na Região Metropolitana do Recife (VASCONCELOS et al., 2014).

Com relação à *C. macellaria*, Liu & Greenberg (1989) descreveram suas biologia, mencionando que as fêmeas podem depositar seus ovos próximo a ferimentos onde haja tecido necrosado; no entanto, frequentemente as posturas são realizadas sobre carcaças animais. Essa espécie já foi vastamente encontrada em carcaças animais e em experimentos feitos com armadilhas (VASCONCELOS & ARAUJO, 2012). A colonização dessa espécie em cadáveres humano não é tão frequente, no entanto para a região Sudeste Carvalho et al (2000) registraram a presença de adultos em um cadáver humano em São Paulo, a mesma associação foi evidenciada por Oliveira-Costa et al. (2001), no entanto com a presença de indivíduos imaturos.

Outra espécie oriunda da região Neotropical merece destaque por sua importância forense. *Lucilia eximia* está experimentando uma ampliação de sua distribuição geográfica para o Brasil (VASCONCELOS & ARAUJO, 2012). Os mesmos autores denotam a presença dessa espécie em ambientes diversificados, desde áreas urbanas até ambientes litorâneos,

passando por fragmentos de mata e agroecossistemas. A colonização de cadáveres humanos não é tão frequente (OLIVEIRA-COSTA et al., 2001), no entanto em modelos animais ela se encontra frequentemente presente (RIBEIRO, 2003; MORETTI, 2006). Para o estado do Amazonas, Anjos (2009) amostrou essa espécie em carcaças de ave, mencionando ainda que ela pode se tratar de uma possível bioindicadora de local de morte para a região.

Para o Brasil vários são os gêneros de Sarcophagidae associados com cadáveres humanos, apresentando assim cerca importância forense. No entanto poucas são as espécies associadas a cadáveres humanos (OLIVEIRA-COSTA, 2011). Dentre todas as espécies pertencentes à família Sarcophagidae amostradas no presente trabalho merecem destaque pela importância forense: *Oxysarcodexia thornax*, espécie amplamente amostrada em modelos animais (SALVIANO, 1996; CARVALHO & LINHARES, 2001; MORETTI, 2006) e em iscas (VASCONCELOS & ARAUJO, 2012), no entanto a colonização de cadáveres é pouco vista (OLIVEIRA-COSTA, 2005); *Ravina belforti*, essa espécie foi a espécie mais frequente na amostragem feita por Salviano et al. (1996) no Rio de Janeiro utilizando modelos animais, sua colonização em cadáveres humanos é vista por Oliveira-Costa (2005) na região Sudeste e por Oliveira & Vasconcelos (2010) para a região Nordeste do Brasil.

Em uma compilação recente de dados Vasconcelos & Araujo (2012) mencionaram a presença de apenas duas espécies de sarcófagídeos colonizadores de cadáveres humanos para o Nordeste brasileiro. Ainda assim, um ano mais tarde, o mesmo pesquisador menciona a existência de uma terceira espécies colonizadora de cadáveres humanos para a Região (VASCONCELOS et al., 2013), nesse trabalho ele menciona o primeiro registro de *Peckia chrysostoma* como uma das espécies que colonizaram um cadáver humano na região metropolitana do Recife.

Deste modo, a entomologia forense é uma ferramenta útil aos órgãos policiais/jurídicos, contudo seu estabelecimento como uma ferramenta confiável na rotina dos cientistas forenses na região Nordeste do Brasil enfrenta desafios comuns a muitos países em desenvolvimento expostos a altos índices de violência (VASCONCELOS & ARAUJO, 2012). Apesar de taxas alarmantes de violência e homicídios não resolvidos a pesquisa aplicada à entomologia forense no Nordeste ainda é incipiente. A ilha de Itamaracá, antes conhecida por sua potencialidade turística passa, atualmente, por uma onda de criminalidade alarmante. Noticiado recentemente os meios de comunicação em massa (LINS, 2013), a ilha de Itamaracá como sendo a terceira cidade brasileira com o maior número de homicídios. Altas

taxas de homicídios agravadas por um baixo contingente profissional reduzem a eficácia da cooperação entre os investigadores de polícia e entomologistas locais.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Mesmo sendo considerados “laboratórios naturais”, pouco se conhece acerca da dinâmica de populações e estrutura de assembleias de dípteros necrófagos em ambientes insulares brasileiros. O presente trabalho corrobora os postulados da teoria de biogeografia de ilhas, esperando-se uma menor diversidade para o arquipélago de Fernando de Noronha devido a uma série de fatores, como proximidade do continente, tamanho e fluxo humano. Ainda assim, uma alta abundância de califorídeos foi constatada nesse ambiente, o que pode ser relacionada por características ambientais como temperatura, umidade e correntes de ar, ou até mesmo à disponibilidade de recursos. Ao ponto da grande maioria dos indivíduos pertencentes às três espécies amostradas em Fernando de Noronha se concentrarem no recurso que estava sendo oferecido pelas armadilhas. Para Itamaracá uma maior proximidade do continente e uma vasta variedade de micro-habitats proporcionam um melhor aporte para uma alta diversidade de moscas necrófagas

*Chrysomya megacephala* já se encontra estabelecida no continente e também foi detectada com grande frequência e constância na ilha de Itamaracá, no entanto, contrariando nossas ideias iniciais, a mesma espécie já se encontra estabelecida no arquipélago de Fernando de Noronha causando um decréscimo – proporcional – na população da mosca nativa *Cochliomyia macellaria*. Isso denota a grande capacidade adaptativa dessa espécie a novos ambientes, ampliando assim sua distribuição geográfica para a região Neotropical. Essa maior plasticidade ambiental compromete a utilização dessas espécies como indicadoras de locais de morte. No entanto, é válido ressaltar que esse parâmetro não pode ser utilizado para todas as espécies, uma vez que indivíduos de *M. bicolor* só foram amostrados em ambientes preservados, demonstrando ser uma espécie em potencial para os serviços de perícia criminal como indicadoras de locais de morte. Ainda assim, pela sua biologia reprodutiva e rapidez de detecção de um cadáver, as espécies invasoras do gênero *Chrysomya* são uma ótima ferramenta na aferição do IPM.

O potencial invasivo dessas espécies e a capacidade iminente de adaptação são fatores que auxiliam o estabelecimento das espécies invasoras em novos ambientes, porém para a ilha de Fernando de Noronha ainda é precoce a menção de ameaça das espécies nativas, sendo necessários trabalhos que analisem a flutuação populacional das espécies envolvidas associados à ferramentas moleculares para detectar até que ponto o crescimento exponencial das espécies invasoras é danoso.

## **7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AGUIAR-COELHO, V.M.; MILWARD-DE-AZEVEDO, E.M.V. Associação entre larvas de *Chrysomya megacephala* (fabricius) e *Chrysomya albiceps* (wiedemann), *Chrysomya megacephala* (fabricius) e *Cochlomyia macellaria* (fabricius) (Calliphoridae, Diptera) sob condições de laboratório. **Revista Brasileira de Zoologia**. 12(4):991-1000. 1995.
- ALBUQUERQUE, D.O.; PAMPLONA, D.; CARVALHO, C.J.B. Contribuição ao conhecimento dos *Fannia* R. D., 1830 da Região Neotropical (Diptera, Fanniidae). **Arquivo do Museu Nacional**. Rio de Janeiro 56: 9–34. 1981.
- AMENDT, J.; CAMPOBASSO, C.P.; GAUDRY, E.; REITER, C.; LeBLANC, H.; HALL, M.J.R. Best practice in forensic entomology—standards and guidelines. **International Journal of Legal Medicine**. 121:90-104. 2007.
- ANJOS, V.A. Ocorrência de muscoides necrófagos em carcaças de vertebrados silvestres no município de Capão do Leão, RS, Brasil. Trabalho de conclusão de curso – monografia para obtenção do título de bacharel em ciencias biológicas. **Universidade Federal de Pelotas**. 2009.
- BARROS, R.M.; MELLO-PATIU, C.A.; PUJOL-LUZ, J.R. Sarcophagidae (Insecta, Diptera) associados à decomposição de carcaças de *Sus scrofa* Linnaeus (Suidae) em área de Cerrado do Distrito Federal, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**. 52:606–609. 2008.
- BAUMGARTNER, D.; GREENBER, B. Distribution and medical ecology of the blow flies (Diptera: Calliphoridae) of Peru. **Annals of the Entomological Society of America** 78(5):565-587. 1985.
- BAUMGARTNER, D.L. Review of *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae). **Journal of Medical Entomology**. 30:338-352. 1993.
- BRASIL. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Brasília**. 2005.
- BRASIL. Relatórios Dinâmicos – Indicadores Municipais. Available at [www.portalodm.com.br/relatorios/PDF/gera\\_PDF.php?cidade=33420](http://www.portalodm.com.br/relatorios/PDF/gera_PDF.php?cidade=33420). Access 03<sup>rd</sup>/Aug/2013. 2012.
- BYRD, J. M; CASTNER, J. L. Insects of Forensic Importance. In: BYRD, J. M; CASTNER, J. L. (eds.) **Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations**. CRC: .p.39-126. 2010.

- CABRINI, I.; GRELLA, M.D.; ANDRADE, C.F.S.; THYSSEN, P.J. Richness and composition of Calliphoridae in an Atlantic Forest fragment: implication for the use of dipteran species as bioindicators. **Biodiversity and Conservation**. 22(11)-2635-2643. 2013.
- CARTER, D.O.; YELLOWLESS, D.; TIBBETT, M. Cadaver decomposition in terrestrial ecosystems. **Naturwissenschaften**. 94:12–24. 2007.
- CARVALHO, C. J. B.; COURI, M. S. Part I, Basal Muscidae, p. 17-132. In: CARVALHO, C. J. B. (ed). **Muscidae (Diptera) of the Neotropical Region: Taxonomy**. Curitiba, editora **Universidade Federal do Paraná**. 2002.
- CARVALHO, C.J.B. Classificação de Muscidae (Diptera): uma proposta através da análise cladística. **Revista Brasileira de Zoologia**. 6:627-648. 1989.
- CARVALHO, C.J.B.; COURI M.S.; PONT A.C.; PAMPLONA D.; LOPES S.M. A Catalogue of the Muscidae (Diptera) of the Neotropical Region. **Zootaxa**. 860:1-282. 2005.
- CARVALHO, C.J.B.; COURI, M.S. Part I. Basal groups. In CARVALHO, C.J.B. de (Ed) **Muscidae (Diptera) of the Neotropical Region: taxonomy**. Editora Universidade Federal do Paraná. Curitiba. p.17-132. 2002.
- CARVALHO, C.J.B.; RAFAEL, J.A.; COURI, M.S.; SILVA, V.C. Diptera In: RAFAEL, J.A.; MELO, G.A.R.; CARVALHO, C.J.B.; CASARI, S.A.; CONSTANTINO R. (eds). **Insetos do Brasil, Diversidade e Taxonomia**. Ribeirão Preto: Ed. Fapeam/Holos, p. 701-743. 2012.
- CARVALHO, C.J.B; PONT, A.C.; COURI, M.S.; PAMPLONA, D. A catalogue of the Fanniidae (Diptera) of the Neotropical Region. **Zootaxa** 219:1–32. 2003.
- CARVALHO, C.J.B; RIBEIRO, P.B. Chave de identificação das espécies de Calliphoridae (Diptera) do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**. 9:169-173. 2000.
- CARVALHO, L.M.L.; LINHARES A.X. Seasonality of insect succession and pig carcass decomposition in a natural forest area in southeastern Brazil. **Journal of Forensic Sciences**. 46:604-608. 2001.
- CARVALHO, L.M.L.; THYSSEN, P.J.; LINHARES, A.X.; PALHARES, F.A.B. A checklist of arthropods associated with pig carrion and human corpses in southeastern Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**. 95(1).135-138. 2000.
- CARVALHO, L.M.L; MELLO-PATIU, C.A. Key to the adults of the most common forensic species of Diptera in South America. **Revista Brasileira de Entomologia**. 52(3):390-406. 2008.

- CATTS, E. P.; GOFF, M. L. Forensic entomology in criminal investigations. **Annual Review of Entomology**. 37:253-272. 1992.
- CAUSTON C.E; PECK S.B; SINCLAIR B.J; ROQUE-ALBEL L.; HODGSON C.J; LANDRY B. Alien insects: threats and implications for conservation of Galápagos Islands. **Annals of the Entomological Society of America**. 99:121–143. 2006.
- CENTENO, N.; MALDONADO, M.; OLIVA. Seasonal patterns of arthropods occurring on sheltered and unsheltered pig carcasses in Buenos Aires Province (Argentina). **Forensic Science International**. 126:63-70. 2002.
- CONNOR, E.F.; COURTNEY, A.C.; YODER, J.M. Individuals-area relationships: the relationship between animal population density and area. **Ecology**. 81:734-748. 2000.
- COURI, M.S.; BARROS, G.P. ORSINI, M.P. Dipterofauna do Arquipélago de Fernando de Noronha (Pernambuco, Brasil). **Revista Brasileira de Entomologia**. 52:588-590. 2008.
- COWIE, R. H.; HOLLAND, B. S. Dispersal is fundamental to biogeography and the evolution of biodiversity on oceanic islands. **Journal of Biogeography**. 33(2):193-198. 2006.
- CRUZ, T.M.; VASCONCELOS, S.D. Entomofauna de solo associada à decomposição de carcaça de suíno em um fragmento de Mata Atlântica de Pernambuco, Brasil. **Biociências** 14:193–201. 2006.
- D'ALMEIDA, J.M. Sinantropia de Sarcophagidae (Diptera) na região metropolitana do Rio de Janeiro. **Arquivos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**. 7:101-110. 1984.
- D'ALMEIDA, J.M.; ALMEIDA, J.R. Nichos Tróficos em dípteros caliptrados, no Rio de Janeiro, RJ. **Revista Brasileira de Biologia**. 58:563-570. 1998.
- D'ALMEIDA, J.M.; JOURDAN, M.C.; CESARIO, S. Dípteros caliptrados sinantrópicos do aterro sanitário de Jardim Gramacho, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Biologia**. 51(2):307-311. 1991.
- D'ALMEIDA, J.M.; LOPES, H.S. Sinantropia de dípteros Caliptrados (Calliphoridae) no estado do Rio de Janeiro. **Arquivos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**. 6:31-38. 1983.
- DAJOZ, R. **Princípios de ecologia**. 7ª ed., Porto Alegre: Artmed. 2005.
- DENNO, R.F.; COTHRAN, W.R. Competitive interactions and ecological strategies of Sarcophagid and Calliphorid flies inhabiting rabbit carrion. **Annals of the Entomological Society of America**. 69:109–113. 1976.
- DONOGHUE, M.J.; MOORE B.R. Toward an integrative Historical Biogeography. **Integrative & Comparative Biology**. 43:261-270. 2003.

- ESPINDOLA, C.B. Composição e estrutura de comunidades de muscóides (Diptera) em Paracambi, Rio de Janeiro. **Tesis de Doctorado presentada al Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), Museu Nacional de la Universidade Federal do Rio de Janeiro.** 124 p. 2006.
- FARIA, L.D.B.; GODOY, W.A.C. Prey choice by facultative predator larvae of *Chrysomya albiceps* (Diptera: Calliphoridae). **Memórias DO instituto Oswaldo Cruz.** 96:875-878. 2001.
- FERREIRA M.J.M. Sinantropia de Calliphoridae (Diptera) em Goiânia, Goiás. **Revista Brasileira de Biologia.** 43(2): 199-210. 1983.
- FERREIRA, M.J.M. Sinantropia de dípteros muscoideos de Curitiba, Paraná I. Calliphoridae. **Revista Brasileira de Biologia.** 38:445-454. 1978.
- FERREIRA, M.J.M.; BARBOLA, I.F. Sinantropia de Califorídeos (Insecta, Diptera) de Curitiba, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia.** 58(2):203-209. 1998.
- FREITAS, G.C.C.; VASCONCELOS, S.D. Scorpion fauna of the Island of Fernando de Noronha, Brazil: First record of *Tityus stigmurus* (Arachnida: Buthidae). **Biota Neotropica.** 8:235-237. 2008.
- GABRE, R.M.; ADHAM, F.K.; CHI, H. Life table of *Chrysomya megacephala* (Fabricius) (Diptera: Calliphoridae). **Acta Oecologica.** 27:179-183. 2005.
- GADELHA, B.Q.; FERRAZ, A.C.P.; AGUIAR-COELHO, V.M. A importância dos mesembrinelíneos (Diptera: Calliphoridae) e seu potencial como indicadores de preservação ambiental. **Oecologia Brasiliensis.** 13(4):661-665. 2009.
- GILLESPIE R.G.; RODERICK G.K. Arthropods on islands: evolution, speciation, and conservation. **Annual Review of Entomology.** 47, 595–632. 2002.
- GILLESPIE, R.G.; CLARIDGE, E.M.; RODERICK, G.K. Biodiversity dynamics in isolated island communities: interaction between natural and human-mediated processes. **Molecular Ecology.** 17:45-57. 2008.
- GOFF, M.L.; OMORI, A.I. GUNATILAKE, K. Estimation of postmortem interval by arthropod succession: three case studies from the Hawaiian Islands. **The American Journal of Forensic Medicine and Pathology.** 9:220-225. 1988.
- GOMES, L.; SANCHES, M.R.; VON-ZUBEN, C.J. Dispersal and Burial Behavior in Larvae of *Chrysomya megacephala* and *Chrysomya albiceps* (Diptera, Calliphoridae). **Journal of Insect Behavior.** 18(2):281-292. 2005.

- GOODBROD, J.R.; GOFF, M.L. Effects of larval population density on rates of development and interactions between two species of *Chrysomya* (Diptera: Calliphoridae) in laboratory culture. **Journal of Medical Entomological**, 27:338-343. 1990.
- GRANT, P.R. Evolution on Islands. Oxford. **Oxford University Press**. 1998.
- GREENBERG, B. Behavior of postfeeding larvae of some Calliphoridae and a Muscidae (Diptera). **Annals of the Entomological Society of America**. 83:1210–1214. 1990.
- GREENBERG, B. Flies as forensic indicators. **Journal of Medical Entomology**. 28(5):565-577. 1991.
- GREENSLADE, P.; CONVEY, PETER. Exotic Collembola on subantarctic islands: pathways, origins and biology. **Biological Invasions**. 14:405-417. 2012.
- GREGOR, F.; POVOLNY, D. Versuch einer Klassifikation der synanthropen Fliegen. **Journal Hygiene Epidemiology Microbiology & Immunology**. 2: 205-016. 1958.
- GUIMARÃES, J. H.; PRADO, A. P.; LINHARES, A. X. Tree newly introduced blowfly species in southern Brazil (Diptera, Calliphoridae). **Revista Brasileira de Entomologia** 22:53–60. 1978.
- GUIMARÃES, J.H.; PAPAVERO, N. Myiasis in man and animals in the neotropical region. Editora. **Plêiade**. 1999.
- HANSKI, I. Biogeography and ecology of carrion flies in the Canary Islands. **Annales Entomologici Fennici**. 43(4):101-107. 1977.
- HAUSDORF, B; HENNIG, C. Biotic Element analysis and vicariance biogeography. In Biogeography in a changing world, ed. EBACH M.C.; TANGNEY R.S. **Boca Raton, Fla.:** CRC Press. 2007.
- HOLWAY D.A.; LACH L.; SUAREZ A.; TSUTSUI N.; CASE T.J. The causes and consequences of ant invasions. **Annual Review of Ecology and Systematics**. 33:181–233. 2002.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ilha de Itamaracá. Disponível em <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=260760&search=pernambuco|ilha-de-itamaraca>. Acessado em 10 de setembro de 2013. 2013.
- KENIS, M.; AUGER-ROZENBERG, M.; ROQUES, A.; TIMMS, L.; PÉRÉ, C.; COCK, M.J.W.; STTELE, J.; AUGUSTIN, S.; LOPEZ-VAAMONDE, C. Ecological effects of invasive alien insects. **Biologica Invasions**. 11:21-45. 2009.

- KOSMANN, C.; MELLO, R.P.; HARTERREINTEN-SOUZA, E.S.; PUJOL-LUZ, J.R. A List of Current Valid Blow Fly Names (Diptera: Calliphoridae) in the Americas South of Mexico with Key to the Brazilian Species. **EntomoBrasilis**. 6(1):74-85. 2013.
- KREBS, C.J. Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. 5th ed. California. **Benjamin Cummings, Menlo Park**. 2001.
- LEANDRO, M.J.F.; D'ALMEIDA, J.M. Levantamento de Calliphoridae, Fanniidae, Muscidae e Sarcophagidae em um fragmento de mata na Ilha do Governador, Rio de Janeiro, Brasil. **Iheringia Sér Zoologia**. 95(4):377-381. 2005.
- LEVOT, G.W.; BROWN, K.R.; SHIPP, E. Larval growth of some Calliphoridae and Sarcophagidae Diptera. **Bulletin of Entomology**. Res. 69: 469-475. 1979.
- LINHARES, A. X. Synantropy of Calliphoridae and Sarcophagidae (Diptera) in the city of Campinas, São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**. São Paulo, 25(3):189-215. 1981.
- LIU, D.; GREENBERG, B. Immature stages of flies of forensic importance. **Annals of the Entomological Society of America**. 83(1):80-93. 1989.
- LOMNICKI, A. **Population ecology of individuals**. Princeton. Princeton Press. 1988.
- MacARTHUR, R.H.; WILSON, E.O. **The theory of islands biogeography**. Princeton, N.J. Princeton University Press. 1967.
- MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton, N.J. Princeton University Press. 1988.
- MARILUIS, J.C.; SCHNACK, J.C. **Calliphoridae de la Argentina. Sistemática, ecología e importancia sanitaria (Insecta, Diptera), pp. 23-37. En O.D. Salomón (ed.), Actualizaciones en artropodología sanitaria Argentina**. Ed. Fundación Mundo Sano. Buenos Aires. Argentina. 302 p. 2002.
- MAY, R.M. Patterns of species abundance and diversity. In: Cody M., Diamond J., editors. Ecology and Evolution of Communities. Cambridge: **Belknap Press**. 81–120. 1975.
- MIRANDA, G.H.B.; COSTA, K.A.; LUZ, J.R.P. **Vestígios Entomológicos** p. 125-150 In: Locais de Crime. VELHO, J.A.; COSTA, K.A.; DAMASCENO, C.T.M. (*org*). Milenium Editora, Campinas. Xviii+574.
- MONTEIRO-FILHO, E.L.; PENEREIRO, J.L. Estudo da decomposição e sucessão sobre uma carcaça animal numa área do estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**. 47:289-295. 1987.

- MONTOYA, A.L.G.; SÁNCHEZ; WOLFF, M.E. Sinantropía de Calliphoridae (Diptera) del municipio La Pintada, Antioquia – Colombia. **Revista Colombiana de Entomología**. 35:73-82. 2009.
- MONZON, R.B.; SANCHEZ, A.R.; TADIAMAN, B.M; . NAJOS, O.A; VALENCIA E.G.; de RUEDA R.R.; VENTURA J.V. A comparison of the role of *Musca domestica* (Linnaeus) and *Chrysomya megacephala* (Fabricius) as mechanical vectors of helminthic parasites in a typical slum area of Metropolitan Manila. **Southeast. Asian. Journal Tropical Medicine Public Health**. 22:222-228. 1991.
- MOONEY, H. A.; CLELAND, E. E. The evolutionary impact of invasive species. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 98(10): 5446-5451. 2001.
- MORETTI, T.C. Artrópodes associados às carcaças de pequenos roedores expostas em área de formação vegetal secundária no município de Campinas, SP. **Biota Neotropica**. 6(3). 2006.
- MORRONE, J.J. Evolutionary Biogeography: An Integrative Approach with Case Studies. New York. **Columbia University Press**. 2009.
- MORRONE, J.J. Homología biogeográfica: Las coordenadas espaciales de la vida. México, D.F.: **Cuadernos del Instituto de Biología 37**, Instituto de Biología, UNAM. 2004.
- MORRONE, J.J.; CRISCI J.V. Historical Biogeography: introduction to methods. **Annual review of Ecology and Systematics**. 26: 373-401. 1995.
- MOURA, M.O.; CARVALHO, C.J.B.; MONTEIRO-FILHO E.L.A. A preliminar analysis of insects of medico-legal importance in Curitiba, State of Paraná. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**. 92(2): 269-274. 1997.
- NIHEI, S.S. Misconceptions about parsimony analysis of endemicity. **Journal of Biogeography**. 33:2099-2106. 2006.
- NILO, T.A. Análise do processo de decomposição e sucessão entomológica em carcaças de roedores em diferentes ambientes no município de Salvador, BA. **Dissertação, Salvador, Universidade Federal Bahia**. 89 p. 2007.
- NUORTEVA, P. Synantropy of blowflies (Diptera: Calliphoridae) in Finland. **Annales Entomologici Fennici**, Helsinki, 29:1-49. 1963.
- OLIVEIRA, T.C.; VASCONCELOS, S.D. Insects (Diptera) associated with cadavers at the Institute of Legal Medicine in Pernambuco, Brazil: Implications for forensic entomology. **Forensic Science International**. 198(1-3):97-102. 2010.

- OLIVEIRA-COSTA, J. **Entomologia Forense: quando os insetos são vestígios (3ª ed).** Millennium. 2011
- OLIVEIRA-COSTA, J. Levantamento da entomofauna cadavérica com vistas à formação de um banco de dados de aplicação em investigações de morte violenta do estado do Rio de Janeiro. *Tese de doutorado em Ciências Biológicas (zoologia).* Universidade Federal do rio de Janeiro. 2005.
- OLIVEIRA-COSTA, J. MELLO-PATIU, C.A.; LOPES, S.M. Influência de diferentes fatores na frequência de dípteros muscoides em cadáveres humanos no Rio de Janeiro. **Boletim do Museu Nacional.** 470:1-10. 2001.
- PARALUPPI, N.D. Calliphoridae (Diptera) in the Alto Urucu river basin, Central Amazonian, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia,** 13(3):553-559. 1996.
- PRESGRAVES, D.C.; GLOR, R.E. Evolutionary Biology: speciation on islands. **Current Biology.** 20(10):440-442. 2010.
- PUJOL-LUZ, J.R.; ARANTES, L.C.; CONSTANTINO, R. Cem anos da entomologia forense no Brasil (1908-2008). **Revista Brasileira de Entomologia.** 52(4):485-492. 2008.
- RABELO K.C.N.; THYSSEN, P.J.; SALGADO, R.L.; ARAÚJO, M.S.C.; VASCONCELOS, S.D. Bionomics of two forensically important blowfly species *Chrysomya megacephala* and *Chrysomya putoria* (Diptera: Calliphoridae) reared on four types of diet. **Forensic Science International.** 210(1-3):257-262. 2011.
- REITZ S.R.; TRUMBLE J.T. Competitive displacement among insects and arachnids. **Annual Review of Entomology.** 47:435-465. 2002.
- RIBEIRO, N.M.D. Decomposição e sucessão entomológica em carcaça de suíno exposta em área ciliar. *Dissertação de mestrado em Parasitologia.* Universidade Estadual de Campinas. 2003.
- RODRIGUES-GUIMARÃES, R.; RODRIGUES, G.R.; MAGALHÃES, B.H.; CARVALHO, R.W.; MOYA-BORJA, G.E. Sinantropia da fauna de Califorídeos (Diptera, Calliphoridae) na Baixada Fluminense, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista de Ciência & Tecnologia.** 8(1):22-33. 2008.
- SALVIANO, R.J.B. Sucessão de Diptera Caliptrata em carcaça de *Sus scrofa L.* **Dissertação de Mestrado.** Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 124 p. 1996.
- SALVIANO, R.J.B.; MELLO, R.P.; BECK, L.C.N.H.; FERREIRA, A. Calliphoridae(Diptera) associated with human corpses in Rio de Janeiro, Brasil. **Entomologia y Vectores.** 3(5/6):145-146. 1996.

- SHAHID, S.A., HALL, R.D.; HASKELL, N.H.; MERRITT, R.W. *Chrysomya rufifacies* (Macquart) (Diptera: Calliphoridae) established in the vicinity of Knoxville, Tennessee, USA. **Journal of Forensic Scienc**i. 45:896-897. 2000.
- SIMBERLOFF D.; WILSON E.O. Experimental zoogeography of islands: The colonization of empty islands. **Ecology**. 50, 278–296. 1969.
- SIMON C.; SUGDEN A. Hawaiian evolutionary biology. **Trends in Ecology and Evolution**. 2, 173–229. 1987.
- SMITH P.T.; REISEN W.K.; COWLES D.A. Interspecific competition between *Culex tarsalis* and *Culex quinquefasciatus*. **Journal of Vector ecology**. 20:139–146. 1995.
- SMITH, K. G. V. **A Manual of Forensic Entomology**. Ithaca: **Comstock Publishing Associates**. 1986.
- SOUZA, A.M.; LINHARES, A.X. Diptera and Coleoptera of potential forensic importance in southeastern Brazil: relative abundance and sazonality. **Medical and Veterinary Entomology**. 11(1):8-12. 1997.
- SUKONTASON K.L.; BUNCHOO, M.; KHANTAWA, B.; PIANGJAI, S.; RONGSRIYAM, Y.; SUKONTASON, K. Comparison between *Musca domestica* and *Chrysomya megacephala* as carriers of bacteria in northern Thailand. **Southeast. Asian. Journal Tropical Medicine Public Health**. 38:38-44. 2007.
- THOMPSON, F. C., 2013. The Diptera site. The biosystematic database of world Diptera. Nomenclator status statistics. Version 10.5. <<http://www.sel.barc.usda.gov/diptera/names/Status/bdwstat.htm>>. Acessado: Mai 2013.
- TOFT C.A.; SCHOENER T.W. Abundance and diversity of orb spiders on 106 Bahamian islands: biogeography at an intermediate trophic level. **Oikos**. 41:411–426. 1983.
- TULLIS, K.; GOFF, M.L. Arthropod succession in exposed carrion in a tropical rainforest on O'ahu Island, Hawaii. **Journal of Medical Entomology**. 24:332-338. 1987.
- ULLYETT, G.C. Competition for food and allied phenomena in sheepblowfly populations. **Philos. Trans. R. Soc. Lond. Biol. Sci**. 234: 77-174. 1950.
- VAIRO, K.P. Sarcophagidae (diptera) de potencial interesse forense de Curitiba, Paraná: chave pictórica para as espécies e morfologia dos estágios imaturos de *Sarcodexia lambens* (Wiedemann). **Dissertação. Universidade Federal do Paraná**. 2011.
- VASCONCELOS S.D.; ARAUJO M.S.C. Necrophagous species of Diptera and Coleoptera in Northeastern Brazil: State of the art and challenges for the forensic entomologist. **Revista Brasileira de Entomologia**. 56:7–14. 2012.

- VASCONCELOS, S.D.; CRUZ, T.M.; SALGADO, R.L.; THYSSEN, P.J. Dipterans associated with a decomposing animal carcass in a rainforest fragment in Brazil: Notes on the early arrival and colonization by necrophagous species. **Journal of Insect Science**. 13(145):1-11. 2013.
- VASCONCELOS, S.D.; SOARES, T.F.; COSTA, D.L. Multiple colonization of a cadaver by insects in an indoor environment: first record of *Fannia trimaculata* (Diptera: Fanniidae) and *Peckia (Peckia) chrysostoma* (Sarcophagidae) as colonizers of a human corpse. **International Journal of Legal Medicine**. 128:229-233. 2014.
- WELIS J.D.; KURAHASHI H. *Chrysomya megacephala* (fabr.) is more resistant to attack by *Chrysomya rufifacies* (marcquart) in laboratory arena than is *Cochliomyia macellaria* (fabr.) (Diptera: Calliphoridae). **Pan-Pacific Entomologist**. 73:16-20. 1997.
- WELLS, J.D.; GREEMBERG, B. Interaction between *Chrysomya rufifacies* and *Cochliomyia macellaria* (Diptera: Calliphoridae): the possible consequences of an invasion. **Bulletin of Entomological Research**. 82:133-137. 1992.
- WELLS, J.K. *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) has reached the continental United States: Review of its biology, pest status, and spread around the world. **Journal of Medical Entomology**. 28:471-473. 1991.
- YEPES-GAURISAS, D; SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, J.D.; MELLO-PATIU, C.A.; WOLFF, M.E. Synanthropy of Sarcophagidae (Diptera) in La Pintada, Antioquia-Colombia. **Revista de Biología Tropical**. 61(3):1275-1287. 2013.

**First record of the blow fly *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) in a southern Atlantic island: implications for disease transmission in a protected environment.**

**Primeiro registro da mosca varejeira *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) em uma ilha do Atlântico Sul: implicações para a transmissão de doenças em um ambiente protegido.**

DOI: 10.1111/j.1948-7134.2014.12093.x

Rodrigo F. R. Carmo<sup>1</sup>  
Simão D. Vasconcelos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Insects of Forensic Importance Research Group, Department of Zoology.  
Universidade Federal de Pernambuco

**Scientific Note published in Journal of Vector Ecology**  
**Nota Científica publicada no Journal of Vector Ecology**

**First record of the blow fly *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) in a southern Atlantic island: implications for disease transmission in a protected environment.**

**Keywords:** Blow Flies, Island Biogeography, Fernando de Noronha, Necrophagous, Brazil

Flies from the family Calliphoridae comprise a cosmopolitan group of approximately 1,500 species, many of which are reported as colonizers of human and animal corpses (Carvalho and Mello-Patiu 2008). Some species, such as those from the genus *Chrysomya* Robineau-Desvoidy, 1830, have medical relevance as vectors of pathogens, including bacteria, protozoans and helminthes, and as causal agents of myiasis (Greenberg 1973). A study performed in Ethiopia showed that *Chrysomya rufifacies* acted as vector of at least five helminthes parasites, including *Ascaris lumbricoides*, and four species of protozoan parasites - *Entamoeba histolytica/dispar*, *Entamoeba coli*, *Giardia lamblia* and *Cryptosporidium* sp. (Getachew et al. 2007).

Three *Chrysomya* species, *C. albiceps* (Wiedemann 1819), *C. megacephala* (Fabricius 1874) and *C. putoria* (Wiedemann 1818), originally restricted to the Old World, were accidentally introduced in the Neotropical region in the late 1970's (Guimaraes et al. 1978). Since their first detection in southern Brazil, *Chrysomya* species, including a fourth species, *C. rufifacies*, have been reported in several countries in the Americas (Mariluis and Mulieri 2003, Montoya et al. 2009, Kosmann et al. 2013). A recent review on necrophagous Diptera in northeastern Brazil indicates that *Chrysomya* species have spread along diverse ecosystems with varying degrees of anthropogenic impact (Vasconcelos and Araujo 2012).

The current understanding of the dispersion of *Chrysomya* species in South America, however, is limited to mainland areas of Argentina, Brazil, Colombia and Peru (Mariluis and Mulieri 2003, Montoya et al. 2009, Kosmann et al. 2013, Vasconcelos and Araujo 2012). So far, there are a few records on the arrival and establishment of these species in insular environments, despite their medical importance. As part of a study on insect ecology in the archipelago of Fernando de Noronha, a conservation site located on the coast of Brazil, we

aimed to detect the presence of non-exotic, medically important, Calliphoridae species. We report here the first evidence of the establishment of a non-native *Chrysomya* species in a southern Atlantic Ocean and discuss the implications of this finding to local disease transmission.

The archipelago of Fernando de Noronha (3°52'S; 32°26'W, total area 18.4 km<sup>2</sup>), is located 545 km northeast of the Brazilian mainland. It is composed of 21 islands and islets, of which the only inhabited one, also called Fernando de Noronha, has a population of 2,630 and total area of 16.9 km<sup>2</sup> (Brasil 2012). The archipelago is legally protected and human activities are limited or prohibited in a great portion of its territory (Freitas and Vasconcelos 2008). The climate is tropical; mean temperatures range from 23.5 °C to 31.5 °C, with annual mean of 27.0 °C; relative humidity is high, with annual average of 78%; rainfall is approximately 1,420 mm/year. Native flora is poor and mostly represented by seasonal deciduous vegetation, with several introduced plant species. Overall, the island suffers from a persistent shortage of water, as there are no permanent freshwater reservoirs (Freitas and Vasconcelos 2008).

To draw inferences on the relationship between the diversity of blow flies and anthropogenic activities, sampling was performed in June 2012 in six sites to represent different levels of exposure to human activities. The sites under Low Anthropogenic Impact (LAI) included *Ponta da Sapata* (PS): located at the extreme West of the island, is a small peninsula restricted to scientific and management activities partially covered with native vegetation, it is part of the Marine National Park; and *Praia de Atalaia* (PA): a restricted beach located at the northeastern area of the island, open to controlled tourist visits two hours per day; it is also part of the National Marine Park. The sites under Moderate Anthropogenic Impact (MAI) were *Mangue do Sueste* (MS): a mangrove area located in the southern portion of the island; it has limited human presence and it is an area used for egg-laying by marine turtles; *Baía dos Golfinhos* (BG): a bay situated in the northwest of the island, with its predominantly shrubby vegetation, it belongs to the Marine National Park; however, it is open to small groups of tourists during the day. Two sites were classified as under High Anthropogenic Impact (HAI), *Urban Area* (UA): the village where ca. 70% of the population of the island live; litter can be found in several areas; and *Praia do Cachorro* (PC): a beach near the inhabited part of the island, with unlimited access to users; there are a few bars and small amounts of litter are present.

Insects were collected using a suspended trap containing chicken liver or sardine (ca. 200 g, after 24 h at room temperature) as bait (Oliveira and Vasconcelos 2010). In each environment,

a grid of six traps – three containing chicken liver and three containing sardine – was placed with 20 m distance between the traps. A total of 108 independent traps were used throughout the study. Each trap was exposed for 48 h in each environment. Adult flies collected from traps were placed in 70% alcohol until identification using the taxonomic keys of Carvalho and Mello-Patiu (2008), Carvalho and Ribeiro (2000) and Kosmann et al. (2013).

Species from the Calliphoridae assemblage were classified as constant when present in > 50% of the samples; accessory when collected in 25% to 50% of the samples and accidental when present in < 25% of the samples. Dominance was calculated using Simpson's index (Primer® 6.0), which takes into account not only species richness and abundance, but also the proportion of the occurrence of each species. The abundances of the codominant species were compared by analysis of variance (ANOVA) and a Chi-square test was used to compare the abundance of *C. megacephala* in the three types of environment. A significance level of 5% was used in all analyses.

A total of 41,683 adult dipterans belonging to four species of Calliphoridae were registered from the samples across all sites. Two species are reported for the first time for the archipelago (Table 1). *Chrysomya megacephala* was the most abundant species (58.0% of all insects), followed by *Cochliomyia macellaria*. The combined abundance of the two species reached 98%, showing a marked dominance over the remaining calliphorids (Fig. 1).

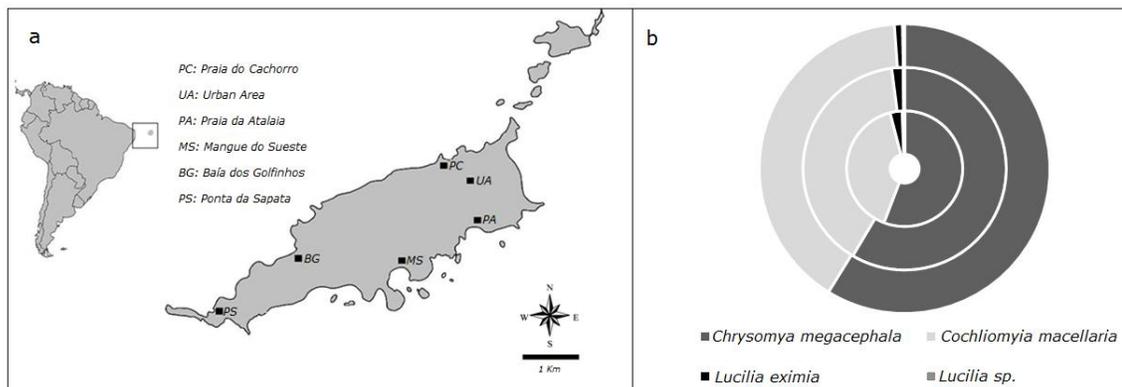
Table 1. Calliphoridae species collected in the Island of Fernando de Noronha: abundance, relative frequency, constancy, dominance.

Species	Total Abundance	Relative Frequency	Constancy	Dominance	Previously Registered
<i>Chrysomya megacephala</i>	24,173	58.0%	87.0% Constant	Co-Dominant	No
<i>Cochliomyia macellaria</i>	16,597	39.8%	86.1% Constant	Co-Dominant	Yes
<i>Lucilia eximia</i>	785	1.9%	36.1% Accessory	Non-Dominant	Yes
<i>Lucilia</i> sp.	128	0.3%	25.0% Accessory	Non-Dominant	No

All species were collected in all sampling sites, irrespective of the degree of preservation. Simpson's diversity indices were low and did not differ markedly at the three types of

environment ( $S_{LAI} = 0.506$ ;  $S_{MAI} = 0.498$ ;  $S_{HAI} = 0.473$ ). *C. megacephala* and *Co. macellaria* were classified as codominant species (Table 1) and no significant differences were observed in their dominance across the three types of environment ( $F_{(2,3)} = 2.90$ ;  $P = 0.19$ ). Regarding constancy, *Lucilia eximia* and *Lucilia sp.* were categorized as accessory species while *C. megacephala* and *Co. macellaria* were classified as constant.

Fig 1 a) Location of Fernando de Noronha island, Brazil, with indication of the sampling sites; b) Relative frequency of Calliphoridae species according to the level of human presence: inner circle = High Anthropogenic Impact; middle circle = Moderate Anthropogenic Impact; outer circle = Low Anthropogenic Impact.



Relative frequencies of *C. megacephala* across the sites varied little; when the abundances of *C. megacephala* in each type of environment were compared, a significantly higher abundance was reported in areas under moderate anthropogenic impact ( $\chi^2 = 1,915$ ;  $P < 0.0001$ , d.f. = 2), a pattern that was similar for the remaining species.

The only reference to Calliphoridae in the island was based on samples taken in the early 1970's, when only *C. macellaria* and *L. eximia* were reported (Couri et al. 2008). The fact the *C. megacephala* has become a dominant species less than 40 years after the first survey supports the conclusion that this species has potential to achieve stronger medical importance in a near future. In that sense, Wells (1991) alerts for the invasive potential of the species and highlights the need for the development of integrated control measures.

The Oriental latrine fly *Chrysomya megacephala* is a medically and forensically important blow fly species that has been demonstrated to occupy a wide variety of habitats since its introduction in the American continent, ranging from the Amazon forest to semi-arid regions,

including the rainforest, agroecosystems, coastal environments and urban areas (Montoya et al. 2009, Vasconcelos and Araujo 2012). Its dominance in areas exposed to diverse levels of human impact suggests that the species is expanding its geographical distribution, which may have direct effects on the dispersal of pathogens and parasites. For example, Monzon et al. (1991) compared the role of *Musca domestica* and *C. megacephala* as vectors in an area exposed to anthropogenic impact in Manila and concluded that the latter was associated with a significantly higher frequency of helminthes eggs.

Fernando de Noronha suffers from increasing tourism and cargo, which increases the production of domestic litter far above the capacity of the local composting plant to process. The poor sanitary conditions, including the lack of a sewage system favors the establishment of *C. megacephala*. Since their larvae can feed on decomposing organic matter, an additional negative effect is the proliferation of pathogens on litter, several of which can be mechanically transmitted to humans (Greenberg 1973). For example, in fresh food markets in Thailand, *C. megacephala* was shown to exhibit high levels of contamination by bacteria, even in higher frequencies than *Musca domestica* (Sukontason et al. 2007), with all the medical risks associated.

The legal protection does not seem to cover subtle threats to human and animal health, as the constant flux of tourists, cargo and supplies to-from the continent may promote passive transport of medically important species, such as mosquitoes and blow flies. From 2001 to 2011, 501 cases of dengue were notified by the local authorities, which is outstanding given the small population (Brasil 2012). To reinforce that, a medically important, non-native, scorpion species, *Tityus stigmurus*, was also recorded recently which poses questions about the fragility of the quarantine system (Freitas and Vasconcelos 2008).

The medical relevance of *C. megacephala* is increasingly associated with its forensic importance, as the species was shown to be frequent in cadaver colonization (Kumara et al. 2012, Vasconcelos et al. 2014). Lastly, the concept that *C. megacephala* is highly synanthropic needs to be regarded with caution. None of the areas in the island can be classified as strongly “urban” and no significant differences in the frequency of occurrence of *C. megacephala* were observed between preserved and human occupied areas. The dominance of *C. megacephala* in all types of environment in Fernando de Noronha underlines the need for rigorous inspection of cargo and human visitors to the island and the development of monitoring strategies.

---

## ACKNOWLEDGMENTS

We thank the following people and/or institutions: *Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco* (FACEPE) and *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (CNPq) for financial support; the staff from the *Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade* for legal authorization, the *Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis* and the Government of Pernambuco State for logistical help and Dr. Trevor Williams (Inecol, Mexico) for critical reading of the manuscript. The corresponding author has a productivity grant from CNPq.

---

## REFERENCES CITED

- Brasil. 2012. Relatorios Dinamicos – Indicadores Municipais. Available at [www.portalodm.com.br/relatorios/PDF/gera\\_PDF.php?cidade=33420](http://www.portalodm.com.br/relatorios/PDF/gera_PDF.php?cidade=33420). Access 03<sup>rd</sup>/Aug/2013
- Carvalho, C.J.B., and C.A. Melo-Patiu. 2008. Key to the adults of the most common forensic species of Diptera in South America. *Rev. Bras. Entomol.* 52:390-406.
- Carvalho, C.J.B., and P.B. Ribeiro. 2000. Chave de identificação das espécies de Calliphoridae (Diptera) do Sul do Brasil. *Rev. Bras. Parasitol.* 9:169-173.
- Couri, M.S., G.P. Barros, and M.P. Orsini. 2008. Dipterofauna do Arquipélago de Fernando de Noronha (Pernambuco, Brasil). *Rev. Bras. Entomol.* 52:588-590.
- Freitas, G.C.C., and S.D. Vasconcelos. 2008. Scorpion fauna of the Island of Fernando de Noronha, Brazil: First record of *Tityus stigmurus* (Arachnida: Buthidae) *Biota Neotrop.* 8:235-237.
- Getachew, S., T. Gebre-Michael, B. Erko, M. Balkew, and G. Medhin. 2007. Non-biting cyclorrhaphan flies (Diptera) as carriers of intestinal human parasites in slum areas of Addis Ababa, Ethiopia. *Acta. Trop.* 103:186-94.
- Greenberg B. 1973. Flies and disease. *Biology and disease transmission.* Princeton, Princeton Univ. 2:447p.
- Kosmann, C., R.P. Mello, E.S. Harterreiten-Souza, and J.R. Pujol-Luz. 2013. A list of current valid blow fly names (Diptera:Calliphoridae) in the Americas South of Mexico with key to the Brazilian species. *Entomobrasilis* 6:74-85.
- Kumara, T.K., R.H.L. Disney, A.A. Hassan, M. Flores, T.S. Hwa, A. Mohamed, M.R. CheSalmah, and S. Bhupinder. 2012. Occurrence of oriental flies associated with indoor and outdoor human remains in the tropical climate of north Malaysia. *J. Vector Ecol.* 37:62-68.

- Mariluis J.C., and P.R. Mulieri. 2003. The distribution of Calliphoridae in Argentina (Diptera). *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 62:85-97.
- Montoya, A.L.G., J.D.R. Sánchez, and M.E. Wolff. 2009. Sinantropía de Calliphoridae (Diptera) del municipio La Pintada, Antioquia – Colombia. *Rev. Colom. Entomol.* 35:73-82.
- Monzon, R.B., A.R. Sanchez, B.M. Tadiaman, O.A. Najos, E.G. Valencia, R.R. de Rueda, and J.V. Ventura. 1991. A comparison of the role of *Musca domestica* (Linnaeus) and *Chrysomya megacephala* (Fabricius) as mechanical vectors of helminthic parasites in a typical slum area of Metropolitan Manila. *Southeast. Asian. J. Trop. Med. Public. Health.* 22:222-8.
- Sukontason K.L., M. Bunchoo, B. Khantawa, S. Piangjai, Y. Rongsriyam, and K. Sukontason. 2007. Comparison between *Musca domestica* and *Chrysomya megacephala* as carriers of bacteria in northern Thailand. *Southeast. Asian. J. Trop. Med. Public. Health* 38:38-44.
- Vasconcelos, S.D., and M.S.C. Araujo. 2012. Necrophagous Diptera and Coleoptera in Northeastern Brazil: State of the art and challenges for the forensic entomologist. *Rev. Bras. Entomol.* 56:7-14.
- Vasconcelos, S.D., T.F. Soares, and D.L. Costa. 2014. Multiple colonization of a cadaver by insects in an indoor environment: first record of *Fannia trimaculata* (Diptera: Fanniidae) and *Peckia (Peckia) chrysostoma* (Sarcophagidae) as colonizers of a human corpse. *Int. J. Leg. Med.* 128:229-233.
- Wells, J.K. 1991. *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) has reached the continental United States: Review of its biology, pest status, and spread around the world. *J. Med. Entomol.* 28:471-473.

**CARTA DE ACEITE DO MANUSCRITO**

Em Segunda-feira, 30 de Dezembro de 2013 18:52, "mklowden@uidaho.edu" <mklowden@uidaho.edu> escreveu:

30-Dec-2013

Dear Dr. Vasconcelos:

Thank you for your response to the decision regarding your manuscript JVE-SN-Nov-13-109 entitled "First record of the blow fly *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) in a southern Atlantic island: implications for disease transmission in a protected environment" which you submitted to the Journal of Vector Ecology. I re-read the manuscript and your letter, agree with your reasoning, and have rescinded the decision. The manuscript is now acceptable for publication after some minor revision.

In addition to your consideration of the reviewer's comments, please edit the References Cited to make citations consistent with journal format. Authors should be listed as: LastName, A.B., C.D. LastName, and E.F. LastName, with journal issue numbers omitted and all page intervals listed (123-126 and not 123-6). I suggest that Figure 1 be eliminated altogether or modified to make it more understandable. The axes of Figure 1b are not easy to interpret. If you do choose to modify it, please submit a high resolution file.

To revise your manuscript, log into <http://mc.manuscriptcentral.com/jve> and enter your Author Center, where you will find your manuscript title listed under "Manuscripts with Decisions." Under "Actions," click on "Create a Revision." Your manuscript number has been appended to denote a revision. Please DO NOT upload your revised manuscripts as a new submission.

You will be unable to make your revisions on the originally submitted version of the manuscript. Instead, revise your manuscript using a word processing program and save it on your computer. Please also highlight the changes to your manuscript within the document by using the track changes mode in MS Word or by using bold or colored text.

Once the revised manuscript is prepared, you can upload it and submit it through your Author Center.

IMPORTANT: Your original files are available to you when you upload your revised manuscript. Please delete any redundant files before completing the submission.

Because we are trying to facilitate timely publication of manuscripts submitted to the Journal of Vector Ecology, your revised manuscript should be uploaded as soon as possible. If it is not possible for you to submit your revision in a reasonable amount of time, we may have to consider your paper as a new submission. If you feel that you will be unable to submit your revision within the time allowed please contact me to discuss the possibility of extending the revision time.

Once again, thank you for submitting your manuscript to the Journal of Vector Ecology and I look forward to receiving your revision.

Sincerely,

Prof. Marc Klowden

Editor in Chief, Journal of Vector Ecology

[mklowden@uidaho.edu](mailto:mklowden@uidaho.edu)