



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS**



**DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA
Programa de Pós-Graduação em Oceanografia**

Carlos Geraldo Barreto Gonçalves

**EFEITOS DO CAMPO MAGNÉTICO ARTIFICIAL SOBRE O CAMARÃO
Litopenaeus vannamei (PENAEIDAE) E SOBRE AS CAPTURAS COM COVOS
DE PEIXES E CRUSTÁCEOS NO LITORAL SUL DE PERNAMBUCO**

**RECIFE
2014**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS**

**DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA
Programa de Pós-Graduação em Oceanografia**

Carlos Geraldo Barreto Gonçalves

**EFEITOS DO CAMPO MAGNÉTICO ARTIFICIAL SOBRE O CAMARÃO
Litopenaeus vannamei (PENAEIDAE) E SOBRE AS CAPTURAS COM COVOS
DE PEIXES E CRUSTÁCEOS NO LITORAL SUL DE PERNAMBUCO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, como um dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Oceanografia.

Área:
Oceanografia Abiótica

Orientadora:
Profª. Drª. Carmen Medeiros Limongi
Co-Orientador
Prof Dr. Daniel Acosta Avalos

**RECIFE
2014**

Catálogo na fonte
Bibliotecária Joana D'Arc Leão Salvador CRB4-532

G635c Gonçalves, Carlos Geraldo Barreto.
 Efeitos do campo magnético artificial sobre o Camarão *Litopenaeus vannamei* (Penaeidae) e sobre as capturas com covos de peixes e crustáceos no litoral sul de Pernambuco / Carlos Geraldo Barreto Gonçalves. – Recife: O Autor, 2014.
 190 f.: fig., tab.

 Orientadora: Carmen Medeiros Limongi.
 Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG, 2014.
 Inclui referências.

 1. Oceanografia. 2. Campos magnéticos. 3. Magnetismo animal. 4. Biomagnetismo. 5. Camarão. I. Limongi, Carmen Medeiros (Orientadora). II. Título.

 551.46 CDD (22. ed.) UFPE-FQ 2014-60

**EFEITOS DO CAMPO MAGNÉTICO ARTIFICIAL SOBRE O CAMARÃO
Litopenaeus vannamei (PENAEIDAE) E SOBRE AS CAPTURAS COM COVOS
DE PEIXES E CRUSTÁCEOS NO LITORAL SUL DE PERNAMBUCO**

Carlos Geraldo Barreto Gonçalves

Tese defendida em 29 de setembro de 2014 e aprovada em estilo e conteúdo

EXAMINADORES:

Dra. Carmen Medeiros Limongi
Universidade Federal de Pernambuco

Dra. Darci Motta
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

Dra. Eliane Wajnberg
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

Dr. Francisco Fernandes Amâncio
Universidade Federal de Pernambuco

Dr. Alex Costa da Silva
Universidade Federal de Pernambuco

DEDICATÓRIA

À minha filha Rebecca Gonçalves, à minha esposa Maria de Lourdes e a minha querida mãe Marlene Barreto por tudo que representam para mim.

Dedico em especial à memória do meu querido irmão Igor Vladimir, do meu pai José Carlos e da minha avó Helena Pimentel pelos felizes momentos de convivência e aprendizados a mim proporcionados.

AGRADECIMENTOS

- À Profª Drª. Carmen Medeiros Limongi pela orientação, dedicação e apoio a mim empenhados durante este trabalho.
- Ao Dr. Daniel Acosta Avalos pelo apoio, hospitalidade, colaboração, incentivo e pelas valiosas informações científicas.
- À Drª. Leida Gomes Abraçado pela gentileza, colaboração e dedicação ao me ajudar com as análises no laboratório do CBPF.
- Aos membros da banca examinadora Dra. Darci Motta, Dra. Eliane Wajnberg, Dr. Francisco Fernandes Amâncio e Dr. Alex Costa da Silva pela atenção e valiosas sugestões.
- À profª. Dra. Maria Elisabeth de Araújo pelos inúmeros conselhos, apoio, amizade e informações científicas sobre a biologia de peixes.
- Ao Sr. José de Goes pela gentileza de ceder os espécimes de camarões da sua fazenda possibilitando os testes em laboratório.
- À Profª Drª Kênia Valença Correia, pela inspiração nas pesquisas relacionadas aos efeitos do campo magnético nos seres vivos.
- Ao amigo Lucas Seixas pela ajuda nas coletas, transporte e nos experimentos dos organismos e pela sua amizade.
- Ao meu irmão César Augusto pelo apoio e amizade e à minha mãe Marlene Barreto por todo o amor e por acreditar em mim.
- À minha amada esposa Maria de Lourdes pelo apoio, companheirismo e compreensão nos longos períodos em que precisei me ausentar.
- À minha querida amiga em especial: Maria Mignac pelo apoio e amizade.
- Aos amigos Antônio (Toinho), Leonardo e Oseas Filho por suas amizades.
- À minha família: Oseas Seixas, Tânia, Alice e Lorena.
- Aos amigos de trabalho: Rafaella Valença, River, Paula, Roberto, Vivian, Herison, Josuelo, Samuel, Renata, Natalie, Patrícia Façanha, Laila Fazekas, Erika Valois, Maria da Paz, Bethânia e Marinez.

- À Myrna Lins secretária da pós-graduação do DOCEAN-UFPE sempre solicita e atenta.
- À todos os professores e funcionários do PPGO Programa de Pós-Graduação em Oceanografia (PPGO).
- À FACEPE pela bolsa concedida.

“O homem, com suas nobres qualidades, ainda carrega no corpo a marca indelével de sua origem modesta”.

Charles Darwin

RESUMO

O campo magnético é uma fonte acessível de informação direcional passível de ser utilizada pelos seres vivos para orientação e navegação. Animais como mamíferos, aves, peixes, répteis marinhos, anfíbios, moluscos, insetos e crustáceos são sensíveis ao campo geomagnético. O presente estudo enfocou uma avaliação do efeito do campo magnético sobre peixes e crustáceos marinhos em condições naturais (área costeira) e sobre camarões *Litopennaeus vannamei* em condições controladas (laboratório). Os experimentos com peixes e crustáceos em condições naturais consistiram de sete a oito pescarias independentes, empregando-se armadilhas tipo covos distribuídos em cinco grupos de três a quatro unidades. Magnetos permanentes de 2000 Gauss em um raio de 2m foram fixados próximos à abertura de seis dos dezesseis covos empregados. Ao final de cada pescaria os peixes e crustáceos capturados em cada covo foram identificados e contabilizados. Os níveis de capturas de peixes e crustáceos foram significativamente mais elevados nos covos com magneto. Dezesseis espécies de crustáceos estiveram presentes nas capturas com os covos, dentre as quais as duas espécies mais frequentes foram *Coryrhynchus riisei* e *Stenorhynchus seticornis*. Trinta e duas espécies de peixes ocorreram nas capturas com os covos, com a espécie *Haemulon aurolineatum* (Xira branca) apresentando uma frequência de ocorrência uma a duas ordens de magnitude superior as demais espécies capturadas, principalmente nos covos com magneto. Ante este resultado, otólitos e tecidos da linha lateral, mancha ocelar, narina e área abdominal (controle) foram extraídos de cinco indivíduos jovens e de cinco indivíduos adultos de *H. aurolineatum* para investigar a presença de material magnético nessas estruturas. As amostras foram coletadas de indivíduos recém-capturados, secas em estufa e submetidas a medidas de ressonância ferromagnética (RFM) com uso de um espectrômetro Bruker ESP300E. Os espectros obtidos indicaram presença de material magnético nos otólitos, narinas e mancha ocelar e ausência de material magnético nos tecidos da área abdominal de todos os espécimes analisados. Nas amostras da linha lateral, a presença de material magnético pareceu estar relacionada ao desenvolvimento ontogenético, tendo sido detectado principalmente em espécimes adultos. Os experimentos em condições controladas foram realizados com camarões *Litopennaeus vannamei* considerando-se sexos e fases do seu ciclo ontogenético (machos e fêmeas adultos; machos e fêmeas juvenis e pós-larvas). Um par de bobinas circulares na configuração de Helmholtz, conectada a uma fonte regulável, foi empregado para a geração de diferentes intensidades (0, 25, 30, 35 e 40 μT) de campo magnético artificial uniforme. Os testes foram realizados de forma acumulativa e não acumulativa. No primeiro caso, um mesmo grupo de 15 camarões foi sequencialmente submetido aos cinco níveis de intensidade de campo magnético, com um intervalo de 24h entre exposições. No segundo caso, empregando-se novos grupos de 15 camarões para cada nível de exposição. Todos os testes foram realizados em triplicata. Os resultados evidenciaram a redução da atividade do *L. vannamei* quando expostos a campos de 35 μT e 40 μT e sua paralisia total a campo de 40 μT , assim como a preferência na ocupação do polo sul por fêmeas e machos adultos e juvenis e do polo norte por pós-larvas.

Palavras-chave: Oceanografia física. Campo magnético artificial. Magnetismo animal. Magnetobiologia. Biomagnetismo. Crustáceos. Camarão *Litopennaeus vannamei*. Pesca com covos. Comportamento animal. Peixe *Haemulon aurolineatum*. Material magnético.

ABSTRACT

The magnetic field is a handy source of directional information that can be used by living things for orientation and navigation. Animals such as mammals, birds, fishes, marine reptiles, amphibians, molluscs, insects and crustaceans are sensitive to the geomagnetic field. The present study focused on an evaluation of the response of marine fishes and shellfishes subjected to an artificial magnetic field under natural conditions (coastal area) and under controlled conditions (laboratory). The experiments with fishes and crustaceans in natural conditions consisted of seven to eight independent fisheries employing creels traps distributed into five groups of three to four units. Permanent magnets of 2000 Gauss in a 2m radius were tied next to the opening of six of the seventeen creels employees. At the end of each fishery, fish and crustaceans caught in each trap were identified and accounted for. The levels of catches of fish and crustaceans were significantly higher in creels with magnet. Seventeen species of crustaceans were present in the catches with the creels, among which the two species most frequently were *Coryrhynchus riisei* and *Stenorhynchus seticornis*. Thirty-two species of fish were present in the catches with the creels. The frequency of occurrence of the species *Haemulon aurolineatum* (Tomtate grunt) was one to two orders of magnitude higher than the other species caught, mainly in creels with magnet. Given this results, Otoliths and tissues of the lateral line, ocelar spot, nostril and abdomen (control) were extracted from five young individuals and five adult individuals of *H. aurolineatum* to investigate the presence of magnetic material in these structures. The samples were collected from newly captured individuals, oven-dried and subjected to measures of ferromagnetic resonance (RFM) using a Bruker ESP300E spectrometer. The spectra obtained indicated presence of magnetic material in otoliths, nostrils and ocelar spot and absence of magnetic material in the tissues of the abdominal area of all specimens examined. In the samples of the lateral line, the presence of magnetic material seems to be related to the ontogenetic development, having been detected mainly among adult specimens. The experiments under controlled conditions were performed with the shrimp *Litopenaeus vannamei* considering different sexes and stages of their ontogenetic cycle (adult males and females; juvenils males and females and post-larvae). A pair of circular coils in Helmholtz configuration, connected to an adjustable power source was used to generate different intensities (0, 25, 30, 35 and 40 μT) of uniform artificial magnetic field. The tests were carried out in accumulative and non accumulative manners. In the first case, a group of 15 shrimps was sequentially exposed to the five levels of magnetic field intensity, with a 24 hours interval between exposures. In the second case, using new groups of 15 shrimps for each level of exposure. All tests were performed in triplicate. The results showed a reduction in activity of *L. vannamei* when exposed to fields of 35 μT and higher and their total paralysis to levels of 40 μT , as well as the preference in the occupation of the South Pole by females and males juvenils and adults and of the North Pole by post-larvae.

Keywords: *Physical oceanography. Artificial magnetic field. Animal magnetism. Magnetobiology. Biomagnetism. Crustaceans. Shrimp Litopenaeus vannamei. Creel Fishing. Animal behavior. Fish Haemulon aurolineatum. Magnetic material.*

LISTA DE FIGURAS

- Figura 5-1. O campo magnético terrestre e representação da declinação magnética e da diferença entre polos magnético e geográfico. FONTE: Museu de Astronomia.
http://www.mast.br/multimedia_instrumentos/bussola_funcao.html.----- 27
- Figura 5-2 AMAS e sua área de baixa intensidade de campo magnético (em vermelho), uma parte desta área abarcou o experimento. FONTE: Pereira e Silva, 2007, adaptado de Guimarães e Silva, 2005.----- 28
- Figura 5-3. Localização dos polos norte e sul nas faces opostas de um magneto permanente anelar (em detalhe) e linhas de indução magnética geradas por espiras circulares (a,b). FONTE: (SERWAY & JEWETT, 2013). ----- 29
- Figura 5-4. Exemplo do desdobramento de linhas espectrais de um material em função da aplicação de um campo magnético caracterizando o efeito Zeeman. FONTE:
<http://www.horaultima.decoelum.net/>.----- 33
- Figura 5-5. Componentes principais de um espectrômetro convencional FONTE: (ABRAÇADO, 2006).----- 34
- Figura 5-6. Anatomia externa do camarão peneídeo.----- 36
- Figura 5-7. Anatomia interna de um Peanidae. FONTE: <http://www.biocultura.net.br/crustacea/>.----- 35
- Figura 5-8. Sistema de linha lateral de um peixe. (A) sistemas de canais da cabeça e do tronco. (B) corte longitudinal de um canal e (C) neuromasto superficial. FONTE: ARAÚJO, 2011, adaptado de ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA, 2011).----- 39
- Figura 5-9. Esquema do Labirinto membranoso do Ouvido interno de teleósteo (Fonte: ARAÚJO, 2011, adaptado de OTO, 2011).----- 39
- Figura 5-10 Corte transversal de uma capsula ofativa e vista das lamelas olfativas (regiões típicas de concentração de material magnético) e da entrada e saída da água. (Fonte: EVANS, 2011).----- 40
- Figura 5-11. Esquema demonstrando a localização do nervo olfatório e bulbo olfatório em peixes. (Fonte: GAM, 2011).----- 41
- Figura 5-12. Detalhe da Ampola de Lorenzini. FONTE: <http://www.biologo.com.br/tubarao>. ----- 46

Figura 5-13. Bactéria magnetotática e seus cristais magnéticos (nanopartículas de magnetita). Fonte: (CHEN et al, 2012). -----	47
Figura 5-14. Orientação do momento magnético celular em relação à velocidade para os microrganismos magnetotáticos. Fonte: (MARGATO et al, 2007).-----	48
Figura 5-15. Imagens do <i>M. multicellularis</i> obtidas em um microscópio eletrônico de varredura (A) e durante seu ciclo de vida, onde o volume de suas células aumenta alterando sua forma (B) e posteriormente sofrendo divisão e originando dois novos organismos. -----	49
Figura 5-16. A lagosta <i>Panulirus argus</i> (A) e sua migração dos recifes para áreas profundas (B). FONTE: Center for Coastal Monitoring and assessment: Science Serving Coastal Communities - http://ccma.nos.noaa.gov and Caribbean Mark Conlin/Norbet Wu Productions, www.norbertwu.com . 2014. -----	51
Figura 7-1. Ciclo de vida típico de um Penaeidae tropical e subtropical. (1) desova de adultos em áreas marinhas; (2), (3) e (4) estágios larvais de náuplios, protozoae e mysis migram gradativamente para áreas costeiras; (5) pós-larvas buscam áreas estuarinas onde permanecem até a fase juvenil; (6) adultos-jovens retornam a costa (7) adultos migram para os fundos marinho de desova. FONTE: BOSCHI, 1975.	57
Figura 7-2. Camarão marinho <i>Litopenaeus vannamei</i>	59
Figura 7-3. Vista de um dos viveiros da fazenda de camarão fornecedora dos organismos teste..	60
Figura 7-4. Caracteres sexuais secundários de <i>L. vannamei</i> utilizados para separação dos machos juvenis e adultos machos (A) Petasma e das fêmeas juvenis e adultas (B) Télico, empregados nos testes.	60
Figura 7-5. Aquários com espécimes de <i>L. vannamei</i> em processo de aclimação.	61
Figura 7-6. Desenho experimental de uma das 5 baterias de teste não-acumulativo com exposição de grupos distintos de organismos testes a campos de 25; 30; 35 e 40 μ T.....	62
Figura 7-7. Desenho experimental de uma das 5 baterias de teste acumulativo, com exposição sequencial dos mesmos organismos testes a campos de 25; 30; 35 e 40 μ T em dias subsequentes.	63
Figura 7-8. Bobinas na configuração Helmholtz empregadas na geração do campo magnético para os testes de alinhamento magnético.	64
Figura 7-9. Percentual de ocupação das regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes não acumulados (Repetições R1, R2 e R3) para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Pós-larvas.....	68

Figura 7-10. Número de indivíduos (media \pm EP) ocupando as regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes não acumulados para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Pós-larvas.....	69
Figura 7-11. Percentual de ocupação das regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes não acumulados (Repetições R1, R2 e R3) para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Fêmeas juvenis.	72
Figura 7-12. Número de indivíduos (media \pm EP) ocupando as regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes não acumulados para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Fêmeas juvenis.	74
Figura 7-13. Percentual de ocupação das regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes não acumulados (Repetições R1, R2 e R3) para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Fêmeas adultas.....	76
Figura 7-14. Número de indivíduos (media \pm DP) ocupando as regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes não acumulados para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Fêmeas adultas.....	78
Figura 7-15. Percentual de ocupação das regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes não acumulados (Repetições R1, R2 e R3) para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Machos juvenis.....	80
Figura 7-16. Número de indivíduos (media \pm EP) ocupando as regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes não acumulados para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Machos juvenis.....	82
Figura 7-17. Percentual de ocupação das regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes não acumulados (Repetições R1, R2 e R3) para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Machos adultos.	84
Figura 7-18. Número de indivíduos (media \pm EP) ocupando as regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes não acumulados para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Machos adultos.	86
Figura 7-19. Percentual de ocupação das regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes acumulados (Repetições R1, R2 e R3) para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Pós-larvas.....	88
Figura 7-20. Número de indivíduos (media \pm EP) ocupando as regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes acumulados para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Pós-larvas.....	90

Figura 7-21. Percentual de ocupação das regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes acumulados (Repetições R1, R2 e R3) para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Fêmeas juvenis.	92
Figura 7-22. Número de indivíduos (media \pm EP) ocupando as regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes acumulados para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Fêmeas juvenis.	94
Figura 7-23. Percentual de ocupação das regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes acumulados (Repetições R1, R2 e R3) para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Fêmeas adultas.	96
Figura 7-24. Número de indivíduos (media \pm EP) ocupando as regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes acumulados para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Fêmeas adultas.	98
Figura 7-25. Percentual de ocupação das regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes acumulados (Repetições R1, R2 e R3) para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Machos juvenis.	100
Figura 7-26. Número de indivíduos (media \pm EP) ocupando as regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes acumulados para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Machos juvenis.	102
Figura 7-27. Percentual de ocupação das regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes acumulados (Repetições R1, R2 e R3) para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Machos adultos.	105
Figura 7-28. Número de indivíduos (media \pm EP) ocupando as regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes acumulados para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Machos adultos.	106
Figura 7-29. Percentual médio e erro padrão da ocupação dos setores norte e sul dos aquários pelas pós-larvas (PL), fêmeas juvenis (FJUV), fêmeas adultas (FADL), machos juvenis (MJUV e machos adultos (MADL) e respectivos grupos controle, durante as fases de exposição a campos de 25, 30, 35 e 40 μ T nos experimentos não acumulativos e acumulativos.	107
Figura 7-30. Exemplos de imagens obtidas durante os experimentos de indivíduos adultos de <i>L. vannamei</i> . (A) durante a fase de pré-exposição e (B) 2 minutos após o acionamento de um campo de 30 μ T. Em (A) os indivíduos apresentam uma distribuição mais homogênea sem uma direção preferencial de alinhamento do seu eixo longitudinal e em (B) os indivíduos já começam a migrar para a face sul do aquário e a se alinharem segundo as linhas do campo magnético artificial.	108

Figura 8-1. Vista geral da área de estudo, com indicação dos locais das pescas experimentais (G1-G5), praia Pedra do Xaréu-PE.....	116
Figura 8-3. (A) Covo empregado nas pescarias e detalhe da sanga (seta a esquerda). Em destaque o magneto permanente (B).....	117
Figura 8-4. Detalhe da armadilha tipo covo e esquema do arranjo dos grupos de covos G1 a G5 e flutuadores de sinalização. Covos identificados com letras vermelhas receberam magneto permanente de 2000 μ T.....	118
Figura 8-5. Exemplo de capturas obtidas em diferentes covos e pescarias.	119
Figura 8-6. Exemplar de Braquiúros do Gênero Mithrax de tamanho diminuto e baixíssima ocorrência nas capturas.	121
Figura 8-7. As sete espécies de crustáceos com maior ocorrência nas capturas para o experimento utilizando covos com e sem magneto permanente.....	122
Figura 8-8. Composição médias das capturas de crustáceos pelos covos com e sem magneto. ...	124
Figura 8-9. Capturas médias (No. Indivíduos/covo) com e sem magnetos e respectivos desvios padrões para as sete espécies de crustáceos com maior ocorrência nas pescarias.....	125
Figura 8-10. Molusco cefalópode (A) e gastrópodes (B) capturados nas pescarias experimentais.	125
Figura 8-11. Participação das espécies formadoras de grandes cardumes, pequenos grupos e solitárias nas capturas dos covos com e sem magneto.	129
Figura 8-12. Índices médios de diversidade Shannon-Wiener das capturas nos covos com e sem magneto nos pontos de pesca G1-G5.	130
Figura 8-13. Índices médios de capturas (No. indivíduo/covo/48h) nos covos com e sem magneto nas pescarias 1 a 7.....	130
Figura 8-14. Composição específica das capturas com covos com e sem magnetos. Participação percentual das espécies de peixes formadoras de grandes cardumes, formadoras de pequenos grupos e espécies solitárias.....	131
Figura 8-15. Cardume e indivíduos de <i>Haemulon aurolineatum</i> . FONTE: http://www.fishbase.org	136
Figura 9-3. Despesca dos organismos capturados por um covo com magneto permanente, indicando a dominância numérica da Xira Branca <i>Haemulon aurolineatum</i> (detalhe) sobre as demais espécies.	143

Figura 9-4. Esquema de amostragem de tecidos de <i>H. aurolineatum</i> . (1) região ventral; (2) linha lateral; (3) .Otólitos sagitta; (4) mancha ocelar e (5) narinas.	146
Figura 9-5. Espectômetro Bruker ESP300E utilizado na medida de FMR das amostras.	146
Figura 9-6. Espectros FMR do tecido da região ventral extraídas dos exemplares jovens (P1 a P5) e adultos (P6 a P10) de <i>Haemulon aurolineatum</i>	148
Figura 9-7. Espectros FMR das linhas laterais extraídas dos exemplares jovens (P1 a P5) e adultos (P6 a P10) de <i>Haemulon aurolineatum</i>	149
Figura 9-8. Espectros FMR dos otólitos extraídos dos exemplares jovens (P1 a P5) e adultos (P6 a P10) de <i>Haemulon aurolineatum</i>	150
Figura 9-9. Espectros FMR das manchas ocelares extraídas dos exemplares jovens (P1 a P5) e adultos (P6 a P10) de <i>Haemulon aurolineatum</i>	151
Figura 9-10. Espectros FMR da narina extraídas dos exemplares jovens (P1 a P5) e adultos (P6 a P10) de <i>Haemulon aurolineatum</i>	152
Figura 9-11. Organização dos cardumes de <i>H. Aurolineatum</i> . O material magnético encontrado na mancha ocelar pode contribuir para o posicionamento individual durante o balizamento. (Fonte: COSTA DA VENEZUELA/Alfredo Allais).....	155

LISTA DE TABELAS

- Tabela 7-1. Campo terrestre total para a área de estudo nas datas de realização dos testes em laboratório. FONTE: NGDC/NOAA (2008). 66
- Tabela 7-2. Percentual médio de ocupação das áreas norte, central e sul dos aquários por pós-larvas de camarões *L. vannamei* submetidos a intensidades específicas de campo magnético artificial, durante as fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS). Réplicas R1, R2 e R3 e valores médios e desvio padrão (DP). Exposição não acumulativa. 67
- Tabela 7-3. Percentual médio de ocupação das áreas norte, central e sul dos aquários por fêmeas juvenis de camarões *L. vannamei* submetidos a intensidades específicas de campo magnético artificial, durante as fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS). Réplicas R1, R2 e R3 e valores médios e desvio padrão (DP). Exposição não acumulativa. 71
- Tabela 7-4. Percentual médio de ocupação das áreas norte, central e sul dos aquários por fêmeas adultas de camarões *L. vannamei* submetidos a intensidades específicas de campo magnético artificial, durante as fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS). Réplicas R1, R2 e R3 e valores médios e desvio padrão (DP). Exposição não acumulativa. 75
- Tabela 7-5. Percentual médio de ocupação das áreas norte, central e sul dos aquários por machos juvenis de camarões *L. vannamei* submetidos a intensidades específicas de campo magnético artificial, durante as fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS). Réplicas R1, R2 e R3 e valores médios e desvio padrão (DP). Exposição não acumulativa. 79
- Tabela 7-6. Percentual médio de ocupação das áreas norte, central e sul dos aquários por machos adultos de camarões *L. vannamei* submetidos a intensidades específicas de campo magnético artificial, durante as fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS). Réplicas R1, R2 e R3 e valores médios e desvio padrão (DP). Exposição não acumulativa. 83
- Tabela 7-7. Percentual médio de ocupação das áreas norte, central e sul dos aquários por pós-larvas de camarões *L. vannamei* submetidos a intensidades específicas de campo magnético artificial, durante as fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS). Réplicas R1, R2 e R3 e valores médios e desvio padrão (DP). Exposição acumulativa. 87
- Tabela 7-8. Percentual médio de ocupação das áreas norte, central e sul dos aquários por fêmeas juvenis de camarões *L. vannamei* submetidos a intensidades específicas de campo magnético artificial, durante as fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS). Réplicas R1, R2 e R3 e valores médios e desvio padrão (DP). Exposição acumulativa. 91

Tabela 7-9. Percentual médio de ocupação das áreas norte, central e sul dos aquários por fêmeas adultas de camarões <i>L. vannamei</i> submetidos a intensidades específicas de campo magnético artificial, durante as fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS). Réplicas R1, R2 e R3 e valores médios e desvio padrão (DP). Exposição acumulativa.	95
Tabela 7-10. Percentual médio de ocupação das áreas norte, central e sul dos aquários por machos juvenis de camarões <i>L. vannamei</i> submetidos a intensidades específicas de campo magnético artificial, durante as fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS). Réplicas R1, R2 e R3 e valores médios e desvio padrão (DP). Exposição acumulativa.	99
Tabela 7-11. Percentual médio de ocupação das áreas norte, central e sul dos aquários por machos adultos de camarões <i>L. vannamei</i> submetidos a intensidades específicas de campo magnético artificial, durante as fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS). Réplicas R1, R2 e R3 e valores médios e desvio padrão (DP). Exposição acumulativa.	104
Tabela 8-1. Valor médio do campo magnético terrestre total e do índice Kp de atividade geomagnética para a área de estudo nas datas de realização das pescarias experimentais com covos. FONTE: NGDC/NOAA (2008).	120
Tabela 8-2. P também um sinal associado a nanopartículas magnéticas isolaDas tanto dos indivíduos jovens eixes identificados nas capturas com covos com e sem magneto	127
Tabela 8-3. Capturas por espécie agrupadas em função das características gregárias das espécies capturadas e médias de peixes nos covos com (c/Mg) e sem (s/Mg) magnetos. Valores normalizados para 48h de pesca efetiva por 1 covos.....	128
Tabela 8-4. Ocorrência de ataques a covos com e sem magneto nos pontos de pesca G1-G5. ...	141
Tabela 9-1. Comprimento (cm), peso (g) e classe etária dos exemplares de <i>H. Aurolineatum</i> (P1 a P10) fonte das amostras de tecidos analisadas.	147
Tabela 9-2. Resultados das análises das amostras de tecidos da região ventral, linha lateral, otólito, mancha ocelar e narina de exemplares de <i>H. Aurolineatum</i> (P1 a P10).	152

SUMÁRIO

Capítulo 1.....	19
INTRODUÇÃO GERAL.....	19
Capítulo 2.....	21
JUSTIFICATIVA.....	21
Capítulo 3.....	24
OBJETIVOS	24
Capítulo 4.....	25
HIPÓTESES DE TRABALHO	25
Capítulo 5.....	26
ESTADO DA ARTE.....	26
5.1 O Campo Geomagnético	26
5.2 Campo Magnético Artificial.....	29
5.3 Fundamentos do Magnetismo e da Ressonância Magnética.	31
5.3.1 Magnetismo.....	31
5.4 Biologia e classificação dos camarões peneídeos	34
5.5 Biologia dos Peixes	38
5.6 Relações do campo geomagnético com os seres vivos	41
5.7 Efeitos dos campos magnéticos nos crustáceos peneídeos e peixes.	44
5.8 Orientação magnética nos seres vivos: Magnetotaxia, Magnetorecepção e o Alinhamento magnético.	47
5.8.1 Magnetotaxia.....	48
5.9.2 Magnetorecepção.....	49
5.8.3 O Alinhamento magnético nos animais.....	52
Capítulo 6.....	54
APRESENTAÇÃO DA TESE	54

Capítulo 7.....	56
EFEITOS DO CAMPO MAGNÉTICO ARTIFICIAL SOBRE O CAMARÃO PENAEIDAE <i>Litopenaeus vannamei</i> (BOONE, 1931) MACHOS E FÊMEAS E EM DIFERENTES FASES DE SEU CICLO ONTOGENÉTICO.....	56
7.1 INTRODUÇÃO.....	56
7.2 MATERIAIS E MÉTODOS	59
7.2.1 Obtenção e Aclimação dos Organismos Teste	59
7.2.2 Testes de Alinhamento Magnético	61
7.2.3 Aquisição e Registro dos Dados	65
7.3 RESULTADOS.....	65
7.3.1 Efeito não acumulativo do campo magnético sobre camarões.....	67
7.3.2 Efeito acumulativo do campo magnético sobre camarões	87
7.4 DISCUSSÕES	108
7.5 CONCLUSÕES	112
 Capítulo 8.....	 113
EFEITOS DO CAMPO MAGNÉTICO ARTIFICIAL NA CAPTURA DE CRUSTÁCEOS, MOLUSCOS E PEIXES NA PESCA COM COVOS.....	113
8.1 INTRODUÇÃO.....	113
8.2 MATERIAIS E MÉTODOS	116
8.2.1 Área de estudo	116
8.2.2 Desenho experimental	117
8.3 RESULTADOS.....	120
8.3.1 Capturas de Crustáceos e Moluscos	121
8.3.2 Capturas de Peixes	126
8.4 DISCUSSÕES	132
8.4.1 Crustáceos.....	132
8.4.2 Peixes	135
8.5 CONCLUSÕES	141
 Capítulo 9.....	 143
VERIFICAÇÃO DA PRESENÇA DE MATERIAL MAGNÉTICO EM <i>Haemulon aurolineatum</i> (CURVIER, 1830).....	143
9.1 INTRODUÇÃO.....	143
9.2 MATERIAIS E MÉTODOS	145
9.3 RESULTADOS.....	147

9.4 DISCUSSÃO.....	153
9.5 CONCLUSÕES	156
Capítulo 10.....	157
CONSIDERAÇÕES FINAIS	157
Capítulo 11.....	159
REFERÊNCIAS.....	159

Capítulo 1

INTRODUÇÃO GERAL

Os organismos são capazes de detectar e identificar uma série de sinais ambientais dentre os quais o campo magnético, capacidade essa que tem garantido sua sobrevivência ao longo do tempo (SKILES, 1985) e contribuído para o processo de adaptação ao meio pela seleção natural. Diferentes informações ambientais, incluindo a posição do sol e das estrelas, a luz polarizada, propriedades químicas, sons de baixa frequência, direção do vento, e inclusive, campo magnético terrestre podem servir como base de orientação para inúmeros organismos realizarem a sua migração (ABLE, 1980).

O campo magnético terrestre é utilizado na orientação e navegação por diversas espécies de animais como pássaros, mamíferos, répteis, anfíbios, peixes, insetos e crustáceos (WILTSCHKO & WILTSCHKO, 1995; WILTSCHKO & WILTSCHKO, 2005; LOHMANN *et al*, 2007).

Alguns crustáceos marinhos, como certos anfípodes, apresentam capacidade de percepção do campo magnético (UNGOLINI, 2006). Existem ainda informações sobre a capacidade de reação do camarão *Litopenaeus vannamei* (GONÇALVES, 2009) e da lagosta espinhosa *Panulirus argus* a estímulos magnéticos (LOHMANN, 1985; LOHMANN *et al.*, 1995; BOLES & LOHMANN, 2003; KIRSCHVINK *et al*, 1985). A lagosta *P. argus*, executa longas migrações anuais. Experimentos com esta espécie indicaram que ela é capaz de detectar a direção da componente horizontal do campo geomagnético, mas não a direção da componente vertical, ou seja, que sua navegação se dá com base em um compasso magnético de polaridade e não de inclinação (LOHMANN *et al*, 1995). Embora pouco se saiba acerca do funcionamento do mecanismo biológico responsável pela percepção do campo magnético por camarões e lagostas, a literatura científica traz registros da presença de material magnético em estruturas de camarões (KIRSCHVINK *et al*, 1985) e de lagostas (LOHMANN, 1984).

Muitos peixes apresentam alterações comportamentais quando expostos a estímulos magnéticos. Estudos com espécies das famílias Centrarchidae, Polyodontidae, Acipenseridae e Siluridae, apresentaram alterações comportamentais na presença de campos magnéticos artificiais (MANN *et al*, 1988). Além da sua relação com o campo geomagnético, apresentam também certo potencial biológico na detecção deste campo com ajuda de órgãos sensitivos (ROGADO *et al*, 2005).

Elasmobrânquios (tubarões, raias e quimeras) percebem o campo magnético, embora que de uma forma diferenciada, por meio das ampolas de Lorenzini (estruturas sensoriais específicas) em relação aos peixes ósseos (WALKER, 1984a; 1984b).

Estudos com salmões reforçam as teorias relacionadas à detecção do campo magnético por estes animais (QUINN & BRANNON, 1982; WALKER, 1984a e 1984b) e auxiliam a compreensão da estrutura biológica relacionada à percepção magnética (WALKER *et al*, 1997). Exemplos da expressão deste arranjo biológico organizado (estrutura magnetoreceptora) vão desde a presença

de material magnético na narina de alguns peixes (WALKER *et al*, 1997) até a presença deste material em outras estruturas sensoriais, como a linha lateral (MOORE *et al*, 1990).

O presente trabalho visa estudar o efeito de campo magnético artificial sobre a atividade do camarão marinho *L. vannamei* e possíveis padrões diferenciados de respostas para diferentes faixas etárias e sexos de indivíduos desta espécie, em condições controladas de laboratório, bem como o estudo de possíveis respostas magnéticas em peixes ósseos e crustáceos decápodes habitantes e frequentadores dos recifes de coral do litoral sul de Pernambuco em seu habitat natural, além da investigação da presença de material magnético nas estruturas da espécie que demonstrou maior potencial de resposta ao estímulo magnético.

Capítulo 2

JUSTIFICATIVA

Áreas estuarinas e costeiras desempenham importantes papéis ecológico, pois, servem de berçário, sítios reprodutivos e de alimentação para espécies costeiras e marinhas (HOSS & THAYER, 1993; ROSS, 1987; ROUTREE & ABLE, 1993 e 1997). Estas regiões se encontram comprometidas pelos impactos ambientais a que vem sendo submetidas (FONSECA, 1995; FONSECA, 2003).

Os problemas causados pela invasão de espécies não nativas são intensos e é um fenômeno com consequências em escala mundial (TAVARES, 2003). As atividades humanas elevam a frequência de invasão (BARBIERI, 1998), como o transporte e introdução acidental através de água de lastro de navios ou resultado de fuga de espécimes oriundas da aquicultura mal planejada (BARBIERI & MELO, 2006).

A bioinvasão via água de lastro e/ou via cultivos comerciais em viveiros ou amadorista em aquários, é uma ameaça real e comum aos sistemas costeiros. O uso de espécies introduzidas está relacionado às atividades de interesse socioeconômico. As invasões geram consequências negativas em termos de efeitos ecológicos, econômicos e sanitários (BARBIERI & MELO, 2006).

A presença de organismos não nativos num ambiente é um fato alarmante, visto que, existe a possibilidade destes virem a ocupar nichos importantes e de remover ou suprimir espécies locais pela falta de predadores ou competidores específicos e/ou pela dispersão de patógenos associados a tais organismos. A tendência, em todos os habitats, é de que os prejuízos ambientais, causados pelas espécies invasoras se intensifiquem futuramente. Contudo, esses impactos são maiores nas ilhas e nos sistemas de água doce, como rios e lagos (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Estes sistemas formam habitats isolados e com muitos endemismos e são vulneráveis às invasões biológicas que depreciam a biodiversidade (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Organismos que habitam os estuários e poças de marés são intensamente impactados, em virtude da inexpressiva dimensão de seu habitat e sua condição semi-fechada (LANA *et al*, 1989).

Espécies alóctones presentes no ambiente aquático podem extirpar, preda e excluir por competitividade as espécies nativas, além de haver o risco de hibridação (WILLIANSOON, 1996). Este fato pode causar impactos ao ecossistema e problemas à pesca em geral.

A comunidade científica, há algum tempo, tem se concentrado, na questão da introdução de espécies exóticas, em função dos impactos ecológicos e econômicos decorrentes da invasão de vários ecossistemas, por animais e plantas estranhos ao ambiente (SILVA *et al*, 2002). Todavia, a questão das invasões biológicas chega a sobrepujar os interesses acadêmicos, tornando-se, em alguns casos, uma questão de saúde pública (HOWE *et al*, 1997).

Na região Nordeste do Brasil há registros de capturas no ambiente natural (marinho e estuarino) de duas espécies de peneídeos introduzidos e bem adaptados: *Penaeus monodon* e *Litopenaeus vannamei* completando os seus ciclos ontogenéticos.

O *L. vannamei*, começou a apresentar resultados positivos no seu cultivo a partir da década de 90 e logo passou a ser cultivado ao longo de praticamente toda a costa brasileira. Por questões de logística, os viveiros de camarões marinhos localizam-se quase sempre junto à costa, frequentemente em áreas de manguezal. Não incomum, por ocasião das despescas ou de eventual rompimento dos diques de contenção, alguns indivíduos acabam escapando dos viveiros de cultivo e invadindo o ambiente natural (TAVARES, 2003), gerando uma competição indesejável com as espécies autoctonas por espaço e alimento e contaminando as áreas naturais com vírus exóticos, contra os quais as espécies nativas brasileiras não apresentam defesa imunológica (LIMA, 2004).

A espécie *Litopenaeus vannamei* é muito suscetível a doenças - causadas por agentes patogênicos como vírus, fungos, bactérias, protozoários, etc., que se propagam muito rapidamente em populações da espécie mantidas em cativeiro. A falta de informações no que se refere ao cultivo da espécie fez com que muitas vezes fossem cultivados sob condições não adequadas (BATISTA, 2002), resultando na exposição dos mesmos a um nível de estresse elevado e ocasionando o surgimento de doenças virais (OLIVEIRA NETO & GESTEIRA, 2006).

Os camarões *L. vannamei* foram principalmente infectados pelo vírus da mancha branca, pertencente ao gênero *Whispovirus* da família *Nimaviridae*. Ao escaparem dos viveiros os camarões contaminados infectaram organismos da biota dos estuários e recifes costeiros das áreas de entorno (LIMA, 2004; CAMPOS, 2008). Caranguejos endógenos habitantes do manguezal foram contaminados pelas águas descartadas dos viveiros de cultivos, pondo em risco as pessoas que dele se alimentavam (COELHO, 2001; SANTOS & COELHO, 2002; INSTITUTO HÓRUS, 2009). A transferência de pós-larvas e matrizes de reprodutores entre as fazendas comerciais brasileiras ampliou a disseminação das doenças para vários estados.

Dentre os principais fatores ambientais que influenciam a distribuição espacial e sazonal de algumas espécies de peneídeos tem-se a textura dos sedimentos, a salinidade e a temperatura (COSTA *et al*, 2007). No entanto pouca importância é dada ao campo magnético a despeito de sua grande influência sobre os seres vivos. O conhecimento sobre aos efeitos do campo magnético na fisiologia dos camarões *L. vannamei* pode trazer novas possibilidades de controle ambiental, necessário ao desenvolvimento da atividade de cultivo. Este fato motivou os experimentos com essa espécie.

No que se refere aos peixes ósseos, as principais ameaças são: superexploração dos estoques das espécies de valor comercial; a captura de espécies de peixes ornamentais; e a degradação dos ambientes marinhos e costeiros (AQUASIS, 2003).

Os ambientes estuarinos, primordiais para sobrevivência de diversas espécies de peixes, são considerados como importantes indicadores para a produtividade de peixes próximos à costa

(CHAVES, 2011). As áreas rasas contendo florestas de mangues são ambientes preferenciais para camarões e pequenos peixes, assim como para o sucesso do recrutamento de peixes após seu estado larval CHONG *et al*, 2005). Há uma estimativa de que aproximadamente 30% de todas as espécies de peixes comerciais sejam dependentes destes ambientes (NAYLOR *et al*, 2000) e cerca de 100 espécies de peixes incidam nos ecossistemas de manguezais do Oceano Atlântico Leste (BLABER, 2000).

A mortalidade de larvas e recrutas é absurdamente alta nos estágios iniciais referentes ao ciclo de vida de praticamente todas as espécies de peixes marinhos (SALE *et al*, 1980; JONES *et al*, 1999; EGGLESTON *et al*, 2004). Os efeitos negativos, incidentes sobre os estoques, são ainda mais incisivos quando essa mortalidade é elevada pela perda ou degradação dos ambientes onde ocorrem o assentamento larval e o desenvolvimento dos recrutas e juvenis.

Apesar das escarsas informações a respeito do ciclo de vida dos peixes recifais brasileiros, sabe-se que determinadas espécies de valor econômico passam uma fração da sua vida em berçários localizados a dezenas de quilômetros dos recifes onde os adultos são normalmente pescados (MOURA; LINDEMAN, 2007). Em varias regiões costeiras os manguezais, estuários, bancos de algas e fanerógamas marinhas representam alguns dos principais ambientes onde ocorre o assentamento larval e outras etapas críticas do ciclo de vida de diversas famílias de peixes (FRANCINI-FILHO, 2005). Deslocamentos envolvendo complexos mecanismos de orientação por parte destes animais nos instigaram a investigar possíveis materiais magnéticos em seus tecidos e relaciona-los com seu comportamento no seu ambiente.

A falta de conhecimento biológico sobre os diferentes habitats marinhos e costeiros dificulta a proposição de estratégias de manejo e até mesmo delineamento de redes de áreas protegidas, que abriguem os habitats mais críticos para a sobrevivência das espécies em diferentes etapas de seus ciclo de vida (CHAVES, 2011). O estudo de respostas magnéticas pelas espécies de peixes e crustáceos que habitam os recifes costeiros pode ajudar na compreensão da relação entre estes animais e seu ambiente físico e proteção dos mesmos.

Capítulo 3

OBJETIVOS

Objetivos Gerais

Avaliar a capacidade do camarão introduzido *Litopennaeus vannamei*, machos e fêmeas em diferentes fases do seu ciclo ontogenético, em utilizar seus sensores orgânicos na detecção do campo magnético e investigar o efeito do campo magnético sobre peixes e crustáceos que ocorrem na área costeira do litoral Pernambucano, com base na análise dos índices de capturas por armadilhas tipo covo com e sem magneto permanente.

Objetivos Específicos

- Investigar os efeitos diretos e acumulativos de campo magnético artificial de intensidade de 25, 30, 35 e 40 μT sobre o comportamento de pós-larvas e fêmeas e machos jovens e adultos de *L. vannamei*.
- Avaliar o tempo de recuperação e os efeitos residuais de pré e pós-exposição a campo magnético de intensidade de 25, 30, 35 e 40 μT para o camarões *L. vannamei*, machos e fêmeas, em diferentes fases do seu desenvolvimento.
- Oferecer uma reanálise de dados de captura de peixes de área recifais empregando covos artesanais, com e sem magneto permanente.
- Comparar os índices de capturas, por covos com e sem magneto, de crustáceos marinhos no litoral sul de Pernambuco.
- Verificar a presença de material magnético em algumas regiões sensoriais e não sensoriais dos peixes com maior resposta de atração ao campo magnético.

Capítulo 4

HIPÓTESES DE TRABALHO

- Campos magnéticos artificiais originados a partir de um par de bobinas na configuração de Helmholtz podem produzir nos camarões *L. vannamei* diferentes comportamentos, associadas às fases do ciclo ontogenético da espécie e sexos dos animais.
- É possível que alguns peixes, habitantes de recifes de coral, apresentem sensibilidade ao campo magnético e também material magnético em certas partes do corpo, visto que, há registros na literatura de estruturas propostas como magnetossensoras, e da presença de nanocristais magnéticos, que estão relacionadas à capacidade de detecção deste campo em certas espécies de peixes teleósteos.
- Peixes recifais e crustáceos habitantes do litoral sul de Pernambuco podem apresentar respostas sensoriais expressivas a estímulos magnéticos uma vez que muitas delas efetuam complexos deslocamentos entre áreas marinhas e estuarinas ao longo de seu ciclo de vida na busca de alimento, abrigo, atendimento a seus requerimentos de condições ambientais como temperatura, salinidade, pressão, etc. e para fins de reprodução. Assim, dispor de capacidade de se orientar e navegar nestes ambientes lhe seria extremamente vantajoso e lhe favoreceria no processo de seleção natural.

Capítulo 5

ESTADO DA ARTE

5.1 O Campo Geomagnético

Acredita-se que o termo magneto surgiu do nome Magnesia, um local da Grécia antiga onde existiam muitas rochas de magnetita. Por volta de 400 aC, o filósofo grego Platão (428 aC - 348 aC), escreveu sobre a atração magnética de tais rochas. Estudos históricos indicam que foram os chineses os primeiros a perceber as propriedades direcionais do campo magnético terrestre. Em relação ao uso da bússola, relatos acerca do manuseio deste equipamento datam de 1088, onde Shen Kua (1031 – 1095) utilizou-a nas navegações. Na Europa a bússola foi primeiramente descrita em 1188 por Alexander Neckam. O primeiro europeu a investigar cientificamente, surpreendentemente em 1269, as propriedades dos ímãs foi o francês conhecido por “Petrus Peregrinus”, ele descreveu a localização dos pólos, identificou a atração e repulsão dos polos magnéticos e descobriu que os polos magnéticos nunca são achados isolados. A popularidade de alguns fenômenos magnéticos se refletiu nas grandes navegações. No começo do século XV, a bússola era de uso muito comum tanto em navios espanhóis quanto portugueses. Cristóvão Colombo (1451 – 1506) utilizava este objeto magnético de navegação nas suas explorações oceânicas (ACOSTA-AVALOS, 2012).

Apenas em 1600 foi revelada a real natureza do campo magnético observado na superfície da terra através dos trabalhos experimentais de William Gilbert (1544 – 1603). Sua obra, o livro *De Magnete* é considerado o primeiro trabalho científico moderno. Gilbert concluiu nas suas pesquisas que a terra comporta-se como um grande ímã, evidenciado que o campo magnético terrestre tem sua origem no interior do planeta e não no seu exterior como a maioria dos cientistas da época acreditavam. Em 1820 Hans Christian Oersted (1777 – 1851) observou que, quando uma bússola é aproximada de um fio atravessado por uma corrente elétrica, a agulha da bússola se desvia de sua direção habitual, apontando numa direção perpendicular ao fio (ACOSTA-AVALOS, 2012). Esta descoberta reforçou os estudos científicos do eletromagnetismo.

Exatamente três componentes primordiais formam o campo geomagnético, o campo interno (principal), campo externo (secundário) e o campo local (crustal), estes componentes, apresentam origens diferentes e variam com o tempo em escalas bastante distintas. O campo interno é responsável por aproximadamente 95% do campo geomagnético medido e ele se comporta como um imenso ímã, centrado no interior da terra, com um deslocamento de 11,5° (declinação magnética) em relação ao eixo polar (Fig. 5-1). É possível perceber a orientação de uma agulha imantada na direção do norte magnético. Este fato é conhecido pelos chineses, desde aproximadamente 1100 D.C., onde utilizavam uma espécie de bússola para orientação. O campo magnético principal sofre variação ao longo do tempo geológico, em uma escala de milhões de anos, sofrendo diminuições e/ou aumentos de intensidade cujos ápices causam sua reversão e a troca do polo norte magnético com o sul. Há uma variação média na sua intensidade dos polos para o equador de 50.000 a 20.000 nT (nanoteslas) (NETO *et al*, 2004).

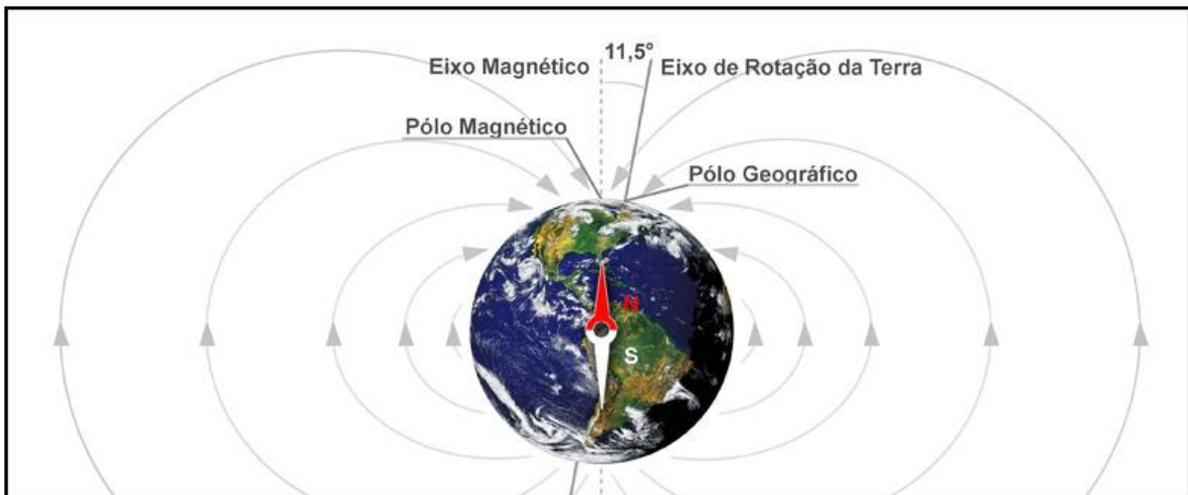


Figura 5-1. O campo magnético terrestre e representação da declinação magnética e da diferença entre polos magnético e geográfico. FONTE: Museu de Astronomia. http://www.mast.br/multimedia_instrumentos/bussola_funcao.html.

O campo externo tem origem na ionosfera (camada mais externa da terra), que apresenta como característica principal o fato de ser uma camada de íons e partículas livres (elétrons e prótons) eletricamente condutoras. Estas partículas são periodicamente deslocadas pelo vento solar, oriundo da atividade solar, o qual emite núcleos de átomos (principalmente hidrogênio) e elétrons a uma velocidade média de 400 km.s^{-1} em direção à Terra (NETO et al, 2004). O vento solar provoca uma alteração nas linhas de força do campo geomagnético e então dá a forma à magnetosfera.

Em concordância com a Lei da indução de Faraday de 1831, toda corrente elétrica origina um campo magnético e vice-versa, logo, as correntes ionosféricas auxiliam na constituição do campo magnético terrestre. O campo externo também é responsável pela origem das tempestades magnéticas decorrentes do profuso bombardeamento da ionosfera por explosões nucleares nas fases de grande atividade da coroa solar. Este fenômeno é responsável pelas auroras boreais e austrais, que acontecem nas regiões de altas latitudes (maior gradiente das linhas de força do campo geomagnético). As tempestades magnéticas podem gerar intensidades de campo de até $3000 \mu\text{T}$, além disso, podem interferir ou interromper os sinais dos satélites de comunicação (NETO et al, 2004).

O campo magnético local é decorrente da magnetização gerada pelos minerais magnéticos, sobretudo a magnetita (Fe_3O_4) e a hematita (Fe_2O_3), que formam a matriz mineralógica de determinadas rochas magmáticas. A presença de anomalias magnéticas (importantes na pesquisa de gênese e evolução da crosta oceânica) percebidas na superfície da Terra deve-se a este campo.

O magnetismo terrestre implica na existência de fluxos de correntes elétricas em movimento, gerando campos magnéticos transientes. Vários estudos acerca da composição interna do planeta indicam que o núcleo externo é o principal responsável pela geração do campo magnético terrestre e suas variações ao longo do tempo geológico. Este mecanismo é conhecido como geodínamo ou dínamo auto-sustentável.

A área onde os covos foram fundeados está localizada na plataforma continental de Pernambuco. Esta área encontra-se no limite norte de uma região magnética atípica conhecida como anomalia magnética do Atlântico sul (AMAS). A AMAS (Fig. 5-2), encontra-se a cerca de 700Km da costa brasileira no atlântico sul e é uma anomalia do campo magnético terrestre descoberta em 1950 (GUIMARÃES & SILVA, 2005).

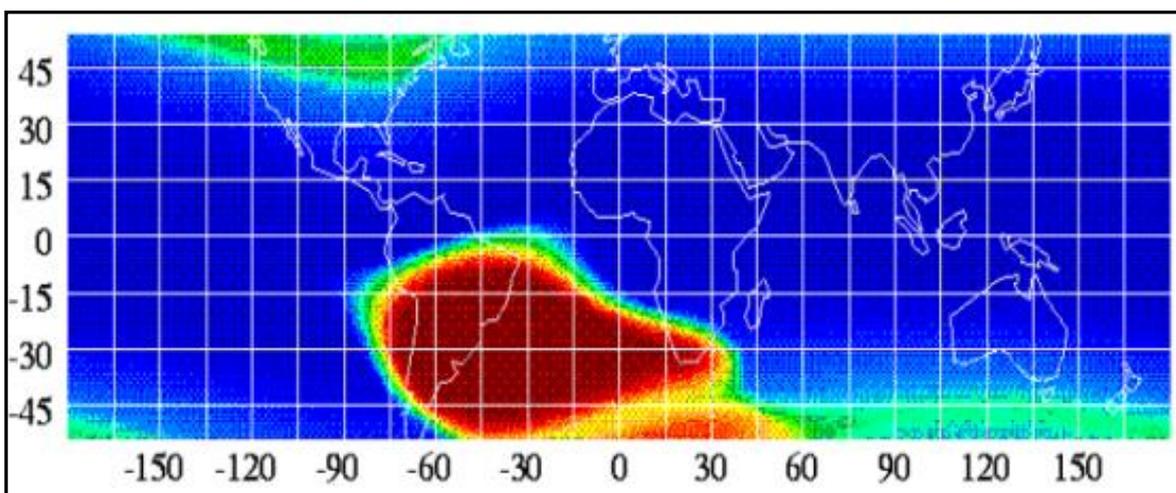


Figura 5-2 AMAS e sua área de baixa intensidade de campo magnético (em vermelho), uma parte desta área abarcou o experimento. FONTE: Pereira e Silva, 2007, adaptado de Guimarães e Silva, 2005.

Há registros de inúmeros eventos de interferências causadas pela AMAS, i.e, panes em satélites e sinais de rádio. Vários satélites têm sua velocidade reduzida quando atravessam a AMAS, pois, encontram ali uma alta densidade de partículas carregadas (PEREIRA & SILVA, 2007). Telescópios como o Hubble dispendem cerca de 15% a mais do seu tempo de órbita para atravessar a AMAS. Inúmeras pesquisas de campo demonstraram a interferência da AMAS nas condições ambientais de suas proximidades (PEREIRA & SILVA, 2007).

Esta anomalia sofre uma variação anual de cerca de 0,25 graus para oeste e 0,05 graus para o norte (SABOIA & MARQUES, 2005). Pesquisas indicam que ela vem crescendo rapidamente e, por volta do ano 2240 a sua área de cobertura ocupará mais da metade do hemisfério sul (PEREIRA & SILVA, 2007).

Estima-se que inversões de polaridade magnética terrestre ocorram em períodos entre 200 e 250 mil anos (CORREIA, 2005). Este fenômeno pode gerar grandes mudanças na estrutura física da atmosfera que por sua vez pode alterar as condições climáticas em questão de décadas (PEREIRA & SILVA, 2007), incluindo alterações em certas propriedades físicas dos oceanos e repercutindo na biota marinha.

Não há registros na literatura acerca do efeito da AMAS sobre os organismos marinhos estudados neste trabalho, porém infere-se que a anomalia pode influenciar o comportamento desses organismos.

5.2 Campo Magnético Artificial.

Campos magnéticos podem ser artificialmente gerados por magnetos permanentes naturais e artificiais e por magnetos resistivos (indução elétrica).

Os magnetos permanentes ou ímãs permanentes são objetos que produzem seus próprios campos magnéticos, persistentes e constantes. Os ímãs permanentes são materiais magnéticos que possuem a característica de apresentarem uma indução magnética residual mesmo após a retirada da força magnetizante. Assim como os indutores, os ímãs permanentes produzem fluxo magnético. A diferença é que estes últimos conseguem isto sem nenhum tipo de enrolamento de excitação e sem nenhuma dissipação de energia elétrica (LUCIANO & KIMINAMI, 1996).

Todos os ímãs permanentes são dipolos, ou seja, possuem sempre dois polos, denominados pólo sul e polo norte. Os dipolos não podem ser separados. Se um ímã for dividido em duas partes, independente das proporções destas obtêm-se dois ímãs menores, cada um com um polo norte e um polo sul (FERREIRA, 2008). É importante lembrar que a localização dos seus polos depende do tipo de geometria: nas barras retas ou em forma de “U” os polos estão nas extremidades; nos anelares (como os que foram utilizados neste experimento) estão nas faces opostas (Fig. 5-3). A intensidade do campo magnético num magneto anelar permanente é inversamente proporcional ao seu raio e a distancia (do magneto a um determinado objeto).

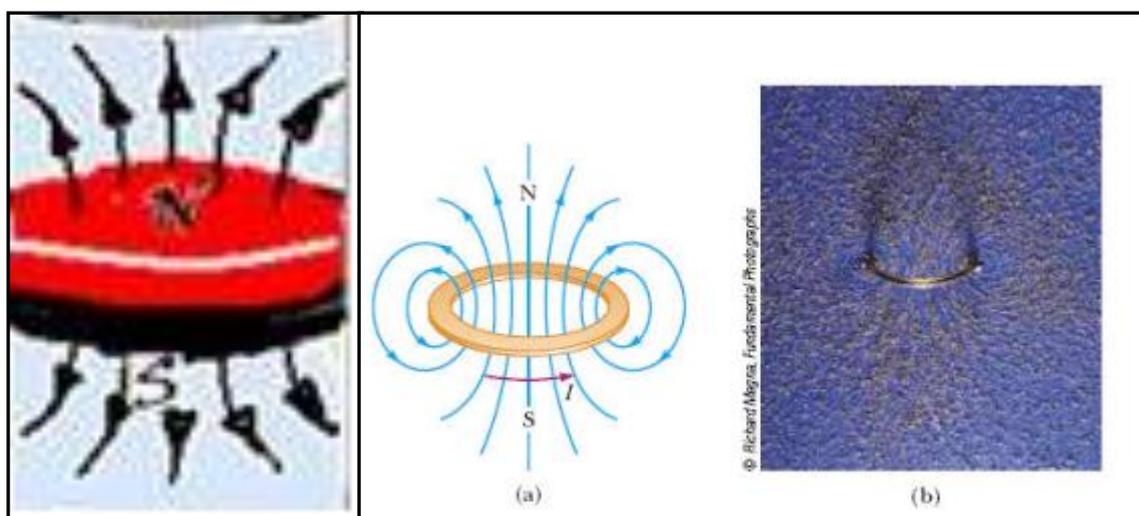


Figura 5-3. Localização dos polos norte e sul nas faces opostas de um magneto permanente anelar (em detalhe) e linhas de indução magnética geradas por espiras circulares (a,b). FONTE: (SERWAY & JEWETT, 2013).

Um magneto permanente produz um campo magnético constante, como um ímã natural ou como magnetos utilizados em equipamentos eletrônicos (auto-falantes, pequenos fones de ouvido, etc.). Seu campo magnético sempre está presente, o que significa que não se gasta nada para manter o campo. A principal desvantagem dos magnetos permanentes é que podem chegar

a ser muito pesados, o que dificultaria muito sua construção. Por exemplo, um magneto permanente de 1 Tesla (T), pesaria várias toneladas. Embora esse tipo de magneto esteja ficando cada vez menor, ainda está limitado a campos com pouca intensidade. Existe uma grande redução nas perdas joule neste tipo de magneto, gerando uma melhor economia para o aproveitamento do campo (CONCER, 2008).

Os magnetos permanentes são feitos de materiais ferromagnéticos que podem ser naturais (como a Magnetita, que é um óxido de Ferro – Fe_3O_4 – mineral produzido na natureza) ou artificiais (os mais tradicionais e antigos feitos de ferro com alto teor de carbono), de modo que, em ambos os casos, as suas propriedades magnéticas originam-se na organização atômica dos materiais.

Magnetos permanentes artificiais como os ímãs permanentes de ferrite, utilizados na nossa pesquisa, foram desenvolvidos a partir de 1940. Ferrites são geralmente compostos cerâmicos ferrimagnéticos não-condutores, derivados do óxido de ferro tais como a hematita (Fe_2O_3) ou magnetita (Fe_3O_4), assim como os óxidos de outros metais. De um modo geral, as ferrites são, como a maioria das outras cerâmicas: materiais duros e quebradiços. Todavia, em termos das suas propriedades magnéticas, as diferentes ferrites são, muitas vezes, classificadas como maleáveis ou rígidas, no que se refere à sua coercividade magnética ser baixa ou alta (FERREIRA, 2008).

Ímãs permanentes de ferrite são feitos de ferrites duras que apresentam uma magnetização remanente relativamente baixa, um campo coercivo alto, e a propriedade de não serem facilmente afetados pela presença de campos desmagnetizantes, (LUCIANO & KIMINAMI, 1997) o que representa a sua maior vantagem. Estas propriedades lhes são conferidas graças a suas características de composição e fabricação. Estes tipos de ímãs são bons condutores e apresentam uma elevada permeabilidade magnética.

Tais características permitem que estes ímãs chamados cerâmicos, armazenem campos magnéticos mais fortes do que o ferro. Eles são amplamente utilizados em produtos domésticos, tais como alto-falantes, ímãs de geladeira, etc. Utilizamos este tipo de ímã devido às suas propriedades e a sua praticidade na medida e transporte.

Os magnetos resistivos consistem em muitas voltas de fios enrolados onde passa uma corrente elétrica, como um par de bobinas na configuração de Helmholtz. Uma bobina de Helmholtz em um eixo consiste de dois enrolamentos circulares com eixos alinhados e separados por uma distância igual ao raio das bobinas (CARRARA, 2010). Isso gera um campo magnético. Se a corrente for desligada, não há campo magnético. A corrente no fio depende da resistência do fio e da tensão aplicada.

5.3 Fundamentos do Magnetismo e da Ressonância Magnética.

5.3.1 Magnetismo

Podemos considerar que o campo magnético é gerado por corrente elétrica ou por dipolos magnéticos. Partículas elementares, como prótons e elétrons assim como os nêutrons, são carregadas eletricamente. O spin dessas partículas sugere um tipo de giro em torno delas mesmo, gerando uma corrente elétrica que dá origem a um momento dipolar magnético relacionado ao spin. O átomo também apresenta um momento magnético devido ao movimento do elétron em torno do núcleo atômico chamado de momento orbital. O elétron como vimos, apresenta um momento magnético devido ao seu spin (ACOSTA-AVALOS, 2012).

Os momentos magnéticos dos átomos que compõem a matéria (que interage com campos magnéticos externos) se originam dos momentos angulares orbitais e de spin dos elétrons, que somados resultam na magnetização do material. Os materiais podem ser classificados em três grupos principais: diamagnéticos, paramagnéticos e ferromagnéticos, dependendo do comportamento da magnetização resultante em resposta à ação de um campo magnético (ABRAÇADO, 2006).

O diamagnetismo é uma propriedade da matéria, podendo estar presente em qualquer tipo de matéria. Materiais com esta propriedade, durante a interação dos elétrons (nas suas orbitas atômicas) com os campos externos, há o surgimento de um momento magnético no sentido contrário ao campo externo. O que verificamos é uma repulsão entre o material e o campo externo.

Os seres vivos são principalmente constituídos de materiais diamagnéticos. Quando os organismos são expostos à campos magnéticos externos de elevada intensidade eles simplesmente são imantados (adquirem momento dipolar magnético) e então seus átomos são repelidos pelo campo. A força magnética pode equilibrar a força gravitacional fazendo com que materiais diamagnéticos levitem. Experimentos utilizando solenoides gerando campos de 16 Teslas foram capazes de fazer com que uma rã e um gafanhoto levitassem (BERRY & GEIM, 1997).

O paramagnetismo gera interações mais intensas do que as que ocorrem no diamagnetismo, todavia, nem todo material apresenta esta propriedade, visto que está relacionada à resposta dos momentos magnéticos de spin e não dos momentos magnéticos orbitais, à presença de campos magnéticos externos. Alguns materiais apresentam os elétrons dos seus átomos arranjados em pares com spins opostos, de maneira que a soma total do spin é zero. Quando todos os elétrons formam pares, não há resposta paramagnética, uma vez que o momento magnético total de spin é nulo.

Acontece que alguns átomos apresentam elétrons que se encontram desemparelhados e estes são os responsáveis pelo paramagnetismo. Neste caso, o momento magnético de spin desses elétrons se alinha com a direção do campo magnético externo (como a agulha de uma bússola) ficando antiparalelo ao campo magnético externo. Quando o campo magnético externo é

anulado o momento magnético induzido num material paramagnético é igualmente extinto (ACOSTA-AVALOS, 2012).

Os materiais ferromagnéticos como os imãs apresentam um magnetismo permanente. O fato é que a matéria sólida tem um arranjo microscópico peculiar onde ela pode ser cristalina permitindo um arranjo periódico e ordenado com estruturas geométricas bem definidas. Vários tipos de imãs apresentam estrutura microscópica cristalina deixando os seus átomos ordenados com posições bem definidas. Os átomos dos materiais ferromagnéticos apresentam elétrons desemparelhados que auxiliam com um momento magnético não nulo. O momento magnético permanente num imã (com campo magnético permanente) só existe se, os vários átomos que compõem esse imã apresentem seus momentos magnéticos alinhados paralelamente. Com isto, a soma de todos os momentos gera um momento magnético intenso, resultado da força de interação (força de troca) entre os momentos magnéticos, forçando-os a ficarem paralelos (ACOSTA-AVALOS, 2012). Em suma, nos materiais ferromagnéticos os momentos dipolares magnéticos se alinham numa determinada direção e, portanto há uma magnetização espontânea nesta direção.

A magnetita ou ferrita de ferro, Fe_3O_4 é um exemplo clássico de material magnético, trata-se de um óxido formado por íons de ferro de valências diferentes. É um minério de ferro conhecido como imã natural encontrado em depósitos de ferro e um dos mais usados para a obtenção de ferro e aço (LEAL, 2006). Este material magnético pode ser encontrado disseminado nas rochas ígneas e metamórficas, na maioria das bactérias magnetotáticas como, por exemplo, na *Aquaspirillum magnetotacticum* (KRUEGER *et al*, 1989) e em quantidades consideráveis nas areias de praia conhecidas como areia mineral, areia ferrosa ou areia preta (LEAL, 2006).

5.3.2 Ressonância Magnética

A presença de material magnético nos seres vivos pode ser investigada pela ressonância magnética. A técnica científica conhecida por espectroscopia de Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE) ou Ressonância de Spin Eletrônico (RSE) é um método físico, baseado na absorção de microondas por spins eletrônicos desemparelhados em um campo magnético. Esta técnica foi utilizada em nosso experimento para detecção de material magnético em alguns organismos testes. Na ausência de um campo magnético os spins estão alinhados ao acaso. Quando submetidos a um campo magnético, contudo, tendem a se orientar paralela ou antiparalelamente ao campo aplicado. A espectroscopia de RPE mede a energia absorvida para reverter a orientação do spin de um elétron não pareado (ABRAÇADO, 2006). Em suma, a técnica de RPE é uma técnica espectroscópica que detecta espécies contendo elétrons desemparelhados, ou seja, espécies paramagnéticas.

O desdobramento de níveis de energia dos diferentes estados de momento magnético do elétron devido a sua interação com um campo magnético H é conhecido como efeito Zeeman. O efeito Zeeman é o desdobramento das raias espectrais de um espectro em resposta à aplicação de um campo magnético B à amostra (Fig. 5-4).

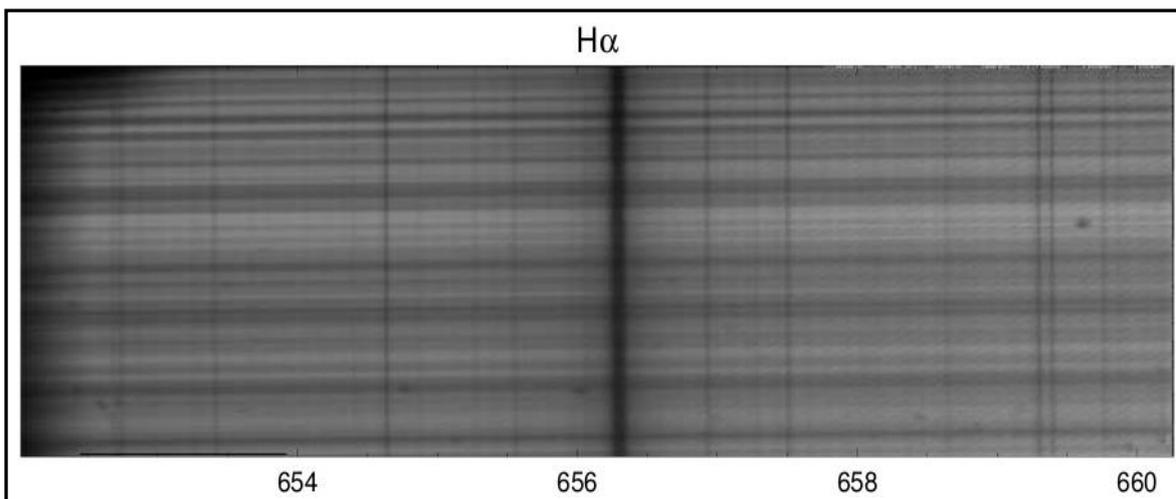


Figura 5-4. Exemplo do desdobramento de linhas espectrais de um material em função da aplicação de um campo magnético caracterizando o efeito Zeeman. FONTE: <http://www.horaultima.decoelum.net/>.

Chamamos de raia espectral ou linha espectral o resultado de uma transição quântica que pode ser observado macroscopicamente. Estas linhas se apresentam, como revelações em algum tipo de material, sendo desta forma a maneira mais simples de se detectar as transições quânticas. Quando uma transição entre níveis de energia ocorre em uma determinada amostra, ela emite ou absorve radiação eletromagnética em frequências discretas características. Onde essa radiação incide sobre a chapa reveladora, a cor da mesma é mudada. Colocando-se um prisma que separa as frequências da luz emitida antes da chapa reveladora, a chapa irá revelar em alturas discretas, formando as linhas espectrais. Pode-se determinar em quais frequências discretas determinada amostra emitiu, e assim estudar suas características microscópicas. A identificação de material magnético nos organismos é baseada neste princípio físico.

A espectroscopia de RPE é comumente utilizada na física do estado sólido, em química na identificação e quantificação de radicais e na identificação de vias de reação química, em biologia e medicina na marcação de moléculas com sondas de *spin*, em bioquímica na identificação e caracterização estrutural de centros metálicos em metaloproteínas e em pesquisas de efeitos dos campos magnéticos sobre os organismos. Para detectar alguns detalhes mais sutis em alguns sistemas, é necessário utilizar espectroscopia de ressonância paramagnética electrónica em campo alto e usando frequências elevadas.

Os elementos básicos de um espectrômetro de RPE convencional são constituídos de uma fonte de radiação eletromagnética de frequência estável e de duas bobinas de Helmholtz geradoras de um campo magnético que pode ser lentamente variado ao longo de uma determinada faixa, para se registrar um espectro (Fig. 5-5).

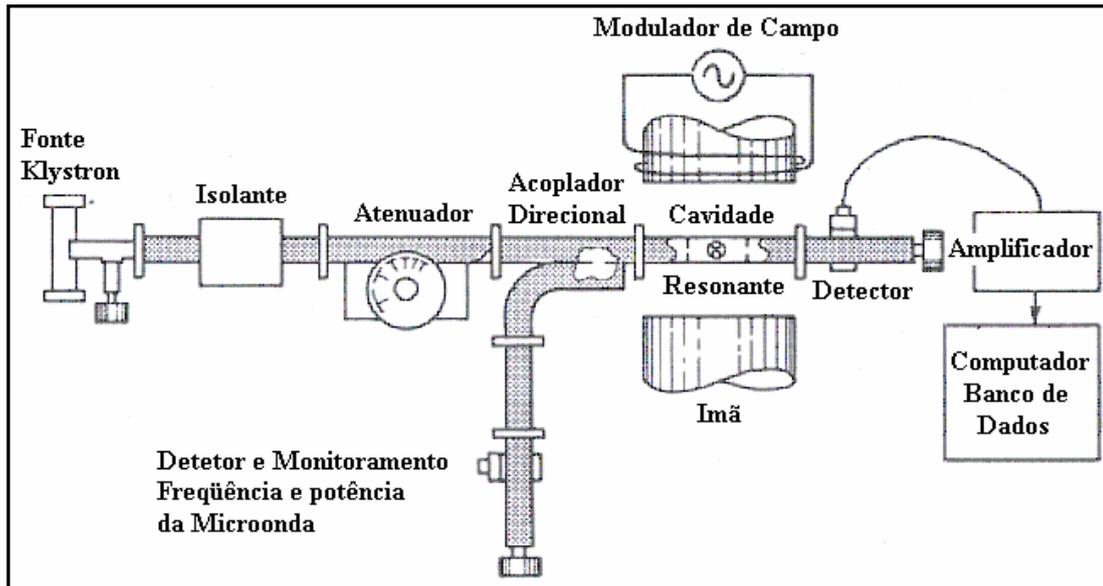


Figura 5-5. Componentes principais de um espectrômetro convencional FONTE: (ABRAÇADO, 2006).

Não muito diferente da RPE a Ressonância Ferro(i)magnética (RFM) é uma técnica baseada na absorção de microondas por materiais ferro(i)magnéticos na presença de um campo. Em princípio, a RFM é similar à RPE onde o momento magnético total do ferro(i)magneto interage com o campo aplicado. A intensidade do sinal de RFM é maior que a de RPE no mesmo campo, devido às relações entre as magnetizações das duas espécies de materiais (ABRAÇADO, 2006).

5.4 Biologia e classificação dos camarões penéides

O grupo dos artrópodes é representado por animais com apêndices corporais articulados. Com mais de 1.000.000 de espécies, que correspondem a 70 ou 80% de todo o reino animal, revelam um considerável sucesso evolutivo (BRUSCA & BRUSCA, 1990). Em relação à classe dos crustáceos, estes compreendem cerca de 38 mil espécies, que evidenciam excelente adaptação ao ambiente aquático, entretanto, alguns representantes habitam a terra úmida, i.e os tatuzinhos de jardim, um tipo de isópode terrestre.

Quase um terço das espécies conhecidas do grupo é representado por cerca de 8.500 decápodes descritos. O ambiente marinho é abrigo para a maioria dos decápodes, todavia, os lagostins, certos camarões, raros Anomura e inúmeros caranguejos colonizaram o ambiente dulcícola. Há também, registro na literatura de alguns caranguejos anfíbios e terrestres (BARNES, 1984).

Os representantes marinhos e dulcícolas dos crustáceos apresentam imensa variedade de formas, modo de vida e habitat. Podemos encontrar siris em águas rasas; caranguejos em buracos na areia e em ecossistemas costeiros intermareais; organismos sesséis como as cracas fixadas

sobre as rochas, cascos de embarcações e corpos de grandes cetáceos; camarões e lagostas nos bentos marinhos; baratinha-das-pedras deslocando-se sobre as rochas na área litorânea; microcrustáceos fazendo parte do zooplâncton marinho e dulcícola (RUPPERT & BARNES, 1994).

A ordem dos decápodes apresenta os maiores e mais especializados indivíduos no grupo dos crustáceos. Os principais representantes desta ordem são os camarões, caranguejos, lagostas e lagostins. Muitos decápodes são de grande importância econômica para a carcinicultura como o camarão *L. vannamei*, uma espécie nativa do pacífico leste, trazido para o Rio Grande do Norte (Brasil) em 1981, para fins de cultivo em viveiros (TAVARES & MENDONÇA, 1996).

A característica anatômica dos peneídeos é o corpo alongado e lateralmente comprimido. São animais dioicos que se reproduzem sexuadamente com cópula e apresentam fecundação externa (Fig. 5-6).

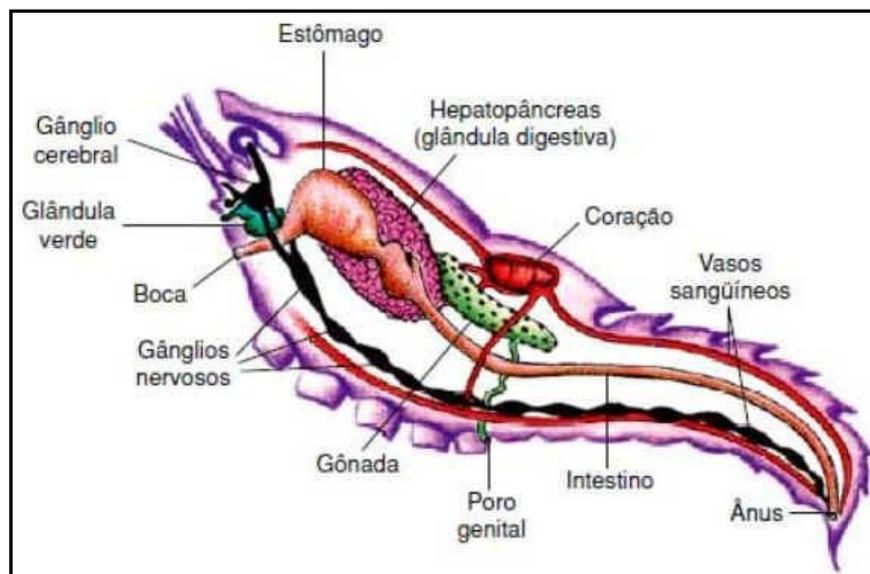


Figura 5-6. Anatomia interna de um Peanaidae. FONTE: <http://www.biocultura.net.br/crustacea/>.

Durante seu crescimento e desenvolvimento é necessário que ocorra a troca de carapaça, sendo este fenômeno influenciado pela temperatura da água e pela alimentação. Estes fatores são primordiais nas fases jovens, onde ocorre o maior período de mudas. No período de muda ocorre aos animais tornarem-se férteis e neste estágio eles ficam bastante vulneráveis ao ataque dos predadores e da própria espécie (canibalismo) (DALL *et al*, 1990; RIBEIRO, 2009).

Existem 15 gêneros encontrados na subfamília *Penaeinae*. Sendo que as espécies de maior importância econômica são do gênero *Penaeus*. Este último é subdividido em cinco gêneros: *Litopenaeus*, *Marsupenaeus*, *Farfantepenaeus*, *Fenneropenaeus* e *Melicertus* (PÉREZ-FARFANTE & KENSLEY, 1997). Os indivíduos da espécie *L. vannamei* apresentam o rostro com dentes dorsais. A carapaça é translúcida, possibilitando desta forma a visualização dos ovários das fêmeas.

O *L. vannamei* é classificado como um camarão marinho do grupo dos peneídeo pertencente à família Penaeidae. Uma de suas características que se destacam é o fato de não apresentar o segundo par de pereópodes, que nos camarões carídeos (espécies de camarão de água doce) são avantajados e espessos. Seu esqueleto externo é de origem calcária e rico em polissacarídeos como a quitina, apresenta apêndices articulados, característica típica dos artrópodes. Assim como outros representantes do subfilo dos Crustáceos, animais aquáticos com cerca de 300.000 espécies descritas, a carapaça do *L. vannamei* é rígida, sua cabeça e tórax são fundidos (Cefalotórax), apresentam apêndices birremes (com dois ramos), e dois pares de antenas. Desta forma, diferenciam-se dos demais artrópodes (Fig. 5-7). A capacidade de percepção do campo magnético, pode estar associada à alguma estrutura anatômica externa ou interna. Ordem decapoda, com 8.500 espécies registradas (BUCKUP & BOND-BUCKP, 1999).

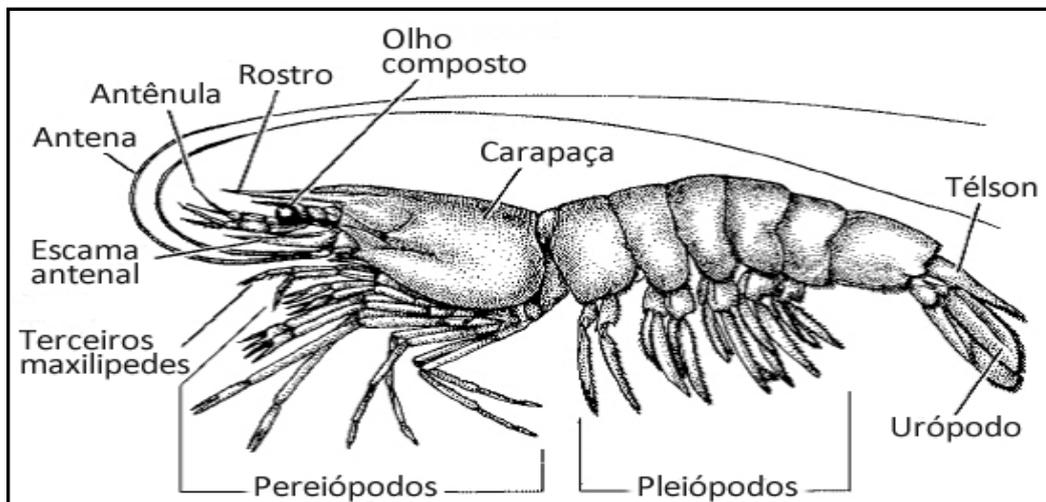


Figura 5-7. Anatomia externa do camarão peneídeo.

FONTE: <http://candidopedrosa.blogspot.com.br/2013/06/aula-de-artropodes-7-e-b.html>.

A espécie *L. Vannamei* é pertencente à subordem dendobranchiata (caracterizada por depositar os ovos diretamente na água). A grande parte das capturas de camarão no mundo é oriunda desta espécie, aproximadamente 700.000 toneladas por ano (BUCKUP & BOND-BUCKP, 1999).

O camarão marinho *Litopenaeus vannamei*, é comumente chamado de camarão-branco-do-Pacífico ou camarão-cinza, trata-se de uma espécie oriunda do Oceano Pacífico e que foi introduzida no Brasil em meados da década de 80. Hoje esta espécie é encontrada na maioria dos cultivos de carcinicultura do país (BARROSO, 2005). Sua distribuição natural abrange a costa oriental do oceano pacífico, desde a costa da Califórnia, nos Estados Unidos, até a costa de Tumbes, no Peru.

Segundo os trabalhos de PÉREZ-FARFANTE & KENSLEY, 1997 é possível classificar o *Litopenaeus vannamei* na forma:

REINO: Animalia
FILO: Crustacea (Pennant, 1777)
CLASSE: Malacostraca (Latreille, 1806)
SUBCLASSE: Eumalacostraca (Grobber, 1892)
SUPERORDEM: Eucarida (Calman, 1904)
ORDEM: Decapoda (Latreille, 1806)
SUBORDEM: Dendrobranchiata (Bate, 1888)
SUPERFAMÍLIA: Penaeoidea (Rafinesque, 1815)
FAMÍLIA: Penaeidae (Rafinesque, 1815)
SUBFAMÍLIA: Penaeinae (Dana, 1852)
GÊNERO: *penaeus* (Fabricious, 1798)
ESPÉCIE: *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)

As espécies pertencentes a esta família atuam em grupos diversificados, ocorrendo em várias regiões do planeta. Podemos encontra-las nas regiões tropicais e subtropicais dos Oceanos Atlântico, Índico, Pacífico e Mediterrâneo, regiões essas de origem tropical e subtropical, em áreas costeiras com água temperada (RIBEIRO, 2009). No Brasil, as espécies de peneídeos mais importantes são: *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967), *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1934), *F. paulensis* (Pérez-Farfante, 1967), *F. brasiliensis* (Latreille, 1817), *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) e *Artemesia longinaris* (Bate, 1888) (RIBEIRO, 2009).

O *L. vannamei* tem facilidade em se adaptar a condições adversas de clima (i.e. suporta salinidades que variam de 5 a 55 ppm) e a crescer rapidamente (RIBEIRO, 2009). A tolerância dessa espécie a uma ampla faixa de salinidade (com um controle adequado em água doce, ele se adapta satisfatoriamente) está relacionada com o ciclo de vida migratório destes animais, visto que a reprodução ocorre no oceano, sendo as larvas deslocando-se para dentro dos estuários e baías onde completam seu desenvolvimento (BARROSO, 2005).

Apesar da atividade de cultivo do *L. vannamei* se encontrar em declínio atualmente, a consequência desta atividade deixou vários organismos livres no entorno do estuário. O setor de cultivo do *L. vannamei*, se encontra desgastado por crises econômicas decorrentes do surgimento de enfermidades, atualmente se buscam espécies que sejam menos suscetíveis a doenças (RODRIGUES *et al*, 2008). Na década de 90, esta espécie ocupou rapidamente o primeiro lugar em produção, ganhando destacando-se na região Nordeste. O Nordeste foi a região com a maior produtividade de camarão no país com grande viabilidade comercial (RIBEIRO, 2009; BRASIL, 2001), inclusive, segundo a literatura, o Brasil chegou a ser uma referência no hemisfério sul devido a alta produtividade deste setor no nordeste brasileiro (ROCHA & RODRIGUES, 2004). O estudo dos efeitos do campo magnético controlado nesses animais deve ser considerado uma ferramenta potencial para contribuir com o equilíbrio ambiental.

5.5 Biologia dos Peixes

Podemos agrupar os peixes em duas grandes categorias, a dos peixes cartilagosos (Chondrichthyes) e a dos peixes ósseos (Osteichthyes).

Os Chondrichthyes abarcam os tubarões (aproximadamente 450 espécies), as raias (aproximadamente 600 espécies) e as quimeras (cerca de 30 espécies). Os representantes deste grupo são considerados, do ponto de vista evolutivo, os mais primitivos. Estes animais têm ainda como características básicas o esqueleto e o crânio cartilagosos, sem ossos verdadeiros, e por apresentarem pele resistente, cobertas de escamas tipo placóide (ORR, 1986). O habitat da maioria dos peixes cartilagosos é marinho, contudo, certas espécies de raias e tubarões ocorrem em rios e lagos. Os tubarões e raias são predominantemente predadores, muito embora algumas de suas espécies, i.e. os tubarões-baleia e a raia jamanta alimentam-se de pequenos organismos que fazem parte do plâncton (STORER & USINGER, 1991). Os peixes cartilagosos, principalmente os tubarões, possuem uma importância ecológica relevante. Como são fundamentalmente predadores, estão inclusos no topo da cadeia alimentar, geralmente tendo apenas outros tubarões como inimigos naturais. Por esta razão, os tubarões, tal como os mamíferos marinhos, são considerados como indicadores da “saúde” do meio ambiente (FOWLER, 2000). Dentre os peixes cartilagosos, registros na literatura indicam que os tubarões podem detectar mudanças no campo geomagnético. A ativação do campo artificial, gerado em laboratório, produz uma resposta imediata no condicionamento dos tubarões (MEYER *et al*, 2004).

Os peixes ósseos apresentam como característica principal a presença de nadadeiras raiadas (Actinoptérgios) e ainda formam o maior e mais diversificado grupo dentre os vertebrados atuais, estima-se que haja cerca de 20.850 espécies (POUGH *et al*, 1993). Estes animais apresentam grande biodiversidade nos mares, oceanos e águas continentais. São de incomensurável importância econômica e social em toda parte do mundo, haja vista, que constituem a fração mais significativa dos recursos pesqueiros explorados atualmente. i.e., a pesca é uma das atividades mais respeitáveis realizada na zona costeira, exercendo grande pressão e enorme influência sobre os recursos vivos, especialmente sobre os peixes ósseos (AQUASIS, 2003).

A linha lateral (Fig. 5-8) é formada por estruturas mecanorreceptoras (neuromastos), responsáveis pela detecção de movimentos da água, de sons (~500 Hz) e de campos magnéticos (POUGH, 2003). Auxilia o animal na locomoção na coluna d'água, detecção de presas e predadores e durante a corte sexual, atuando também como um método compensatório do sistema visual deficiente ou precário (POUGH, 2003), sendo considerada por alguns pesquisadores como um órgão tátil remoto (DIJKGRAAF, 1963). Sua estrutura é bastante conhecida tendo sido descrita por vários autores (FLOCK & WERSALL, 1962; FLOCK, 1965; HAMA, 1965; EKSTRÖM VON LUBITZ, 1981; HOSS & BLAXTER, 1982; BLAXTER *et al*, 1983; TATSUOKA & HAMA, 1987).

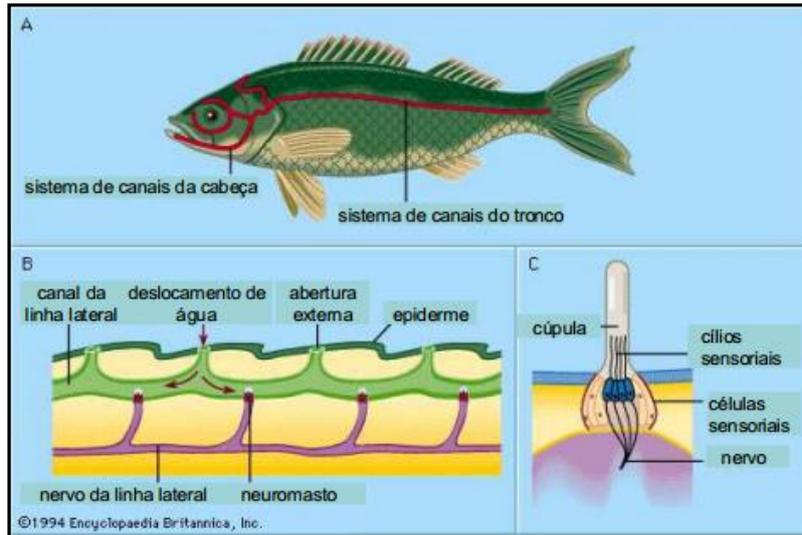


Figura 5-8. Sistema de linha lateral de um peixe. (A) sistemas de canais da cabeça e do tronco. (B) corte longitudinal de um canal e (C) neuromasto superficial. FONTE: ARAÚJO, 2011, adaptado de ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA, 2011).

Os otólitos das espécies de teleósteos fazem parte da anatomia do ouvido interno, também conhecido como labirinto membranoso. O labirinto é preenchido com endolinfa e consiste em uma parte superior compreendendo canais semicirculares dispostos ortogonalmente em uma parte inferior composto por três regiões, o utrículo, o sacúlo e a lagena (Fig. 5-9). Os canais semicirculares são inervados por ramos do nervo auditivo e apresentam ampolas que abrigam cristas sensoriais, estas respondem às acelerações angulares como as voltas do peixe. As partes inferiores do labirinto (utrículo, sacúolo e lagena) contêm cada, uma mácula sensorial coberta por uma membrana (OTO, 2011).

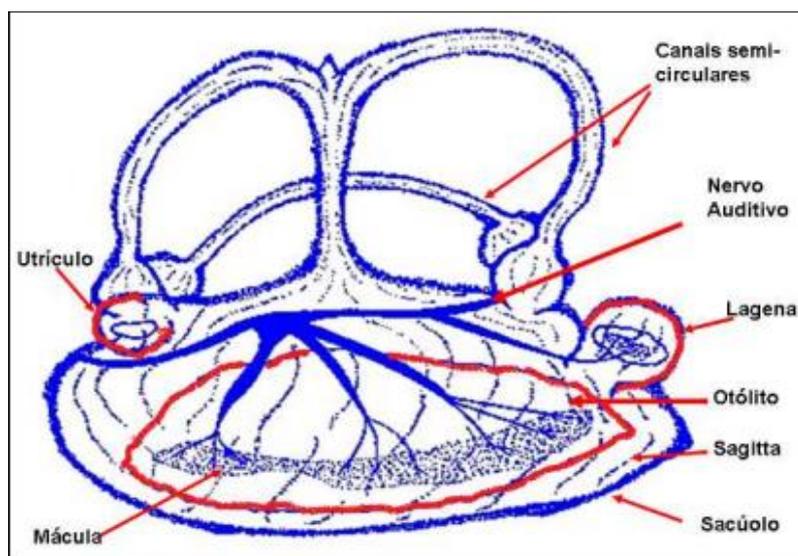


Figura 5-9. Esquema do Labirinto membranoso do Ouvido interno de teleósteo (Fonte: ARAÚJO, 2011, adaptado de OTO, 2011).

A detecção de som e do movimento da cabeça em vertebrados depende da transdução da força mecânica em sinais elétricos através das *hair cells* do ouvido interno (HUDSPETH, 1989). Os feixes capilares dessas células são estruturas especializadas na detecção de forças mecânicas (ZINE & ROMAND, 1996). Uma região sensorial denominada mácula contém os receptores *hair cells* acoplados a cristais de carbonato de cálcio (otólitos) que detectam aceleração linear e vibração do som (POPPER & FAY, 1993; NICOLSON, 2005). Caso esses receptores sejam capazes de transduzir o sinal magnético gerado pelas nanopartículas magnéticas podem conferir ao animal um eficiente e complexo mecanismo de orientação.

O sentido do olfato em vertebrados foi conservado ao longo da evolução (HILDEBRAND & SHEPHERD, 1997). Os neurônios sensoriais do sistema olfatório dos vertebrados se regeneram ao longo da vida do animal (MOULTON, 1974; GRAZIADEI & GRAZIADEI, 1980; SCHWOB, 2002) e o sistema olfatório de peixes é altamente sensível aos hormônios sexuais (HAMDANI *et al*, 2007). Estudos científicos indicam o olfato como sendo um mediador geral dos sinais químicos envolvidos em vários comportamentos de peixes teleósteos, incluindo seleção de habitat, migração, formação de casais, cuidados parentais e prevenção à predação (NOAKES & GODIN, 1988).

A morfologia dos órgãos olfativos varia entre as espécies de peixes (HARA, 1976). Em geral, apresentam duas aberturas uma para a entrada e outra para a saída da água conectadas a uma cavidade, revestida pelo epitélio olfativo, que organiza-se em uma série de lamelas, formando as rosetas olfatórias. (Fig. 5-10)

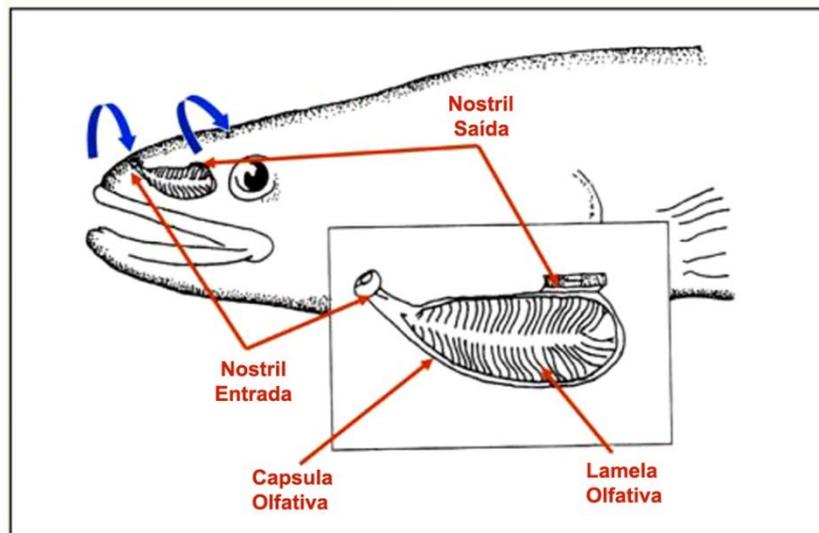


Figura 5-10 Corte transversal de uma capsula olfativa e vista das lamelas olfativas (regiões típicas de concentração de material magnético) e da entrada e saída da água. (Fonte: EVANS, 2011).

O epitélio olfativo dos peixes teleósteos, assim com em outros vertebrados, é formado por três tipos celulares: as células receptoras, células de sustentação e células basais (HARA, 1975). Conjetura-se que as células de suporte apresentem a função de auxiliar as células receptoras em sua função olfatória e as células basais sejam precursoras das células receptoras (CATANIA *et al*, 2003; NAKAMUTA *et al*, 2010). As células receptoras olfatórias são neurônios que

detectam os odores e, em peixes, são classificadas em três tipos: as células receptoras ciliadas, células receptoras com microvilosidades e as *crypt cells*, que têm função desconhecida (CATANIA *et al*, 2003; NAKAMUTA *et al*, 2010). Pesquisas envolvendo magnetismo animal em animais marinhos seriam desejáveis para verificar se as células receptoras (*crypt cells*) apresentam material magnético.

As células receptoras, que são neurônios primários bipolares sensoriais, enviam um dendrito delgado cilíndrico em direção à superfície do epitélio e estão diretamente ligadas com o bulbo olfatório pelo seu axônio. O dendrito termina em botão olfatório, que tem um número variável de cílios. As informações das células receptoras são transmitidas para o bulbo olfatório, onde os sinais são processados e integrados (ARAÚJO, 2011) (Fig. 5-11). Como o bulbo olfatório poderia interpretar os sinais magnéticos do campo geomagnético num ambiente marinho? Como funcionam as estruturas biológicas envolvidas na magnetorecepção? São questões ainda pouco compreendidas no magnetismo biológico e na oceanografia.

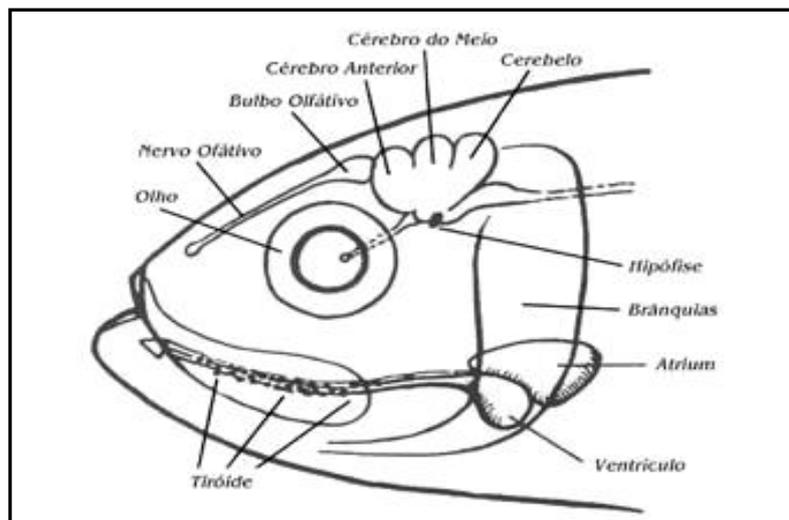


Figura 5-11. Esquema demonstrando a localização do nervo olfatório e bulbo olfatório em peixes. (Fonte: GAM, 2011).

5.6 Relações do campo geomagnético com os seres vivos

Muitos organismos são capazes de perceberem variações e diferentes componentes do campo magnético e de utilizarem um ou mais receptores magnético para distintas finalidades fisiológicas (PHILLIPS, 1986; WALKER & BITTERMAN, 1989; BEASON, 2005; WILTSCHKO & WILTSCHKO, 2006), como os peixes.

No mundo vivo a interação com o campo geomagnético tem conferido capacidade de orientação e navegação. O ambiente marinho requer certamente, algum sistema físico referencial de orientação, dado a sua tridimensionalidade. Organismos de quaisquer espécies competem intensamente pela sobrevivência nestes ambientes aquáticos. Os que sobrevivem dão origem a próxima geração, que por sua vez tende a incorporar variações naturais favoráveis, por mais

simples que possam aparentar, e estas variações passam de forma hereditária à prole. Toda a variedade selecionada tenderá a propagar sua nova e modificada forma. Logo, cada geração melhorará sua adaptabilidade com relação às gerações precedentes, e este processo gradual e contínuo é a causa da evolução das espécies (DARWIN, 1859). Das minúsculas criaturas marinhas aos seres humanos, genes iguais são responsáveis pela estruturação do corpo revelando a trajetória evolutiva dos primórdios elementares às formas mais intrincadas (SHUBIN, 2008). Dentro da relação entre o campo geomagnético e os seres vivos, esta estruturação pode assumir formas que vão desde o simples arranjo da magnetita biogênica no magnetossoma de uma bactéria aos complexos arranjos do sistema de percepção magnética de um vertebrado marinho. A percepção de sinais do meio ambiente pelos organismos tem conduzido ao desenvolvimento de diferentes mecanismos adjudicados pela sobrevivência das espécies ao longo do tempo, como a orientação e a navegação, contribuindo dessa forma para o processo de adaptação ao meio pela seleção natural (SKILES, 1985). A variabilidade genética, i.e. revelada na capacidade de percepção do campo magnético (com ou sem uso de nanopartículas magnéticas), pode ser de algum modo proveitoso para as espécies que habitam os ecossistemas marinhos, sob as complexas e às vezes instáveis condições da vida. Este fato pode garantir uma maior probabilidade de sobrevivência e consequentemente do organismo ser naturalmente selecionado.

Espécies de animais envolvendo testudíneos marinhos, aves, peixes, mamíferos, anfíbios, insetos, moluscos e crustáceos apresentam sensibilidade comprovada ao campo geomagnético (WILTSCHKO & WILTSCHKO, 1995). É comprovado que os sinais ambientais, entre eles o campo magnético auxiliam na orientação migratória de muitas espécies (ABLE, 1980), e este tipo de estudo no ambiente marinho é de grande contribuição para as ciências oceanográficas, uma vez que abre um leque de oportunidades de pesquisa neste campo.

Conforme foi comentado, boa parte dos animais é sensível ao campo magnético. E inúmeros são os exemplos, referentes às modalidades de percepção, que este fenômeno físico-biológico pode assumir. A maioria dos pássaros habitantes das zonas temperadas é migratória. Grande parte desses animais percebe a duração dos dias, o que os ajuda a reconhecer o período do ano, e a um profuso grupo de sinais, sejam astronômicos ou físicos, auxiliando desta forma na escolha das direções nos processos migratórios. Outras aves apresentam a capacidade de perceber diferentes direções e localizações quando afastados do seu local de origem. Estas aves pertencentes à ordem columbiformes, são representadas pelos pombos-correios. Inclusive certos artrópodes, como os insetos apídeos (abelhas), num comportamento semelhante às aves mencionadas, se reorientam mesmo quando não identificam o deslocamento percorrido a partir dos seus abrigos (WILTSCHKO & WILTSCHKO, 1995).

De acordo com estudos recentes, a interação entre várias espécies animais com o campo magnético terrestre é indicativa de um importante fator de adaptação (KIRSCHVINK *et al*, 1985). A interação entre o campo geomagnético e o ser vivo é mais perceptível no caso de uma profusa quantidade de seres microscópicos encontrados em sedimentos do leito de rios, lagos e lagoas. Nestes casos, o mecanismo que rege a interação é conhecido e pode ser explicado através da interação entre o momento magnético do organismo e o campo externo. De fato, várias bactérias são capazes de biomineralizar pequenos cristais de óxido magnético de ferro (magnetita, Fe_3O_4) ou sulfeto magnético de ferro (greigita, Fe_3S_4) (MARGATO *et al*, 2007). A detecção dos cristais

magnéticos nas estruturas vivas representa um importante marco na compreensão do complexo sistema de percepção magnética. Os mesmos se encontram distribuídos em complexas organizações no conteúdo celular (BLAKEMORE, 1975; FRANKEL & BLAKEMORE, 1980; KEIM *et al*, 2004).

O processo de biomineralização ainda é pouco conhecido, todavia, sabe-se que é possível explicar o movimento e o comportamento diferenciado de alguns microrganismos quando expostos a um campo magnético. Este comportamento é fundamentalmente descrito quando ocorre interação do dipolo magnético celular com o campo magnético externo. O referido comportamento recebe o nome de magnetotaxia e já foi detectado em inúmeras espécies de bactérias (coccus, bastonetes, espirilo, dentre outras) achadas em diversos locais (MARGATO *et al*, 2007).

A magnetotaxia é um fenômeno eficiente apenas na escala microscópica. Estudos realizados em microscopia eletrônica evidenciaram que as partículas magnéticas biomineralizadas apresentam excelente homogeneidade e pureza. Existe uma assinatura biológica dos cristais magnéticos que os caracterizam tais como: sua forma de cristalização, seu tamanho e outras especificidades morfológicas (MARGATO *et al*, 2007).

Dentre os artrópodes, algumas classes nos fornecem base teórica para compreensão dos fenômenos magnéticos em grupos zoológicos como os dos crustáceos. A classe dos insetos nos fornece dados interessantes acerca da interação entre o campo magnético e os artrópodes. Neste ensejo, merece destaque as borboletas monarcas que migram milhares de quilômetros desde a região leste dos Estados Unidos até o México, onde permanecem no inverno. Neste caso, não há repetição da viagem por nenhum indivíduo por causa do seu tempo de vida (WILTSCHKO & WILTSCHKO, 1995).

Outros insetos como as formigas utilizam um complexo sistema de orientação magnética para a busca de alimento, regresso ao formigueiro e mesmo para fazer migrações. Estes animais apresentam em comum a capacidade de deixar o formigueiro, explorando a área com trajetórias aleatórias até o momento em que encontram o alimento, quando retornam ao formigueiro seguindo um caminho em linha reta sem trajetórias randômicas HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). Várias pesquisas demonstram que estes animais utilizam inúmeros mecanismos de percepção, dentre eles, o campo geomagnético (ÇAMLITEPE & STRADLING, 1995; ANDERSON & VANDER MEER, 1993; ROSENGREN & FORTELIUS, 1986). Outros estudos focam o mecanismo de orientação, como a magnética, em insetos sociais (JANDER & JANDER, 1998).

Em artrópodes da classe dos insetos, como a formiga *Solenopsis interrupta* foi encontrado material magnético organizado (na cabeça com antenas), sendo esta a primeira evidência de presença de material magnético biomineralizado em uma parte do corpo na qual não se encontra material magnético ingerido (ABRAÇADO, 2006). Outros artrópodes como o crustáceo Anphipoda *Talorchestia martensii* apresentam um mecanismo de detecção do campo geomagnético (UNGOLINI, 2006)

Em relação a outros animais marinhos, estudos envolvendo magnetismo são respaldados em diversos modelos de percepção magnética, mediada por receptores biológicos peculiares. Vários modelos nos quais tais receptores podem interceder na informação magnética têm sido sugeridos (THALAU *et al*, 2007). O modelo da transdução ferromagnética, fundamentado na presença de nanopartículas magnéticas, representa o modelo de magnetorecepção aceito atualmente (ACOSTA-AVALOS *et al*, 2000). O referido sistema funcionaria como um magnetômetro biológico detectando a intensidade magnética local (THALAU *et al.*, 2007).

5.7 Efeitos dos campos magnéticos nos crustáceos peneídeos e peixes.

Além da questão migratória, vários estudos revelaram habilidades de animais (vacas, cachorros, veados, etc.) em alinhar seu eixo de simetria bilateral ao eixo norte-sul. Esse tipo de orientação magnética é chamada de alinhamento magnético e pode também ocorrer com *L. vannamei* (GONÇALVES, 2009). Não há registros na literatura de estudos aprofundados envolvendo alinhamento magnético do *L. Vannamei*.

Tendo em vista que o ambiente marinho é um ambiente tridimensional e em sua maior parte desprovido de luminosidade (região afótica), seria bastante útil para os organismos que aí habitam, poder contar com um mecanismo unidirecional de orientação

A rotina metabólica de juvenis de *P. esculentus* foi estimada através da medição do consumo de oxigênio, neste caso, foi constatado que estes camarões permanecem inativos durante o dia, quando há pequenas flutuações no consumo. À noite, tornam-se mais ativos, através da natação, triplicando o consumo de oxigênio (DALL, 1986). Também foi observado que o padrão de atividade locomotora do camarão marinho *Palaemon serratus* (Pennant, 1777) apresenta ritmicidade de período circadiano, com atividade máxima noturna (GUERAO & RIBERA, 1996). Vimos nos nossos resultados que alguns grupos de camarões podem reduzir o seu metabolismo quando expostos ao campo magnético. É possível que a rotina metabólica ou atividade locomotora de alguns crustáceos receba alguma influencia do campo magnético terrestre somado aos efeitos do ritmo circadiano.

Pesquisas, relativamente recentes, sobre os ritmos metabólicos em crustáceos foram em grande parte desenvolvidos com microcrustáceos (PONTES, 2006). Foi investigado o ritmo de atividades dos isópodos *Excirrolana armata* Dana, 1852 e *Excirrolana braziliensis* Richardson, 1912 com relação ao nível do mar durante o ciclo da maré (YANNICELLI *et al*, 2001). Outras pesquisas se referem à migração vertical diária e ritmo de natação em ostracodas (MACQUART-MOULIN, 1999) Ou à análise dos padrões sazonais de distribuição horizontal e vertical do anfípoda *Trinorchestia trinitatis* (TSUBOKURA *et al*, 1997). Estas pesquisas embora não relatem o efeito do campo magnético nestes crustáceos nos dá margem para futuras investigações deste fenômeno.

Os peixes podem utilizar a visão para orientação, entretanto, algumas estruturas sensoriais, nas maiorias bem desenvolvidas, são igualmente requeridas, tais como, o sistema da linha lateral (responsável pela percepção de ondas de baixa frequência) e os eletrorreceptores. (POUGH, 1993).

Quando o campo magnético interage com os organismos vivos, são verificados alguns efeitos eletroquímicos em níveis celulares, com diferentes manifestações bioquímicas. Uma das hipóteses mais relevantes é de que estes efeitos são consequências do mecanismo da transdução magnetosensorial (SONNIER & MARINO, 2001).

Dentre os peixes cartilagosos, algumas espécies são equipadas com eletroceptores ao longo de seus corpos. Estas estruturas sensoriais possuem grande sensibilidade às variações do campo magnético (WALKER, 1984a).

Elasmobrânquios como os tubarões e os peixes elétricos, são capazes de detectar o campo geomagnético por indução magnética. Este fenômeno está relacionado ao surgimento de correntes elétricas induzidas num circuito elétrico quando este se movimenta num campo magnético. Neste caso, as cargas elétricas livres do circuito em movimento sentem uma força devido à presença de campos magnéticos. Esta força, chamada de força de Lorentz, produz o movimento das cargas ao longo do circuito, criando assim uma corrente elétrica. É necessária a presença de um circuito elétrico que inclua o animal e o ambiente para que seja possível a detecção do campo geomagnético pela indução magnética (ACOSTA AVALOS, 2012). E não é apenas este fator que influencia tal detecção, o meio ambiente deve ser um bom condutor.

Os vertebrados evoluíram seus receptores eletrosensoriais que detectam estímulos elétricos na superfície da pele e transmitem-os para o cérebro. Nos elasmobrânquios, o sistema de eletrosensorial é composto de uma rede cefálica de órgãos ampulares, conhecidos como ampolas de Lorenzini, que podem detectar campos elétricos extremamente fracos durante a caça e a navegação. Cada ampola consiste em um poço epidérmico preenchido com gel contendo células sensoriais ciliadas e conexões sinápticas com neurônios aferentes na base do poço, facilitando a detecção de gradientes de tensão sobre grandes regiões do corpo (FREITAS *et al*, 2006). Os mecanismos que determinam este arranjo espacial na cabeça dos tubarões e sua relação com o campo magnético são poucos compreendidos.

As ampolas de Lorenzini, geradoras de campos elétricos que circundam os tubarões, podem detectar em obediência à lei de Faraday, pequenas variações no campo magnético ambiental. Desta forma, o movimento de um peixe com sensibilidade elétrica num campo magnético induz uma corrente elétrica que pode ser percebida pelo peixe (ACOSTA-AVALOS, 2006)

A água salgada é facilmente ionizável, por isso, é uma boa condutora de eletricidade, logo, este mecanismo funciona apenas com peixes e não com animais que habitam e dependem diretamente da terra ou do ar. Vale ainda ressaltar que as correntes elétricas induzidas são de baixa intensidade, pois o campo geomagnético é fraquíssimo, é indispensável que o peixe tenha algum órgão específico que detecte campos elétricos imperceptíveis. Assim sendo, apenas aqueles peixes portadores de ampola de Lorenzini (Fig. 5-9) ou estrutura semelhante, serão capazes de detectar o campo geomagnético por intermédio da indução magnética (ACOSTA AVALOS, 2012).

Em se tratando de peixes osteíctes, alguns testes realizados em laboratório com salmões na década de 80 objetivaram verificar respostas aos estímulos magnéticos nestes organismos, tais respostas foram então comprovadas. Foi observado neste experimento que, quando a posição do campo magnético era alterada nos aquários os animais mudavam de direção (QUINN & BRANNON, 1982). Este estudo permitiu concluir que o fator abiótico geomagnetismo, poderia se expressar através de respostas fisiológicas em alguns peixes.

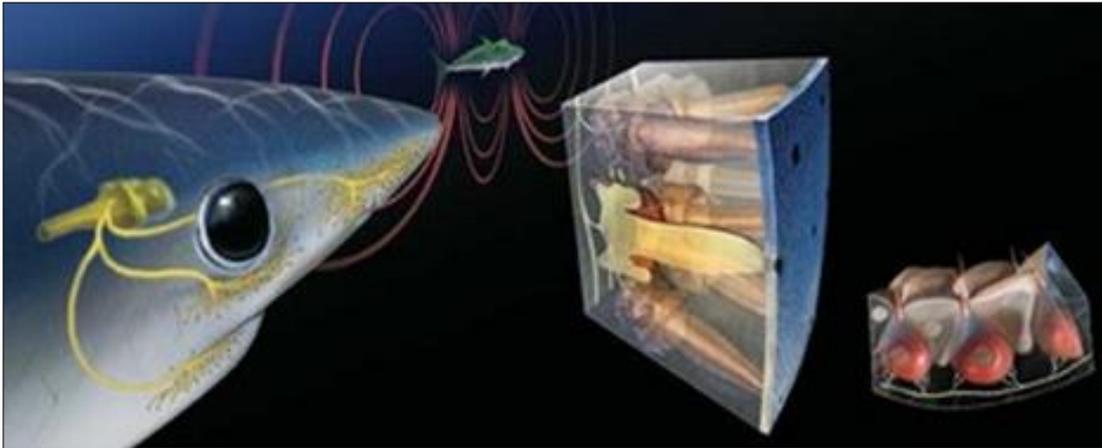


Figura 5-12. Detalhe da Ampola de Lorenzini. FONTE: <http://www.biologo.com.br/tubarao>.

Thunnus albacares, um peixe pertencente ao grupo dos osteíctes é capaz de perceber de forma direta pequenas variações na intensidade do campo geomagnético (WALKER, 1984a e 1984b).

Estudos envolvendo medidas de magnetização com o auxílio de um SQUID (*Superconducting Quantum Interference Device*) verificaram a presença de material magnético associado com a linha lateral do salmão *Salmo solar* (MOORE *et al.*, 1990). Nesta pesquisa, as partículas magnéticas foram isoladas da linha lateral e do tecido nervoso, sugerido uma origem gênica da magnetita condizente com o mecanismo de magnetorecepção. É possível que este material magnético desempenhe importante função na orientação dos salmões durante sua fase migratória (MOORE *et al.*, 1990).

Outros estudos com salmonídeos, i.e, a espécie *Oncorhynchus mykiss* e *Oncorhynchus nerka*, encontraram ramificações delgadas nos neurônios do nervo trigeminal, próximas às células magnetoreceptoras das narinas do animal. (WALKER *et al.*, 1997).

As respostas eletrofisiológicas e comportamentais em truta e salmões, quando expostos à campos magnéticos artificiais, indicam a presença de material magnético biogênico e cristalino, que neste caso se encontra também em uma camada discreta de células nas lamelas olfatórias desses animais. Este exemplo sugere que outros vertebrados podem detectar o campo magnético (WALKER & GREEN, 2000). É extremamente complexa a distribuição do material magnético nas estruturas anatômicas dos peixes marinhos. As partículas magnéticas integradas à linha lateral do *Salmo solar* reforçam o mecanismo das migrações em inúmeras espécies (MOORE *et al.*, 1990).

5.8 Orientação magnética nos seres vivos: Magnetotaxia, Magnetorecepção e o Alinhamento magnético.

Durante a década de 1950, os pesquisadores começaram a estudar a influência do campo geomagnético nos seres vivos, assim como os mecanismos de orientação magnética (BROWN *et al*, 1950; BECKER, 1965). Uma série de organismos é influenciada pelo campo geomagnético, i.e. Mamíferos marinhos, como os grandes cetáceos (WALKER *et al*, 1992), insetos como as formigas (BANKS & SRYGLEY, 2003); abelhas (SCHIFF, 1991); cupins (JACKLYN, 1992); aves como os pombos-correios (LEASK, 1977); lagostas (crustáceos) (BOLES & LOHMANN, 2003); moluscos gastrópodes *Tritonia diomedea* (ABRAÇADO, 2012), dentre outros. Em vários desses animais, foi encontrado material magnético produzido pelo próprio organismo (WILTSCHKO & WILTSCHKO, 1995).

Podemos classificar a orientação magnética nos seres vivos como ativa ou passiva. Como exemplo de orientação magnética passiva tem a magnetotaxia, que ocorre em organismos sem sistema nervoso, constituindo uma resposta direta ao estímulo de um campo magnético. O primeiro registro desta influência, foi constatada em bactérias magnetotáticas em 1975 (BLAKEMORE, 1975). Estas bactérias apresentam uma ou mais cadeias de partículas de magnetita (tipo de óxido de ferro) ou de sulfeto de ferro magnético (FARINA, *et al*, 1990 B) sendo o seu funcionamento análogo à uma agulha de bússola (Fig. 5-10).

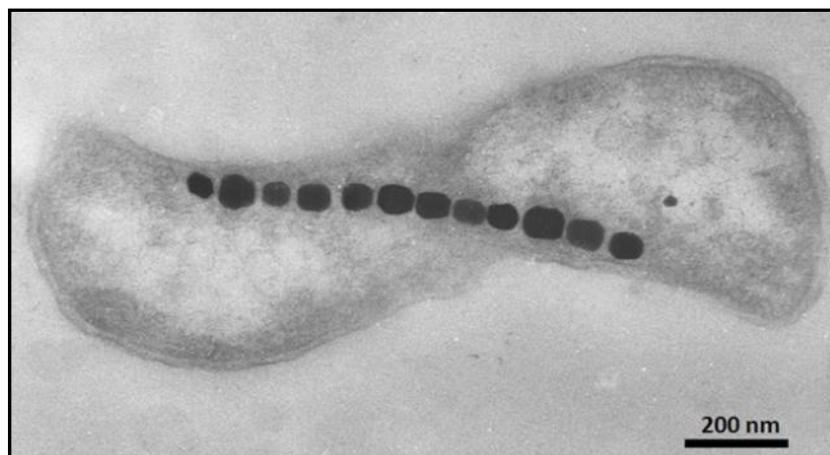


Figura 5-13. Bactéria magnetotática e seus cristais magnéticos (nanopartículas de magnetita). Fonte: (CHEN *et al*, 2012).

A magnetorecepção é o mecanismo de orientação ativa que ocorre em animais que possuem sistema nervoso. Magnetorecepção é um mecanismo de orientação bastante complexo, envolvendo um magnetoreceptor ligado ao sistema nervoso com amplificação de sinal (ABRAÇADO, 2012).

5.8.1 Magnetotaxia

Nos seres microscópicos magnetotáticos de vida aquática ocorre uma interação magnética com o campo geomagnético local. Neste caso, eles se orientam à linha de campo e deslocam-se, em virtude da ação de flagelos, de forma a percorrer trajetórias paralelas às linhas de campo. Microrganismos como algas, bactérias, multicelulares procariontes, utilizam eficientemente o mecanismo da magnetotaxia para executar seu deslocamento e orientação (MARGATO *et al*, 2007).

A descrição da magnetotaxia foi realizada pela primeira vez no ano de 1963 por um italiano chamado Salvatore Bellini da Universidade de Pádua, onde ele comparou a célula bacteriana como uma bússola magnética (BELLINI, 1963). Em 1975 a magnetotaxia foi redescoberta Richard Blakemore, da Universidade de New Hampshire nos Estados Unidos (BLAKEMORE, 1975).

A magnetotaxia garante que o microrganismo alcance rapidamente a área mais longínqua do oxigênio molecular e mais próxima da área de alta concentração de nutrientes. Este fenômeno físico-biológico ocorre naturalmente contanto que o campo externo tenha o sentido adequado (Fig. 5-11). Os microrganismos magnéticos estão intimamente adaptados à inclinação campo magnético terrestre, de maneira que bactérias que vivem no hemisfério sul magnético não sobrevivem no hemisfério norte magnético e vice-versa (FARINA *et al*, 1990A). Em outras modalidades de taxia como a fototaxia ou quimiotaxia, dentre outras o ser vivo precisa comparar as características do meio em pontos diferentes e, por tentativa, atingir locais mais ricos em nutrientes, mais iluminados ou mais escassos de substâncias tóxicas (MARGATO *et al*, 2007).

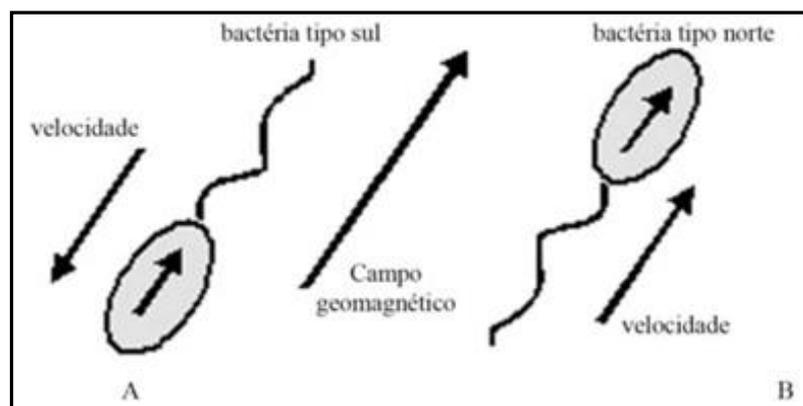


Figura 5-14. Orientação do momento magnético celular em relação à velocidade para os microrganismos magnetotáticos. Fonte: (MARGATO *et al*, 2007).

Alguns estudos envolvendo uma espécie de organismo multicelular procarionte, onde são evidenciados a capacidade de utilização do campo geomagnético como mecanismo adaptativo (KEIM *et al*, 2004; FARINA *et al*, 1983)., merecem destaque. O *Candidatus Magnetoglobus multicellularis* (Fig. 5-12), constitui o primeiro exemplo de organismo multicelular procarionte (ABREU *et al*, 2007). O *C. Magnetoglobus* é um organismo multicelular, em que cada célula

constituente é uma bactéria magnetotática. Há registros de que a desagregação deste organismo provoca a morte das células individualmente (ACOSTA-AVALOS *et al*, 2012). Foi encontrado primeiramente na Lagoa Rodrigo de Freitas, RJ e, depois, em amostras coletadas no Brasil, nos Estados Unidos, Alemanha, etc. (LINS DE BARROS & ESQUIVEL, 1985; MANN *et al*, 1990).

A magnetorecepção é um mecanismo mais sofisticado que envolve a detecção do campo por um sensor biológico, a transdução do sinal para células nervosas onde é conduzido até o cérebro. Em suma, é uma capacidade sensorial para perceber sinais magnéticos, transduzi-los e transferi-los para o sistema nervoso para processamento e interpretação (WAJNBERG *et al*, 2010).

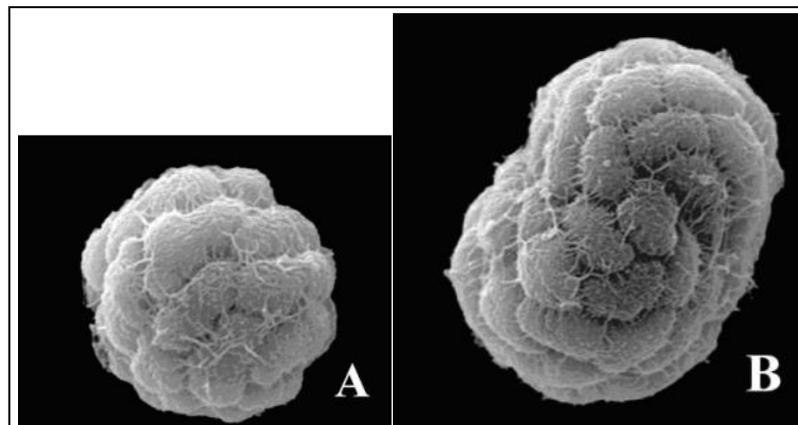


Figura 5-15. Imagens do *M. multicellularis* obtidas em um microscópio eletrônico de varredura (A) e durante seu ciclo de vida, onde o volume de suas células aumenta alterando sua forma (B) e posteriormente sofrendo divisão e originando dois novos organismos.

FONTE: <http://portal.cbpf.br/index.php?page=Noticias.VerNoticia&id=72>

5.9.2 Magnetorecepção

Poucas são as hipóteses ou modelos específicos que tentam explicar este mecanismo, mesmo assim, apenas para alguns tipos de animais (SHCHERBAKOV & WINKLHOFER, 1999). Como exemplo de algumas hipóteses acerca da magnetorecepção, temos uma baseada na lei de Faraday de indução magnética. Neste caso se conjectura que o ser vivo detecta uma diferença de potencial elétrico baixo que é gerado na superfície do seu corpo ou nas fibras nervosas em virtude de seu movimento através do campo magnético terrestre. O crescimento linear deste potencial seria proporcional ao campo e a velocidade do animal. Outras hipóteses se referem vibrações de íons cálcio em cadeias polipeptídicas causadas pelo campo geomagnético, afetando diretamente os terminais nervosos bioquímicos dos animais. Algumas reações químicas nos organismos podem ser impulsionadas, como os radicais livres reagindo em função do campo magnético (VACHÁ, 1997).

Uma hipótese bastante referenciada é a ferromagnética, modelo de magnetorecepção mais aceito na atualidade, baseada na presença de partículas magnéticas como sensores de campo magnético. Esta hipótese é respaldada pela descoberta de magnetita em diversas espécies de organismos desde artrópodes da classe dos insetos (GOULD *et al*, 1980; ESQUIVEL *et al*, 1999) até vertebrados como os seres humanos (KIRSCHVINK *et al*, 1992).

5.8.2.1 Magnetorecepção nos artrópodes: Ênfase na classe crustácea

Em relação ao estudo da magnetorecepção dentro do filo dos artrópodes, a classe dos insetos sociais apresentam dados interessantes. Por exemplo, a descoberta de nanopartículas magnéticas em abelhas (*Apis mellifera*) permitiu relacionar tais partículas com a detecção de campos magnéticos (GOULD *et al*, 1980). Em pesquisas posteriores, partículas superparamagnéticas e monodomínios de magnetita foram encontrados no abdômen desta espécie de inseto. A partir desta descoberta, cientistas propuseram um modelo científico para magnetorecepção destes animais. O modelo é respaldado pela descoberta de partículas superparamagnéticas nos pelos sensoriais da região antero-dorsal do abdômen. Estas partículas cobrem a ponta de um dendrito (célula nervosa) (SCHIFF, 1991).

As implicações deste complexo e eficiente mecanismo na biologia comportamental destes artrópodes se refletem na sua capacidade de orientação, podemos citar vários exemplos. A orientação da formiga *Formica rufa* é baseada na resposta magnética tipo bússola. (ÇAMLITEPE & STRADLING, 1995) Um comportamento semelhante foi registrado numa espécie de mesma ordem, a *Oecophylla smaragdina* (JANDER & JANDER, 1998). As formigas da espécie *Solenopsis invicta*, alteram o tempo de formação da trilha, na busca de alimento, quando se imprime um campo resultante oposto ou reverso (mas de mesma intensidade) ao campo geomagnético (normal) (ANDERSON & VANDER MEER, 1993). A espécie *Atta colombica*, mesmo na ausência de luz, responde a reversão do campo magnético (BANKS & SRYGLEY, 2003). A *Pachycondyla marginata*, uma formiga de hábitos migratórios, possivelmente usa a informação do campo geomagnético na escolha da direção das rotas preferenciais de migração (13° Norte) (ACOSTA-AVALOS *et al*, 1999).

A detecção de material magnético em alguns insetos, como por exemplo as formigas *Solenopsis sp* (ESQUIVEL *et al*, 1999), *Pachycondyla marginata* (WAINBERG *et al*, 2000) e *Solenopsis substituta* (ABRAÇADO *et al*, 2005) as abelhas *Apis mellifera* (EL-JAICK *et al*, 2001) e a *Schwarziana quadripunctata* (LUCANO *et al*, 2006), o térmita *Neocapritermes opacus* (ALVES *et al*, 2004), *etc.*, nos sugere a possibilidade de encontrarmos, através de testes controlados, uma provável resposta magnética em outros artrópodes, como aqueles pertencentes a classe crustácea. De fato, assim como na classe insecta, em estudos com crustáceos pertencentes à Ordem Anphipoda, como a *Talorchestia martensii*, também foi constatada a capacidade de detecção do campo magnético (UNGOLINI, 2006).

Investigações científicas em alguns representantes do grupo dos peneídeos, revelaram a presença de material magnético, i.e, o camarão *Penaeus aztecus* (KIRSCHVINK *et al*, 1985), a lagosta, *Panulirus argus*, (Fig. 5-13) (LOHMANN, 1984).

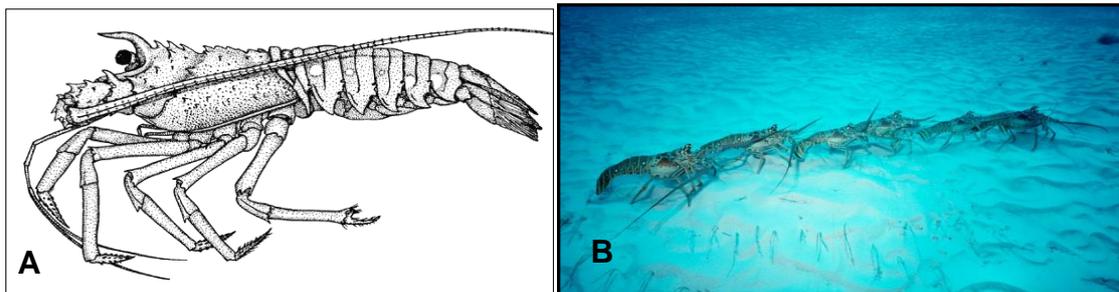


Figura 5-16. A lagosta *Panulirus argus* (A) e sua migração dos recifes para áreas profundas (B). FONTE: Center for Coastal Monitoring and assessment: Science Serving Coastal Communities - <http://ccma.nos.noaa.gov> and Caribbean Mark Conlin/Norbet Wu Productions, www.norbertwu.com. 2014.

Respostas de orientação magnética em peneideos são igualmente registradas na literatura, verificadas na espécie *Panulirus argus* (LOHMANN, 1985; LOHMANN *et al*, 1995; BOLES & LOHMANN, 2003), assim como para o camarão *Penaeus aztecus* (KIRSCHVINK *et al*, 1985). O *Penaeus aztecus* migratório apresenta larvas planctônicas e estágios pós-larval que vivem em estuários e baías. Esses animais, para realizar o seu ciclo de vida, nadam longas distâncias no golfo do México e Oceano Atlântico e durante a noite ficam em atividade cavando o sedimento de fundo (KIRSCHVINK *et al*, 1985).

Estudos de comportamento de alinhamento magnético, um comportamento simples de certos animais em orientar seus corpos nas linhas de campo magnético, foram realizados com grupos aleatórios de camarões *L. vannamei*, obtendo-se resposta direcional passiva (GONÇALVES, 2009).

5.8.2.2 Magnetorecepção nos vertebrados: peixes marinhos

Como vimos em alguns artrópodes, partículas superparamagnéticas de magnetita oferecem momento magnético satisfatório para detectar discretas mudanças de campo geomagnético, podendo, desta forma, conduzir esta informação ao sistema nervoso utilizando receptores mecânicos secundários. Ajuntados destas partículas magnéticas revestidas por uma membrana biológica (chamadas vesículas de ferro) foram sugeridos como um possível magnetoreceptor em animais. Neste modelo o campo geomagnético gera uma deformação na forma da vesícula de ferro, de forma que a medida da pressão osmótica fora das vesículas de ferro ofereceria uma medida indireta da variação deste campo (SHCHERBAKOV & WINKLHOFER, 1999).

Em alguns casos a magnetorecepção pode estar integrada à fotorecepção, este fato foi verificado em alguns animais vertebrados, como pássaros (WILTSCHKO *et al*, 2002) e salamandras (PHILIPS & BORLAND, 1992). Testes com pássaros migratórios noturnos da espécie *Erithacus rubecula*, mostraram que a magnetorecepção desses animais para orientação tipo bússola, é

fortemente lateralizada, com um domínio do olho direito, hemisfério esquerdo do cérebro. Neste experimento os animais foram testados sob luz verde e azul, no campo geomagnético local e constatou-se que eles orientaram-se na direção migratória apropriada quando utilizando apenas o olho direito, todavia falharam em encontrar uma direção preferencial quando utilizando o olho esquerdo (WILTSCHKO *et al*, 2002).

Experimentos com anfíbios (salamandras) mostraram que a orientação tipo bússola é influenciada pela luz (PHILIPS & BORLAND, 1992). Embora possa existir uma relação direta do campo geomagnético com a luz, o mecanismo de magnetorecepção está mais vinculado às hipóteses da orientação baseada no par de radicais livres e a ferromagnética (WILTSCHKO & WILTSCHKO, 2005).

Estudos com peixes, pertencentes aos grupos das trutas, comprovaram a presença de partículas de magnetita monodomínio nos seus sistemas olfatórios lamelares, sugerindo que a magnetita pode ser a base para um mecanismo magnetoreceptor geral em vertebrados (DIEBEL, *et al*, 2000). Representantes da família Salmonidae apresentam preferências direcionais pela percepção do campo geomagnético, o que confere a este grupo um sistema magnetosensorial semelhante a dos demais vertebrados (QUINN *et al*, 2005).

De uma forma geral, o estudo dos mecanismos de orientação pelo campo geomagnético (magnetorecepção) e do comportamento de alinhamento magnético ou magnetotaxia, são recentes e poucos conhecidos nos animais (LOHMANN & JOHNSEN, 2000). No Brasil as linhas de pesquisas se concentram no estudo do magnetismo em insetos sociais e em bactérias magnéticas (CBPF) e com tartarugas, peixes e crustáceos peneídeos (UFPE). Mais pesquisas são desejáveis e necessárias para uma melhor compreensão deste complexo mecanismo evolutivo.

5.8.3 O Alinhamento magnético nos animais

O alinhamento magnético é uma das respostas direcionais mais simples ao campo geomagnético. Esse mecanismo não representa uma orientação complexa tipo bússola magnética ou uma orientação que coincide necessariamente com as direções cardeais magnéticas, mas uma resposta espontânea de direção orientada. No alinhamento magnético os animais tendem a alinhar o eixo de simetria bilateral de seus corpos ao longo ou perpendicularmente às linhas de campo magnético (BEGALL *et al*, 2013).

Estudos de alinhamento magnético têm sido verificados em diversos animais, dentre eles, insetos, anfíbios, peixes e mamíferos. Este comportamento pode se manifestar nos animais durante o descanso, bem como em movimento (por exemplo, enquanto pastoreio, caça, alimentação, etc.).

Uma miríade de grupos taxonômicos podem perceber o campo magnético e ter controle de seu comportamento espacial e temporal. Platelminotos, moluscos gastrópodes, vertebrados em geral, insetos e crustáceos detêm essa capacidade de percepção (WILTSCHKO & WILTSCHKO, 1995).

A capacidade de percepção do campo magnético na orientação e navegação dos animais é evidente e tem sido examinada em alguns estudos (GOULD, 2008). No camarão Peneídeo *Litopenaeus vannamei*, foi verificado o alinhamento dos seus corpos (eixo simétrico longitudinal) paralelos às linhas de fluxo do campo magnético, reproduzido em laboratório (GONÇALVES, 2009). A adoção de uma determinada posição ou orientação direcional, resultado de uma percepção magnética, deve ter algum motivo fisiológico. O fato de economizar energia, permanecendo numa determinada posição, pode trazer grandes vantagens para o animal. Talvez o mecanismo evolutivo tenha retrabalhado este comportamento de orientação, no sentido de se obter um melhor aproveitamento do campo magnético nos seus mecanismos fisiológicos.

Capítulo 6

APRESENTAÇÃO DA TESE

Este trabalho trata da influencia do campo magnético no comportamento do camarão *Litopenaeus vannamei* (machos e fêmeas e indivíduos de diferentes fases do ciclo ontogenético); e da influencia sobre os níveis de captura com covos de peixes e crustáceos que ocorrem nos ambientes recifais do litoral sul de Pernambuco. Busca também investigar a possível presença de material magnético em tecidos de *Haemulon aurolineatum* (Xira branca) uma espécie de peixe recifal formadora de cardume e cujas capturas em armadilhas com magneto foi numericamente elevada.

Uma introdução geral ao tema central focado no presente trabalho é oferecida no Capítulo 1. No Capítulo 2 apresenta-se as justificativas para os testes, experimentos e análise realizadas.

Os objetivos gerais e específicos do oresente trabalhos acham-se indicados no Capítulo 3 e as hipóteses de trabalho indicadas no Capítulo 4.

O Capítulo 5, representa uma revisão e estado da arte para os principais temas enfocados no estudo e que nortearam a discussão dos resultados obtidos.

Quando considerado a miríade de formas assumidas pelas espécies de animais, principalmente os marinhos, divaga-se acerca de suas mutuas afinidades, sua interação com o mundo físico (pH, salinidade, temperatura, distribuição de nutrientes, nível de oxigênio, dentre outros fatores), distribuição geográfica, fatores temporais, etc. No entanto, apesar de bem respaldado pelo conhecimento científico, este conjunto de fatores não é satisfatório se não for incluída a influência do campo magnético terrestre, presente no planeta antes mesmo do surgimento dos primeiros seres vivos.

O Capítulo 7 é dedicado à verificação da influência do campo magnético artificial, produzidos por um par de bobinas elétricas, de diferentes intensidades, sobre o comportamento de pós-larvas, fêmeas e machos juvenis e adultos de *L. vannamei*. Buscou-se registrar diferentes modalidades de respostas ao estímulo magnético em função do sexo e estágio do ciclo de vida dos espécimes testes como áreas do campo de preferência de ocupação, deslocamento, nível de atividade natatória, saltos, e paralização.

O Capitulo 8, corresponde a pescarias experimentais para a captura de crustáceos e peixes no litoral sul da costa Pernambucana empregando-se 17 armadilhas tipo covo, a seis das quais foram adicionadas magneto permanente. Os níveis de capturas para os dois tratamentos foram analisados em termos qualitativos e quantitativos bem como considerando os hábitos gregários das espécies de peixes capturadas.

No Capítulo 9 se apresenta e discute resultado das análise por RFM voltados para a investigação da presença de material magnético nos otólitos e tecidos da região ventral, linha lateral, narinas e mancha ocelar da Xira Branca *Haemulon aurolineatum*, espécie formadora de grandes cardumes e que dominou largamente nas capturas com covos, principalmente naqueles com magneto.

No Capítulo 10 são tecidas algumas considerações finais aluz do conjunto de resultados obtidos e no Capítulo 11 apresentadas as referencias bibliográficas citadas ao longo do texto.

Capítulo 7

EFEITOS DO CAMPO MAGNÉTICO ARTIFICIAL SOBRE O CAMARÃO PENAEIDAE *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931) MACHOS E FÊMEAS E EM DIFERENTES FASES DE SEU CICLO ONTOGENÉTICO.

7.1 INTRODUÇÃO

Os crustáceos representam uma larga porção de diversidade e biomassa da fauna marinha e constituem importante recurso pesqueiro tanto da pesca comercial quanto artesanal. Desempenham também importante papel ecológico, como componentes do zooplâncton, base da cadeia alimentar do meio aquático, e na ciclagem de nutrientes nesses ambientes, já que muitos deles são detritívoros.

Muitos desses artrópodes marinhos demonstram movimentos orientados no seu habitat assim como comportamentos sincronizados com os estímulos ambientais. Várias espécies de palinurídeos e peneídeos apresentam comportamentos migratórios, percorrendo longas distâncias.

As lagostas espinhosas *Panulirus argus* são gregárias e efetuam longas migrações tanto ao longo da costa quanto entre áreas costeiras e oceânicas profundas. Experimentos em que exemplares desta espécie foram capturados em uma área e reintroduzidos em áreas até 40 km distantes para sul e para norte, foram capazes de retornarem à área de captura, demonstrando possuírem senso de mapeamento magnético e de efetuarem navegação verdadeira, com base em um senso de mapeamento magnético (BOLES & LOHMANN, 2003).

Experimentos de marcação-recaptura em camarões-marrom (*Penaeus aztecus*), branco (*Penaeus setiferus*) e rosa (*Penaeus duorarum*) indicam movimentos individuais superior a 115 km nas populações do Texas e superior a 575 km no Atlântico. O movimento desses animais segue um modelo geral em que o deslocamento ocorre sempre paralelo ao litoral (em lençóis de água profunda). As recapturas neste experimento indicaram um movimento em direção ao sul (ALDRICH *et al.*, 1968; HUGHES, 1972).

O ciclo de vida de um peneídeo tropical/subtropical típico (Fig. 7-1) envolve dois períodos planctônico-pelágicos, um durante as fases larvais de náuplio, protozoé e mysis (KITANI, 1986) e outro durante a fase de pós-larva (KITANI, 1993), seguidos de um período bentônico demersal, com fases juvenil e adulta (CALAZANS, 1993). *L. vannamei*, vivem comumente em bancos de lama a profundidades médias de 72m e se distribuem do leste do Pacífico, de Sonora/México até Tumbes, no norte da Peru (DORE & FRIMODT, 1979). Seu ciclo se inicia com a desova em ambiente marinho e quatorze horas após a desova, os ovos eclodem na forma de náuplios (AQUACOP, 1979). Continua com a migração das larvas e pós-larvas para áreas costeiras e

estuarinas (PEREZ & FARFANTE, 1970) para seu crescimento (SANTOS, 2002); o retorno dos jovens para as áreas costeiras e a migração dos adultos para áreas mais profundas (DALL *et al*, 1990). Essa movimentação se faz necessária para garantir que possam se deslocar entre diferentes habitats e atender seus requerimentos ambientais e nutricionais em seus diferentes estágios de vida (KRISTJONSSON, 1968; MACIA, 2004). Os náuplios (2) alimentam-se de suas próprias reservas; o protozoae (3) ingere fitoplâncton; o mysis (4) se alimenta de zooplâncton e alguns representantes do fitoplâncton; pós-larvas (5) comem zooplâncton e outros pequenos organismos de origem animal. Já a alimentação dos juvenis (6) consiste de pequenos animais bentônicos e planctônicos (BOSCHI, 1975).

Os peneídeos são largamente empregados em atividades de cultivo. O cultivo de camarão foi uma atividade que ascendeu em todo o mundo nas décadas de 70 a 90 (MAGALHÃES *et al*, 2007) como alternativa para atender o incremento de demanda por peixes e crustáceos não suprida pela pesca extrativa, (CORREIA, 1993).

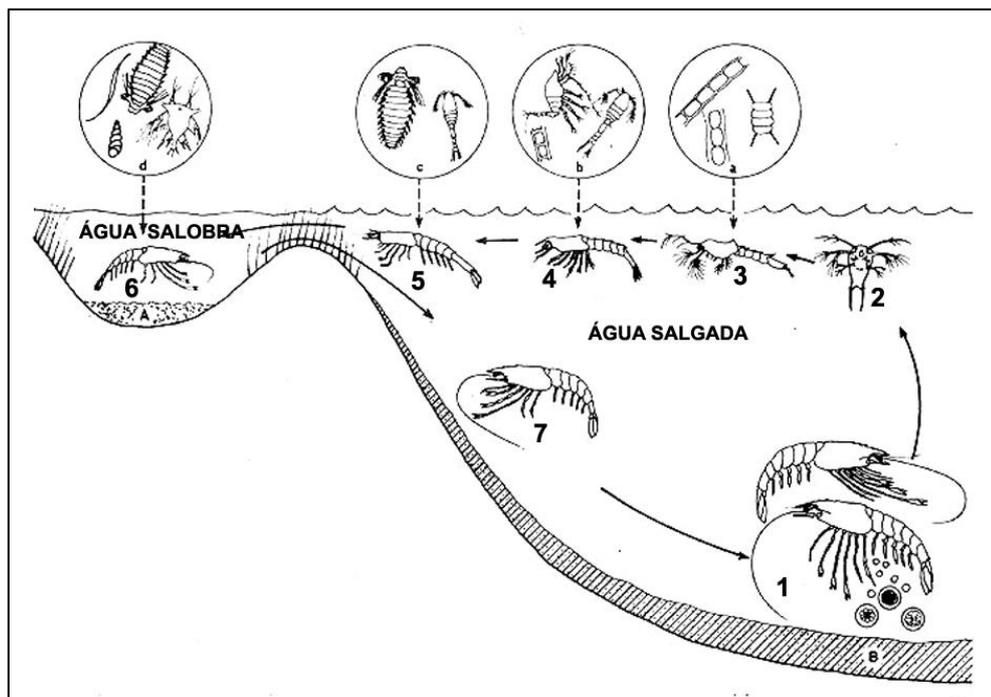


Figura 7-1. Ciclo de vida típico de um Penaeidae tropical e subtropical. (1) desova de adultos em áreas marinhas; (2), (3) e (4) estágios larvais de náuplios, protozoae e mysis migram gradativamente para áreas costeiras; (5) pós-larvas buscam áreas estuarinas onde permanecem até a fase juvenil; (6) adultos-jovens retornam a costa (7) adultos migram para os fundos marinho de desova. FONTE: BOSCHI, 1975.

A carcinocultura no Brasil teve início na década de 70, como um cultivo consorciado de peixes e camarões, passando posteriormente a ter um caráter mais empresarial e a um cultivo específico, a partir da década de 80. A produção brasileira de camarões em cativeiro atingiu seu máximo entre 1990 e 2000, quando superou a produção do Equador, passando a liderar a

produção na América Latina (Associação Brasileira dos Criadores de Camarão, 2004) e em seguida superou a produção Asiática, assumindo a liderança mundial, com a produção da região Nordeste correspondendo a 95,2 % da produção Nacional (POERSCH *et al*, 2006).

Litopenaeus vannamei ocorre no leste do Pacífico, de Sonora (México) até Tumbes (Peru), habitando bancos lamosos a cerca de 70m de profundidade (DORE & FRIMODT, 1979). Foi introduzida no Brasil na década de 80, após a fracassada tentativa de cultivo do *Penaeus Japonicus*. Os animais estuarinos são considerados ótimos osmorreguladores, devido a grande variação de salinidades destes ambientes (MENDES & PEDRESCHI, 1998). Por sua larga tolerância a variações de salinidade (0,5 - 40,0 ‰) o *L. vannamei* rapidamente se adaptou as condições locais, passando a ser a principal espécie de camarão marinho cultivada no país (MAIA, citado por MARQUES & ANDREATA, 1998; GONÇALVES *et al*, 2005). Estas mesmas características, facilitam também sua manutenção em ambiente de laboratório.

O mecanismo de alinhamento magnético, assim como a orientação pelo campo geomagnético, ou magnetorecepção são poucos conhecidos em animais (LOHMANN, 2000). Sabemos que, dentre os camarões marinhos de importância comercial, os peneídeos se destacam por constituírem um valioso recurso para pesca e aquicultura em regiões tropicais e subtropicais. Entretanto, a disponibilidade de informações sobre essas espécies é bastante escassa (RIBEIRO, 2009), sobretudo em relação à resposta magnética envolvida no seu comportamento. Mesmo as informações no que tange ao padrão diário de atividade de *L. vannamei* é ainda pouco entendido (PONTES, 2006).

Litopenaeus vannamei normalmente não se enterra no substrato (PÉREZ-FARFANTE, 1969). Sua atividade locomotora ocorre na coluna d'água, através da natação sendo mais intensa à noite enquanto a busca do alimento se dá através da exploração do substrato ao longo de todo o dia, mas com uma intensidade mais expressiva nos horários de maior luminosidade (PONTES, 2006). Boa parte das pesquisas em comportamento de peneídeos permite a exploração da atividade associada ao exercício de ações distintas, representadas por comportamentos direcionados para objetivos específicos. Algumas pesquisas sugerem que a aplicação dos conhecimentos relativos ao padrão de deslocamento associado à distribuição diária de atividades comportamentais de *L. vannamei* poderá vir a ser uma ferramenta útil para a melhoria do manejo nas fazendas de cultivo (PONTES, 2006).

O ambiente marinho é um ambiente tridimensional e em sua maior parte desprovido de luminosidade (região afótica). Neste ambiente, seria bastante útil poder dispor de mecanismo unidirecional de orientação. O comportamento migratório do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em um ambiente de baixa iluminação, habilita-o para testes de magnetorecepção e alinhamento magnético. Fundamentado nesta condição, investigamos a possibilidade do camarão marinho *L. vannamei* ser capaz de perceber e responder ao estímulo magnético como também se esta percepção e sensibilidade potenciais seriam diferenciadas entre machos e fêmeas e para as diferentes fases de seu ciclo ontogenético.

7.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Visando investigar as respostas comportamentais do camarão *L. vannamei* na presença de campo magnético foram realizados experimentos em laboratório utilizando-se um par de bobinas na configuração de Helmholtz para gerar diferentes intensidades de campo magnético aos quais grupos de camarões machos e fêmeas em distintos estágios de desenvolvimento ontogenético foram expostos e observados seu deslocamento e comportamento.

7.2.1 Obtenção e Aclimação dos Organismos Teste

A espécie empregada nos testes foi o camarão *Litopenaeus vannamei* (Fig. 7-2), também conhecida como camarão branco do Pacífico. Esta espécie foi escolhida, com base em sua importância econômica e ecológica; facilidade de sua obtenção e boa adaptação ao ambiente de laboratório.



Figura 7-2. Camarão marinho *Litopenaeus vannamei*.

FONTE: <http://antoniobalhmnn.com.br/principal/noticias/balhmnn>.

Os exemplares de *L. vannamei* foram obtidos em uma fazenda de camarão localizada no município de Igarassu, cerca de 20 km do Recife-PE (Fig. 7-3). Os mesmos foram selecionados com base nos registros de povoamento dos viveiros, idade das pós-larvas e exames de integridade física, permitindo assim a obtenção de grupos homogêneos e saudáveis. Os exemplares capturados foram acondicionados em sacos plásticos com água do viveiro de origem, e transportados em caixas térmicas até o laboratório. Aeradores portáteis foram empregados para manter o nível de oxigenação da água durante o transporte.



Figura 7-3. Vista de um dos viveiros da fazenda de camarão fornecedora dos organismos teste.

No dia seguinte, as pós-larvas foram contadas e transferidas para aquários (0,3 m X 0,3 m) com água do viveiro de origem em uma densidade de 50 indivíduos por aquário. Já os organismos pré-adultos e adultos foram separados por sexo, com base nas estruturas morfológicas externas representativas dos caracteres sexuais secundários dos camarões peneídeos: presença do petasma nos machos e presença de téllico nas fêmeas (Fig. 7-4) e mantidos em aquários (0,3 m X 0,3 m) a uma densidade de 15 indivíduos/aquário.

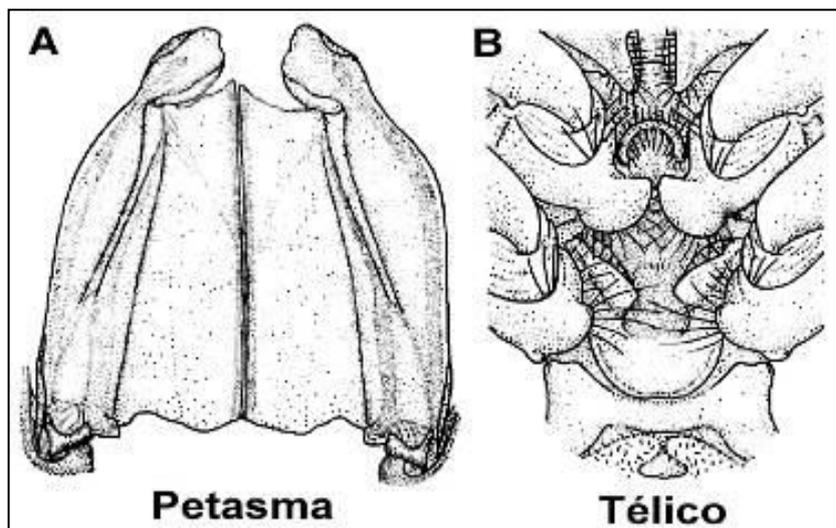


Figura 7-4. Caracteres sexuais secundários de *L. vannamei* utilizados para separação dos machos juvenis e adultos machos (A) Petasma e das fêmeas juvenis e adultas (B) Téllico, empregados nos testes.
FONTE: PÉREZ-FARFANTE (1988).

Os grupos já selecionados por sexo e classe etária (pós-larva PL36, juvenil com 65 dias e adultos com 95 dias), foram então aclimatados às condições de laboratório por um período de 15 dias (Fig. 7-5), antes de serem empregados nos testes de alinhamento magnético. Durante esse período, os camarões foram alimentados *ad libitum*, mantendo-se a mesma ração, frequência e horário de alimentação administrados na fazenda de cultivo (uma vez ao dia, pela manhã ~7:30h).



Figura 7-5. Aquários com espécimes de *L. vannamei* em processo de aclimação.

Diariamente, os resíduos metabólicos e restos de ração não consumida foram retirados por sifonamento antes do fornecimento da nova alimentação. A água dos aquários foi periodicamente monitorada e renovada quando necessário, de forma a manter as mesmas características de seus viveiros de origem. Os aquários foram aerados empregando-se bomba Zanclus modelo P-650. Na eventualidade de mortalidade superior a 5%, em qualquer tanque, toda a bateria de organismos era descartada.

7.2.2 Testes de Alinhamento Magnético

Em trabalhos anteriores, com camarões *L. vannamei* foram expostos a campos magnéticos de 30, 60, 150, e 300 μT (GONÇALVES, 2009) observou-se um possível alinhamento magnético inicial, seguido da paralisação total dos organismos após curta exposição aos valores de campo a partir de 60 μT , e que um período de 10-40 minutos depois de cessada a exposição não era suficiente para promover a recuperação dos organismos dos efeitos do campo magnético.

No presente experimento, esses testes foram refinados, com exposições a campos de 25, 30, 35 e 40 μT e com emprego de intervalos mais amplo de observação (20 minutos) para as etapas de pré-exposição, exposição e pós-exposição e ainda com os testes sendo conduzidos de forma não acumulativa e acumulativa, permitindo observar tanto o efeito residual das exposições quanto identificar o período de tempo necessário para a recuperação completa dos organismos.

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Oceanografia Física Estuarina e Costeira do Departamento de Oceanografia, Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco. Os testes foram realizados de 2 de janeiro a 3 de fevereiro 2013, em período diurno, em ambiente fechado em condições controladas de iluminação e temperatura (20°C). Nos experimentos não-acumulativos, grupos distintos de indivíduos foram empregados para cada um dos nível de exposição. Nos testes acumulativos, um mesmo grupo de indivíduo foi submetido a exposições sequenciais de campos de 25, 30, 35 e 40 μ T a intervalos de 24h.

Os testes não-acumulativos (Fig. 7-6), consistiram de 5 baterias de experimentos (Bateria 1 - pós-larvas; Bateria 2 - fêmeas juvenis; Bateria 3: fêmeas adultas; Bateria 4 - machos juvenis e Bateria 5 - machos adultos). Para cada bateria, foram empregados 4 grupos de 60 camarões, distribuídos em 4 aquários, sendo 1 aquário controle (sem exposição) e 3 aquários réplicas (R1, R2 e R3) para as exposição a um nível de campo magnético (i.e. Grupo 1 -25 μ T; Grupo 2 - 30 μ T; Grupo - 35 μ T e Grupo 4 - 40 μ T).

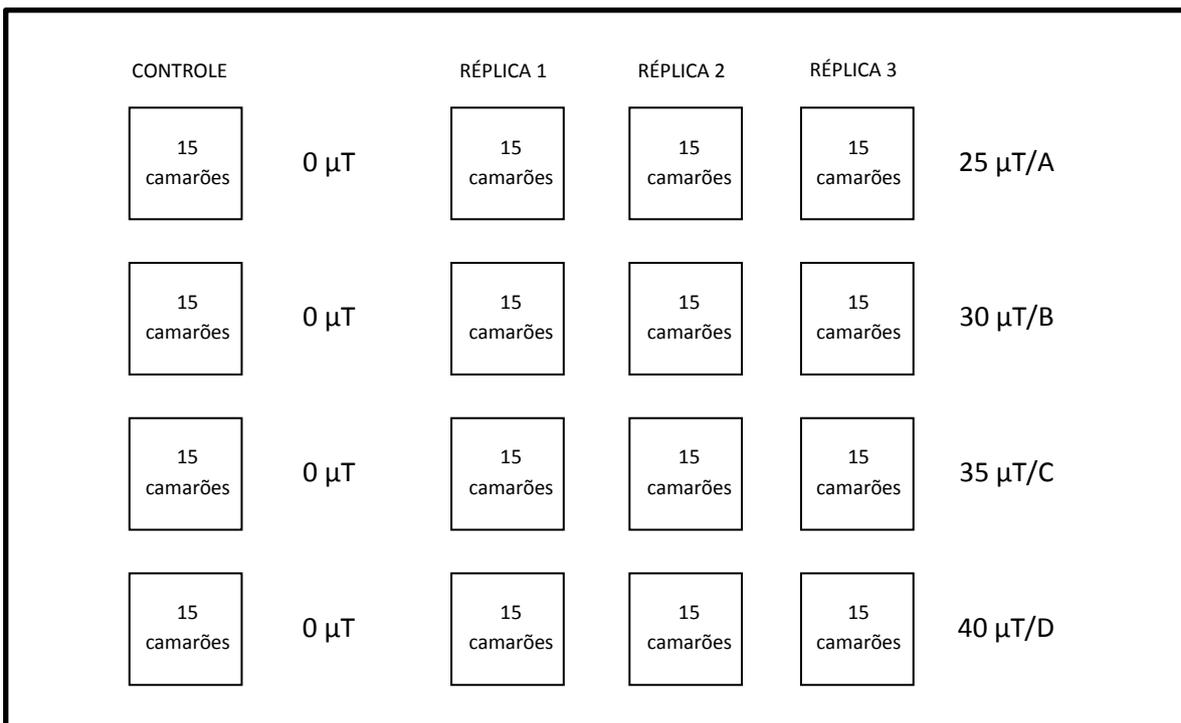


Figura 7-6. Desenho experimental de uma das 5 baterias de teste não-acumulativo com exposição de grupos distintos de organismos testes a campos de 25; 30; 35 e 40 μ T.

Os testes acumulativos (Fig. 7-7), consistiram de 5 baterias de experimentos (Bateria 1 - pós-larva; Bateria 2 - fêmeas juvenis; Bateria 3: fêmeas adultas; Bateria 4 - machos juvenis e Bateria 5 - machos adultos). Para cada bateria, foi empregado um único grupo de 60 camarões, distribuídos em 4 aquários, sendo 1 aquário controle (sem exposição) e 3 aquários réplicas (R1, R2

e R3). No dia 1, os organismos foram submetidos a um campo de 0,25 μ T e nos 3 dias subsequentes, a campos de 0,30 μ T; 0,35 μ T e 40 μ T, respectivamente.

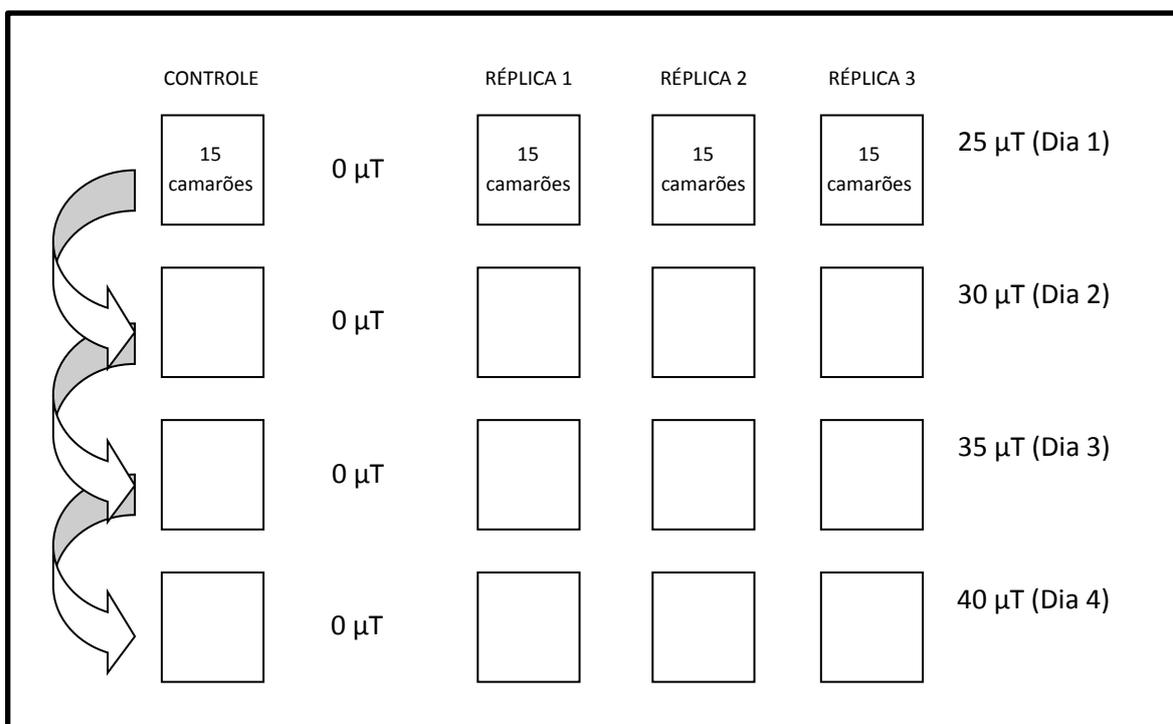


Figura 7-7. Desenho experimental de uma das 5 baterias de teste acumulativo, com exposição sequencial dos mesmos organismos testes a campos de 25; 30; 35 e 40 μ T em dias subsequentes.

Cada bateria de teste consistiu de 1 hora de observação, sendo os 20 primeiros minutos para determinação da condição inicial que antecedeu a exposição (PRE), os seguintes 20 minutos, de exposição (EXP) a uma intensidade de campo específico (i.e. 30 μ T) e os últimos 20 minutos, para observação da recuperação dos indivíduos testes após a exposição (POS).

Tanto nas exposições não-acumulativas quanto acumulativas, ao final dos experimentos, os organismos teste foram mantidos em laboratório por um período de 15 dias, para sob observação de qualquer efeito secundário que resultasse na mortalidade dos indivíduos testados relativas ao grupo controle não submetido a testes.

Para geração do campo magnético artificial, foi empregado um par de bobinas na configuração de Helmholtz (Fig. 7-8) que se caracteriza por um par de bobinas circulares idênticas, com mesmo raio e mesmo numero de espiras, dispostas em paralelo e a uma distância igual ao valor de seus raios (TOGINHO FILHO & LORETO, 2008).

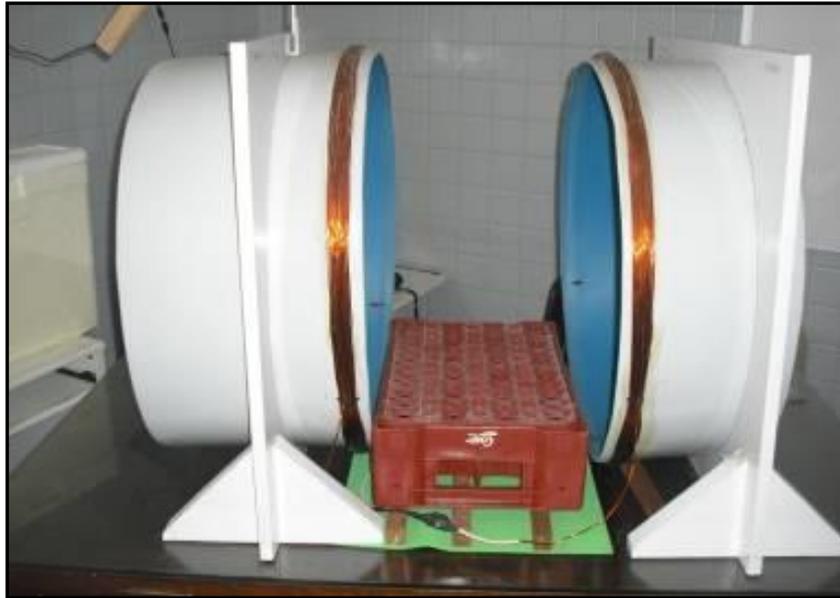


Figura 7-8. Bobinas na configuração Helmholtz empregadas na geração do campo magnético para os testes de alinhamento magnético.

As mesmas foram confeccionadas sobre anéis de polietileno (PE-HD) com raio=0,3 m e foram formadas por 46 espiras de fios 15AWG (seção aproximada de 1,7mm²; resistência linear de 0,010 ohm.m⁻¹ e capaz de suportar uma corrente máxima de 13A) sobrepostos de forma que ocuparem uma faixa de 0,02m de largura. Detalhamento das bobinas e de seu processo construtivo é descrito em GONÇALVES *et al*, (2009).

Na região entre as bobinas as linhas de campo são paralelas e o campo uniforme, sendo o campo magnético total, resultado da soma vetorial das contribuições de cada bobina, e pode ser calculado pela equação abaixo:

$$\vec{B}_{Helm} = \frac{8\mu_0 \cdot N \cdot i}{5^{3/2} \cdot R} \quad Eq. (1)$$

onde, B_{Helm} é o campo magnético (em Tesla ou Wb/m²) devido a corrente elétrica i (em Ampères), N o número de espiras em cada bobina, R o raio da espira (em metros) e μ_0 a constante de permeabilidade do vácuo ($4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m) (TOQUINHO FILHO & LAURETO, 2008).

O espaçamento entre os conjuntos de espira foi mantido em 0,3 m, com o alinhamento de seu eixo e a polaridade do campo induzido concordantes com o do campo geomagnético local. Para os experimentos, cada aquário com organismos teste foi colocado sobre o suporte plástico entre as bobinas de forma a ficar centrado nas espiras. Nas faces norte e sul do aquário (em concordância com as bobinas) o campo magnético é mais intenso devido à superfície dos mesmos se encontrar perpendicular às linhas de indução (vetor campo magnético). Neste caso, tivemos então, um valor máximo para o fluxo magnético, ao contrário do que ocorre com as faces laterais paralelas às linhas de indução, onde o fluxo magnético é nulo.

As diferentes intensidades de campo utilizadas nos testes (25, 30, 35 e 40 μ T) foram obtidas aplicando-se, respectivamente, intensidades de correntes de 0,13; 0,16; 0,18 e 0,21 Ampères, ao par de bobinas, com uso de uma fonte digital MINIPA (modelo MPL1303) de medida fina (tensão e corrente máxima de 30V e 3ª, respectivamente) aferindo-se a corrente aplicada com um Multímetro digital Modelo ET2075A e o campo resultante com uso de um Gaussímetro Globalmag Modelo TLMP-HALL-050.

7.2.3 Aquisição e Registro dos Dados

Uma malha de 10cm x 10cm foi marcada externamente no fundo e laterais de cada aquário com lápis hidrocor permanente de forma a facilitar identificar a posição dos camarões nos mesmos ao longo dos experimentos. Uma webcam conectada a um PC, fixada por meio de um suporte de alumínio, a uma altura de 0,55 m sobre o aquário teste foi utilizada para a observação do comportamento dos camarões durante os testes, com um mínimo de interferência do pesquisador com o experimento. O comportamento dos organismos foi monitorado de modo contínuo e anotadas observações sobre o nível de atividade, tempo de permanência em cada área do aquário, sintomas de atordoamento, nível de agressividade, etc. Paralelamente às observações, registros fotográficos instantâneos foram obtidos a intervalos de 2 minutos durante as três fases de cada experimento (pré-exposição, exposição e pós-exposição). Os dados obtidos foram digitalizados para planilhas eletrônicas para possibilitar seu tratamento e análise.

7.3 RESULTADOS

Os resultados dos testes de exposição ao campo magnético de forma não-acumulativa e acumulativa são apresentados a seguir. Os mesmos foram organizados quanto ao sexo e fases do ciclo ontogenético dos espécimes testados considerando seus comportamentos durante a fase que precedeu a exposição (PRE), durante a fase de exposição a uma intensidade específica de campo (EXP) e durante a fase imediatamente posterior à exposição ao campo (POS) bem como as áreas do aquário, preferencialmente ocupadas: norte, central ou sul, relativas à polaridade do campo induzido.

Na tabela 7-1 são indicadas as datas de realização dos experimentos, os valores médios do campo geomagnético terrestre total. Os experimentos foram realizados durante um período geomagneticamente calmo, com índice Kp de atividade geomagnética sempre inferior a 3, segundo dados do Deutsches GeoForschungsZentrum (DGFZ, 2013), no qual não foram registradas tempestades magnéticas ou anomalias magnéticas que pudessem alterar/influenciar os resultados.

A espécie se adaptou bem às condições de laboratório. Tanto na fase de aclimação (15 dias antes do início dos experimentos) quanto durante um período de 15 dias posterior aos seus terminos, não foram verificadas mortalidades. Igualmente, não foram registradas mortalidades durante as três fases dos testes.

Tabela 7-1. Campo terrestre total para a área de estudo nas datas de realização dos testes em laboratório. FONTE: NGDC/NOAA (2008).

DATA	CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE (μ T)	TESTES EM LABORATÓRIO
02/JAN/2013	25,8690	Acumulativos 25 μ T. Fêmeas adultas, machos juvenis e adultos R1, R2 e R3
03/JAN/2013	25,8690	Acumulativos 30 μ T. Fêmeas adultas, machos juvenis e adultos R1, R2 e R3
04/JAN/2013	25,8691	Acumulativos 35 μ T. Fêmeas adultas, machos juvenis e adultos R1, R2 e R3
05/JAN/2013	25,8692	Acumulativos 40 μ T. Fêmeas adultas, machos juvenis e adultos R1, R2 e R3
13/JAN/2013	25,8697	Acumulativos 25 μ T. Fêmeas juvenis R1, R2 e R3
14/JAN/2013	25,8698	Acumulativos 30 μ T. Fêmeas juvenis R1, R2 e R3
15/JAN/2013	25,8698	Acumulativos. 35 μ T Fêmeas juvenis e 25 μ T Pós-larvas. R1, R2 e R3
16/JAN/2013	25,8699	Acumulativos. 40 μ T Fêmeas juvenis e 30 μ T Pós-larvas. R1, R2 e R3
17/JAN/2013	25,8770	Acumulativos. 35 μ T Pós-larvas. R1, R2 e R3
18/JAN/2013	25,8700	Acumulativos. 40 μ T Pós-larvas. R1, R2 e R3
27/JAN/2013	25,8706	Não acumulativos 25 μ T. Pós-larvas, fêmeas juvenis e adultas (R1); machos juvenis e adultos (R1, R2)
28/JAN/2013	25,8707	Não acumulativos 25 μ T. Pós-larvas, fêmeas juvenis e adultos (R2,R3); machos juvenis e adultos (R1, R2)
29/JAN/2013	25,8708	Não acumulativos 30 μ T. Pós-larvas, fêmeas juvenis e adultas (R1); machos juvenis e adultos (R1, R2)
30/JAN/2013	25,8708	Não acumulativos 30 μ T. Pós-larvas, fêmeas juvenis e adultos (R2,R3); machos juvenis e adultos (R1, R2)
31/JAN/2013	25,8709	Não acumulativos 35 μ T. Pós-larvas, fêmeas juvenis e adultas (R1); machos juvenis e adultos (R1, R2)
01/FEV/2013	25,8710	Não acumulativos 35 μ T. Pós-larvas, fêmeas juvenis e adultos (R2,R3); machos juvenis e adultos (R1, R2)
02/FEV/2013	25,8710	Não acumulativos 40 μ T. Pós-larvas, fêmeas juvenis e adultas (R1); machos juvenis e adultos (R1, R2)
03/FEV/2013	25,8711	Não acumulativos 40 μ T. Pós-larva, fêmeas juvenis e adultos (R2,R3); machos juvenis e adultos (R1, R2)

7.3.1 Efeito não acumulativo do campo magnético sobre camarões

7.3.1.1 Efeito não acumulado do campo magnético sobre pós-larvas

Os percentuais de ocupação, das regiões norte, central e sul dos aquários pelas pós-larvas durante as fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS) são sumarizados na Tabela 7-2 e figura 7-9. A evolução temporal do número de pós-larvas ocupando as diferentes regiões dos aquários, derivada a partir dos registros fotográficos obtidos a intervalos de 2 minutos ao longo dos experimentos, é apresentada na figura 7-10, na forma de média e erro padrão (EP) das repetições R1, R2 e R3.

Tabela 7-2. Percentual médio de ocupação das áreas norte, central e sul dos aquários por pós-larvas de camarões *L. vannamei* submetidos a intensidades específicas de campo magnético artificial, durante as fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS). Réplicas R1, R2 e R3 e valores médios e desvio padrão (DP). Exposição não acumulativa.

PÓS-LARVAS NÃO ACUMULATIVA		NORTE			CENTRAL			SUL		
		PRE	EXP	POS	PRE.	EXP	POS	PRE	EXP	POS
RÉPLICA R1	25 μ T / A1	30,7	55,3	41,3	31,3	26,0	38,0	38,0	18,7	20,7
	30 μ T / B1	34,0	55,3	42,0	35,3	33,3	31,3	30,7	11,3	26,7
	35 μ T / C1	31,3	60,7	47,3	29,3	24,7	34,7	39,3	14,7	18,0
	40 μ T / D1	25,3	54,0	53,3	33,3	26,0	20,0	41,3	20,0	26,7
	CONTROLE	28,0	38,0	31,3	32,7	24,7	35,3	39,3	37,3	33,3
RÉPLICA R2	25 μ T / A2	40,7	58,7	43,3	33,3	30,0	28,7	26,0	11,3	28,0
	30 μ T / B2	45,3	62,0	47,3	29,3	26,0	36,0	25,3	12,0	16,7
	35 μ T / C2	44,0	62,7	52,0	26,7	28,0	27,3	29,3	9,3	20,7
	40 μ T / D2	41,3	61,3	60,0	28,7	29,3	26,7	30,0	9,3	13,3
	CONTROLE	40,0	44,0	43,3	29,3	30,0	32,7	30,7	26,0	24,0
RÉPLICA R3	25 μ T / A3	29,3	60,7	40,0	36,7	24,0	31,3	34,0	15,3	28,7
	30 μ T / B3	38,7	63,3	46,7	34,0	22,7	28,7	27,3	14,0	24,7
	35 μ T / C3	27,3	64,0	51,3	30,7	22,0	29,3	42,0	14,0	19,3
	40 μ T / D3	28,7	74,7	73,3	29,3	16,0	13,3	42,0	9,3	13,3
	CONTROLE	34,7	33,3	39,3	33,3	34,7	28,0	32,0	32,0	32,7
MÉDIA / DP	25 μ T	33,6/6,2	58,2/2,7	41,5/1,7	33,8/2,7	26,7/3,1	32,7/4,8	32,7/6,1	15,1/3,7	25,8/4,4
	30 μ T	39,3/5,7	60,2/4,3	45,3/2,9	32,9/3,2	27,3/5,4	32,0/3,7	27,8/2,7	12,4/1,4	22,7/5,3
	35 μ T	34,2/8,7	62,5/1,7	50,2/2,5	28,9/2,0	24,9/3,0	30,4/3,8	36,9/6,7	12,7/2,9	19,3/1,4
	40 μ T	31,8/8,4	63,3/10,5	62,2/10,2	30,4/2,5	23,8/6,9	20,0/6,7	37,8/6,7	12,9/6,2	17,8/7,7
	CONTROLE	34,2/6,0	38,4/5,4	38,0/6,1	31,8/2,2	29,8/5,0	32,0/3,7	34,0/4,6	31,8/5,7	30,0/5,2

TESTES NÃO ACUMULATIVOS - PÓS-LARVAS

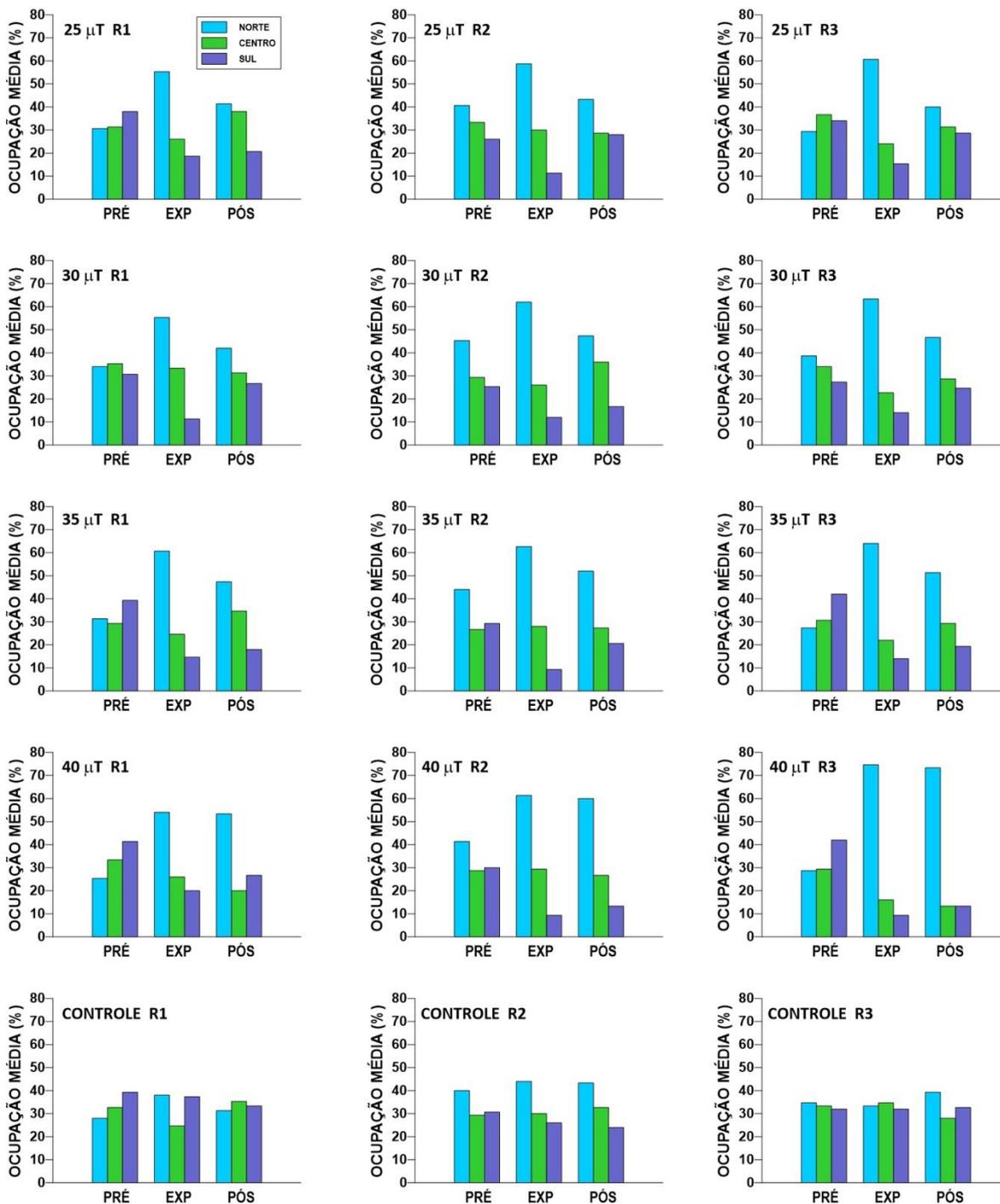


Figura 7-9. Percentual de ocupação das regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes não acumulados (Repetições R1, R2 e R3) para os níveis de 25, 30, 35, 40 μT, incluindo grupo controle. Pós-larvas.

TESTES NÃO ACUMULATIVOS - PÓS-LARVAS

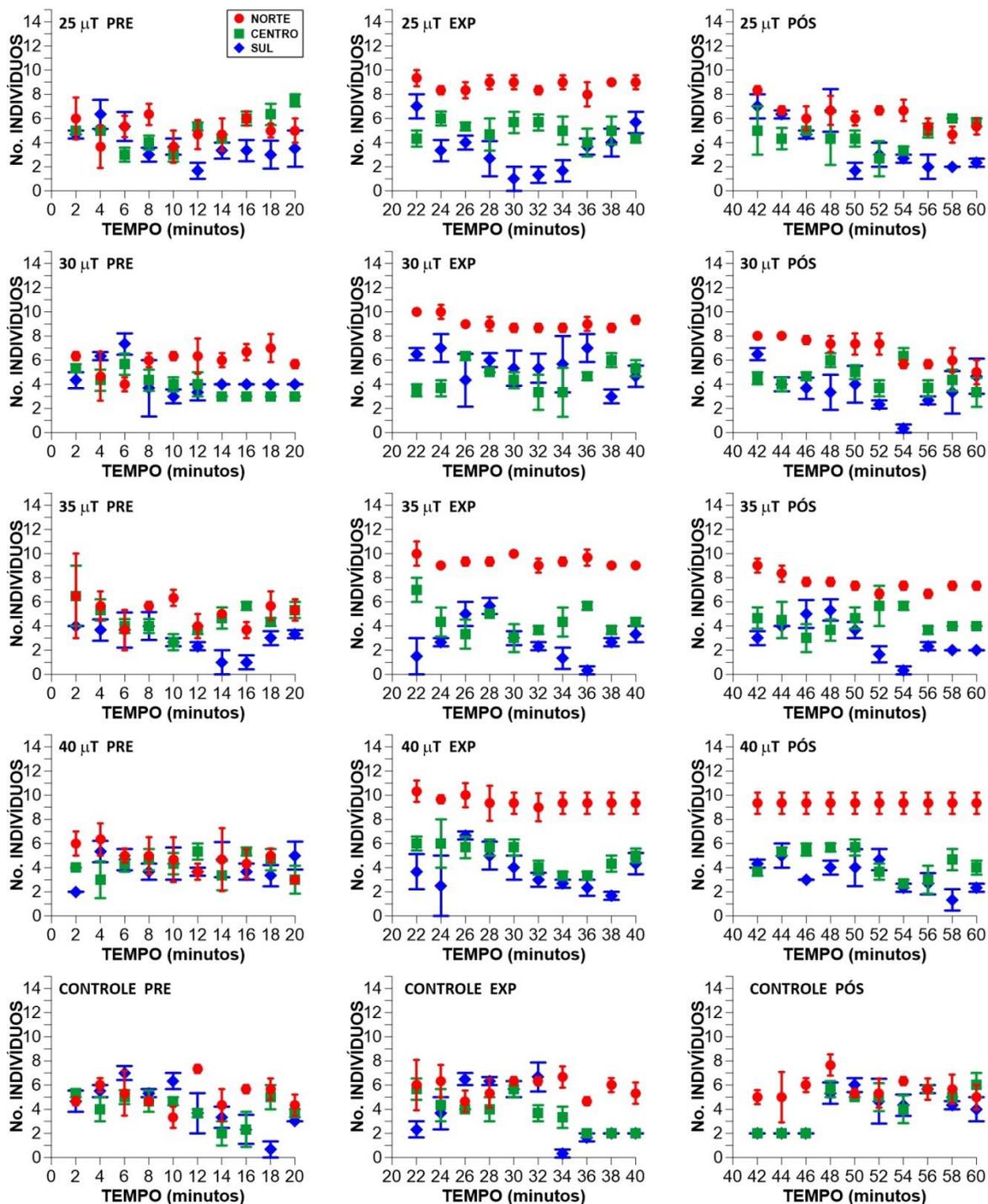


Figura 7-10. Número de indivíduos (media ± EP) ocupando as regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes não acumulados para os níveis de 25, 30, 35, 40μT, incluindo grupo controle. Pós-larvas.

As pós-larvas do camarão *L. vannamei* submetidas a campos magnéticos de 25, 30, 35 e 40 μT de forma não acumulativa, mostraram um deslocamento em direção à região norte do campo, com uma maior ocupação da região próxima à face norte do aquário (média de 58,2% a 63,3%). Esta tendência foi observada principalmente na fase de exposição ao campo (54,0 a 74,7%), e secundariamente na fase de pós-exposição, para todos os níveis de exposição e repetições (R1, R2 e R3). Comportamentos de paralisação, hiperatividade e redução de atividade foram observados apenas a partir de exposições a intensidades de campos magnéticos de 35 μT (R1 e R2) a 40 μT (R3).

Sob exposição a campo de intensidade de 25 μT , as pós-larvas ocuparam a área norte (sobretudo na fase EXP) apresentando valores percentuais de até 60,7% (R3/A3). Neste nível todos os animais de R1, R2 e R3 permaneceram com seu comportamento inalterado (normal).

Expostos a um campo magnético de 30 μT , as pós-larvas novamente tenderam a se concentrarem no setor norte do campo (durante a EXP) com percentuais de ocupação dessa região do aquário de 55,3 a 63,3% (Tabela 7-1). Após 2 minutos do acionamento do campo, o número de animais na área norte cresce de 5 para 10 de (R3/B3). Para esta intensidade os animais continuam sem qualquer alteração no comportamento.

Nas exposições a campo de 35 μT os percentuais de ocupação na área norte chegam a 64,0% (fase EXP - R3/C3). A partir deste nível as primeiras mudanças comportamentais foram observadas entre o final da fase EXP até o final da fase POS. Verificou-se hiperatividade nos últimos minutos da EXP, seguida de baixa atividade e paralisação nos últimos minutos da fase POS), sem registro de paralisação para a repetição R3/C3.

A maior concentração de pós-larvas durante os experimentos não acumulativos foi observada sob exposição a campo magnético de 40 μT , com uma ocupação da região norte do aquário por 74,7% (R3/D3) dos organismos 2 minutos após o acionamento do campo (fase EXP - R3) e o número de camarões nesta região passando de 4 para 12 (Fig. 7-10).

Nas três repetições, o comportamento de hiperatividade (saltos e natação rápida) foi verificado no intervalo de 2 e 4 minutos após o início da fase EXP sendo seguido por imobilidade a partir de 10 minutos, se mantendo até o final do experimento e se estendendo por cerca de 15 minutos já depois do aquário ter sido removido da prancha de experimentação. Os camarões do grupo controle tenderam a distribuir-se mais homoganeamente pelo aquário com percentuais de ocupação para todas repetições, áreas e níveis supostamente correspondentes, variando entre 24,0% e 44% (Tabela 7-1 e Fig. 7-9).

7.3.1.2 - Efeito não acumulado do campo magnético sobre fêmeas juvenis

Os percentuais de ocupação, das regiões norte, central e sul dos aquários pelas fêmeas juvenis nas fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS) são sumarizados na Tabela 7-3 e figura 7-11. Na figura 7-12 é apresentada a evolução temporal do número de fêmeas juvenis ocupando as diferentes regiões dos aquários, a intervalos de 2 minutos, obtidas

pela análise dos registros fotográficos na forma de média e erro padrão das repetições R1, R2 e R3.

O tratamento não acumulado com fêmeas juvenis mostrou que existe uma preferência neste grupo pela ocupação da área sul do aquário já no início do período de exposição aos diferentes níveis de campo magnético (fase EXP). Esta tendência foi observada para todos os tratamentos (diferentes níveis de exposição e réplicas R1, R2 e R3). Os valores nos percentuais de ocupação da região sul do aquário, variou de 59,8±4,4 para exposição a um campo de 25 μ T a 62,4±10,4 para exposição a um campo de 40 μ T; (Tabela 7-3 e Fig. 7-11).

Tabela 7-3. Percentual médio de ocupação das áreas norte, central e sul dos aquários por fêmeas juvenis de camarões *L. vannamei* submetidos a intensidades específicas de campo magnético artificial, durante as fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS). Réplicas R1, R2 e R3 e valores médios e desvio padrão (DP). Exposição não acumulativa.

FÊMEAS JUVENIS NÃO ACUMULATIVA		NORTE			CENTRAL			SUL		
		PRE	EXP	POS	PRE.	EXP	POS	PRE	EXP	POS
RÉPLICA R1	25 μ T / A1	28,0	18,7	30,0	26,7	26,7	30,0	45,3	54,7	40,0
	30 μ T / B1	28,7	16,0	25,3	29,3	28,7	33,3	42,0	55,3	41,3
	35 μ T / C1	32,0	21,3	18,0	28,7	25,3	36,7	39,3	53,3	45,3
	40 μ T / D1	30,0	20,7	30,0	27,3	25,3	25,3	42,7	54,0	44,7
	CONTROLE	34,0	24,7	31,3	28,0	36,0	30,0	38,0	39,3	38,7
RÉPLICA R2	25 μ T / A2	31,3	8,7	24,0	29,3	28,7	32,7	39,3	62,7	43,3
	30 μ T / B2	30,0	8,0	26,7	32,0	34,7	30,7	38,0	57,3	42,7
	35 μ T / C2	34,0	6,0	19,3	26,0	32,7	30,7	40,0	61,3	50,0
	40 μ T / D2	28,7	10,0	18,7	32,7	30,7	34,7	38,7	59,3	46,7
	CONTROLE	31,3	28,7	36,0	28,0	30,7	30,7	40,7	40,7	33,3
RÉPLICA R3	25 μ T / A3	31,3	12,0	32,7	28,0	26,0	29,3	40,7	62,0	38,0
	30 μ T / B3	28,0	18,7	27,3	34,7	16,0	30,7	37,3	65,3	42,0
	35 μ T / C3	31,3	9,3	14,7	34,7	24,7	28,0	34,0	66,0	57,3
	40 μ T / D3	32,0	4,7	20,7	29,3	21,3	28,0	38,7	74,0	51,3
	CONTROLE	34,7	29,3	30,7	25,3	32,7	29,3	40,0	38,0	40,0
MÉDIA / DP	25 μ T	30,2/1,9	13,1/5,1	28,9/4,5	28,0/1,3	27,1/1,4	30,7/1,8	41,8/3,1	59,8/4,4	40,4/2,7
	30 μ T	28,9/1,0	14,2/5,6	26,4/1,0	32,0/2,7	26,5/9,5	31,6/1,5	39,1/2,5	59,3/5,3	42,0/0,7
	35 μ T	32,4/1,4	12,2/8,1	17,3/2,4	29,8/4,5	27,6/4,5	31,8/4,5	37,8/3,3	60,2/6,4	50,9/6,0
	40 μ T	30,2/1,7	11,8/8,2	23,1/6,0	29,8/2,7	25,8/4,7	29,3/4,8	40,0/2,3	62,4/10,4	47,6/3,4
	CONTROLE	33,3/1,8	27,6/2,5	32,7/2,9	27,1/1,6	33,1/2,7	30,0/0,7	39,6/1,4	39,3/1,4	37,3/3,6

TESTES NÃO ACUMULATIVOS - FÊMEAS JUVENIS

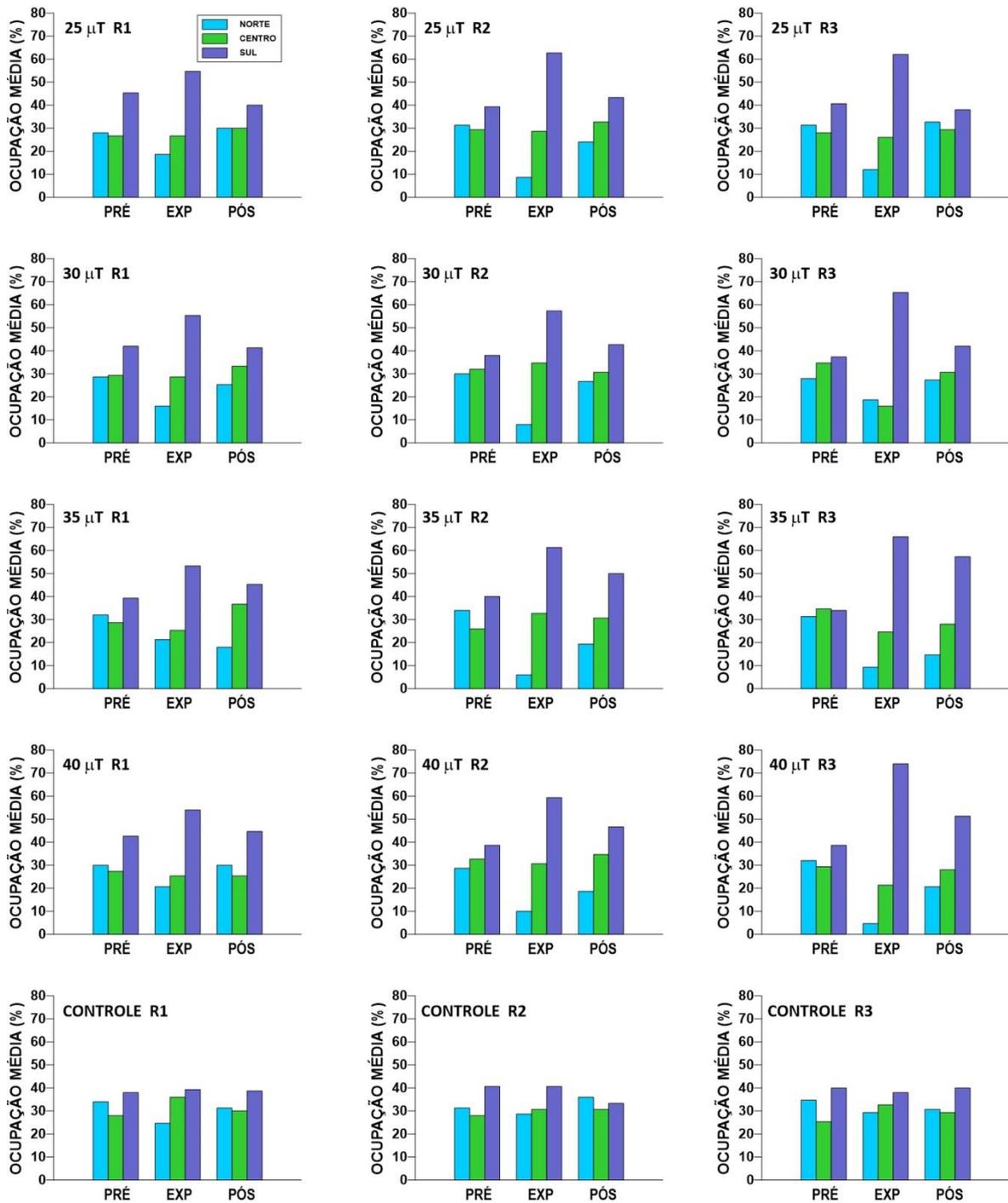


Figura 7-11. Percentual de ocupação das regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes não acumulados (Repetições R1, R2 e R3) para os níveis de 25, 30, 35, 40μT, incluindo grupo controle. Fêmeas juvenis.

Não foram registradas alteração de comportamento em termos de hiperatividade ou imobilidade/paralisação, embora se tenha verificado pouca movimentação dos organismos sobretudo a partir das exposições a níveis de campo de $35\mu\text{T}$ em todos os tratamentos (desde o final da fase EXP até o final da POS, Fig. 7-12).

Fazendo uma análise detalhada, temos no nível de $25\mu\text{T}$ um percentual médio de ocupação da área sul na fase EXP de $59,8\pm 4,4\%$ variando entre $54,7\%$ (R1/A1) até $62,7\%$ (R2/A2). Durante as exposições a esse nível de campo, foram muito raras as observações de redução de atividade, com registro apenas para R1/A1 e R2/A2 (sempre no final da POS).

Durante a exposição ao campo de $30\mu\text{T}$ os organismos igualmente responderam com uma maior aproximação para área sul, tão logo perceberam o campo magnético artificial. A redução da atividade só foi verificada em R1 e R2 no último minuto da fase de pós-exposição (POS).

O valor máximo do percentual de ocupação da região sul do aquário ($66,0\%$; R3/C3) foi observado nos testes em que as fêmeas juvenis foram expostas a uma intensidade de campo magnético de $35\mu\text{T}$. Do início ao fim da fase EXP para as réplicas R1, R2 e R3 era perceptível a concentração dos animais na região sul do aquário. A partir deste nível, o comportamento de redução de atividade (movimentos lentos) foi mais bem notável, a partir da metade da fase EXP até o final da fase POS.

O percentual de aproximação das fêmeas juvenis para a região sul dos aquários durante os testes com intensidade magnética de $40\mu\text{T}$ foi sempre elevado, variando entre $54,0\%$ (R1/D1) e $74,0\%$ (R3/D3) (Fig. 7-12).

Em todas as repetições ocorreram eventos comportamentais de redução de atividade, no último minuto da EXP até o término da POS ou após alguns minutos da EXP até o fim da POS.

No grupo controle, para as três repetições, as fêmeas juvenis tenderam a apresentar uma ocupação mais homogênea das regiões norte, central e sul dos aquários (percentuais de ocupação variáveis entre $24,7\%$ e $40,7\%$) (Tabela 7-3 e Fig. 7-11). Também foi verificado um padrão de normalidade (sem hiperatividade, paralisação ou redução metabólica) no que tange ao comportamento dos animais (Fig. 7-12).

TESTES NÃO ACUMULATIVOS - FÊMEAS JUVENIS

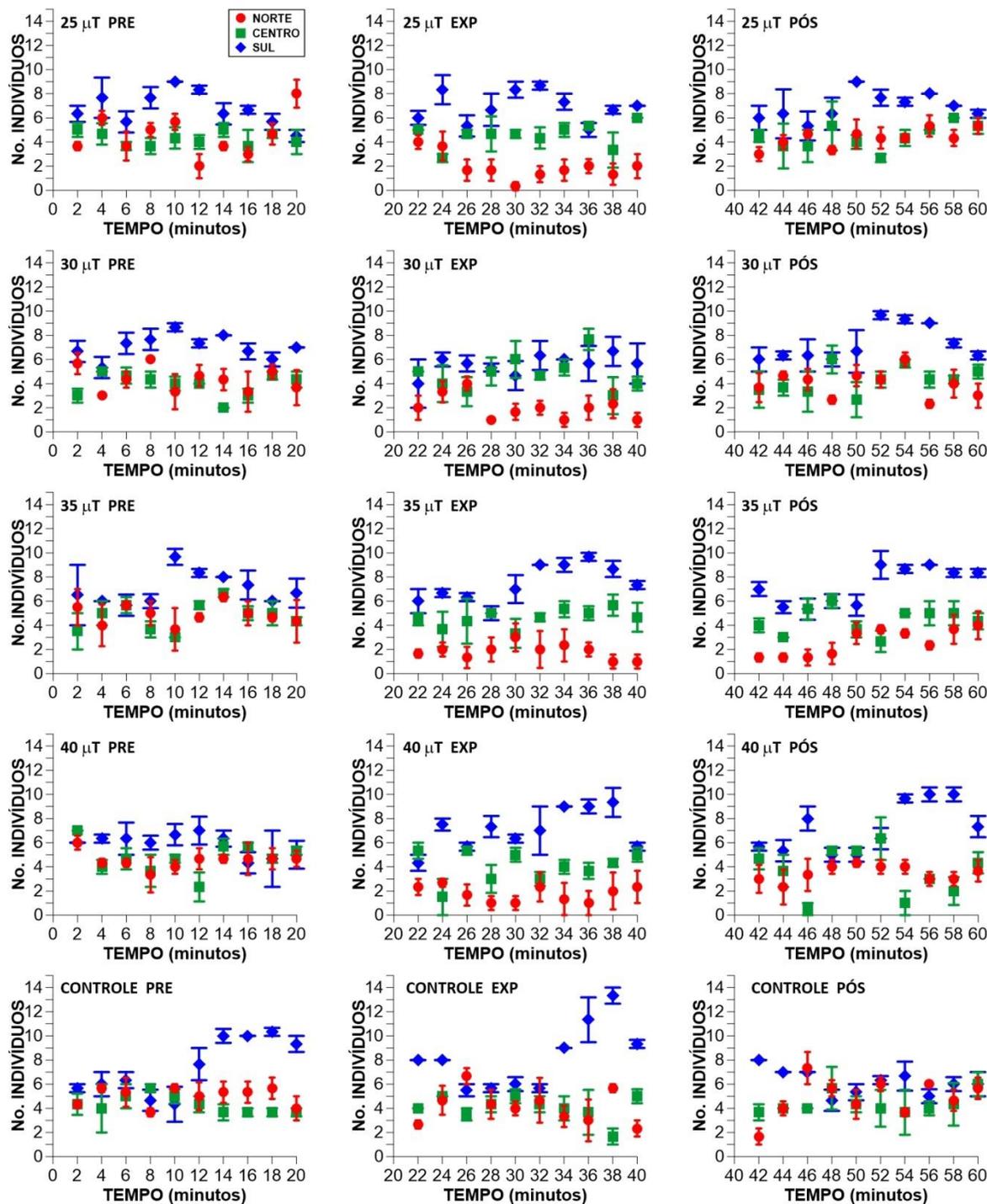


Figura 7-12. Número de indivíduos (media \pm EP) ocupando as regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes não acumulados para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Fêmeas juvenis.

7.3.1.3 - Efeito não acumulado do campo magnético sobre fêmeas adultas

Os resultados dos testes dos efeitos não acumulados do campo magnético sobre o grupo das fêmeas adultas revelaram sua preferência pela ocupação também pela área sul dos aquários (Tabela 7-4 e Fig. 7-13).

Os percentuais médios de ocupação para esta área, durante a fase de exposição ao campo magnético (EXP) variaram de $56,9 \pm 3,8\%$ a $61,3 \pm 4,6\%$ com valores extremos de 54,0% (R1/B1) a 64,0% (R2/D2 e R3/D3) (Tabela 7-4). A maior ocupação, desta área, começava no início da fase EXP, mantendo-se até o final da mesma, e em alguns casos perdurava até o final da POS (por conta do comportamento de paralisação) como ocorreu em R3/D3 e R2/D2. Essa observação (maiores percentuais de ocupação da área sul) foi constatada em todos os níveis de todas as repetições conforme se observa na Tabela 7-4 e Fig. 7-14.

Tabela 7-4. Percentual médio de ocupação das áreas norte, central e sul dos aquários por fêmeas adultas de camarões *L. vannamei* submetidos a intensidades específicas de campo magnético artificial, durante as fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS). Réplicas R1, R2 e R3 e valores médios e desvio padrão (DP). Exposição não acumulativa.

FÊMEAS ADULTAS NÃO ACUMULATIVA		NORTE			CENTRAL			SUL		
		PRE	EXP	POS	PRE.	EXP	POS	PRE	EXP	POS
RÉPLICA R1	25 μ T / A1	32,7	16,0	33,3	29,3	29,3	28,0	38,0	54,7	38,7
	30 μ T / B1	30,7	15,3	34,0	32,0	30,7	28,7	37,3	54,0	37,3
	35 μ T / C1	28,0	19,3	33,3	32,0	25,3	24,7	40,0	55,3	42,0
	40 μ T / D1	30,7	16,7	19,3	32,0	27,3	32,0	37,3	56,0	48,7
	CONTROLE	28,0	26,0	28,7	33,3	35,3	31,3	38,7	38,7	40,0
RÉPLICA R2	25 μ T / A2	34,7	14,0	30,0	30,7	24,0	31,3	34,7	62,0	38,7
	30 μ T / B2	33,3	12,0	28,7	30,0	28,7	28,0	36,7	59,3	43,3
	35 μ T / C2	21,3	14,7	32,0	37,3	24,7	30,0	41,3	60,7	38,0
	40 μ T / D2	36,7	15,3	20,0	28,7	20,7	13,3	34,7	64,0	66,7
	CONTROLE	32,0	21,3	33,3	30,0	38,7	32,0	38,0	40,0	34,7
RÉPLICA R3	25 μ T / A3	32,0	14,7	30,0	30,0	25,3	28,0	38,0	60,0	42,0
	30 μ T / B3	33,3	12,0	23,3	33,3	30,7	32,7	33,3	57,3	44,0
	35 μ T / C3	31,3	7,3	22,7	30,0	26,7	32,0	38,7	66,0	45,3
	40 μ T / D3	30,0	6,7	13,3	30,7	29,3	20,0	39,3	64,0	66,7
	CONTROLE	37,3	34,7	21,3	31,3	31,3	46,0	31,3	34,0	32,7
MÉDIA / DP	25 μ T	33,1/1,4	14,9/1,0	31,1/1,9	30,0/0,7	26,2/2,8	29,1/1,9	36,9/1,9	58,9/3,8	39,8/1,9
	30 μ T	32,4/1,5	13,1/1,9	28,7/5,4	31,8/1,7	30,0/1,2	29,8/2,5	35,8/2,2	56,9/2,7	41,5/3,7
	35 μ T	26,9/5,1	13,8/6,1	29,3/5,8	33,1/3,8	25,6/1,0	28,9/3,8	40,0/1,3	60,7/5,4	41,8/3,7
	40 μ T	32,5/3,7	12,9/5,4	17,5/3,7	30,5/1,7	25,8/4,5	21,8/9,5	37,1/2,3	61,3/4,6	60,7/10,4
	CONTROLE	32,4/4,7	27,3/6,8	27,8/6,1	31,5/1,7	35,1/3,7	36,4/8,3	36,0/4,1	37,6/3,2	35,8/3,8

TESTES NÃO ACUMULATIVOS - FÊMEAS ADULTAS

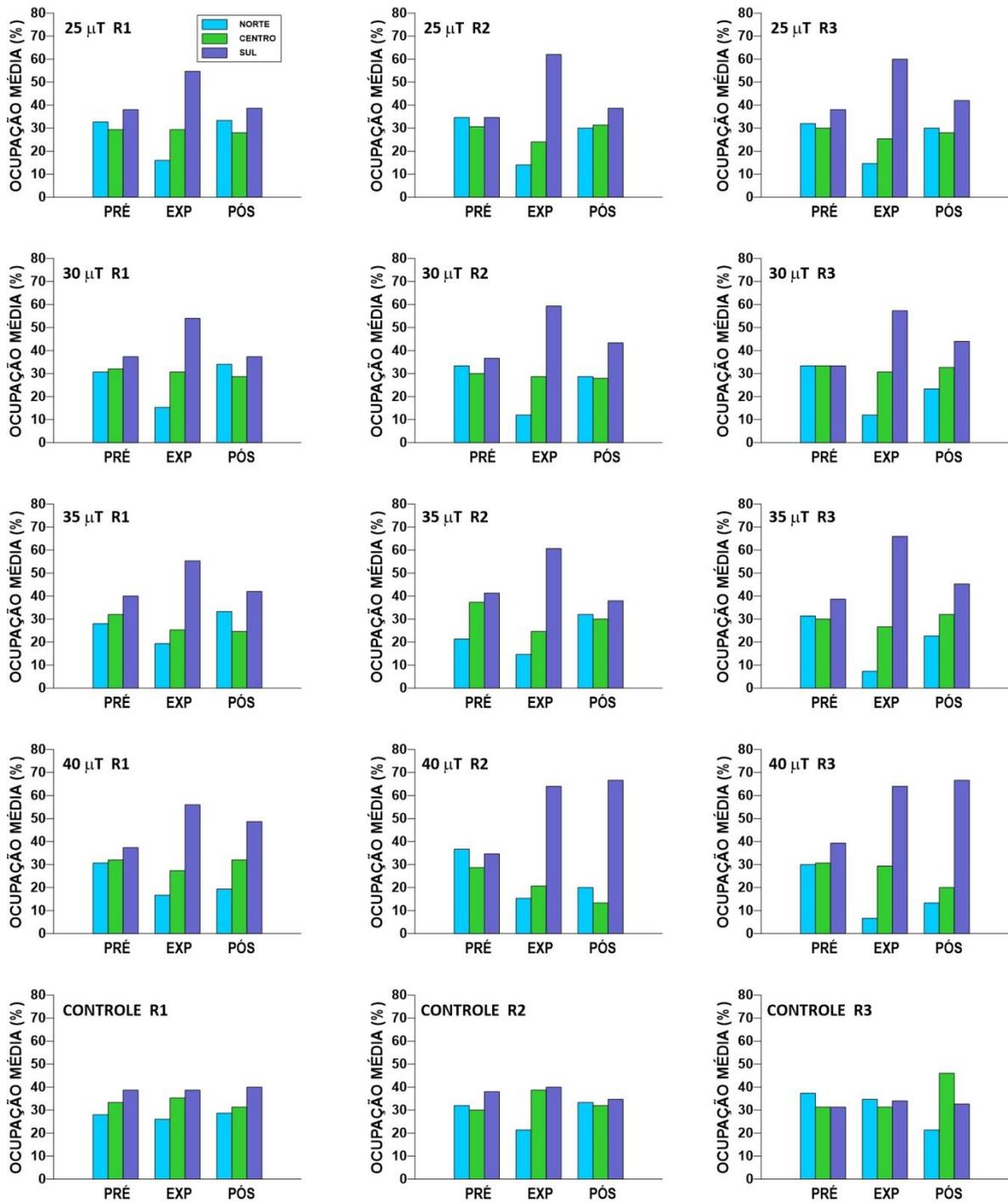


Figura 7-13. Percentual de ocupação das regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes não acumulados (Repetições R1, R2 e R3) para os níveis de 25, 30, 35, 40 μT, incluindo grupo controle. Fêmeas adultas.

As fêmeas adultas demonstraram resposta ao estímulo magnético já nas exposições para o nível mais baixo de campo magnético testado ($25\mu\text{T}$), deslocando-se para a área sul dos aquários, poucos minutos após o acionamento das bobinas. Os percentuais de ocupação desta região dos aquários atingiu 62,0% na fase de exposição (R2/A2; Fig. 7-14). Um único evento de paralisação foi verificado para este nível de campo em R1/A1, no último minuto da fase POS.

Sob efeito de um campo magnético de intensidade de $30\mu\text{T}$, as fêmeas adultas igualmente apresentaram uma preferência de ocupação da região sul dos aquários, com percentuais de ocupação, próximos àqueles observados nos efeitos dos campos de $25\mu\text{T}$ (valores máximos de 59,3% em R2/B2) (Tabela 7-4; Fig. 7-14). Sob esta intensidade de campo magnético, paralisação de fêmeas adultas só foi verificada no último minuto da fase de pós-exposição para as réplicas R1 e R2.

Sob exposição a um campo magnético de intensidade de $35\mu\text{T}$, outra vez percebeu-se a preferência das fêmeas adultas em ocupar a porção sul dos aquários testes durante a fase de exposição (EXP) nas três repetições (R1, R2 e R3). O percentual médio de ocupação para a este nível de campo durante a fase EXP foi de $60,7\pm 5,4\%$ chegando a 66,0% em R3/C3, portanto, não muito diferente daquele registrado para os dois níveis analisados anteriormente ($25\mu\text{T}$ e $30\mu\text{T}$). Paralisação de fêmeas adultas (Fig. 7-14) foi observada em todas as repetições, sempre no último minuto da fase posterior do experimento (POS)

Sob um campo magnético de $40\mu\text{T}$, as fêmeas adultas igualmente apresentaram preferência de ocupação pela região sul do campo a partir do momento de acionamento das bobinas, com percentuais de ocupação desta área não muito distinto daqueles observados para os níveis mais baixo (máximo de 64,0% na fase EXP de R2/D2 e R3/D3) (Fig. 7-14). Sob este nível observou-se comportamento de paralisação (em R1, R2 e R3) desde os minutos finais da fase de exposição (EXP) até os minutos finais da de pós-exposição (POS), quando então as fêmeas adultas passavam a apresentar comportamento de redução metabólica. No caso de R3/D3, a paralisação perdurou mesmo após POS, só voltando a normalizar cerca de 13 minutos mais tarde.

Os camarões do grupo controle em todas as repetições apresentaram uma distribuição menos gregária, com uma ocupação mais homogênea das três áreas do aquário com uma ocupação média para as áreas norte, central e sul de respectivamente $27,3\pm 6,8\%$; $35,1\pm 3,7\%$ e $37,6\pm 3,2\%$ para os 20 minutos centrais do intervalo de 1h de observação.

TESTES NÃO ACUMULATIVOS - FÊMEAS ADULTAS

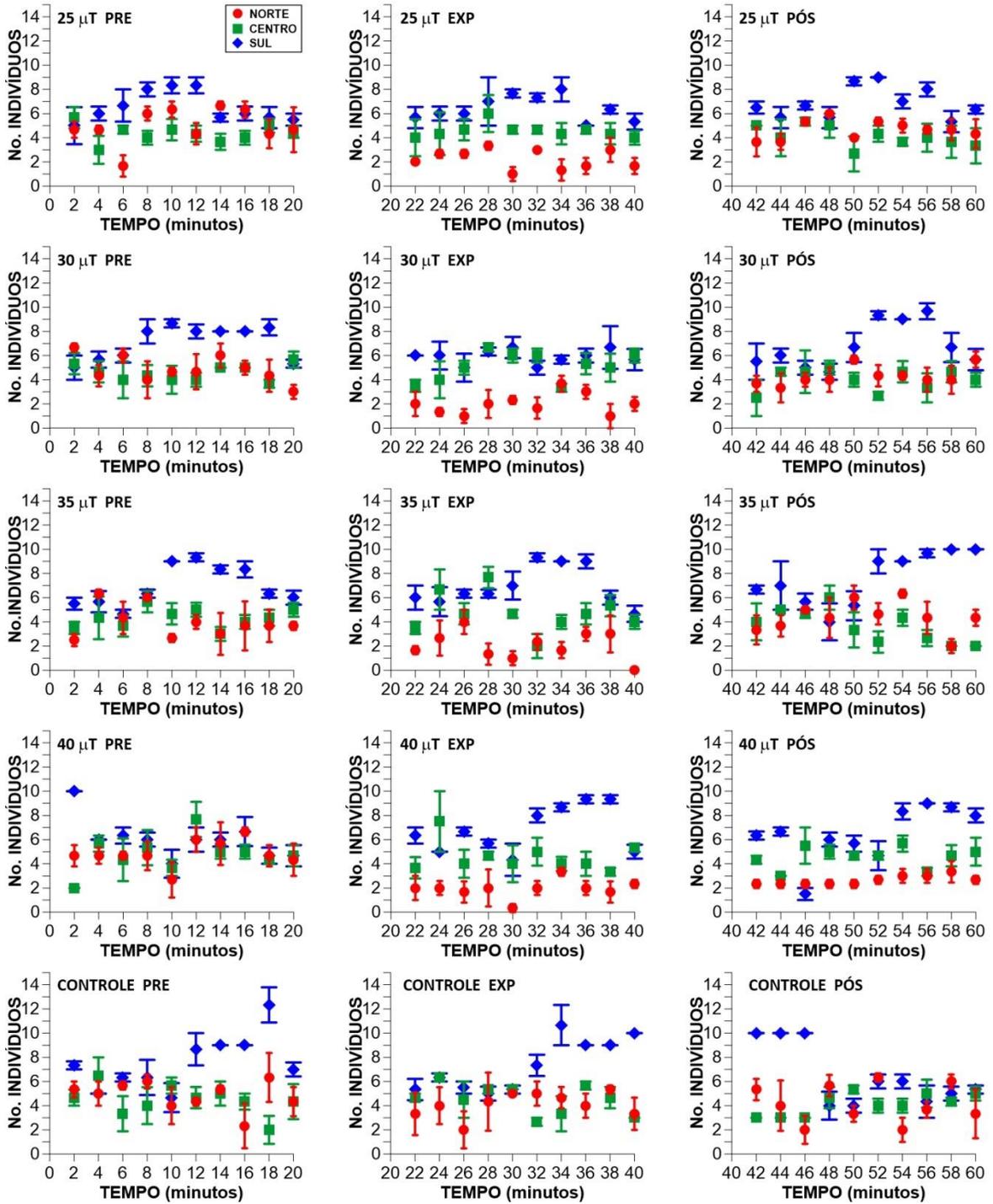


Figura 7-14. Número de indivíduos (média ± DP) ocupando as regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes não acumulados para os níveis de 25, 30, 35, 40 μT, incluindo grupo controle. Fêmeas adultas.

7.3.1.4- Efeito não acumulado do campo magnético sobre machos juvenis

O tratamento não acumulado utilizou diferentes grupos camarões para cada nível de campo magnético e suas repetições (grupos A, B, C e D das repetições R1, R2 e R3). Todos eles e em todos os níveis de campo e repetição, excluindo-se os grupos controle, apresentaram afinidade pela área sul do campo magnético, correspondente à região sul dos aquários teste (Tabela 7-5; Fig. 7-15).

Durante a exposição dos machos juvenis a intensidades de campo magnético de 25μT os mesmos tenderam a se deslocar e a se concentrarem na região sul dos aquários durante a fase de exposição (EXP). O grupo C3 (35μT de R3) apresentou um percentual de ocupação da área sul de 76,0%, na fase de exposição (EXP) sendo esta a maior densidade de ocupação de uma região específica, apresentado pelos machos juvenis (Tabela 7-5 e Fig. 7-16).

Tabela 7-5. Percentual médio de ocupação das áreas norte, central e sul dos aquários por machos juvenis de camarões *L. vannamei* submetidos a intensidades específicas de campo magnético artificial, durante as fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS). Réplicas R1, R2 e R3 e valores médios e desvio padrão (DP). Exposição não acumulativa.

MACHOS JUVENIS NÃO ACUMULATIVA		NORTE			CENTRAL			SUL		
		PRE	EXP	POS	PRE.	EXP	POS	PRE	EXP	POS
RÉPLICA R1	25μT / A1	36,7	12,7	36,0	32,0	30,0	26,7	31,3	57,3	37,3
	30μT / B1	32,0	10,7	25,3	30,0	31,3	31,3	38,0	58,0	43,3
	35μT / C1	23,3	6,7	30,0	38,7	34,0	30,7	38,0	59,3	39,3
	40μT / D1	26,7	8,7	20,0	35,3	30,0	34,0	38,0	61,3	46,0
	CONTROLE	32,0	32,7	38,7	30,0	38,0	30,7	38,0	29,3	30,7
RÉPLICA R2	25μT / A2	30,0	7,3	30,0	32,0	31,3	28,0	38,0	61,3	42,0
	30μT / B2	22,0	12,7	32,0	38,7	26,0	27,3	39,3	61,3	40,7
	35μT / C2	28,0	10,0	20,7	35,3	24,7	28,7	36,7	65,3	50,7
	40μT / D2	31,3	14,7	12,7	33,3	24,0	32,0	35,3	61,3	55,3
	CONTROLE	31,3	37,3	24,7	31,3	26,0	32,7	37,3	36,7	42,7
RÉPLICA R3	25μT / A3	33,3	9,3	30,0	34,0	29,3	26,7	32,7	61,3	43,3
	30μT / B3	28,0	13,3	24,7	34,0	22,0	32,0	38,0	64,7	43,3
	35μT / C3	36,7	7,3	20,0	34,7	16,7	23,3	28,7	76,0	56,7
	40μT / D3	41,3	8,0	6,0	32,0	17,3	34,7	26,7	74,7	59,3
	CONTROLE	33,3	30,7	39,3	28,7	28,0	31,3	38,0	41,3	29,3
MÉDIA / DP	25μT	33,3/3,4	9,8/2,7	32,0/3,5	32,7/1,2	30,2/1,0	27,1/0,8	34,0/3,5	60,0/2,3	40,9/3,2
	30μT	27,3/5,0	12,2/1,4	27,3/4,1	34,2/4,4	26,4/4,7	30,2/2,5	38,4/0,8	61,3/3,4	42,4/1,5
	35μT	29,3/6,8	8,0/1,8	23,6/5,6	36,2/2,2	25,1/8,7	27,6/3,8	34,5/5,0	66,9/8,5	48,9/8,8
	40μT	33,1/7,5	10,5/3,7	12,9/7,0	33,5/1,7	23,8/6,4	33,6/1,4	33,3/5,9	65,8/7,7	53,5/6,8
	CONTROLE	32,2/1,0	33,6/3,4	34,2/8,3	30,0/1,3	30,7/6,4	31,6/1,0	37,8/0,4	35,8/6,1	34,2/7,4

TESTES NÃO ACUMULATIVOS - MACHOS JUVENIS

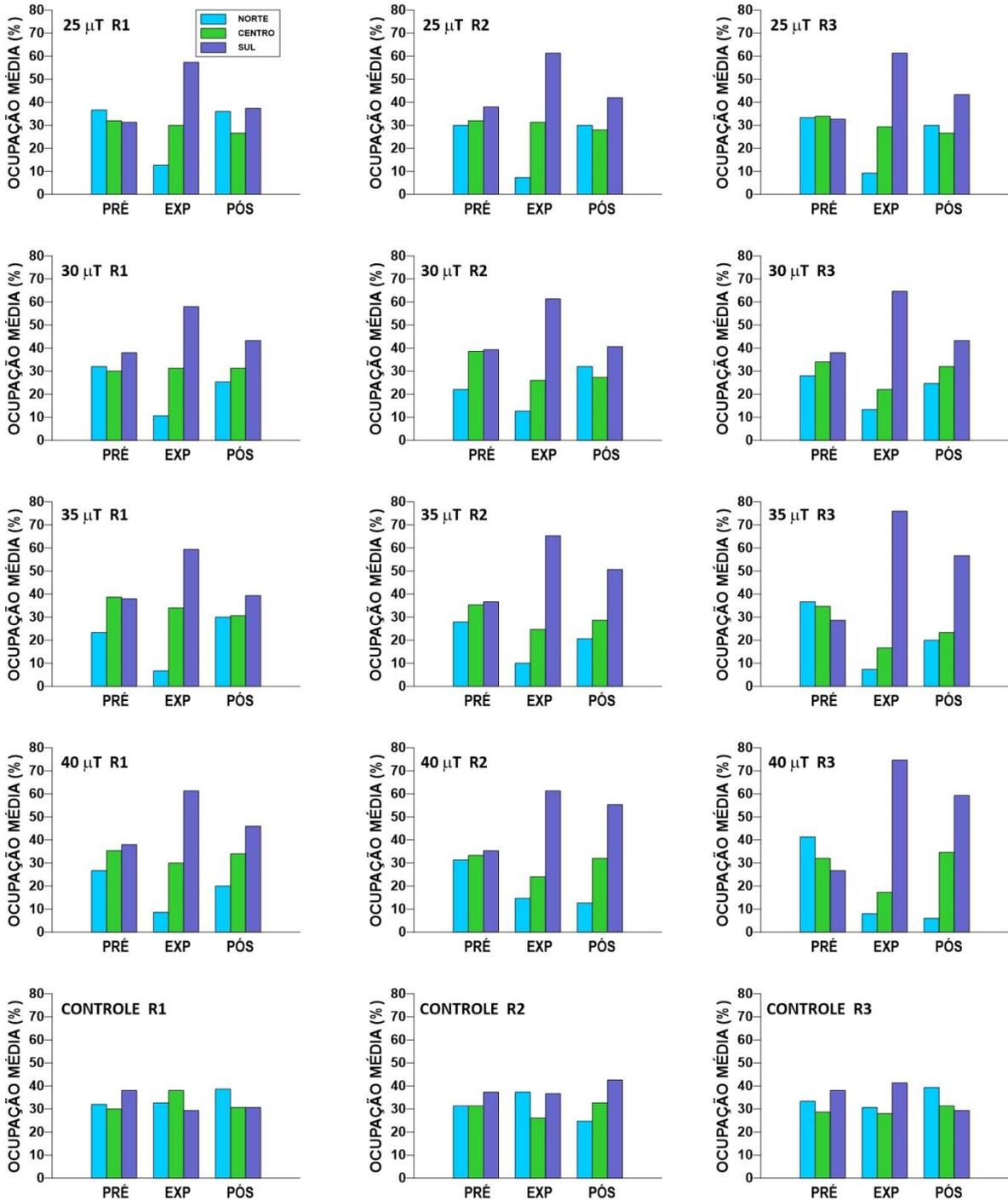


Figura 7-15. Percentual de ocupação das regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes não acumulados (Repetições R1, R2 e R3) para os níveis de 25, 30, 35, 40μT, incluindo grupo controle. Machos juvenis.

É importante destacar que os machos juvenis submetidos a campos magnéticos artificiais de intensidade de 25, 30, 35 e 40 μT embora não tenham sofrido paralisação, todos apresentaram sintomas de redução de atividade para todos os níveis de exposição e repetição.

Os percentuais de ocupação da região sul do campo de intensidade de 25 μT em R2/A2 e R3/A3 foi de 61,3% (Tabela 7-5 e Fig. 7-16). Observa-se um ligeiro aumento no número de animais concentrado na região sul dos aquários durante a fase de exposição (EXP) para este nível. Não foi observada paralisação de machos juvenis, apenas a redução de suas atividades ao final da fase de pós-exposição (POS).

Nos experimentos de exposição de machos juvenis a uma intensidade de campo magnético de 30 μT , os resultados obtidos se assemelharam àqueles obtidos na exposição a 25 μT com um percentual máximo de ocupação da região sul dos aquários de 64,7% durante a fase de exposição e redução das atividades dos indivíduos testados ao final da fase de pós-exposição (POS), exceto para o grupo R3/B3 que apresentou nível de atividade normal (Fig. 7-16).

Nas exposições a intensidade de campo magnético de 35 μT , observou-se novamente o deslocamento durante a fase de exposição e a maior afinidade dos organismos testados pela região sul dos aquários. O valor percentual máximo de concentração de indivíduos machos juvenis foi de 76,0%, observados em R3/C3. Em termos de comportamento, observou-se apenas a redução da atividade, sempre no final da fase de exposição (EXP) e estendendo-se por toda a fase de pós-exposição (POS).

Quando submetidos a um campo magnético de intensidade de 40 μT , os camarões machos juvenis continuaram a apresentar maior afinidade pela região sul do campo induzido pelas bobinas (Fig. 7-16), com um percentual máximo de ocupação desta área de 74,7% (R3/D3). Os machos juvenis expostos a esse nível não apresentaram sintomas de paralisação, embora tenham apresentado redução de suas atividades durante as fases de exposição (EXP) e pós-exposição (POS).

Os machos juvenis do grupo controle apresentaram uma distribuição homogênea sobre a área do aquário, e não apresentaram comportamentos de hiperatividade, agressividade ou paralisação (Fig. 7-16).

TESTES NÃO ACUMULATIVOS - MACHOS JUVENIS

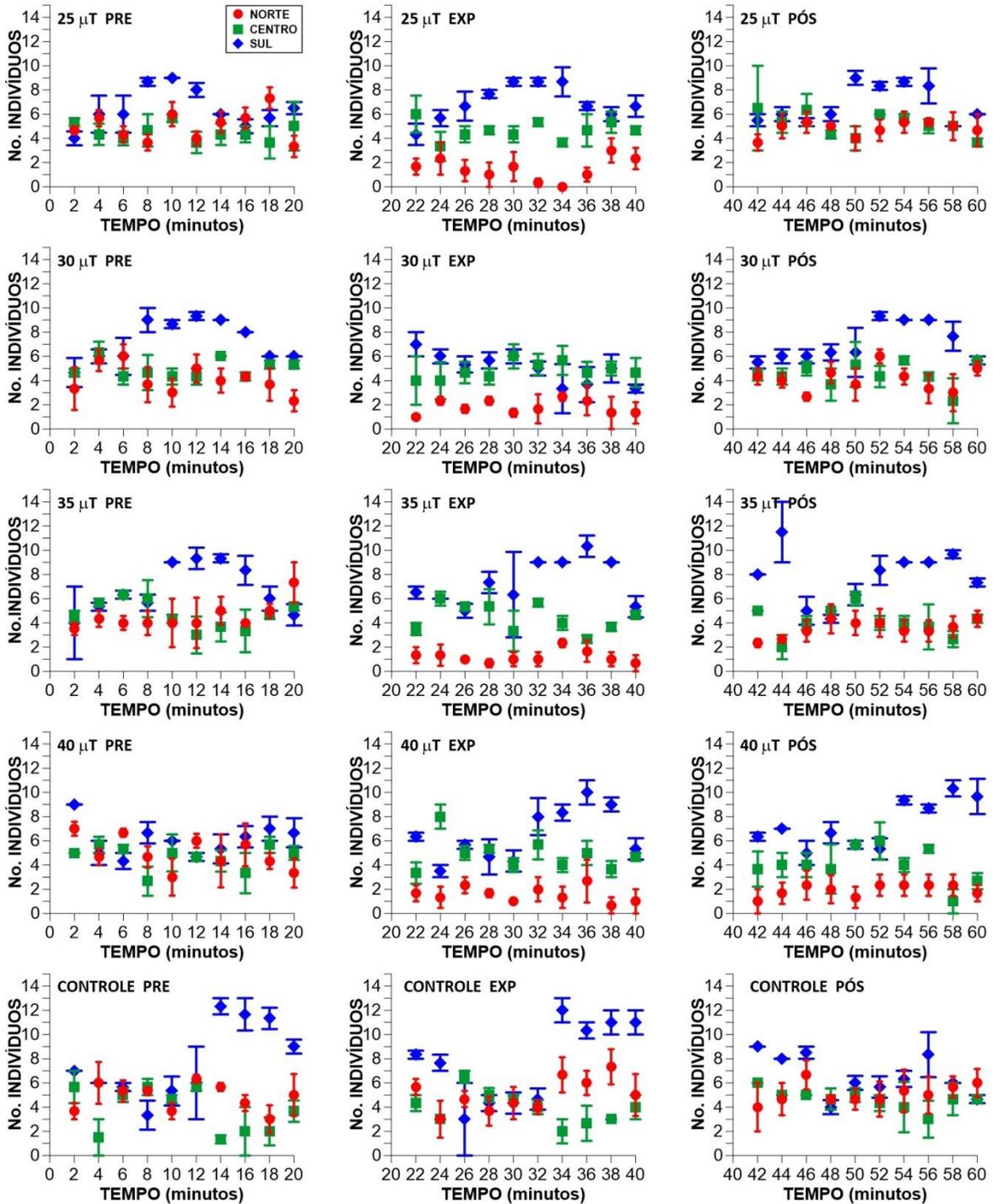


Figura 7-16. Número de indivíduos (media ± EP) ocupando as regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes não acumulados para os níveis de 25, 30, 35, 40µT, incluindo grupo controle. Machos juvenis.

7.3.1.5 - Efeito não acumulado do campo magnético sobre machos adultos

Os resultados dos experimentos dos efeitos do campo magnético sobre machos adultos, conduzidos de forma não acumulativa são sumarizados na Tabela 7-6 e Figuras 7-17 e 7-18.

Os machos adultos de *L. vannamei* mostraram uma maior afinidade pela região sul dos campos magnéticos a que foram submetidos, com percentuais de ocupação desta região durante a fase de exposição (EXP) que variaram entre 54,7% e 72,7% (Tabela 7-6 e Fig. 7-18).

Eventos comportamentais de redução de atividade e paralisação ocorreram em todas as repetições (R1, R2 e R3), no entanto, em R1/D1, R2/D2 e R3/D3 (40 μ T) a paralisação foi mais expressiva, ocorrendo desde a fase de exposição até os últimos minutos da fase de pós-exposição, com normalização do comportamento cerca de 20 minutos após o experimento (Figs. 7-18).

Tabela 7-6. Percentual médio de ocupação das áreas norte, central e sul dos aquários por machos adultos de camarões *L. vannamei* submetidos a intensidades específicas de campo magnético artificial, durante as fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS). Réplicas R1, R2 e R3 e valores médios e desvio padrão (DP). Exposição não acumulativa.

MACHOS ADULTOS NÃO ACUMULATIVA		NORTE			CENTRAL			SUL		
		PRE	EXP	POS	PRE.	EXP	POS	PRE	EXP	POS
RÉPLICA R1	25 μ T / A1	37,3	18,0	30,7	28,0	27,3	28,7	34,7	54,7	40,7
	30 μ T / B1	31,3	14,7	12,0	34,7	28,0	40,7	34,0	57,3	47,3
	35 μ T / C1	20,7	13,3	20,0	38,0	28,0	37,3	41,3	58,7	42,7
	40 μ T / D1	29,3	8,0	8,7	35,3	30,7	32,7	35,3	61,3	58,7
	CONTROLE	32,0	30,7	26,7	30,7	36,7	34,0	37,3	32,7	39,3
RÉPLICA R2	25 μ T / A2	27,3	11,3	28,0	34,7	28,0	31,3	38,0	60,7	40,7
	30 μ T / B2	24,0	14,0	22,0	34,0	25,3	30,7	42,0	60,7	47,3
	35 μ T / C2	26,7	14,0	28,0	31,3	23,3	30,0	42,0	62,7	42,0
	40 μ T / D2	26,7	7,3	6,7	34,0	27,3	26,7	39,3	65,3	66,7
	CONTROLE	34,7	35,3	35,3	33,3	28,0	28,0	32,0	36,7	36,7
RÉPLICA R3	25 μ T / A3	33,3	14,7	28,7	34,0	28,0	32,0	32,7	57,3	39,3
	30 μ T / B3	30,0	12,0	20,0	30,7	26,0	27,3	39,3	62,0	52,7
	35 μ T / C3	27,3	12,0	23,3	32,0	23,3	29,3	40,7	64,7	47,3
	40 μ T / D3	35,3	8,7	6,7	27,3	18,7	20,0	37,3	72,7	73,3
	CONTROLE	40,0	36,7	34,7	28,7	29,3	28,7	31,3	34,0	36,7
MÉDIA / DP	25 μ T	32,6/5,0	14,7/3,4	29,1/1,4	32,2/3,7	27,8/0,4	30,7/1,7	35,1/2,7	57,6/3,0	40,2/0,8
	30 μ T	28,4/3,9	13,6/1,4	18,0/5,3	33,1/2,1	26,4/1,4	32,9/7,0	38,4/4,1	60,0/2,4	49,1/3,1
	35 μ T	24,9/3,6	13,1/1,0	23,8/4,0	33,8/3,7	24,9/2,7	32,2/4,4	41,3/0,7	62,0/3,1	44,0/2,9
	40 μ T	30,4/4,4	8,0/0,7	7,4/1,2	32,2/4,3	25,6/6,2	26,5/6,4	37,3/2,0	66,4/5,8	66,2/7,3
	CONTROLE	35,6/4,1	34,2/3,1	32,2/4,8	30,9/2,3	31,3/4,7	30,2/3,3	33,5/3,3	34,5/2,0	37,6/1,5

TESTES NÃO ACUMULATIVOS - MACHOS ADULTOS

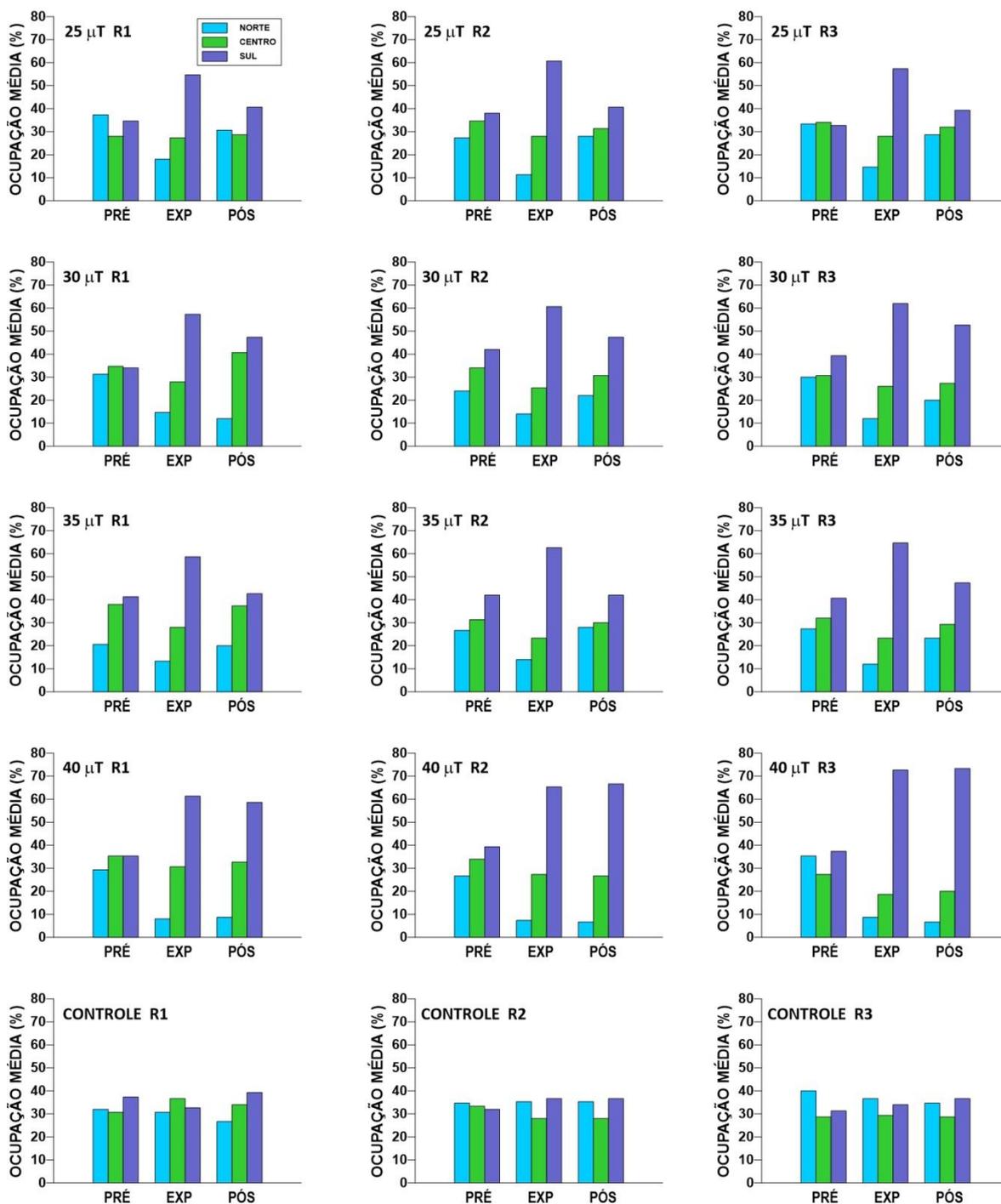


Figura 7-17. Percentual de ocupação das regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e PÓS. Testes não acumulados (Repetições R1, R2 e R3) para os níveis de 25, 30, 35, 40 μT, incluindo grupo controle. Machos adultos.

Para exposições de campo magnético de intensidade de 25 μ T verificou-se que os camarões machos adultos iniciavam a movimentação em direção para a região sul do campo tão logo o mesmo era acionado. O percentual máximo de ocupação desta região registrado foi de 60,7% durante a fase de exposição, em R2 (Tabela 7-6; Fig. 7-17). Sob exposição a esse nível de campo magnético, os camarões mantiveram praticamente o seu comportamento normal, por vezes apresentando uma ligeira redução da atividade ao final da fase de pós-exposição (POS). Neste nível, a única paralisação observada foi em R1 (final da fase POS).

Os resultados observados durante os testes em que os machos adultos de *L. vannamei* foram expostos a um campo magnético de intensidade de 30 μ T, foram semelhantes àqueles obtidos durante as exposições a um campo de 25 μ T de intensidade, qual seja, preferência dos machos adultos pela região sul do campo magnético, em todas as réplicas. Esta tendência aparecia já ao início da fase de exposição (EXP) com 62,0% dos organismos teste concentrados na região sul do aquário em R3. Apenas nesta repetição deste nível, não houve paralisação no final da fase de pós-exposição POS (Fig. 7-18).

Nos testes com nível de campo magnético de 35 μ T observou-se novamente uma maior concentração (até 64,7%) de machos adultos de *L. vannamei* n região sul do campo, durante a fase de exposição. Apenas no final da fase de pós-exposição (POS) foi observada paralisação de machos adultos nas réplicas R1 e R2, mas não na réplica R3.

Finalmente imprimindo 40 μ T sob os animais, os percentuais de ocupação na EXP da área sul atingem uma maior expressividade com até 72,7% (em R3/D3) (Fig. 7-17). A migração se dá no início do acionamento do campo. Em R2 no primeiro minuto da EXP – Sul, a ocupação nesta área passa de 3 para 12 animais (Fig. 7-18). A paralisação ocorreu em todas as repetições deste nível, entretanto em R3 ela perdurou por toda POS, mantendo inclusive o numero de animais nos três setores inalterados.

O grupo controle permaneceu homogeneamente distribuído por toda a superfície do aquário (Fig. 7-17). Os percentuais de ocupação geral para uma área específica do aquário neste grupo variou de 26,7% a 40,0%.

TESTES NÃO ACUMULATIVOS - MACHOS ADULTOS

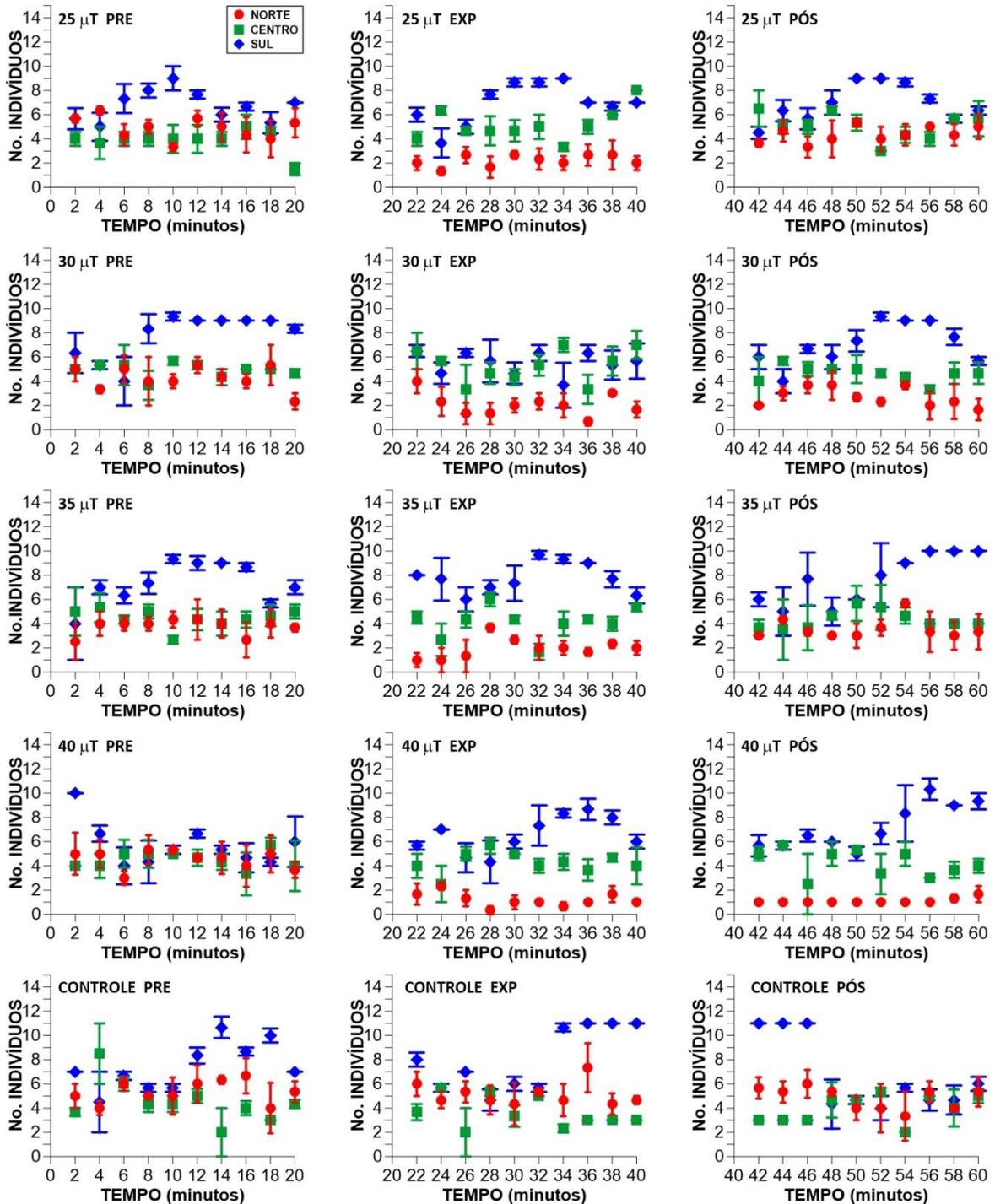


Figura 7-18. Número de indivíduos (media ± EP) ocupando as regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes não acumulados para os níveis de 25, 30, 35, 40μT, incluindo grupo controle. Machos adultos.

7.3.2 Efeito acumulativo do campo magnético sobre camarões

7.3.2.1 Efeito acumulado do campo magnético sobre pós-larvas.

Pós-larvas de *L. vannamei* (PL36) de uma forma geral, apresentaram preferências pela região norte do campo magnético para todos os níveis e repetições dos experimentos, com uma ocupação média desta região variando de 54,0±13,25% a 58,9±3,1% durante as exposições a campos magnéticos de 25µT a 40 µT (Tabela 7-7; Figuras 7-19 e 7-20).

Exposições a campo de 25µT de intensidade resultaram em um percentual de ocupação da região norte do campo de até 59,3% durante a fase de exposição na réplica R3 (Tabela 7-7 e Fig. 7-19). Para este nível o comportamento de paralisação não foi observado.

Tabela 7-7. Percentual médio de ocupação das áreas norte, central e sul dos aquários por pós-larvas de camarões *L. vannamei* submetidos a intensidades específicas de campo magnético artificial, durante as fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS). Réplicas R1, R2 e R3 e valores médios e desvio padrão (DP). Exposição acumulativa.

PÓS-LARVAS ACUMULATIVA		NORTE			CENTRAL			SUL		
		PRE	EXP	POS	PRE.	EXP	POS	PRE	EXP	POS
RÉPLICA R1	25µT / A1	40,0	55,3	58,7	12,7	10,0	12,0	47,3	34,7	29,3
	30µT / B1	40,0	39,3	50,0	32,0	27,3	26,0	28,0	33,3	24,0
	35µT / C1	46,7	39,3	50,7	28,7	28,0	30,0	24,7	32,7	19,3
	40µT / D1	44,7	60,7	53,3	26,0	29,3	40,0	29,3	10,0	6,7
	CONTROLE	38,0	54,0	54,0	18,0	15,3	18,7	44,0	30,7	27,3
RÉPLICA R2	25µT / A2	36,7	53,3	64,0	20,0	24,7	18,0	43,3	22,0	18,0
	30µT / B2	46,7	58,0	44,7	32,7	24,0	28,7	20,7	18,0	26,7
	35µT / C2	45,3	58,7	60,7	34,0	28,0	19,3	20,7	13,3	20,0
	40µT / D2	44,0	55,3	53,3	28,0	30,7	33,3	28,0	14,0	13,3
	CONTROLE	37,3	39,3	36,7	31,3	30,0	29,3	31,3	30,7	34,0
RÉPLICA R3	25µT / A3	38,0	59,3	36,0	28,0	22,0	30,0	34,0	18,7	20,7
	30µT / B3	44,0	64,7	54,0	34,0	26,7	27,3	22,0	8,7	18,7
	35µT / C3	49,3	67,3	58,7	29,3	22,0	26,0	21,3	10,7	15,3
	40µT / D3	52,0	60,7	60,0	29,3	30,7	33,3	18,7	8,7	6,7
	CONTROLE	44,0	42,7	37,3	28,0	26,7	29,3	28,0	30,7	33,3
MÉDIA / DP	25µT	38,2/1,7	56,0/3,1	52,9/14,9	20,2/7,7	18,9/7,8	20,0/9,2	41,5/6,8	25,1/8,4	22,7/5,9
	30µT	43,6/3,4	54,0/13,2	49,6/4,7	32,9/1,0	26,0/1,8	27,3/1,4	23,6/3,9	20,0/12,4	23,1/4,1
	35µT	47,1/2,0	55,1/14,3	56,7/5,3	30,7/2,9	26,0/3,5	25,1/5,4	22,2/2,2	18,9/12,0	18,2/2,5
	40µT	46,9/4,4	58,9/3,1	55,5/3,9	27,8/1,7	30,2/0,8	35,5/3,9	25,3/5,8	10,9/2,8	8,9/3,8
	CONTROLE	39,8/3,7	45,3/7,7	42,7/9,8	25,8/6,9	24,0/7,7	25,8/6,1	34,4/8,4	30,7/0,0	31,5/3,7

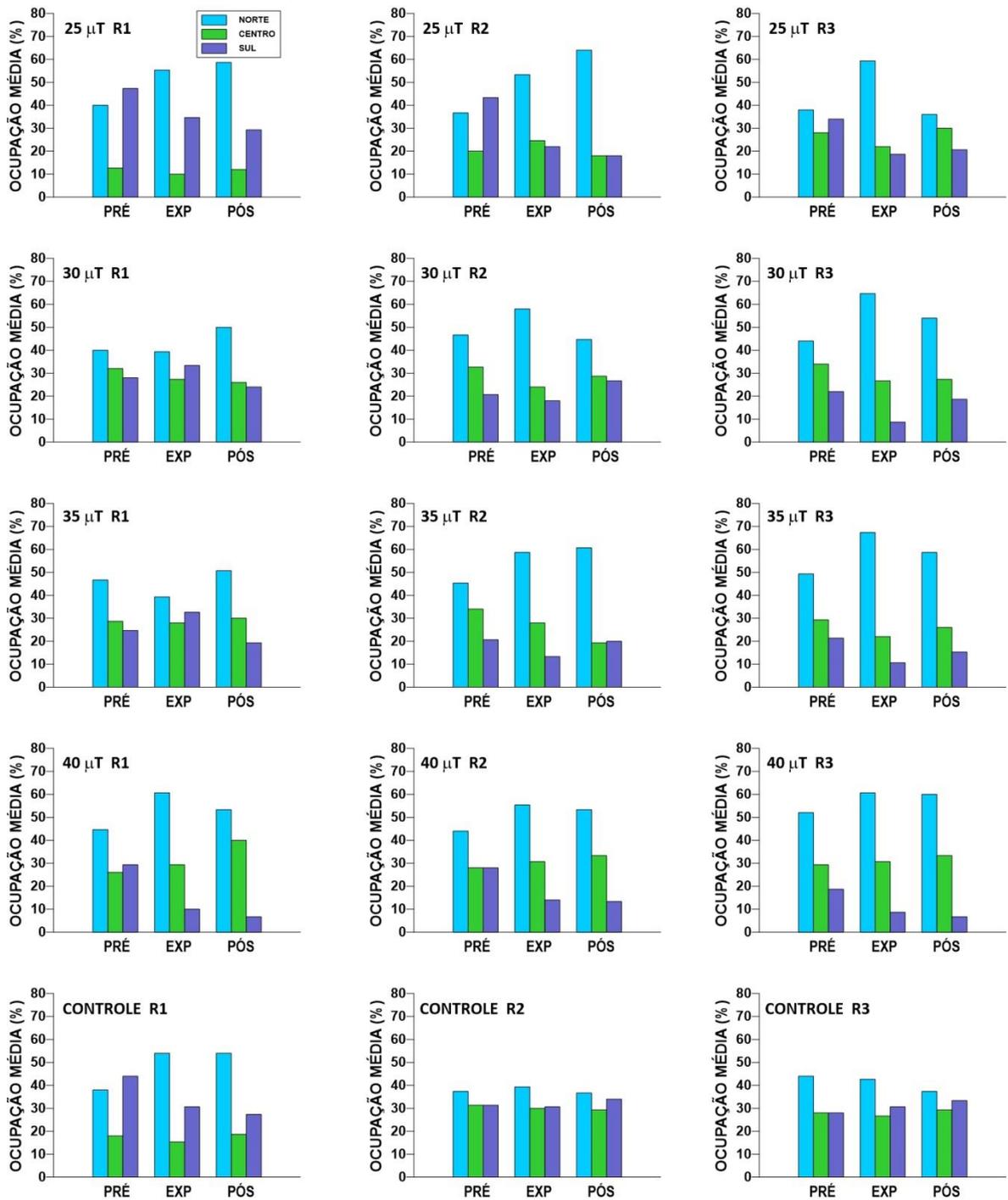


Figura 7-19. Percentual de ocupação das regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes acumulados (Repetições R1, R2 e R3) para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Pós-larvas.

Quando submetidos a um campo de 30 μ T os percentuais de ocupação do setor norte dos aquários pelas pós-larvas atingiu 64,7% durante a fase de exposição para a réplica R3. As pós-larvas não sofreram paralisação sob esta intensidade de campo. Todavia comportamentos hiperativos (na natação) seguidos de baixa atividade foram observados nas três repetições, sempre entre o final da fase de exposição (EXP) e o início da fase de pós-exposição (POS). A redução da atividade de natação/locomoção manteve-se até o final do experimento, normalizando cerca de 15 minutos após a conclusão do mesmo.

Nas exposições a campos de 35 μ T de intensidade, o maior índice percentual de ocupação da região norte do campo foi de 67,3% (R3) (Fig. 7-19), com uma ocupação média de 55,1 \pm 14,3%. Respostas comportamentais de paralisação ocorreram em todas as repetições sob campo de 35 μ T, sempre precedidas por hiperatividade (alteração na natação) e redução de atividade. Na sequência (em R1, R2 e R3), verificou-se o início da hiperatividade durante a fase de exposição, redução da atividade no início da fase de pós-exposição (POS) e paralisação cerca de 4 a 5 minutos após o início desta fase (Fig. 7-20).

Os testes de exposição a campo de intensidade de 40 μ T resultaram no mesmo padrão de resposta para as repetições R1, R2 e R3, com percentuais de ocupação da área norte variável de 55,3% a 60,7% (Tabela 7-7). Valores mínimos de ocupação pelas pós-larvas foram registrados durante a fase de pós-exposição (POS) para as réplicas R1 e R2 para a área sul dos aquários, ambos de 6,7% (Fig. 7-19). Sob esta intensidade de campo magnético, a paralisação foi marcada e ocorreu em todas as repetições sempre durante a fase de exposição, sendo precedida por hiperatividade (saltos e movimentos rápidos) dentro da mesma fase. Para a réplica R2 este comportamento ocorreu 3 minutos após o início da exposição.

No conto geral, o grupo de pós-larvas controle apresentou um padrão de distribuição relativamente homogêneo (Fig. 7-19) com percentuais médios de ocupação para a área sob influência norte do campo magnético terrestre variando de 30,0 \pm 4,8% a 32,0 \pm 3,1% e valores percentuais de ocupação média da área sob influencia sul variando de 30,7 \pm 0,0% a 34,4 \pm 8,4%. Em R1 foram verificados percentuais na área norte, no grupo controle, de até 54% e menores em R2, para a mesma área de 36,7%.

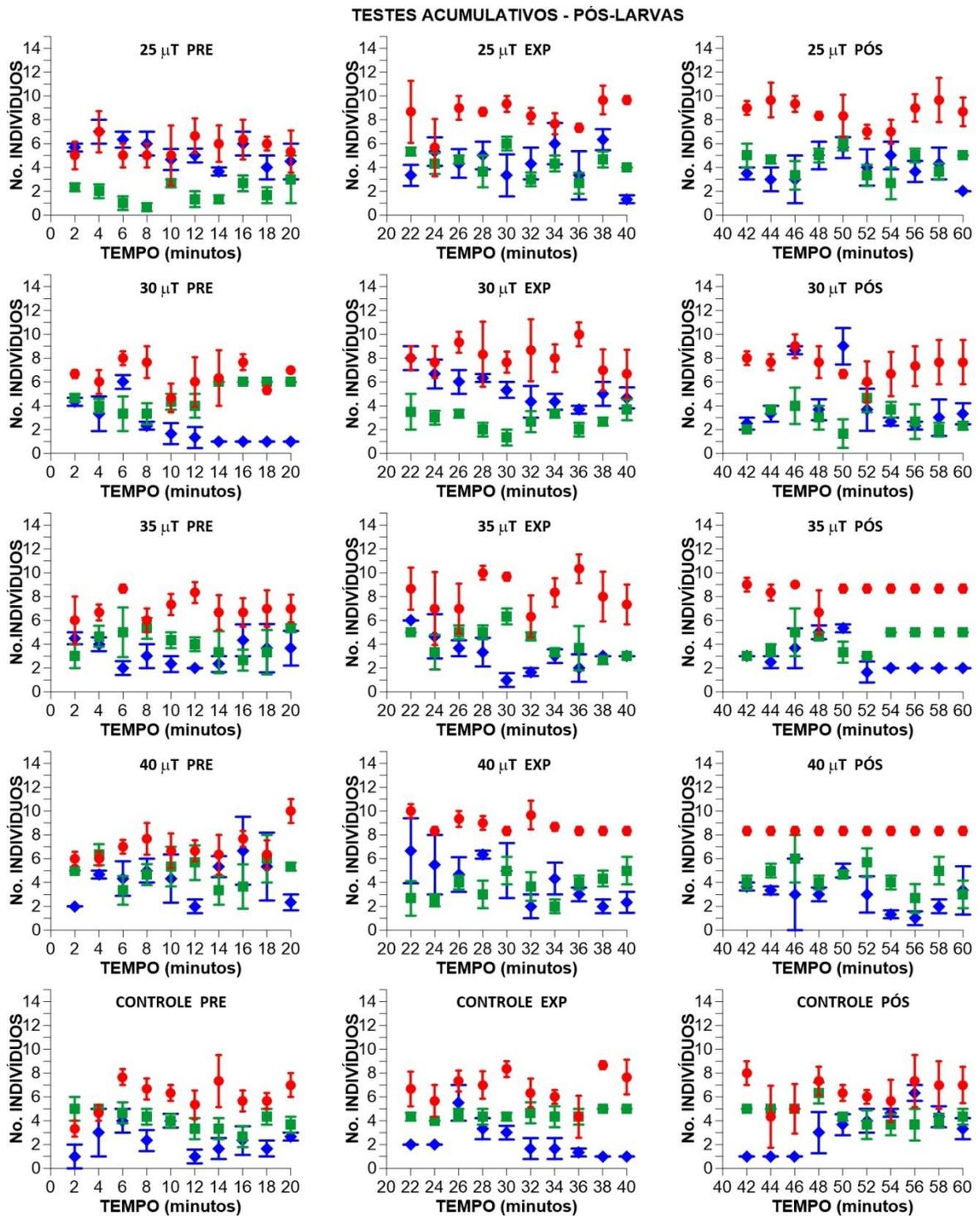


Figura 7-20. Número de indivíduos (média \pm EP) ocupando as regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes acumulados para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Pós-larvas.

7.3.2.2 - Efeito acumulado do campo magnético sobre fêmeas juvenis

Os percentuais de ocupação, das regiões norte, central e sul dos aquários pelas fêmeas juvenis de *L. vannamei* nas fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS) são sumarizados na Tabela 7-8 e figura 7-21. A evolução temporal do número de fêmeas juvenis ocupando as diferentes regiões dos aquários, a intervalos de 2 minutos, obtidas pela análise dos registros fotográficos para as repetições R1, R2 e R3 é apresentada na figura 7-22, indicando-se os valores médios e erro padrão (EP) para as repetições R1, R2 e R3.

Tabela 7-8. Percentual médio de ocupação das áreas norte, central e sul dos aquários por fêmeas juvenis de camarões *L. vannamei* submetidos a intensidades específicas de campo magnético artificial, durante as fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS). Réplicas R1, R2 e R3 e valores médios e desvio padrão (DP). Exposição acumulativa.

FÊMEAS JUVENIS ACUMULATIVA		NORTE			CENTRAL			SUL		
		PRE	EXP	POS	PRE.	EXP	POS	PRE	EXP	POS
RÉPLICA R1	25 μ T / A1	25,3	14,0	21,3	32,0	22,0	30,7	42,7	64,0	48,0
	30 μ T / B1	27,3	11,3	12,7	30,7	28,7	35,3	42,0	60,0	52,0
	35 μ T / C1	6,7	11,3	10,7	38,7	24,7	32,7	36,0	64,0	56,7
	40 μ T / D1	21,3	8,7	18,0	35,3	25,3	27,3	43,3	66,0	54,7
	CONTROLE	35,3	32,0	24,7	30,7	30,0	30,0	34,0	38,0	45,3
RÉPLICA R2	25 μ T / A2	30,7	11,3	29,3	34,7	26,0	26,0	34,7	62,7	44,7
	30 μ T / B2	21,3	18,0	25,3	30,0	17,3	31,3	48,7	64,7	43,3
	35 μ T / C2	26,0	12,7	26,7	29,3	19,3	28,0	44,7	68,0	45,3
	40 μ T / D2	30,0	17,3	9,3	26,0	12,7	36,0	44,0	70,0	54,7
	CONTROLE	29,3	31,3	34,0	31,3	26,0	28,7	39,3	42,7	37,3
RÉPLICA R3	25 μ T / A3	24,7	12,0	12,7	34,0	20,7	27,3	41,3	67,3	60,7
	30 μ T / B3	23,3	7,3	12,7	29,3	16,7	32,0	47,3	76,0	55,3
	35 μ T / C3	20,0	5,3	15,3	31,3	15,3	28,7	48,7	79,3	56,0
	40 μ T / D3	28,0	10,7	23,3	30,7	18,7	25,3	41,3	70,7	51,3
	CONTROLE	31,3	31,3	31,3	36,0	27,3	29,3	32,7	41,3	39,3
MÉDIA / DP	25 μ T	26,9/3,3	12,4/1,4	21,1/8,3	33,6/1,4	22,9/2,8	28,0/2,4	39,6/4,3	64,7/2,4	51,1/8,4
	30 μ T	24,0/3,1	12,2/5,4	16,9/7,3	30,0/0,7	20,9/6,8	32,9/2,1	46,0/3,5	66,9/8,2	50,2/6,2
	35 μ T	17,6/9,9	9,8/3,9	17,6/8,2	33,1/5,0	19,8/4,7	29,8/2,5	43,1/6,5	70,4/7,9	52,7/6,4
	40 μ T	26,4/4,6	12,2/4,5	16,9/7,1	30,7/4,7	18,9/6,3	29,5/5,7	42,9/1,4	68,9/2,5	53,6/2,0
	CONTROLE	32,0/3,1	31,5/0,4	30,0/4,8	32,7/2,9	27,8/2,0	29,3/0,7	35,3/3,5	40,7/2,4	40,6/4,2

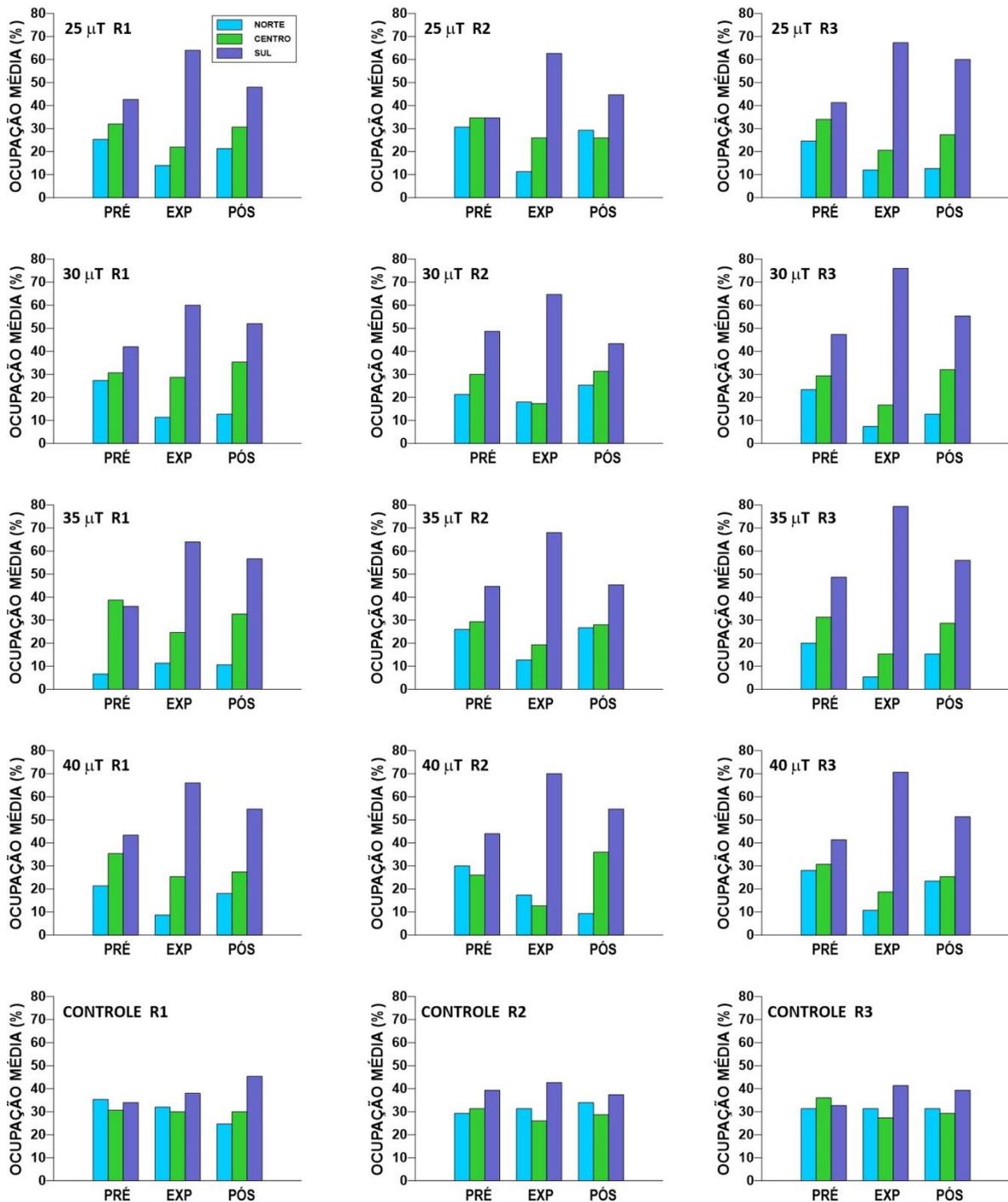


Figura 7-21. Percentual de ocupação das regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes acumulados (Repetições R1, R2 e R3) para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Fêmeas juvenis.

Fêmeas juvenis apresentaram preferências de ocupação da área sul do aquário, na fase de exposição (Figs. 7-21 e 7-22), com percentuais de ocupação entre 79,3% e 60,0% (Tabela 7-8). Em todas as repetições e níveis magnéticos testados não foram registrados comportamentos de paralisação, todavia, a atividade natatória e de locomoção dos camarões mostrou-se reduzida relativa a verificada para o grupo controle.

Sob campo de intensidade de $25\mu\text{T}$, as fêmeas juvenis começaram a se deslocar para a região sul do aquário durante a fase de exposição, tão logo o campo foi acionado, com uma ocupação média percentual desta área de $64,7\pm 2,4$ e máxima de 67,3%. Durante a fase de exposição os camarões testes não apresentaram alteração de comportamento natatório ou de deslocamento em nenhuma das repetições.

Um deslocamento preferencial também para a área sul das fêmeas juvenis quando submetidas a campo de $30\mu\text{T}$ foi igualmente observado. Durante a fase de exposição a essa intensidade de campo a ocupação média percentual da área sul do aquário foi de $66,9\pm 8,2$ e ocupação médias percentual das áreas norte e central do aquário de respectivamente $12,2\pm 5,4$ e $20,9\pm 6,8$. Durante a exposição a este nível de campo não foram verificados comportamentos de agressividade ou hiperatividade.

Sob campo magnético de $35\mu\text{T}$, não tão diferente dos demais níveis, os animais se deslocaram preferencialmente para o setor sul do aquário. Valores percentuais, referentes a ocupação, chegaram a 79,3% durante a fase de exposição para a área sul em R3 (Fig. 7-22). Em todos os casos os animais se deslocaram para esta área após o acionamento do campo (Tabela 7-8 e Fig. 7-21), assim como, também se dispersaram sutilmente durante a fase de pós-exposição. Esta observação se verificou em todos os níveis de todas as repetições. A redução de atividade sob campo de $35\mu\text{T}$, em todas as repetições, ocorreu durante a fase EXP e se estendeu até o final da fase POS. Em R3 ocorre a 1 minuto após a finalização da fase de exposição (EXP).

Sob exposição a um campo magnético de $40\mu\text{T}$, o percentual de ocupação da área sul atingiu 70,7%, o que configura uma preferência por este polo. Nas réplicas analisadas, os animais migram para a área sul entre o primeiro e segundo minuto do início do período de exposição (EXP). Na fase de pós-exposição (POS) ocorre uma sutil redução no número de organismos que permanecem ocupam a área sul. Assim como no nível $35\mu\text{T}$, a redução de atividade ocorreu durante a fase de exposição EXP e perdurou até o fim da fase de pós-exposição (POS).

A distribuição espacial do grupo controle manteve-se relativa homogeneidade, com percentuais de ocupação das distintas áreas variáveis entre 24,7 e 45,3% (Fig. 7-21).

TESTES ACUMULATIVOS - FÊMEAS JUVENIS

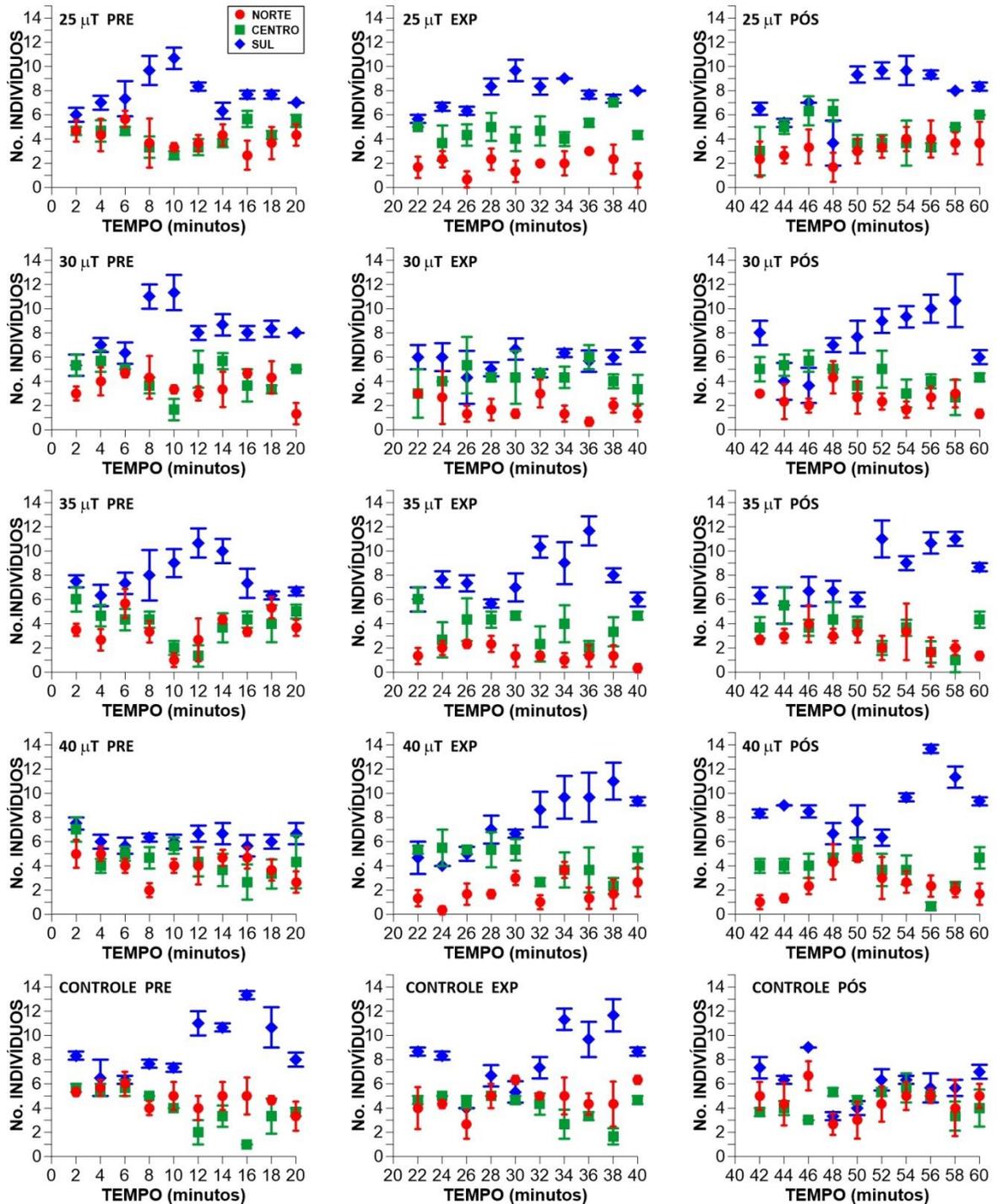


Figura 7-22. Número de indivíduos (média ± EP) ocupando as regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes acumulados para os níveis de 25, 30, 35, 40 μT, incluindo grupo controle. Fêmeas juvenis.

7.3.2.3- Efeito acumulado do campo magnético sobre as fêmeas adultas

Os percentuais de ocupação, das regiões norte, central e sul dos aquários pelas fêmeas adultas nas fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS) são apresentados na Tabela 7-9 e figura 7-23.

Tabela 7-9. Percentual médio de ocupação das áreas norte, central e sul dos aquários por fêmeas adultas de camarões *L. vannamei* submetidos a intensidades específicas de campo magnético artificial, durante as fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS). Réplicas R1, R2 e R3 e valores médios e desvio padrão (DP). Exposição acumulativa.

FÊMEAS ADULTAS ACUMULATIVA		NORTE			CENTRAL			SUL		
		PRE	EXP	POS	PRE.	EXP	POS	PRE	EXP	POS
RÉPLICA R1	25 μ T / A1	29,3	8,7	13,3	30,0	24,0	30,0	40,7	67,3	56,7
	30 μ T / B1	31,3	10,0	25,3	30,0	26,7	33,3	38,7	63,3	41,3
	35 μ T / C1	24,7	10,0	27,3	35,3	20,0	23,3	40,0	70,0	49,3
	40 μ T / D1	22,0	5,3	13,3	34,0	20,0	16,7	44,0	74,7	70,0
	CONTROLE	23,3	22,0	30,0	36,0	34,0	24,7	40,7	44,0	45,3
RÉPLICA R2	25 μ T / A2	26,7	14,7	26,0	32,0	25,3	30,7	41,3	60,0	43,3
	30 μ T / B2	29,3	12,7	24,7	31,3	24,0	29,3	39,3	63,3	46,0
	35 μ T / C2	21,3	12,7	24,7	36,0	17,3	28,7	42,7	70,0	46,7
	40 μ T / D2	26,0	10,0	14,0	33,3	20,0	21,3	40,7	70,0	64,7
	CONTROLE	26,7	30,7	21,3	32,7	37,3	33,3	40,7	32,0	45,3
RÉPLICA R3	25 μ T / A3	22,7	9,3	17,3	34,0	22,0	26,7	43,3	68,7	56,0
	30 μ T / B3	25,3	6,7	25,3	28,7	21,3	22,0	46,0	72,0	52,7
	35 μ T / C3	34,0	12,7	11,3	27,3	21,3	31,3	38,7	66,0	57,3
	40 μ T / D3	24,0	12,7	13,3	34,0	12,0	7,3	42,0	75,3	79,3
	CONTROLE	30,0	30,7	29,3	30,7	31,3	33,3	39,3	38,0	37,3
MÉDIA / DP	25 μ T	26,2/3,3	10,9/3,3	18,9/6,5	32,0/2,0	23,8/1,7	29,1/2,1	41,8/1,4	65,3/4,7	52,0/7,5
	30 μ T	28,6/3,1	9,8/3,0	25,1/0,3	30,0/1,3	24,0/2,7	28,2/5,7	41,3/4,1	66,2/5,0	46,7/5,7
	35 μ T	26,7/6,6	11,8/1,6	21,1/8,6	32,9/4,8	19,5/2,0	27,8/4,1	40,5/2,0	68,7/2,3	51,1/5,5
	40 μ T	24,0/2,0	9,3/3,7	13,5/0,4	33,8/0,4	17,3/4,6	15,1/7,1	42,2/1,7	73,3/2,9	71,3/7,4
	CONTROLE	26,7/3,4	27,8/5,0	26,9/4,8	33,1/2,7	34,2/3,0	30,4/5,0	40,2/0,8	38,0/6,0	42,6/4,6

Fêmeas adultas do *L. vannamei* apresentaram um padrão de resposta ao campo magnético que evidenciou suas preferências pelo polo sul do campo magnético. Em todas as repetições e níveis de campo a preferência de ocupação na região sul se destacou em relação às demais áreas (Fig. 7-24). A variação do percentual de ocupação da área sul, com o campo acionado, para as repetições R1, R2 e R3 oscilou entre 60,0% (R2 a 25 μ T) e 75,3% (R3 a 40 μ T). As

menores concentrações de fêmeas adultas (5,3% - fase EXP em R1 com 40 μ T) foi registrada para a região norte do campo, (Tabela 7-9 e Fig. 7-23).

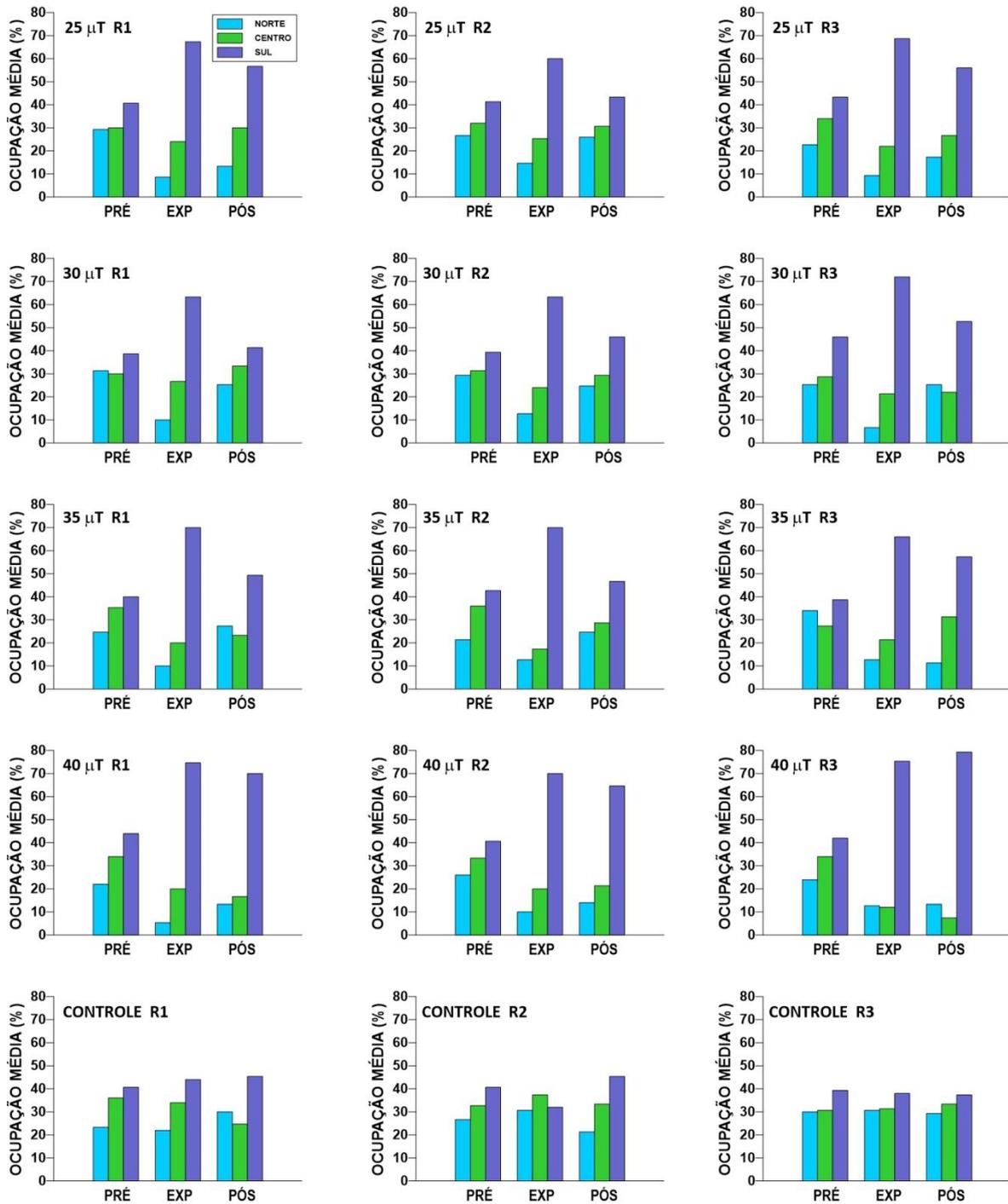


Figura 7-23. Percentual de ocupação das regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes acumulados (Repetições R1, R2 e R3) para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Fêmeas adultas.

Em todos os experimentos e em todos os níveis de exposição de campo magnético (exceto no grupo controle) houve manifestação de comportamento de paralisação, sempre mais intensificado no nível mais alto de exposição (40 μ T).

Mesmo quando expostas a campo de 25 μ T as fêmeas adultas apresentaram migração em direção a região sul e preferência de permanência nesta região do campo magnético (verificado pela maior concentração de animais nessa região durante a fase EXP). O percentual máximo de ocupação, para esta área, nível e fase, foi de 68,7% em R3 (Fig. 7-23). Em R1 e R2 a paralisação ocorreu no último minuto da fase POS e na R3 tal comportamento foi observado cerca de 6 minutos após a fase EXP e sempre precedidas de atividade normal.

Submetidas a um campo de 30 μ T, as fêmeas adultas igualmente se deslocaram e permaneceram na região sul do campo logo no início da fase de exposição (EXP). Os organismos paralisaram na fase de pós-exposição (POS) deste nível nas repetições R1, R2 e R3 a 4 minutos do final do experimento.

Os testes com exposição a campo magnético de 35 μ T resultaram igualmente em deslocamento e permanência de um maior número de fêmeas adultas na região sul (Tabela 7-8). O percentual de ocupação da região sul atingiu 70.0% (Fig. 7-23). Para as três repetições, o mecanismo biológico de paralisação ocorreu no último minuto da POS.

Analisando a intensidade magnética de 40 μ T, verificamos os maiores percentuais de ocupação da área sul (75,3%) (Fig. 7-23). Na fase de exposição das três repetições os animais intensificaram sua presença na área sul. Este fato pode ser observado nas figuras 7-24. Em R2 o número de animais saltam de 5 para 12 (entre o limite das fases de PRE e EXP). A paralisação para as repetições R1, R2 e R3 teve lugar na fase EXP, estendendo-se até próximo ao fim da fase de pós-exposição (início de baixa atividade no último minuto da fase, iniciando a recuperação do efeito de paralisação (Fig. 7-24).

Comparativamente, o grupo controle apresentou uma distribuição homogênea dos indivíduos, durante todo o experimento (Fig. 7-23).

TESTES ACUMULATIVOS - FÊMEAS ADULTAS

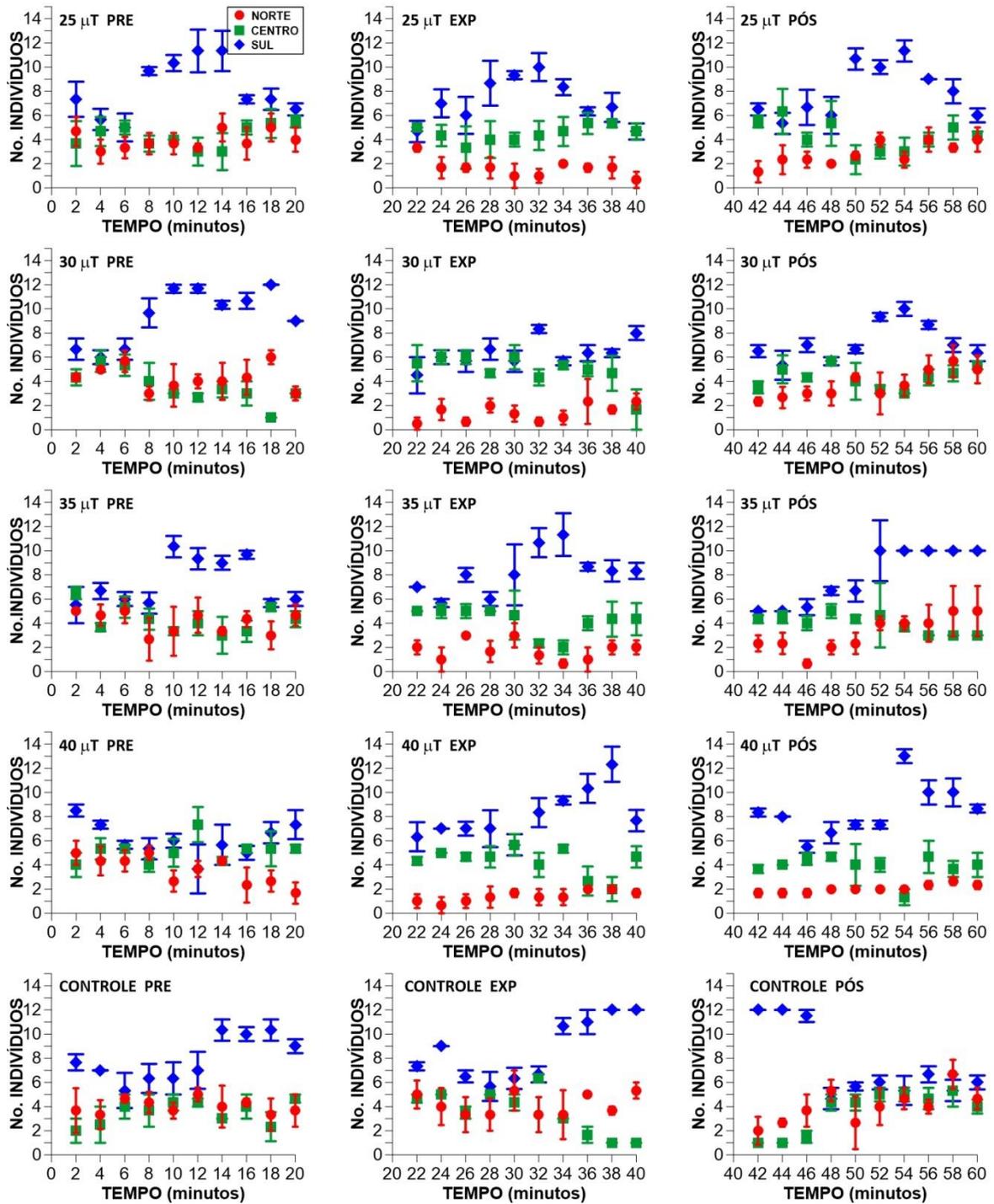


Figura 7-24. Número de indivíduos (média ± EP) ocupando as regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes acumulados para os níveis de 25, 30, 35, 40μT, incluindo grupo controle. Fêmeas adultas.

7.3.2.4 - Efeito acumulado do campo magnético sobre machos juvenis.

Os machos juvenis ocuparam preferencialmente a região sul do aquário em todos os níveis de campo magnético aplicados e repetições (R1, R2 e R3). Na fase de pós-exposição verificou-se paralisação dos camarões (R1) e redução de atividade (repetições R2 e R3).

Quando expostos a um campo de 25 μ T, nas três repetições, 60,2% dos indivíduos ocuparam a região sul do aquário (média para as três repetições), com uma ocupação máxima de 64,7% para a repetição R2. Durante a fase de pós-exposição (POS) o percentual de ocupação da região sul foi ainda mais acentuado, chegando a 80,0% em R1 (Tabela 7-10 e Fig. 7-25) devido ao comportamento de deslocamento sentido sul magnético seguido de paralisação dos animais, ocorrido 5min após o desligamento do campo (Fig. 7-26) Este percentual de ocupação foi o maior entre todos os níveis e repetições testadas para este grupo de animais (Tabela 7-10).

Tabela 7-10. Percentual médio de ocupação das áreas norte, central e sul dos aquários por machos juvenis de camarões *L. vannamei* submetidos a intensidades específicas de campo magnético artificial, durante as fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS). Réplicas R1, R2 e R3 e valores médios e desvio padrão (DP). Exposição acumulativa.

MACHOS JUVENIS ACUMULATIVA		NORTE			CENTRAL			SUL		
		PRE	EXP	POS	PRE.	EXP	POS	PRE	EXP	POS
RÉPLICA R1	25 μ T / A1	28,7	28,7	12,7	32,7	15,3	7,3	38,7	56,0	80,0
	30 μ T / B1	46,7	34,0	38,0	23,3	14,7	18,0	30,0	51,3	44,0
	35 μ T / C1	20,7	20,7	25,3	10,7	10,0	14,7	68,7	69,3	60,0
	40 μ T / D1	12,7	12,7	12,0	24,7	14,0	24,7	62,7	73,3	63,3
	CONTROLE	35,3	28,7	28,7	30,7	30,7	32,7	34,0	40,7	38,7
RÉPLICA R2	25 μ T / A2	23,3	14,0	16,7	33,3	21,3	29,3	43,3	64,7	54,0
	30 μ T / B2	26,7	10,7	8,7	29,3	22,0	30,7	44,0	67,3	60,7
	35 μ T / C2	24,7	11,3	12,7	26,7	18,0	26,0	48,7	70,7	61,3
	40 μ T / D2	25,3	10,0	13,3	18,7	20,7	21,3	56,0	69,3	65,3
	CONTROLE	30,0	29,3	32,7	29,3	29,3	26,7	40,7	41,3	40,7
RÉPLICA R3	25 μ T / A3	25,3	15,3	20,0	34,7	24,7	34,0	40,0	60,0	46,0
	30 μ T / B3	29,3	11,3	20,0	24,0	26,0	28,0	46,7	62,7	52,0
	35 μ T / C3	25,3	12,0	10,0	32,0	18,0	29,3	42,7	70,0	60,7
	40 μ T / D3	18,0	8,0	20,0	32,0	20,0	29,3	50,0	72,0	50,7
	CONTROLE	30,7	28,0	27,3	32,7	30,7	34,0	36,7	41,3	38,7
MÉDIA / DP	25 μ T	25,8/2,7	19,3/8,1	16,5/3,7	33,6/1,0	20,4/4,8	23,5/14,3	40,7/2,4	60,2/4,4	60,0/17,8
	30 μ T	34,2/10,9	18,7/13,3	22,2/14,8	25,5/3,3	20,9/5,7	25,6/6,7	40,2/9,0	60,4/8,2	52,2/8,4
	35 μ T	23,6/2,5	14,7/5,2	16,0/8,2	23,1/11,1	15,3/4,6	23,3/7,7	53,4/13,6	70,0/0,7	60,7/0,7
	40 μ T	18,7/6,3	10,2/2,4	15,1/4,3	25,1/6,7	18,2/3,7	25,1/4,0	56,2/6,4	71,5/2,0	59,8/7,9
	CONTROLE	32,0/2,9	28,7/0,7	29,6/2,8	30,9/1,7	30,2/0,8	31,1/3,9	37,1/3,4	41,1/0,3	39,4/1,2

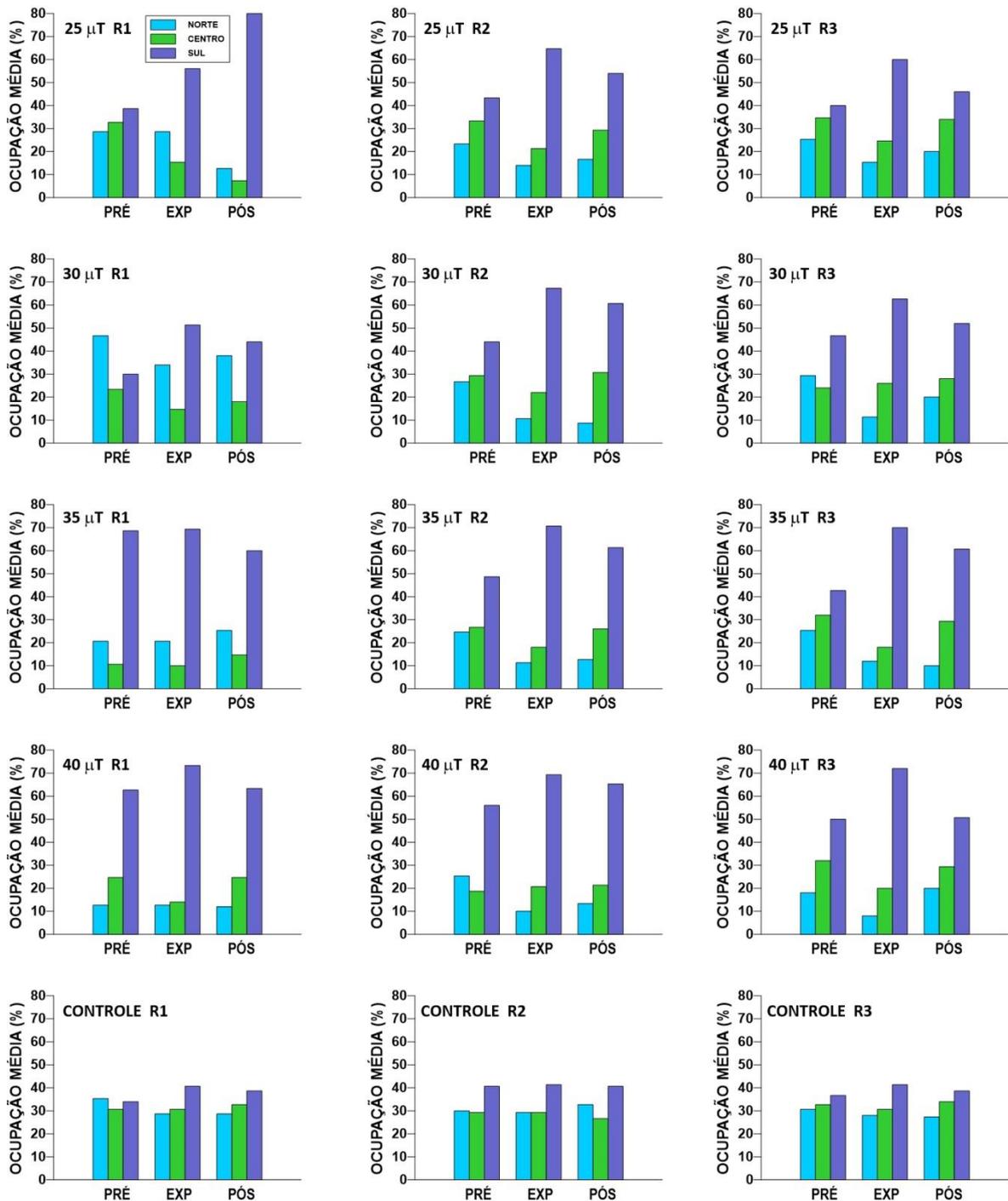


Figura 7-25. Percentual de ocupação das regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes acumulados (Repetições R1, R2 e R3) para os níveis de 25, 30, 35, 40 μ T, incluindo grupo controle. Machos juvenis.

Nas exposições a campo magnético de 25 μT , o comportamento de deslocamento para área sul do aquário durante a fase de pós-exposição, só foi observado para a repetição . Nas três repetições houve um aumento perceptível do número de indivíduos quando do acionamento do campo magnético, sendo que na repetição R3 após 2 minutos do acionamento das bobinas geradoras do campo, 10 animais passaram a ocupar esta área (Fig. 7-26). Neste caso apenas três camarões estavam ocupando a área sul na fase PRE (pré-exposição).

Para as exposições a campo de intensidade de 30 μT a área sul novamente deteve o maior percentual de ocupação, durante o acionamento do campo (EXP), nas três repetições (média de 60,4%). R2 deteve o maior valor na EXP com 67,3% (Tabela 7-10). Este valor percentual foi o maior de todos os da série acumulada para 30 μT . Os deslocamentos preferenciais foram observados no início da situação EXP (campo ligado) Principalmente na R2.

Resultados semelhantes foram verificados durante as exposições a campo de 35 μT , com a ocupação da região sul do campo sendo superior a das demais regiões, mas também com um percentual de ocupação dessa área durante a fase de exposição mostrando-se superior (média de 70%) ao verificado para exposições com menores níveis de intensidade de campo magnético (25 e 30 μT) quando o valor máximo registrado foi de 67,2 em R2 (Tabela 7-10).

Nos testes em que os machos juvenis foram expostos a intensidade de campo magnético de 40 μT forma acumulada (exposições a campos de 25, 30 e 35 em dias anteriores) igualmente se verificou uma ocupação preferencial da região sul do campo. Durante o período em que o campo esteve ativo, registrou-se uma ocupação média daquela área de 71,5% para as repetições R1, R2 e R3. A ocupação máxima de 73,3% sendo observada para a repetição R1 (Tabela 7-10) superior aos valores observados com exposições a 25, 30 e 35 μT em todas as repetições (Fig. 7-25). A ocupação da região sul durante a fase de pré-exposição foi cerca de 10% àquela verificada na fase de exposição (EXP) para R1.

Os grupos controles permaneceram com atividade normal, e distribuídos homogeneamente sobre a superfície do aquário, sem que preferência por uma região específica fosse identificada.a preferencial (Fig. 7-25).

TESTES ACUMULATIVOS - MACHOS JUVENIS

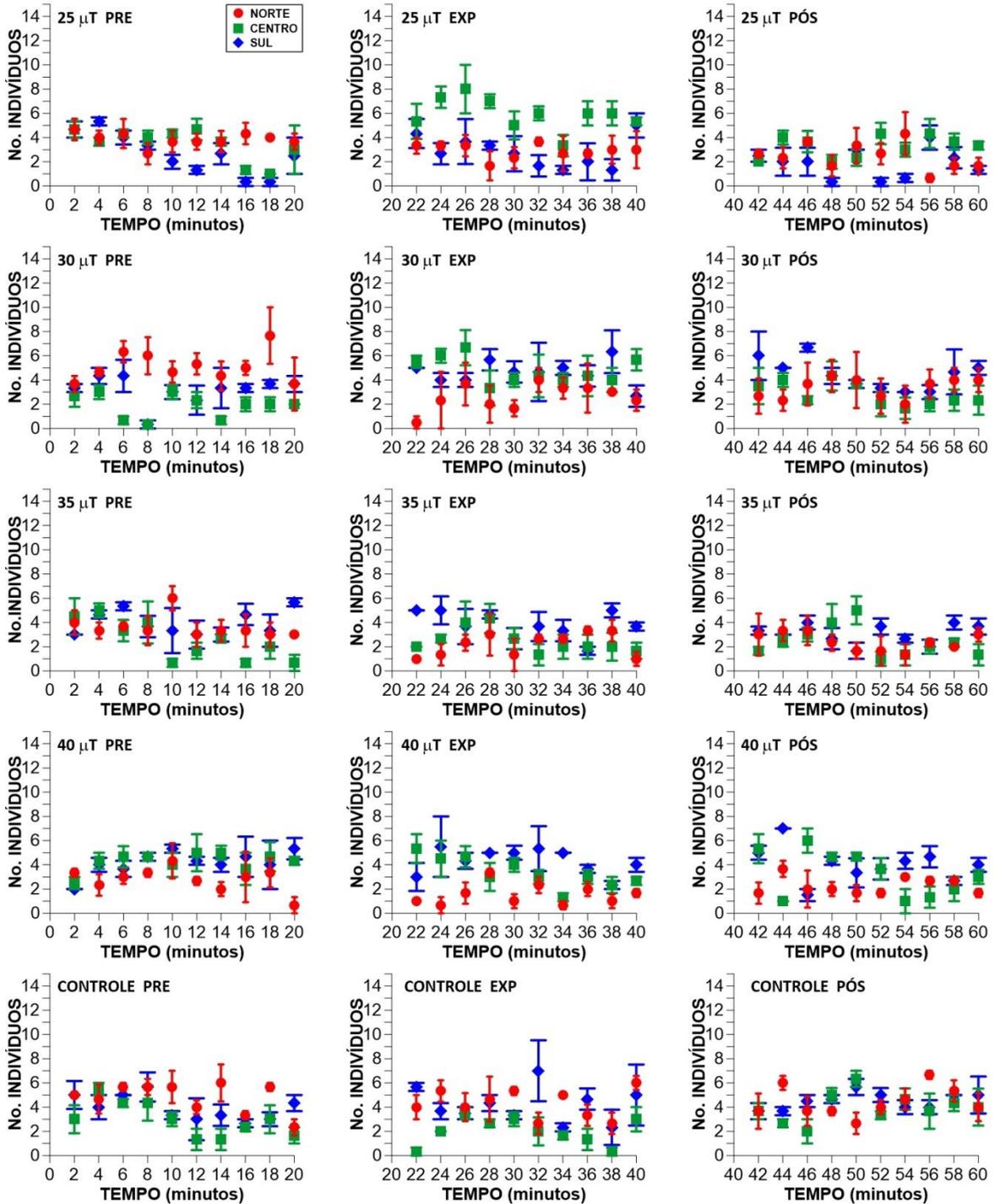


Figura 7-26. Número de indivíduos (media ± EP) ocupando as regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes acumulados para os níveis de 25, 30, 35, 40μT, incluindo grupo controle. Machos juvenis.

7.3.1.5 - Efeito acumulado do campo magnético sobre machos adultos.

Os machos adultos da espécie *L. vannamei* testados cumulativamente com campos de 25, 30, 35 e 40 μ T nas três repetições (R1, R2 e R3) apresentaram uma perceptível preferência de ocupação da área sul do aquário na fase EXP (Tabela 7-11; Figuras 7-27 e 7-28). Este fato foi constatado quando do acionamento do campo, visto que foram feitos registros de deslocamento para o polo sul, tão logo o campo foi acionado.

Em R3 do nível 25 μ T o percentual de ocupação foi de 60% (Tabela 7-10), sendo este o valor máximo observado para esta intensidade de campo magnético. Após o desligamento do campo (na POS) os animais se dispersaram da região sul, reduzindo então a quantidade de organismos acumulados naquela área (Fig. 7-27). Este padrão foi observado em todas as repetições. Eventos de paralisação praticamente não ocorreram nesta faixa, salvo na R1 no último minuto do teste. Em R2 e R3 verificou-se apenas uma redução na atividade do organismo no final do experimento.

Quando submetidos a um campo de 30 μ T de intensidade o resultado no que tange à área de ocupação não diferiu daquele verificado nos testes a 25 μ T. Os organismos continuaram com uma nítida preferência de ocupação da região sul do aquário. Em R1 durante o período de exposição, os percentuais de ocupação da região sul dos aquários alcançou 65,3% (Tabela 7-10). Em todas as repetições os animais migraram para área sul quando o campo foi acionado. Igualmente, na fase de pós-exposição (POS), os organismos se dispersaram da referida área. Uma rápida e única paralisação foi verificada em R1 sendo que em R2 os animais apenas reduziram suas atividades nos 4 últimos minutos do teste.

Sob campo magnético de 35 μ T os organismos igualmente preferiram a área sul (verificado em R1, R2 e R3). Em R1, no período de exposição (EXP), o percentual de ocupação desta área foi de 72,7% (Tabela 7-11). Houve um pequeno decréscimo neste percentual, da área sul, na fase de pós-exposição (POS) das três repetições. Os animais paralisaram apenas em R1 e R2 no último minuto do teste, voltando as atividades normais cerca de 15 minutos depois. Os percentuais de ocupação da área sul, na fase EXP, para 25, 30 e até 35 μ T acumulado, aumentaram gradativamente em função destas intensidades. Com 40 μ T ocorreu uma estabilização destes percentuais, apenas com um tênue aumento na EXP de R2 a 73,3% (Fig. 7-27).

A intensidade magnética de 40 μ T também mostrou um percentual preferencial de ocupação, dos organismos, para a área sul superior às demais áreas como foi observado no já citado percentual (73,3%) que foi máximo para todas as intensidades de todas as repetições (Tabela 7-11 e Fig. 7-27). Na fase EXP os animais migraram tão logo o campo foi acionado. Para esta intensidade magnética houve paralisação em todas as repetições.

Tabela 7-11. Percentual médio de ocupação das áreas norte, central e sul dos aquários por machos adultos de camarões *L. vannamei* submetidos a intensidades específicas de campo magnético artificial, durante as fases de pré-exposição (PRE), exposição (EXP) e pós-exposição (POS). Réplicas R1, R2 e R3 e valores médios e desvio padrão (DP). Exposição acumulativa.

MACHOS ADULTOS ACUMULATIVA		NORTE			CENTRAL			SUL		
		PRE	EXP	POS	PRE.	EXP	POS	PRE	EXP	POS
RÉPLICA R1	25 μ T / A1	24,7	20,7	25,3	30,7	24,7	29,3	44,7	54,7	45,3
	30 μ T / B1	26,0	15,3	20,7	30,0	19,3	32,7	44,0	65,3	46,7
	35 μ T / C1	22,0	8,7	14,7	34,0	18,7	19,3	44,0	72,7	66,0
	40 μ T / D1	20,7	9,3	20,0	34,0	19,3	20,0	45,3	71,3	60,0
	CONTROLE	35,3	38,7	28,0	27,3	27,3	36,7	37,3	34,0	35,3
RÉPLICA R2	25 μ T / A2	39,3	16,0	26,7	26,7	31,3	32,0	34,0	52,7	41,3
	30 μ T / B2	28,0	12,0	25,3	30,7	26,7	28,0	41,3	61,3	46,7
	35 μ T / C2	21,3	16,0	26,0	31,3	20,7	32,7	47,3	63,3	41,3
	40 μ T / D2	22,0	10,0	13,3	31,3	16,7	20,0	46,7	73,3	66,7
	CONTROLE	33,3	34,0	24,7	24,7	27,3	32,7	42,0	38,7	42,7
RÉPLICA R3	25 μ T / A3	35,3	17,3	20,0	32,0	22,7	32,0	32,7	60,0	48,0
	30 μ T / B3	27,3	15,3	17,3	28,7	20,7	28,7	44,0	64,0	54,0
	35 μ T / C3	25,3	8,7	19,3	29,3	20,7	27,3	45,3	70,7	53,3
	40 μ T / D3	18,7	8,7	6,7	27,3	22,7	33,3	54,0	68,7	60,0
	CONTROLE	32,0	24,7	24,0	24,0	37,3	33,3	44,0	38,0	42,7
MÉDIA / DP	25 μ T	33,1/7,5	18,0/2,4	24,0/3,5	29,8/2,8	26,2/4,5	31,1/1,6	37,1/6,6	55,8/3,8	44,9/3,4
	30 μ T	27,1/1,0	14,2/1,9	21,1/4,0	29,8/1,0	22,2/3,9	29,8/2,5	43,1/1,6	63,5/2,0	49,1/4,2
	35 μ T	22,9/2,1	11,1/4,2	20,0/5,7	31,5/2,4	20,0/1,2	26,4/6,7	45,5/1,7	68,9/5,0	53,5/12,4
	40 μ T	20,5/1,7	9,3/0,7	13,3/6,7	30,9/3,4	19,6/3,0	24,4/7,7	48,7/4,7	71,1/2,3	62,2/3,9
	CONTROLE	33,5/1,7	32,5/7,1	25,6/2,1	25,3/1,7	30,6/5,8	34,2/2,2	41,1/3,4	36,9/2,5	40,2/4,3

Em R1 o comportamento de paralisação foi percebido 7min após acionamento do campo, e em R2 e 3 ocorreu logo após o seu desligamento. Os gráficos da POS para as três repetições mostram a manutenção da paralisação neste período.

O grupo controle de R1, R2 e R3 mostrou uma distribuição homogênea dos percentuais de ocupação para área norte, centro e sul do aquário (Fig. 7-28).

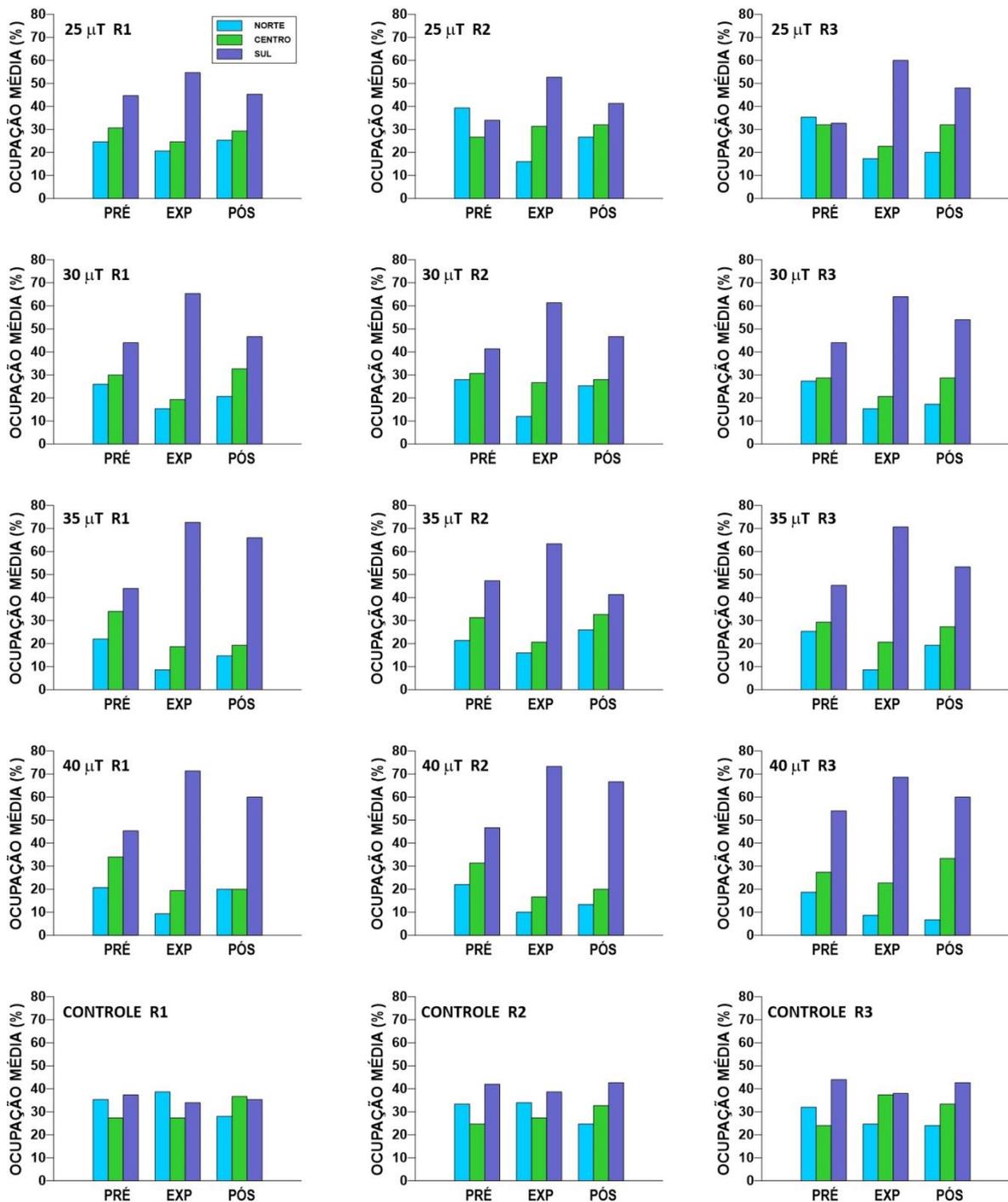


Figura 7-27. Percentual de ocupação das regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes acumulados (Repetições R1, R2 e R3) para os níveis de 25, 30, 35, 40μT, incluindo grupo controle. Machos adultos.

TESTES ACUMULATIVOS - MACHOS ADULTOS

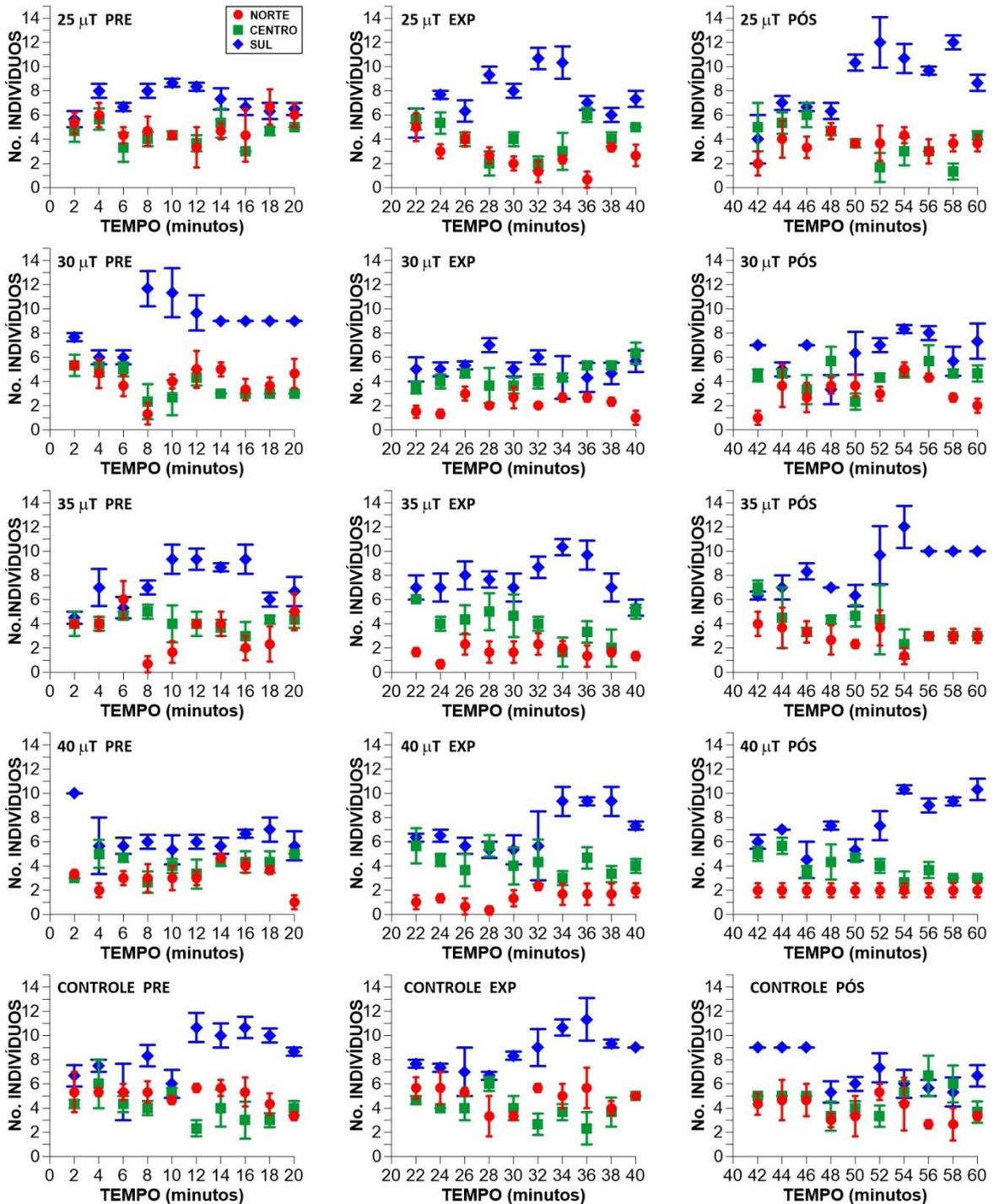


Figura 7-28. Número de indivíduos (média ± EP) ocupando as regiões norte, central e sul dos aquários nas fases PRE, EXP e POS. Testes acumulados para os níveis de 25, 30, 35, 40μT, incluindo grupo controle. Machos adultos.

A figura 7-29 sumariza o a ocupação média dos setores norte e sul dos aquários pelas pós-larvas, fêmeas juvenis e adultas e machos juvenis e adultos dos grupos teste e controle durante os experimentos não acumulativos e acumulativos.

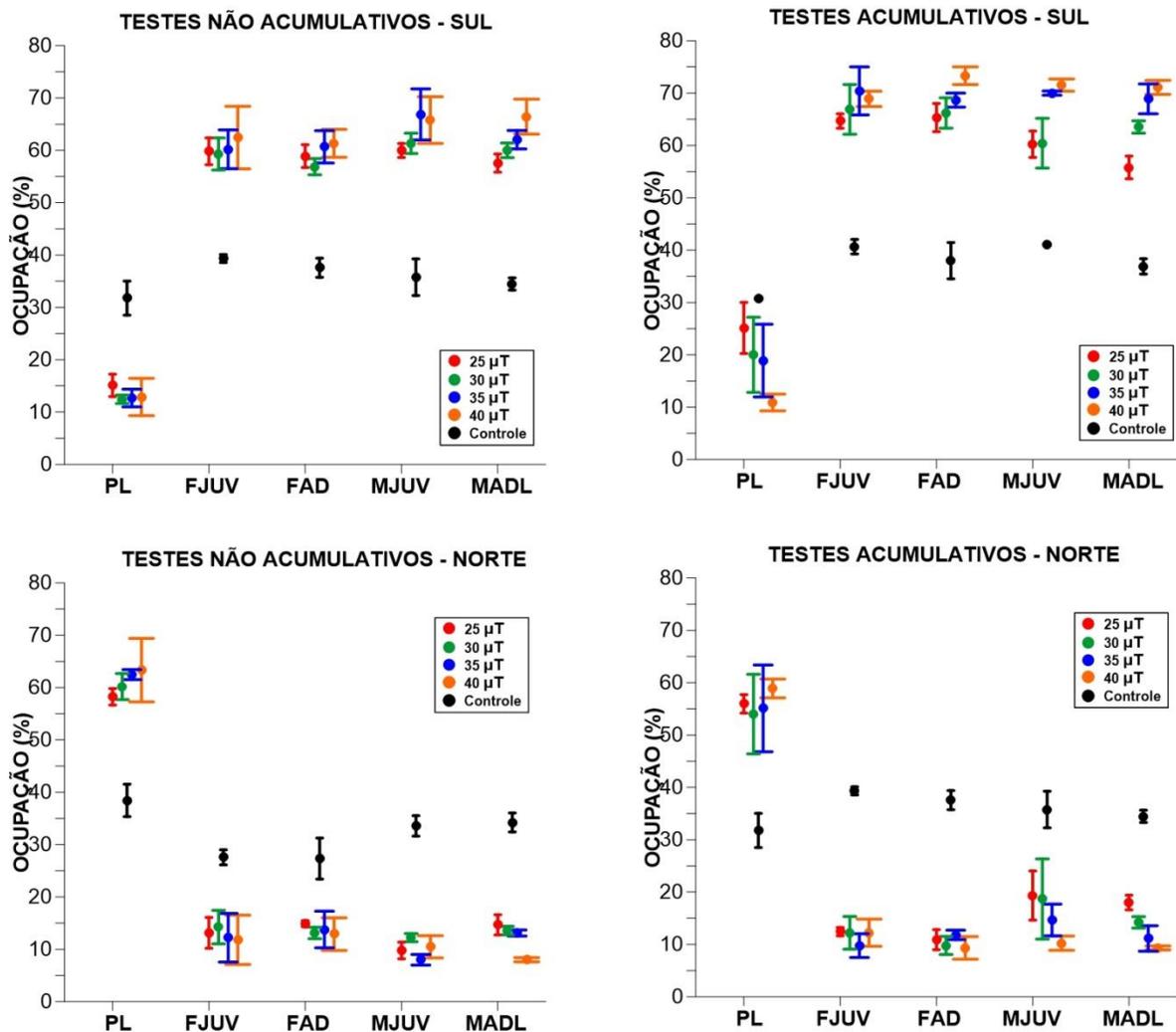


Figura 7-29. Percentual médio e erro padrão da ocupação dos setores norte e sul dos aquários pelas pós-larvas (PL), fêmeas juvenis (FJUV), fêmeas adultas (FADL), machos juvenis (MJUV e machos adultos (MADL) e respectivos grupos controle, durante as fases de exposição a campos de 25, 30, 35 e 40 μT nos experimentos não acumulativos e acumulativos.

7.4 DISCUSSÕES

Os resultados obtidos durante experimentos em laboratório com machos e fêmeas de *Litopenaeus vannamei* para os três estágios de seu ciclo ontogenético (pós-larva, juvenil e adulto) demonstraram a sensibilidade dessa espécie de camarão a alterações da componente horizontal a campo magnético artificial com intensidade de 25 μ T a 40 μ T.

Através da análise dos resultados dos testes em laboratório para o grupo controle (não submetido ao campo magnético artificial) verificou-se que espécimens de *L. vannamei*, de ambos os sexos e das fases do ciclo ontogenético estudados (pós-larva, juvenil e adulto), apresentam tendência a uma distribuição relativamente homogênea pela superfície dos aquários como exemplificado na Fig. 7-30A, sem uma marcada preferência por uma região específica. A aplicação de um campo magnético artificial controlado influenciou a distribuição espacial dos camarões *L. vannamei*, com algumas diferenças para as distintas fases do ciclo ontogenético. De uma forma geral, juvenis e adultos de ambos os sexos apresentaram uma evidente preferência pela ocupação da área sul do aquário teste (correspondente à região sul do campo magnético aplicado (Fig. 7-30B) e uma menor ocupação da região oposta (Norte). Esta tendência se verificou tanto nas exposições não-acumulativas quanto acumulativas, para os quatro níveis de intensidade de campo testadas (25, 30, 35 e 40 μ T) e em todas as três repetições realizadas.

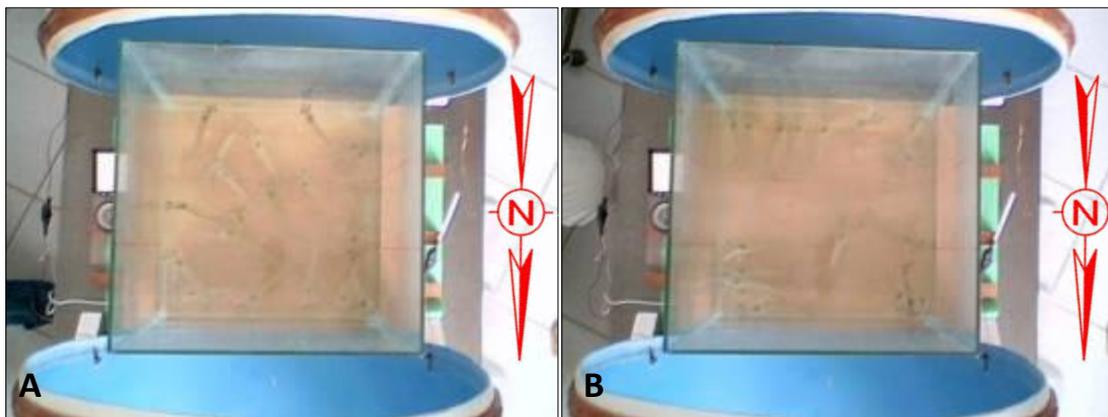


Figura 7-30. Exemplos de imagens obtidas durante os experimentos de indivíduos adultos de *L. vannamei*. (A) durante a fase de pré-exposição e (B) 2 minutos após o acionamento de um campo de 30 μ T. Em (A) os indivíduos apresentam uma distribuição mais homogênea sem uma direção preferencial de alinhamento do seu eixo longitudinal e em (B) os indivíduos já começam a migrar para a face sul do aquário e a se alinharem segundo as linhas do campo magnético artificial.

Os pós-larvas do experimento não acumulado, assim como ocorreu no tratamento acumulado, mostraram uma preferência na ocupação da área norte do aquário durante as exposições para os quatro níveis de campo testados (25, 30, 35 e 40 μ T). Os percentuais médios de ocupação para esta área durante a fase de exposição variaram de 58,2 \pm 2,7% a 63,3 \pm 10,5% (Tabela 7-1) nos experimentos não acumulativos e de 54,0 \pm 13,2% a 58,9 \pm 3,1% (Tabela 7-6) nos experimentos acumulativos. Cessação de movimentos/paralisação foi verificada durante

exposições não acumulativas a campos de 35 μ T ou 40 μ T e exposições acumulativas a campos de 40 μ T. Em ambos os casos sempre precedidas por hiperatividade (natação brusca/rápida) e em sequencia redução da atividade.

As fêmeas juvenis e adultas apresentaram preferencias pela ocupação da área sul do aquário. Os percentuais médios de ocupação desta área pelas fêmeas juvenis variaram de 59,3 \pm 5,3% a 62,4 \pm 10,4% para as exposições não acumulativas e de 64,7 \pm 2,4% a 70,4 \pm 7,9% nas exposições acumulativas. Já o percentual médio de ocupação do setor sul pelas fêmeas adultas durante as exposições não acumulativas variou de 56,9 \pm 2,7% a 61,3 \pm 4,6 e entre 65,3 \pm 4,7% e 73,3 \pm 2,9% nas exposições acumulativas. Durante ambos os tipos de testes com as fêmeas juvenis não foram registrados comportamento de paralisação ou hiperatividade, apenas de redução de atividade. Nos experimentos com as fêmeas adultas, eventos de cessação de movimentos ocorreram em todos os níveis, sendo mais raros sob campos de 25 e 30 μ T e mostrando-se mais frequentes sob campos de 35 e 40 μ T.

Os machos juvenis e adultos apresentaram o mesmo padrão de resposta das fêmeas, com preferencia também pelo setor sul do campo induzido. O percentual médio de ocupação desse setor pelos machos juvenis nos experimentos não acumulativo foi de 60,0 \pm 2,3% a 66,9 \pm 8,5% e nos experimentos acumulativos de 60,2 \pm 4,4% a 71,5 \pm 2,0%. Para os machos adultos, os percentuais médios de ocupação para os experimentos não acumulado e acumulados, variaram, respectivamente, de 57,6 \pm 3,0 a 66,4 \pm 5,8 e de 55,8 \pm 3,8 a 71,1 \pm 2,3. De forma geral as formas adultas apresentaram com maior frequência e a campos menos intenso, respostas de hiperatividade e cessação de movimento/paralisação relativo às formas juvenis, tanto nos experimentos não acumulativos quanto acumulativos.

A estrutura do tecido muscular dos crustáceos é semelhante à de outros artrópodes como os insetos, até mesmo à dos mamíferos e demais vertebrados (EL HAJ, 1996). O Tecido muscular esquelético dos crustáceos apresenta fibras musculares que sofrem mudanças de tamanho e composição em respostas a doenças, uso e desuso, estiramento e atividade nervosa (BOOTH & THOMASON, 1991; BOOTH & KIRBY, 1992). A distribuição e a expressão das diferentes estruturas moleculares das proteínas das fibras musculares variam durante os estágios de desenvolvimento e somente alcança as particularidades finais quando as células que compõem o tecido muscular estão completamente diferenciadas (BOOTH & THOMASON, 1991). Este fato pode influenciar a forma como o estímulo magnético chega a estas células e/ou o grau de biomineralização da magnetita biogênica durante o ciclo ontogenético, nos casos em que o animal sintetiza sua magnetita.

Para uma variedade de crustáceos tem sido demonstrado que seus metabolismos (ritmos de atividade) e fisiologias (tecidos musculares e nervosos) podem ser influenciados por campos magnéticos intensificados (KIRSCHVINK *et al*, 1985). Tais respostas podem estar relacionadas com a diferença anatômica e bioquímica da estrutura locomotora e nervosa dos animais ao longo do seu ciclo ontogenético.

As fêmeas de *L. vannamei* normalmente crescem mais rápido e atingem maiores tamanhos que os machos. Elas apresentam uma maior robustez do cefalotórax e maior largura no

segundo segmento abdominal (GOPAL *et al*, 2010). O crescimento em camarões envolve a ecdise, que consiste da liberação do exoesqueleto, seguida da incorporação de água e aumento do volume corporal, e formação de um novo exoesqueleto de maior tamanho, processo que envolve um controle delicado entre a síntese proteica das fibras musculares e as taxas de degradação. Os mecanismos que controlam todo este processo envolve o código genético (WHITELEY & EL HAJ, 1997).

Trabalhos aplicando IRM (Isothermal Remanent Magnetization) a tecidos de camarões juvenis e adultos da espécie *Penaeus aztecus* (IVES, 1891) pertencente à mesma família do *L. vannamei*, revelaram a presença de 61% do material magnético na região do cefalotórax e os restantes 39% em outras partes como o abdomen. Neste estudo verificou-se que em média, a intensidade de magnetização na secção da cabeça do animal era 30 vezes superior à de todo o abdômen, variando de acordo com o tamanho do individuo (KIRSCHVINK *et al*, 1985) e sugeriu que o material magnético presente seria a magnetita.

Testes utilizando um magnetômetro supercondutor criogênico indicaram a presença de material ferromagnético em lagostas *Panulirus argus* e sua maior concentração no cefalotórax (LOHMANN, 1984). *P. argus* é capaz de detectar e interpretar informações direcionais do campo magnético da terra (LOHMANN, 1985). Trabalhos semelhantes inferem que o compasso magnético da lagosta pode funcionar no comportamento de percepção magnética auxiliando na migração, visto que é baseado na polaridade do campo magnético (LOHMANN *et al*, 1995).

É provável que o *L. vannamei* também apresente algum material magnético concentrado no cefalotórax, e que essa concentração possa variar com o tamanho/idade do animal, bem como em função do sexo devido a suas taxas de crescimento e tamanhos diferenciados para uma mesma idade. Se investigada e comprovada esta hipótese, poderia explicar algumas das diferenças de respostas entre machos e fêmeas verificadas nos experimentos. Para as fêmeas juvenis e adultas, as ocupações médias do setor sul dos aquários nos testes não acumulativos foram em geral inferiores às apresentadas pelos machos e sem diferenças significativas para os quatro níveis de intensidades de campos magnéticos (25, 30, 35 e 40 μT) a que foram expostas. Já para os machos juvenis e adultos, os percentuais médios de ocupação do setor sul foi mais elevado relativo àquelas das fêmeas de mesmo estágio, e tendeu a aumentar em função do aumento do nível de campo magnético a que foram expostos. As pós-larvas no entanto, apresentaram uma preferência pelo polo oposto ao preferido pelos espécimes fêmeas e machos nos estágios juvenil e adulto tanto nos tratamentos não acumulativos quanto nos acumulativos. Esta resposta diferenciada poderia estar associada à uma menor concentração de material magnético em seus tecidos e/ou não total sinterização de material magnético (em virtude do tamanho).

As pós-larvas de muitas espécies de lagostas se movem de águas oceânicas profundas para águas costeiras rasas onde se instalam como organismos bentônicos. Existem evidências de que alguns mecanismos sensoriais possam ser usados pelos pós-larvas de lagostas para sua orientação em direção ao litoral. A migração das pós-larva da família palurínidae para a área costeira é considerada por alguns autores como um dos exemplos mais extremos de orientação no ambiente bentônico entre organismos marinhos (JEFFS *et al*, 2010).

Similarmente, o ciclo de vida do camarão *L. vannamei* envolve complexos deslocamentos entre as áreas oceânica e costeira e potencialmente a espécie poderia utilizar o campo magnético para sua orientação. Assim, seria também possível que as pós-larva, ou mesmo os juvenis e adultos (machos e fêmeas) de *L. vannamei* testados, pudessem estar se reposicionando para sua orientação verdadeira, no momento em que o campo magnético artificial é acionado. Este fenômeno pode estar relacionado com o potencial de deslocamento do animal em seu habitat (magnetorecepção).

Durante os testes não acumulativo e acumulativos além da preferencia de ocupação por uma área específica dos aquários foram também realizadas observação sobre o comportamento dos espécimes testes em termos de nível de atividade natatória, saltos, agitação, cessação de movimento/paralisação. De forma geral, os indivíduos adultos de ambos os sexos se mostraram mais susceptíveis às exposições aos campos magnéticos apresentando um maior número de indivíduos desenvolvendo movimentos bruscos (hiperatividade) seguido de redução de atividade e paralisação (cessação de atividade) e com esses eventos tendendo a serem mais frequente ou ocorrerem mais cedo para exposições a campos mais elevados. Esta resposta foi menos frequente nos testes com as pós-larvas, com valores intermediários para os espécimes juvenis. Para os indivíduos adultos e exposições a campos mais elevados (35 e 40 μT) o efeito de paralisação se manteve, por vezes, por 10 a 15 minutos após o termino da fase de exposição, mas foram normalizadas, cerca de 25min após desligamento das bobinas.

Não foram encontrados registros na literatura sobre mortalidade de organismos causada por exposição a um campo magnético artificial. Campos magnéticos intensos afetam diretamente a taxa metabólica (refletindo no crescimento) de muitos crustáceos como a pulga d'água (*Daphnia magna*) que apresentam altas taxas de desenvolvimento quando submetidas a campos de 136 μT (VASIL'YEV, *et al*, 1974). *Artemia salina* apresenta aumento nas taxas respiratórias quando criada sob campos magnéticos entre 20 e 180 μT no polo sul. A criação de camarões de água salgada sob campo constante de 105 μT resultaram em um incremento de 21% de sua expectativa de vida e em uma maior resistência às infecções bacterianas (KIRSCHVINK *et al*, 1985). O aumento no campo magnético pode ter um efeito negativo no crescimento bacteriano, certos crustáceos decápodes (*Uca pugilator* e *Uca pugnax*) colocados no polo sul de um campo magnético artificial de apenas 10 μT regeneram-se e recuperam-se mais rápido (apêndices mutilados) que os controles ou àqueles expostos no polo norte (LEE e WEISS, 1980). Estudos com larvas de *L. vannamei* demonstraram que campos magnéticos artificiais aceleram a metamorfose das larvas e aumentam a sua taxa de sobrevivência (MANSO, 2006).

Todos os camarões empregados nos vários experimentos foram mantidos sob observação em laboratório, por um período de 15 dias após o termino de cada teste. Durante esse período pós-teste não houve mortalidade de qualquer dos indivíduos, levando a crer que as exposições aos campos magnéticos não tenham causado danos aos mesmos (ao menos em curto prazo) ou possa mesmo ter favorecido a saúde dos camarões testados.

7.5 CONCLUSÕES

Camarões *Litopenaeus vannamei* responderam ao estímulo magnético produzido por um par de bobinas na configuração Helmholtz. Esta resposta variou em função da intensidade de campo a que os organismos testes foram submetidos, bem como em função do sexo e estágios ontogenéticos. Os efeitos do campo magnético sobre os camarões *L. vannamei* podem estar relacionados com a questão da concentração da magnetita biogênica em diferentes sexos e fases do ciclo ontogenético. Novos estudos seriam necessários para verificar a possível presença de materiais magnéticos nos tecidos ou órgãos sensoriais bem como possíveis estruturas magnetoreceptoras associadas deste animal.

Pós-larva de *L. vannamei* submetidas a tratamentos não acumulativos e acumulativos, a campos magnéticos de 25, 30, 35 e 40 μ T apresentaram uma nítida preferência pela ocupação da área norte do aquário (correspondente a região norte do campo magnético aplicado). Este padrão de resposta diferiu para os demais estágios testados.

Fêmeas e machos juvenis e adultos de *L. vannamei*, expostos a campos magnéticos de intensidade 25, 30, 35 e 40 μ T tanto de forma não acumulativa quanto acumulativa, apresentaram uma preferência de ocupação pela região do aquário sob influencia sul do campo magnético aplicado. Esta resposta foi mais pronunciada para as maiores intensidades de campo testadas.

Os machos e fêmeas adultas testadas de forma não acumulativa e acumulativa, mostraram-se mais susceptíveis aos efeitos fisiológicos do campo magnético. Saltos e movimentos bruscos, seguidos por redução da atividade natatória e cessação de movimento/paralisação, foram mais frequentes e/ou ocorreram em uma fase mais inicial da exposição e a exposições a campos menos intensos entre camarões adultos, principalmente machos, relativos a seus juvenis, e menos frequente para os espécimes de pós-larva.

Os resultados dos experimentos evidenciaram o deslocamento preferencial dos camarões *Litopenaeus vannamei* para uma área específica do campo magnético gerado. Esta resposta poderia potencialmente ser empregada como uma ferramenta de manejo da carcinocultura, para concentrá-los em certas áreas facilitando sua captura ou reduzindo seu escape dos viveiros durante as despesas, e assim minimizar impactos ambientais pela introdução de uma espécie exógena em ambientes naturais.

Capítulo 8

EFEITOS DO CAMPO MAGNÉTICO ARTIFICIAL NA CAPTURA DE CRUSTÁCEOS, MOLUSCOS E PEIXES NA PESCA COM COVOS

8.1 INTRODUÇÃO

Inúmeras espécies de animais utilizam o campo magnético terrestre como informação sensorial para orientar o seu deslocamento espacial (MAEDA *et al*, 2008). Esta capacidade de detecção seria importante na manutenção de rotas migratórias de muitos animais terrestres (aves migratórias) e marinhos como os grandes cetáceos, tartarugas, peixes e também crustáceos e moluscos. Esta capacidade de orientação é reforçada pelo fato do campo geomagnético ser uma referência constante que varia previsivelmente, não sofrendo influência de variações climáticas, de altitude ou luminosidade (LOHMANN *et al*, 2007).

Os sistemas de percepção são filogeneticamente generalizados e podem funcionar em uma ampla gama de escalas espaciais. A capacidade inerente de explorar o ambiente e nele localizar-se de maneira a retornar a um determinado local pelo caminho mais conveniente, ou a itens de alimento posicionados em certos locais de seu território é um fenômeno comportamental dos animais ainda muito intrigante (WEHNER & MENZEL, 1969). Esses complexos e extremos deslocamentos ficam evidentes pelo fato de certas aves, borboletas, formigas migratórias, nômades bem como alguns animais marinhos serem capazes de navegar em nível global (GAUTHREAUX, 1980).

A percepção de sinais do meio por microrganismos e animais leva ao desenvolvimento de diferentes mecanismos ao longo do tempo, que são responsáveis pela sobrevivência das espécies, como a orientação e a navegação, contribuindo para o processo de seleção natural (SKILES, 1985). A presença e o sucesso de um organismo ou de um grupo de organismos dependem de um complexo de condições ambientais. O campo geomagnético é um componente abiótico com o qual os seres vivos interagem permanentemente, que tem estado presente desde muito antes do surgimento da vida em nosso planeta e levado os seres vivos a tomarem caminhos evolutivos diferenciados (ACOSTA-AVALOS *et al*, 2000).

Muitas espécies de animais incluindo as marinhas apresentam capacidades surpreendentes de retornar ao seu ambiente de origem (*homing*) não apenas após os deslocamentos exploratórios randômicos, ou em deslocamento periódicos e espacialmente estereotipados como nas migrações recorrentes, mas também quando deslocados experimentalmente de forma passiva a centena ou até milhares de quilômetros e nas mais diversas e arbitrárias direções qualquer que seja a época do ano (SCHMIDT-KOENIG, 1979).

As hipóteses pioneiras sobre a influência do campo magnético no comportamento dos organismos vivos surgiram na década de 80, com observações na orientação de pombos

(KIRSCHVINK, 1982), sendo que os efeitos que o campo magnético produzia nos sistemas biológicos foram primeiro constatado pelo sanitário italiano Salvatore Bellini, com a descoberta de bactérias que se deslocavam quase que unicamente em direção ao polo norte de um campo magnético (ACOSTA-AVALOS, 2012).

As interações do campo magnético com os seres vivos abrange um amplo espectro de questões, que vão desde o mistério das migrações de peixes e outros animais, até o estudo da Física Quântica em cristais magnéticos de proporções nanométricas presentes no interior de vários microorganismos (LINS DE BARROS & ESQUIVEL, 2000).

Fatores abióticos tais como o pH, salinidade, luminosidade, elementos climáticos (ventos, chuva, pressão, temperatura e umidade), correntes superficiais e profundas, concentração de sais nutrientes, etc. são parâmetros comuns em pesquisas ecológicas e oceanográficas. Muito embora o campo geomagnético possa apresentar um papel seletivo e condicionante significativo para os seres vivos, sua inclusão no conjunto científico dos demais fatores abióticos é ainda inexpressiva nos vários ramos de estudos. A oceanografia abrange o estudo dos ambientes costeiros, marinhos e oceânicos e de suas biotas, e busca de forma interativa, compreender os mecanismos físicos, químicos, geológicos e biológicos que operam nesses ambientes. Tendo em vista que os oceanos e mares correspondem a cerca de 72% da superfície do globo terrestre, que a vida começou na água, e que os organismos vivos e seu ambiente estão inseparavelmente inter-relacionados, fica evidente a importância de se buscar entender como o campo magnético terrestre influencia os organismos aquáticos.

Os crustáceos abrangem uma parte considerável da fauna marinha e são capazes de realizar complexos movimentos orientados no seu habitat natural de acordo com o estímulo do ambiente (KIRSCHVINK *et al*, 1985). A capacidade de percepção magnética em camarões *L. vannamei* foi constatada em experimentos de laboratório empregando bobinas de Helmholtz (GONÇALVES, 2009) ao passo que material magnético no exoesqueleto quitinoso da lagosta de espinho *Panulirus argus* foi detectado por LOHMANN (1984) e KIRSCHVINK *et al* (1985). Alguns estudos são igualmente conclusivos quando trata da presença de material magnético natural nos corpos de crustáceos marinhos. Cracas da espécie *Balanus eburneus* e *Balanus amphitrite* apresentam material magnético tanto nas suas conchas como nos seus tecidos moles (KIRSCHVINK *et al*, 1985). Caranguejos da espécie *Uca pugilator* e *Uca pugnax*, alteram sua fisiologia e metabolismo quando submetidos à campos artificiais de 10 μ T no polo sul, eles regeneram rapidamente seus apêndices mutilados (LEE & WEISS, 1980).

Em relação ao mecanismo de orientação, crustáceos marinhos como a pulga-do-mar (*Talitus saltador*) é capaz de seguir as informações direcionais do campo geomagnético na completa escuridão saltando paralela à linha de costa por vários quilômetros (ARENDSE & KRUYSWIJK, 1981). Os crustáceos são membros de suma importância nas comunidades bentônicas tropicais. Além do valor das espécies maiores e mais abundantes para o consumo humano, uma considerável variedade de espécies pequenas contribui para a complexidade e funcionamento dos ecossistemas tropicais (HENDRICKX, 1995).

Inúmeros motivos explicam o interesse pelo conhecimento dos organismos associados aos sedimentos marinhos (i.e crustáceos e moluscos macrobentônicos), desde o seu valor econômico direto, como recurso nutricional para o homem, como é o caso de alguns moluscos e crustáceos, como também por constituir componente alimentar de peixes demersais de elevada importância comercial (LANA *et al*, 1996). Ao compreender a relação dos organismos com o campo magnético local ou interno pode-se inferir acerca de sua capacidade de orientação e/ou distribuição ao longo da superfície dos diferentes sedimentos marinhos.

A dinâmica populacional do pescado está relacionada com a produtividade dos organismos bentônicos, pois, é neste recurso que várias espécies de peixes determinam suas dietas alimentares (PETERSEN, 1913; ULAS, 1981). Os moluscos e crustáceos se destacam neste contexto, sobretudo os crustáceos decápodos (siris, lagostas, camarões e guajás) de suma importância econômica (FAUSTO FILHO, 1978) quanto na participação da teia trófica marinha (PETTI, 1990; WAKABARA *et al*, 1993).

Moluscos, crustáceos e poliquetas representam cerca de 85% de todos os organismos das comunidades tropicais marinhas, inclusive estes importantes grupos são formadores da base do fluxo de energia do bentos para as comunidades de peixes demersais (LONGHURST & PAULY, 1987). Dentre os crustáceos decápodes, A infraordem Brachyura (que inclui os crustáceos capturados neste experimento) é importante por causa de sua grande diversidade, compreendendo cerca de 700 gêneros e 5.000 espécies em todo o mundo (MELO, 1996).

Essas evidências, aliadas à importância ecológica e econômica desses animais, estimula a investigação da capacidade de percepção magnética em crustáceos marinhos na região costeira do atlântico sul. No presente estudo, buscou-se avaliar a possível atração de algumas espécies de crustáceos marinhos sob a influência de magnetos permanentes introduzidos nestes covos. Se comprovando a preferência de alguns desses animais por ambientes com alterações significativas na intensidade do campo magnético, poderemos compreender um pouco sobre o comportamento de orientação de alguns animais marinhos. Estes estudos são de extrema importância nos ecossistemas tropicais, sobretudo nos mares e oceanos, em virtude da interrelação complexa entre os fatores bióticos e abióticos como o a vida marinha e o geomagnetismo.

A despeito de sua importância, o campo magnético é ainda um fator ambiental pouco estudado relativamente aos demais fatores abióticos. Esse panorama é ainda mais desfavorável, quando se considera os trabalhos que incluem a influência do campo magnético no comportamento e/ou aplicada aos organismos marinhos.

O presente estudo foi conduzido visando investigar experimentalmente, possíveis respostas comportamentais por peixes ósseos, crustáceos e moluscos capturados na pesca com covos quando expostos a campo magnético artificial, observando as preferências das espécies ocorrentes na área por covos com e/ou sem magneto que permitam elenca-las quanto a seu tipo e nível de resposta a presença de campo magnético, para posteriormente investigar as possíveis estruturas e mecanismos responsáveis por essas respostas.

8.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um ambiente costeiro natural de recifes, ainda prístino e utilizado por pescadores artesanais do litoral sul de Pernambuco onde ocorrem várias espécies de crustáceos e moluscos e tanto espécies de peixes migratórias e/ou formadoras de cardumes como as não migratórias e solitárias.

8.2.1 Área de estudo

A área de estudo (Fig. 8-1) esta localizada cerca de 10-12 km costa-a-fora da praia Pedra de Xaréu no Município do Cabo de Santo Agostinho (UTM 25L; 9076332-9077503 N; 295930-297790 E) litoral sul do estado de Pernambuco. Esta área de plataforma continental é sitio tradicional da pesca artesanal, apresenta profundidade reduzida, declive suave (1:660), águas quentes e uma cobertura sedimentar predominantemente de sedimentos carbonáticos biogênicos (ASSIS, 2007).

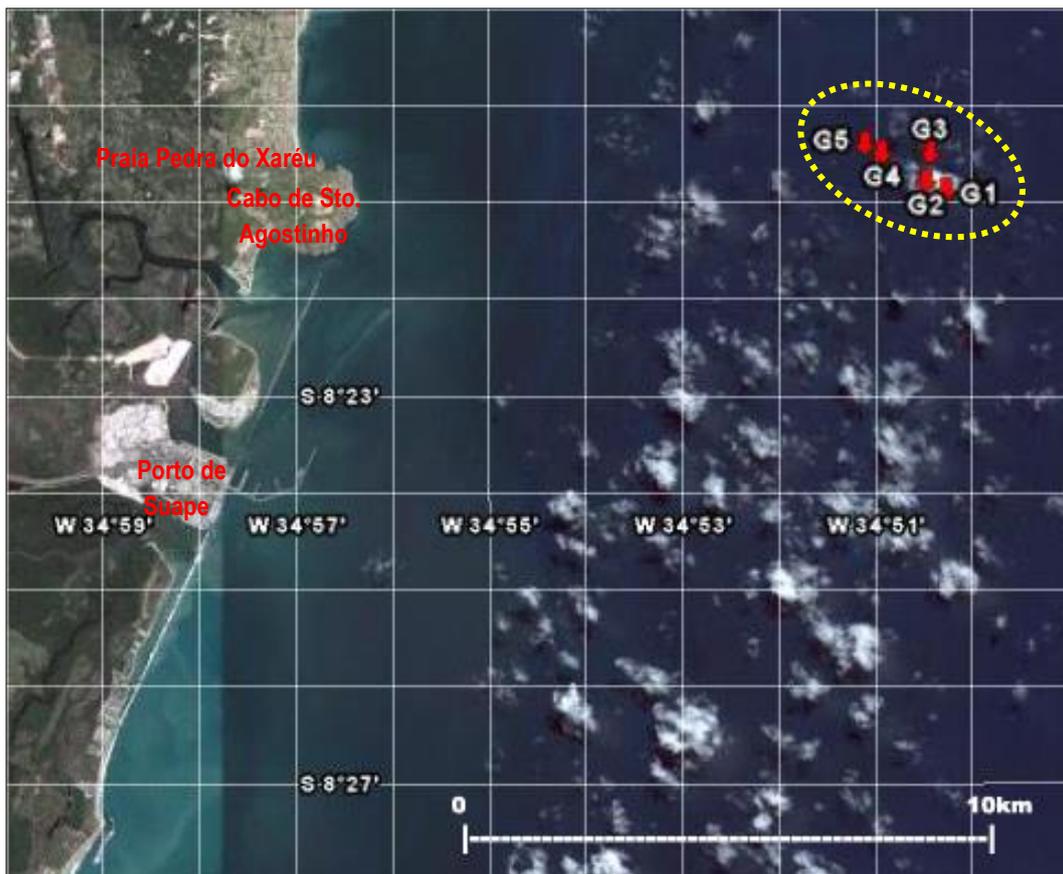


Figura 8-1. Vista geral da área de estudo, com indicação dos locais das pescas experimentais (G1-G5), praia Pedra do Xaréu-PE.

8.2.2 Desenho experimental

Visando investigar o efeito do campo magnético artificial na resposta de aproximação ou afastamento de peixes, crustáceos e moluscos de uma fonte geradora de campo magnético, foram realizadas pescarias experimentais empregando-se covos. Esse tipo de armadilhas é largamente utilizado na região para a captura de peixes, crustáceos e outros animais (MAHON & HUNTE, 2001). A pesca com covos é considerada uma técnica passiva e de baixo impacto para a estrutura dos microhabitats uma vez que as armadilhas não são deslocadas sobre o substrato, como ocorre com as redes de arrasto de fundo (RIBEIRO & ZUANOM, 2006).

Os covos utilizados nas pescarias experimentais foram confeccionados por pescadores artesanais empregando madeiras de densidade superior a da água, não requerendo assim adição de lastro para sua submersão. A sanga, abertura da armadilha, localizada na face interna mediana, consiste de um cone da mesma tela, com vértice direcionado para o interior do covo formando uma abertura de forma elíptica com eixo maior de 28 cm e eixo menor de 10 cm. Externamente os covos eram revestidos com tela em polietileno extrudido de alta densidade (PEAD) de malha da tela de 3 cm, visando reduzir a captura de indivíduos juvenis, sendo pratica comum dos pescadores, o retorno ao mar de juvenis eventualmente capturados.

Foram empregados 17 covos grandes ($C=2,0$ m; $L=1,0$ m; $A=0,5$ m) em forma de “V” (Fig. 8-2A). A seis dos covos, foi adicionado internamente próximo a sanga, um magneto permanente (Fig. 8-2B) com 15 cm de diâmetro e pesando cerca de 5 kg, capaz de produzir um campo magnético de aproximadamente 2.000 Gauss em um raio de 2 metros, o que equivale a cerca de 10.000 vezes o campo geomagnético.

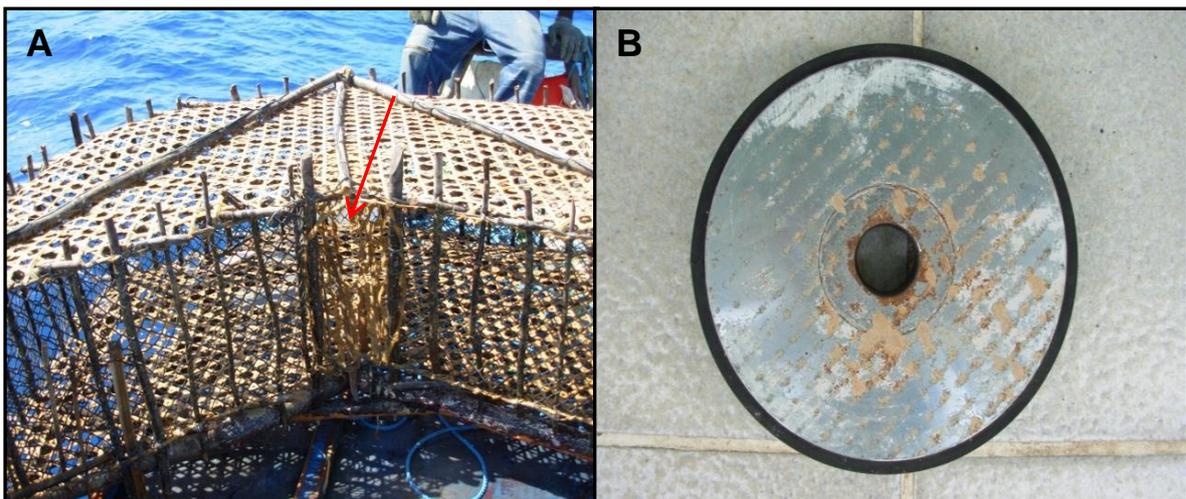


Figura 8-2. (A) Covo empregado nas pescarias e detalhe da sanga (seta a esquerda). Em destaque o magneto permanente (B).

Varios fatores podem influenciar as capturas de uma armadilha, como sua ação seletiva, época e duração da pesca, predação dentro dos covos, comportamento territorial, hábitos alimentares e reprodutivos, comportamentais (não formar cardumes), poluição, sobrepesca, mudanças climáticas, etc.. O delineamento experimental empregado no presente estudo com uma estratégia comparativa de capturas com covos sem e com magnetos permanentes visou justamente minimizar a influencias de muito desses fatores.

Embora toda a região apresente um fundo relativamente homogêneo, o desenho experimental foi elaborado de forma a permitir minimizar e detectar efeitos que pudessem decorrer das variações de locais de relevo, corrente e tipo de fundo. Os covos foram fundeados em 5 diferentes pontos da área de pesca (Fig. 8-1).

Os dezessete covos (C1-C17), cada um deles previamente etiquetado para permitir sua identificação, foram organizados em 5 grupos (G1, G2, G3, G4 e G5) de 3 ou 4 covos cada grupo. Objetivando reduzir os efeitos de posicionamento relativo às correntes, alternaram-se em cada grupo de covos lançados, unidades sem e com magneto. A distância entre os covos de um mesmo grupo foi de 60m e entre grupos de covos de cerca de 500m. Os grupos foram organizados como indicado na figura 8-3, com os covos identificados em letras vermelhas correspondendo àqueles que receberam o magneto permanente e com o Grupo G5, sendo deixado como controle geral, sem adição de magneto a nenhum de seus covos (C14-C17).

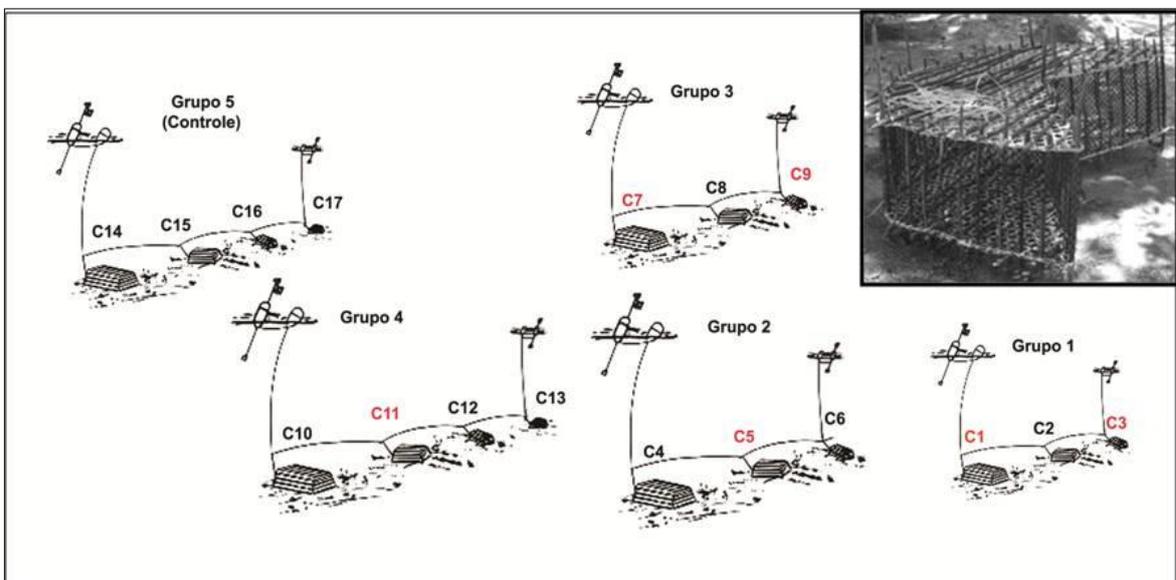


Figura 8-3. Detalhe da armadilha tipo covo e esquema do arranjo dos grupos de covos G1 a G5 e flutuadores de sinalização. Covos identificados com letras vermelhas receberam magneto permanente de 2000 μ T.

No arranjo geral dos covos, aproveitamos a disposição dos covos e das cordas utilizadas corriqueiramente pelos pescadores. Os covos de um mesmo grupo foram conectados por cabo

de 8 mm em PE (polietileno) e os covos das extremidades ligados a uma boia de superfície através de cabos 10 mm em PE com comprimento correspondente ao triplo da profundidade local, cerca de 60 m. A extensão máxima dos arranjos foi de 240 m ao longo do leito marinho. Vale ressaltar que normalmente nas pescarias com covos, não são empregadas isca, o que de certo modo facilitou a observação sobre as preferências magnéticas de cada espécie, uma vez que a única variável foi a presença/ausência de magneto permanente.

O deslocamento dos equipamentos, materiais e pessoal desde a praia até a área de pesca foi realizado empregando-se uma jangada com 5,5m de comprimento, 2,0m de boca, e motorização a diesel (10HP).

Ao todo foram realizadas 11 pescarias durante o período de Nov-Dez/2008. Para as pescarias 1 a 3 foram coletados os peixes capturados. Para as pescarias 4 a 7, os peixes, crustáceos e moluscos e para a pescaria 8 a 11, apenas os crustáceos e moluscos. Cada pescaria teve uma duração média de 2 dias, exceto a pescaria de numero 7 que teve duração de 12 dias devido às mas condições de mar, que não permitiram a navegação e o resgate mais cedo dos covos. A navegação usualmente empregada pelo pescador para a área de pesca é do tipo costeira, com posicionamento a partir de marcação de pontos em terra. Durante os experimentos, a localização da área de pesca e posicionamento dos pontos de fundeio dos grupos de covos foi obtida com uso de um GPS Garmin II.

Quando das despescas, à medida que os covos eram trazidos à superfície os mesmos eram abertos e os organismos capturados transferidos para sacos de nylon com gelo. Os sacos eram então lacrados e etiquetados e mantidos em uma caixa térmica contendo gelo. Uma vez em terra firme, os espécimes capturados em cada covo eram dispostos sobre uma lona branca de modo a permitir sua identificação e contagem. Um registro fotográfico dos peixes, crustáceos e moluscos, juntamente com uma escala graduada era então obtido para permitir posterior medição dos espécimes (Fig. 8-4) e assim não comprometer a qualidade do pescado que seria comercializado pelo pescador ou utilizado para seu consumo.



Figura 8-4. Exemplo de capturas obtidas em diferentes covos e pescarias.

Quando a identificação imediata dos espécimes capturados não era possível, os mesmos eram preservados para sua posterior identificação em laboratório. Exemplares das várias espécies capturadas foram igualmente preservadas para permitir a posterior confirmação das identificações realizadas no campo. Todos os dados obtidos foram digitalizados para planilhas eletrônicas para permitir seu tratamento estatístico e análise. As capturas obtidas nos diferentes covos foram normalizadas (No. Ind.h⁻¹ pesca) com base no número de horas efetivas em que os covos permaneceram pescando.

Visando comparar o efeito do campo magnético na variedade das espécies de peixes capturadas ao nível local, índice de diversidade alfa Shannon-Wiener foi calculado para cada covo (C1-C17), área de pesca (G1-G5) e conjunto de covo (com e sem magnético) para cada pescaria e em seu conjunto com base no número de indivíduos total e capturado por espécie. O índice de Shannon-Wiener foi selecionado, por apresentar a vantagem relativa aos de Margalef, Gleason e Menhinick de ser apropriado para amostras de espécies de uma comunidade ou sub-comunidade de interesse, como é o caso das capturas realizadas na área de pesca considerada.

8.3 RESULTADOS

Na tabela 8-1 são indicados os períodos de realização das pescarias experimentais com covos e os valores médios do campo geomagnético terrestre total. Os experimentos foram realizados durante um período geomagneticamente calmo, com índice Kp de atividade geomagnética sempre inferior a 4, segundo dados do Deutsches GeoForschungsZentrum (DGFZ, 2013), no qual não foram registradas tempestades magnéticas ou anomalias magnéticas que pudessem alterar/influenciar os resultados.

Tabela 8-1. Valor médio do campo magnético terrestre total e do índice Kp de atividade geomagnética para a área de estudo nas datas de realização das pescarias experimentais com covos. FONTE: NGDC/NOAA (2008).

DATA	EXPERIMENTO	ORGANISMOS CAPTURADOS	ÍNDICE Kp	CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE TOTAL (µT)
07/NOV/2008 a 11/NOV/2008	Pesca Experimental 1	Peixes	<4	25,7801
11/NOV/2008 a 14/NOV/2008	Pesca Experimental 2	Peixes	<2	25,7803
14/NOV/2008 a 17/NOV/2008	Pesca Experimental 3	Peixes	<2	25,7804
17/NOV/2008 a 19/NOV/2008	Pesca Experimental 4	Peixes, Crustáceos e Moluscos	<2	25,7805
19/NOV/2008 a 24/NOV/2008	Pesca Experimental 5	Peixes, Crustáceos e Moluscos	<3	25,7806
24/NOV/2008 a 26/NOV/2008	Pesca Experimental 6	Peixes, Crustáceos e Moluscos	<4	25,7808
26/DEZ/2008 a 08/DEZ/2008	Pesca Experimental 7	Peixes, Crustáceos e Moluscos	<4	25,7809
08/DEZ/2008 a 15/DEZ/2008	Pesca Experimental 8	Crustáceos e Moluscos	<2	25,7813
15/DEZ/2008 a 17/DEZ/2008	Pesca Experimental 9	Crustáceos e Moluscos	<3	25,7816
17/DEZ/2008 a 21/DEZ/2008	Pesca Experimental 10	Crustáceos e Moluscos	<3	25,7816
21/DEZ/2008 a 23/DEZ/2008	Pesca Experimental 11	Crustáceos e Moluscos	<3	25,7818

8.3.1 Capturas de Crustáceos e Moluscos

Dezessepe espécies de crustáceos decápodes foram registrados nas pescarias com covos. Destas, as sete com maior representatividade e correspondendo a exemplares com tamanho superior a 3,0 cm foram quantificadas nos covos com e sem magneto. As 10 espécies restantes não foram contabilizadas e identificadas no presente estudo, em virtude de sua baixa ocorrência e, sobretudo devido a apresentarem dimensões reduzidas (<1 cm) relativas ao tamanho da malha dos covos (~3 cm), o que poderia gerar perdas de organismos através das armadilhas e incertezas nos dados gerados. *Mythrax*, um exemplo desses pequenos crustáceos, é ilustrado na figura 8-5.



Figura 8-5. Exemplar de Braquiúros do Gênero *Mithrax* de tamanho diminuto e baixíssima ocorrência nas capturas.

Foram analisados 36.046 indivíduos capturados. O número de indivíduos capturados pelos seis covos com magneto foi de 23.204 e pelos 11 covos sem magneto de 12.842, cerca de um quarto do número do volume de captura obtida nos covos com magneto, se considerarmos que foi empregado o dobro de armadilha. As sete principais espécies de crustáceos capturadas com os covos foram: *Coryrhynchus riisei* Stimpson, 1860; *Mithrax hispidus* Herbst, 1790; *Porcellana sayana* Leach, 1820; *Stenorhynchus seticornis* Herbst, 1788; *Scyllarides brasiliensis* Rathbun, 1906; *Panulirus laevicauda* Latreille, 1817; e *Dardanus venosus* H. Milne Edwards, 1848 (Fig. 8-6).

Coryrhynchus riisei distribui-se geograficamente desde Carolina do Norte até a Guiana Francesa e Brasil (Atlântico Ocidental). Apresentam uma cor marrom, com regiões claras e escuras (WILLIAMS, 1965). Alcançam 23 mm de comprimento e podem ser encontrados em fundos rochosos, cascalhosos e arenosos, com e sem vegetação, desde águas rasas até a profundidade de 140m (COELHO, 2006).

Mithrax hispidus caracteriza-se por apresentar carapaça irregular, mais larga do que longa, fronte larga, rostró curto e quelípodos com quatro ou cinco espinhos na face superior (MELO, 1996). Pertence a família Majidae que apresenta aproximadamente 900 espécies

distribuídas em regiões marinhas. A grande maioria das espécies é pequena e sem valor econômico, embora sejam importantes na alimentação de peixes (PROVENZANO & BROWNELL 1977). Na costa brasileira a família Majidae está representada por 45 gêneros que abrigam 81 espécies. No litoral brasileiro, o genero *Mithrax* e representado pelas espécies: *Mithrax verrucosus* H. Milne Edwards, 1832; *Mithrax besnardi* Melo, 1990; *Mithrax hemphilli* Rathbun, 1892; *Mithrax brasiliensis* Rathbun, 1892; *Mithrax caribbaeus* Rathbun, 1920; *Mithrax tortugae* Rathbun, 1920 e *Mithrax hispidus* (Herbst, 1790) (MELO, 1996). Esta última pode ser encontrada desde o golfo do México até o litoral de Santa Catarina (RIEDER & GIRALDI, 2001).

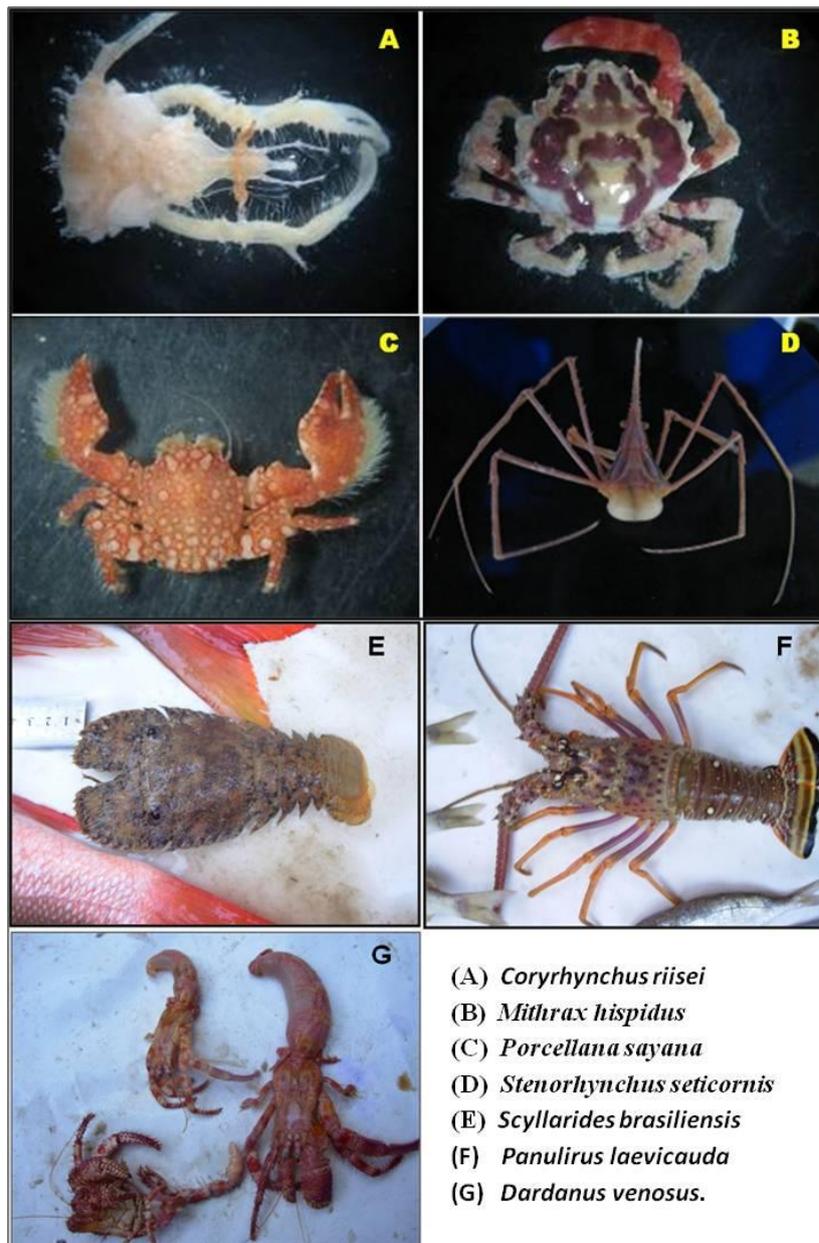


Figura 8-6. As sete espécies de crustáceos com maior ocorrência nas capturas para o experimento utilizando covos com e sem magneto permanente.

Porcellana sayana apresenta uma ampla distribuição: Atlântico Ocidental – da Carolina do Norte à Flórida, Bahamas, Golfo do México, América Central, Antilhas, norte da América do Sul, Guianas, Brasil (do Amapá ao Rio Grande do Sul) onde é comum na costa de Ilhéus Bahia (ALMEIDA, *et al*, 2007) e Uruguai (MELO, 1996). Habita regiões de entre-marés até 92 m. Tem preferências por Fundos de lama, conchas e areia, inclusive é atua como espécie comensal de Paguridae e Diogenidae e do Gastropoda *Strombus gigas* (MELO, 1996). Esse caracgueijo é facilmente identificado pela sua coloração vermelha com várias partes esbranquiçadas. Apresenta uma franja de cerdas a frente de suas garras, que utiliza para filtrar o alimento (ROTHSCHILD, 2004).

Stenorhynchus seticornis tem preferências por águas rasas até grandes profundidades. Pode ser encontrado em fundos rochosos, corais, algas calcárias, areia e cochas (ALMEIDA *et al*, 2007). Sua distribuição compreende o Atlântico Ocidental: Carolina do Norte, Flórida, Golfo do México, Antilhas, Colômbia, Venezuela, Guianas, Brasil (do Amapá até o Rio Grande do Sul), Uruguai e Argentina (MELO, 1996).

Scyllarides brasiliensis, também conhecida como lagosta sapata, ocorre no Atlântico ocidental, das Antilhas até o Brasil (SANTOS & FREITAS, 2002). No litoral brasileiro a espécie ocorre do Maranhão até o estado de São Paulo e entre 20m e 40m de profundidade (MELO, 1999). Esta espécie é identificada com relativa facilidade por possuir duas manchas circulares e avermelhadas na face dorsal do primeiro segmento abdominal, além de ter o telson mais largo do que comprido. A lagosta sapata é dotada de visão escassa, sendo, em linhas gerais, um animal vagaroso (RAMOS, 1951). Em nível mundial, pouco se conhece sobre a biologia e pesca desta espécie, enquanto que no Brasil, a falta de informações é ainda mais acentuada (SANTOS & FREITAS, 2002).

Panulirus laevicauda ou lagosta verde habita desde a região de maré até 50 m. São mais abundantes na faixa de 31-40 metros, com ocorrência pouco frequente em área mais profunda (SOUSA, 1987). Em áreas pouco profundas, os indivíduos são pequenos, mas podem alcançar comprimento total superiores 30 cm (COELHO, 1962a; PAIVA & BEZERRA, 1969). Os criadouros naturais quando jovens são as formações bênticas do infralitoral e certas formações rochosas (ROLIM & ROCHA, 1972). Os animais adultos se abrigam nos fundos de algas calcárias vermelhas onde permanecem entocados durante o dia. No início da noite os indivíduos se dispersam pelos bancos de algas calcárias vermelhas e verdes, quando ficam disponíveis para captura pelos covos e redes-de espera (IVO & PEREIRA, 1996).

Dardanus venosus é uma espécie de caranguejo eremita pertencente à família Diogenidae. Ocorre em águas rasas na costa leste da América do sul da Flórida para o Brasil, em alguns casos sendo encontrados em poças de marés nos recifes de corais. A espécie cresce até um comprimento de 7 a 12 centímetros. Sendo um caranguejo eremita, vive no interior de concha vazia de um molusco gastrópode. Assim, seu abdômen macio e a maioria de seus membros são normalmente escondidos, ficando apenas com as garras projetadas para o exterior da concha (MANTELLATO *et al*, 2001). Habitam da linha da maré baixa até cerca de 100 metros de profundidade. Pode ser encontrado em diversos substratos como rochas, cascalho, areia, lama,

conchas calcárias, corais e algas (MANTELLATO *et al*, 2001). *Dardanus venosus* é um limpador e consome detritos e qualquer coisa comestível que ele encontra no fundo do mar. Seus ovos são provavelmente incubados fixos ao abdômen da fêmea. Quando eclodem, as larvas são liberadas na coluna de água e passar por várias fases larvais zooplantônicas antes de se tornarem juvenis onde precisam encontrar uma concha para sobreviver (PROVENANO JR & ANTHONY, 1963). No Brasil, há registros de cocupação de até 11 tipos diferentes de conchas de gastrópodes (MANTELLATO *et al*, 2001). Em alguns casos estabelece relações mutualísticas com anêmonas que se fixam as conchas (CUTRESS & ROSS, 1969).

A composição média das capturas nos covos com e sem magneto é apresentada na figura 8-7. Nos dois casos, as duas espécies mais abundantes foram as dos caranguejos *Coryrhynchus riisei* (19,5% e 17,7%) e *Stenorhynchus seticornis* (19,9% a 17,9%) e a menos frequente a lagosta verde *Panulirus laevicaudas* (6,9% e 6,4%).

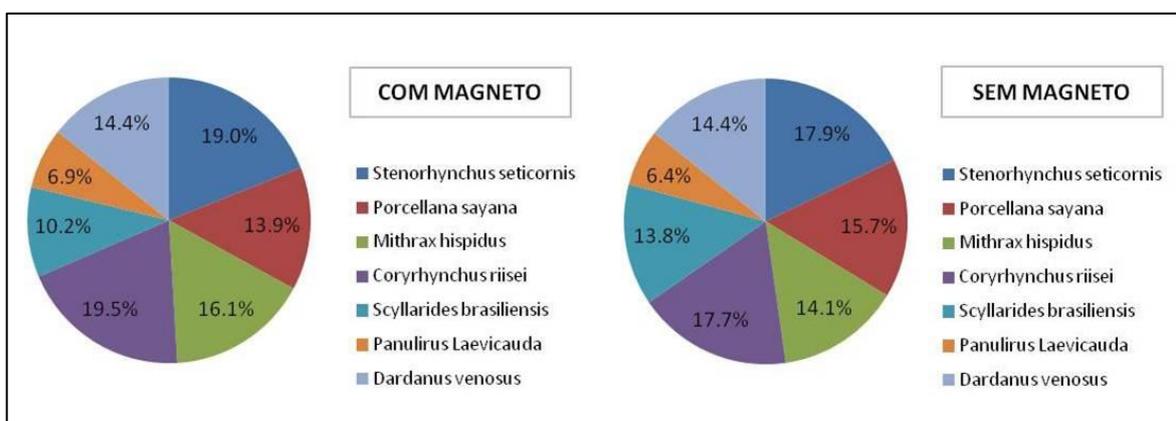


Figura 8-7. Composição médias das capturas de crustáceos pelos covos com e sem magneto.

Embora a composição nas capturas dos covos com e sem magnetos tenham sido semelhantes, o número de indivíduos de cada espécie capturados pelos dois grupos de covos, diferiu significativamente com índice de captura por covo 2,5 a 3,8 vezes maior nos covos com magneto (Fig. 8-8). As maiores diferenças entre as capturas nos covos com magneto e sem magneto correspondendo às espécies *Mithrax hispidus* (3,8x) e *Coryrhynchus riisei* (3,7x) e as menores à espécie *Scyllarides brasiliensis* (2,5x). Estas diferenças apontam para uma percepção magnética pelos crustáceos analisados e influencia do campo magnético artificial em suas capturas.

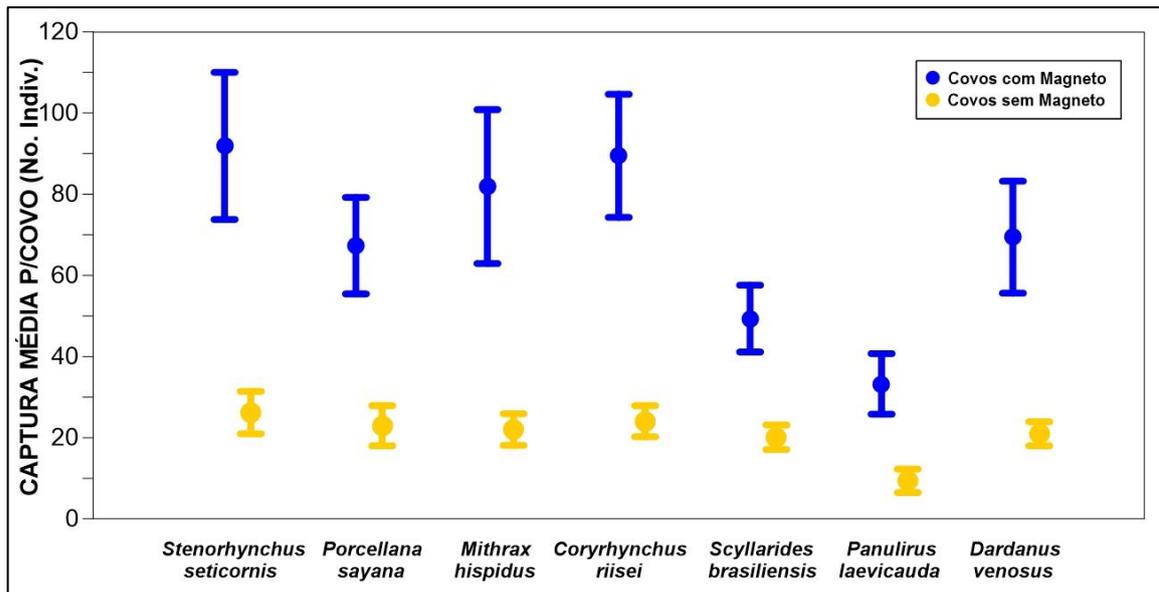


Figura 8-8. Capturas médias (No. Indivíduos/covo) com e sem magnetos e respectivos desvios padrões para as sete espécies de crustáceos com maior ocorrência nas pescarias.

As capturas dos moluscos foram em número reduzido, não permitindo uma análise detalhada. Pouquíssimos cefalópodes e gastrópodes foram observados. Alguns dos exemplares capturados são apresentados na figura 8-9.



Figura 8-9. Molusco cefalópode (A) e gastrópodes (B) capturados nas pescarias experimentais.

Fatores que podem ter contribuído para o baixo índice das capturas, incluem a baixa densidade desses organismos na área de pesca, a geometria da armadilha mais direcionada a pesca de peixes; predação, principalmente pela lagosta *P. laevicauda*, uma vez que os

gastrópodes fazem parte de sua dieta alimentar. Os moluscos capturados foram: 1 gastrópode na 4ª pescaria (C5 com magneto); 1 cefalópode e 10 gastrópodes na 6ª pescaria (C12 e C13, respectivamente, e sem magnetos) e 11 gastrópodes na 8ª pescaria (C13 sem magneto).

8.3.2 Capturas de Peixes

As sete pescarias experimentais com covos com e sem magnetos, corresponderam a um esforço de pesca de 11.961 horas e um universo de 4.339 peixes amostrados. Trinta e duas espécies da Classe Actinopterygii (peixes ósseos) foram encontradas para a área de pesca estudada, considerando as capturas realizadas com os covos sem e com magneto. As mesmas foram identificadas com base nos trabalhos HUMANN & DELOACH, 2006 e do Banco de dados eletrônico FishBase (FISHBASE, 2014). Nenhuma ocorrência de espécies da Classe Chondrichthyes (peixe cartilagenoso) foi registrada para qualquer dos tipos de covos empregados. A relação das espécies capturadas nas sete pescarias com suas denominações vulgares em português e inglês é indicada na Tabela 8-2.

Os níveis de capturas por espécie (número médio de indivíduos por covo) observados nos covos com e sem magneto permanente nas sete pescarias realizadas foram sumarizados na Tabela 8-3, distribuídas em três categorias: espécies formadoras de grandes cardumes, espécies formadoras de pequenos grupos e pares e as aquelas solitárias podendo formar pares. A participação percentual das espécies nessas três categorias é indicada na figura 8-10. Como o número de covos com e sem magneto diferiu bem como o número de horas que cada um pescou efetivamente, os valores são apresentados normalizados para 1 covo e para um período de pesca efetiva de 48h, duração típica dessas pescarias.

Dentre as espécies formadoras de grandes cardumes, a Xira Branca *Haemulon aurolineatum*, foi a dominante, com uma participação numérica expressiva nas capturas com covos, principalmente nos covos com magneto (Fig. 8-10). Entre as espécies formadoras de pequenos grupos, *Holocentrus adscensionis* foi a mais abundante. O número de espécies solitárias foi mais reduzido, e com uma composição mais homogênea, com destaques para as espécies *Calamus pennatula* e *Cephalpholis fulva*.

Índices médios de diversidade Shannon-Wiener calculado para as capturas nos covos com e sem magneto nas sete pescarias experimentais realizadas, são apresentados comparativamente na figura 8-11. Os valores encontrados indicam diversidades equivalentes ou capturas ligeiramente mais diversificada nos covos sem magneto relativa à diversidade verificada nos covos com magneto, principalmente para as espécie de hábitos solitários, refletindo por uma lado a larga dominância de uma única espécie, a Xira Branca, mas também uma possível maior seletividade das capturas pelos covos com magnetos.

Tabela 8-2. Peixes identificados nas capturas com covos com e sem magneto

NOME VULGAR		NOME CIENTÍFICO
Português	Inglês	
Anequim/ Peixe-pedra	Barbfish	<i>Scorpaena brasiliensis</i> (Cuvier, 1829)
Ariocó	Lane snapper	<i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus, 1758)
Baiacu-caixão	Honeycomb cowfish	<i>Acanthostracion polygonia</i> (Poey, 1876)
Baiacu de espinho	Longspined porcupinefish	<i>Diodon holocanthus</i> (Linnaeus, 1758)
Beija Moça/ Piraúna	Coney	<i>Cephalopholis fulva</i> (Linnaeus, 1758)
Bicuara	White grunt	<i>Haemulon plumieri</i> (Lacepède, 1801)
Budião batata/ Beja	Agassiz's Parrotfish	<i>Sparisoma frondosum</i> (Agassiz, 1831)
Budião/ Bobó	Gray Parrotfish	<i>Sparisoma axillare</i> (Steindachner, 1878)
Caico	Chere-chere grunt	<i>Haemulon steindachneri</i> (Jordan & Gilbert, 1882)
Caico (Corocoro)	Corocoro grunt	<i>Orthopristis ruber</i> (Cuvier, 1830)
Carapicu	Mottled mojarra	<i>Ulaema lefroyi</i> (Goode, 1874)
Caico comum	Atlantic bumper	<i>Chloroscombrus chrysurus</i> (Linnaeus, 1766)
Cangulo-pavão	Scribbled leatherjacket filefish	<i>Aluterus scriptus</i> (Osbeck, 1765)
Cangulo branco	Orange filefish	<i>Aluterus schoepfii</i> (Walbaum, 1792)
Cangulo azulado	Queen triggerfish	<i>Balistes vetula</i> (Linnaeus, 1758)
Cangulo cinza	Planehead filefish	<i>Stephanolepis hispidus</i> (Linnaeus, 1766)
Cacain/ Xira parra	Sailor's grunt	<i>Haemulon parra</i> (Desmarest, 1823)
Cioba-vermelha	Mutton snapper	<i>Lutjanus analis</i> (Cuvier, 1828)
Falso tubarão	High-hat	<i>Pareques acuminatus</i> (Bloch & Schneider, 1801)
Guarajuba	Yellow jack	<i>Caranx Bartholomaei</i> (Cuvier, 1833)
Lagartixa/ Jacundá	Sand perch	<i>Diplectrum formosum</i> (Linnaeus, 1766)
Paru	French angelfish	<i>Pomacanthus paru</i> (Bloch, 1787)
Paru branco	Atlantic spadefish	<i>Chaetodipterus faber</i> (Broussonet, 1782)
Peixe-borboleta	Banded butterflyfish	<i>Chaetodon striatus</i> Linnaeus, 1758
Peixe-cirurgião	Doctorfish	<i>Acanthurus chirurgus</i> (Bloch, 1787)
Peixe-porco	American whitespotted filefish	<i>Cantherhines macrocerus</i> (Hollard, 1853)
Mariquita branca	Squirrelfish	<i>Holocentrus adscensionis</i> (Osbeck, 1765)
Moréia	Goldentail moray	<i>Gymnothorax miliaris</i> (Kaup, 1856)
Pena	Pluma porgy	<i>Calamus pennatula</i> Guichenot, 1868
Saramunete	Spotted goatfish	<i>Pseudupeneus maculatus</i> (Bloch, 1793)
Xira branca	Tomtate grunt	<i>Haemulon aurolineatum</i> (Cuvier, 1830)
Xixarro	Round scad	<i>Decapterus punctatus</i> (Cuvier, 1829)

Tabela 8-3. Capturas por espécie agrupados em função das características gregárias das espécies capturadas e médias de peixes nos covos com (c/Mg) e sem (s/Mg) magnetos. Valores normalizados para 48h de pesca efetiva por 1 covo.

Tratamento	PESCA 1		PESCA 2		PESCA 3		PESCA 4		PESCA 5		PESCA 6		PESCA 7	
	c/Mg	s/Mg												
Espécies Formadoras de Grandes Cardumes														
<i>Acabthurus chirurgus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
<i>Chaetodipterus faber</i>	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,22	0,06	0,00	0,00	0,06	0,11
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Decapterus punctatus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
<i>Haemulon aurolineatum</i>	23,20	19,99	22,67	65,40	35,92	50,58	115,85	13,24	3,39	3,66	69,96	15,63	8,86	0,96
<i>Haemulon parra</i>	0,67	0,85	0,44	0,66	0,22	0,00	6,36	1,07	0,22	0,17	0,67	0,29	0,94	0,38
<i>Haemulon plumierii</i>	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,35	0,36	0,11	0,20	0,00	0,19	0,19	0,73
<i>Haemulon steindachneri</i>	0,50	0,71	2,64	0,00	0,00	0,00	0,35	0,72	0,07	0,02	0,67	0,10	0,11	0,00
<i>Lutjanus synagris</i>	2,91	1,07	3,30	1,54	2,18	1,09	6,36	5,01	0,18	0,50	5,19	1,63	0,69	0,44
<i>Orthopristis ruber</i>	0,50	0,21	0,22	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,04	0,07	1,00	0,38	1,22	0,32
<i>Pseudopeneus maculatus</i>	2,99	1,42	4,84	2,41	2,83	3,04	4,59	4,30	1,36	1,21	3,68	4,60	1,36	1,37
<i>Sparisoma axilare</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,05
<i>Sparisoma frondosum</i>	0,08	0,00	0,00	0,00	0,44	0,43	0,00	0,00	0,07	0,19	0,00	0,19	0,17	0,09
<i>Stephanolepis hispidus</i>	1,16	1,14	3,08	1,76	3,70	1,09	1,77	0,72	0,44	0,26	1,34	1,15	0,00	0,06
Espécies Formadoras de Pequenos Grupos ou Pares														
<i>Caranx bartholomaei</i>	0,00	0,07	0,22	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Chaetodon striatus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,09	0,00	0,00	0,00	0,02
<i>Diodon holocanthus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,09	0,00	0,58	0,00	0,00
<i>Diplectrum formosum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,36	0,00	0,00	0,17	0,10	0,00	0,00
<i>Holocentrus adscensionis</i>	0,33	0,14	0,44	1,10	0,22	0,00	0,71	0,36	0,15	0,07	1,34	0,19	0,00	0,02
<i>Lutjanus analis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,18
<i>Pareques acuminatus</i>	0,08	0,00	0,22	0,00	0,22	0,00	0,00	0,36	0,04	0,04	0,17	0,00	0,03	0,05
<i>Pomacanthus paru</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00
Espécies Solitárias Podendo Formar Pares														
<i>Acanthostracion polygonia</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Aluterus schoepfii</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
<i>Aluterus scriptus</i>	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Balistes vetula</i>	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Calamus pennatula</i>	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
<i>Cephalpholis fulva</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cantherhines macrocerus</i>	0,00	0,14	0,44	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Eucinostomus lefroyi</i>	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
No. COVOS	6	7	3	3	3	3	3	3	6	11	6	11	6	11
DURAÇÃO DA PESCA (h)	96,2	96,4	72,7	72,9	73,5	73,7	45,3	44,7	217,1	235,1	47,8	45,5	287,9	287,1
MÉDIA PEIXES/COVO/48h	32,7	26,1	38,5	73,1	45,9	56,4	137,4	26,8	6,5	6,9	84,4	25,1	13,8	4,9
DESVIO PADRÃO	4,1	3,5	4,1	11,5	6,4	8,9	20,4	2,5	0,6	0,7	12,3	2,8	1,6	0,3

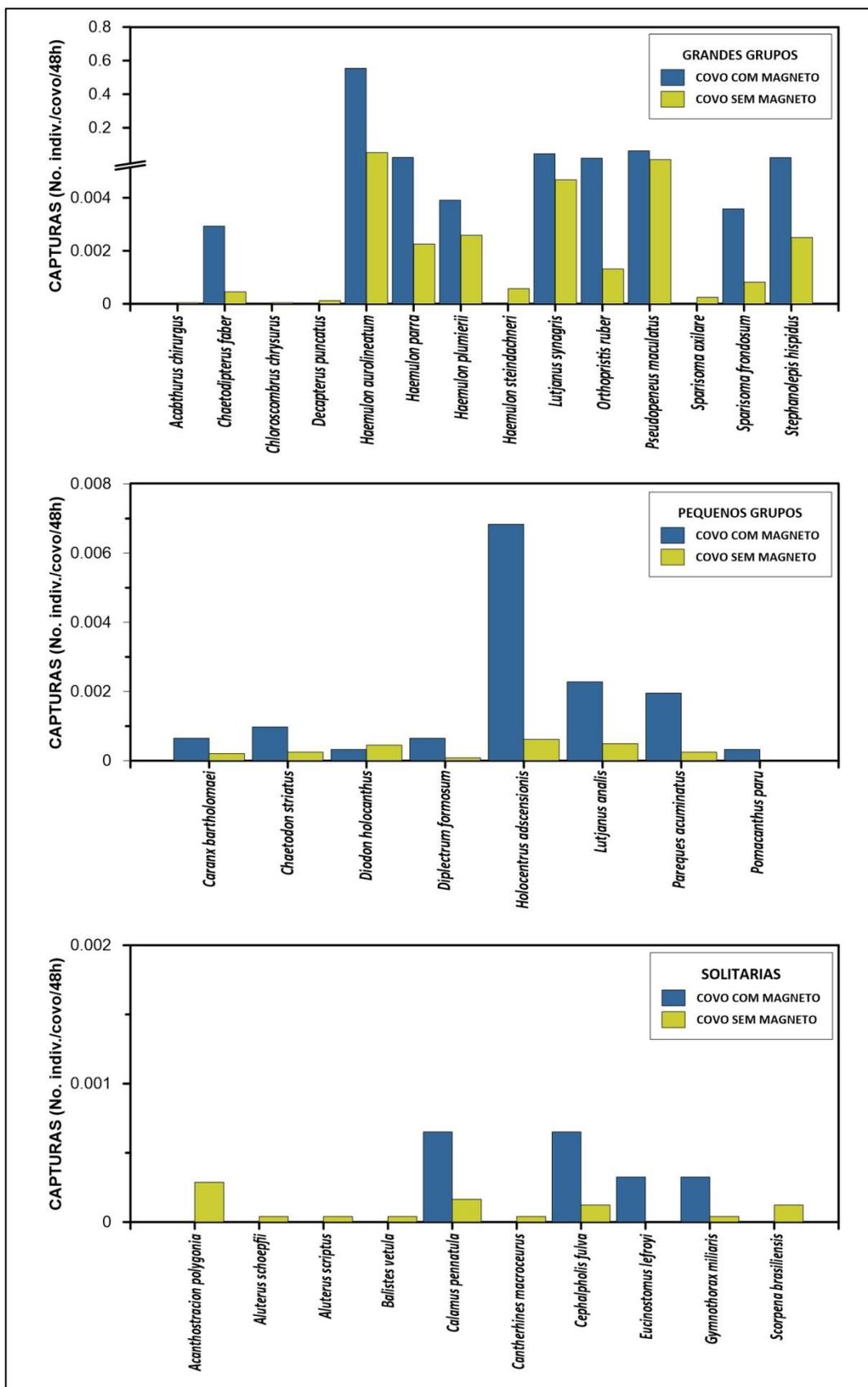


Figura 8-10. Participação das espécies formadoras de grandes cardumes, pequenos grupos e solitárias nas capturas dos covos com e sem magneto.

Os índices médios de capturas pelos covos com e sem magneto para um período de pesca efetiva de 48 horas nas 7 pescarias realizadas são apresentados na figura 8-12. Nas pescarias 4 e 6 de menor duração (45-48h, Tabela 8-3) a diferença entre número de indivíduos capturados pelos covos com e sem magneto foi mais acentuada, bem como o número total de peixes capturados. Já para as pescarias 5 e 7, de maior duração (217-288h, Tabela 8-3) as diferenças foram menos acentuadas e as capturas totais reduzidas.

A composição percentual das espécies formadoras de grandes cardumes, de pequenos grupos e solitárias, capturadas nos conjuntos de covos com e sem magneto é apresentada na figura 8-13. O número de espécies nos covos com magneto foi um pouco inferior ao daqueles dos covos sem magneto. Este efeito é mais acentuado para o grupo de espécies solitárias.

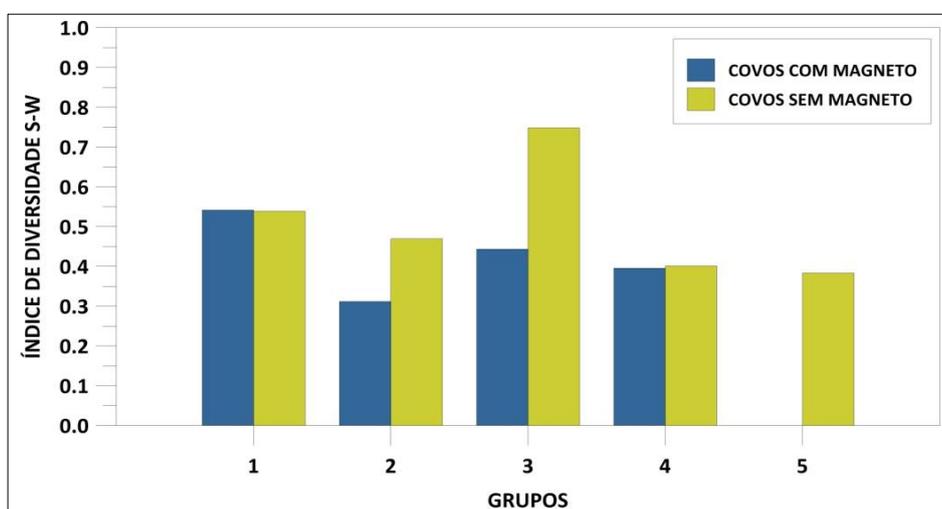


Figura 8-11. Índices médios de diversidade Shannon-Wiener das capturas nos covos com e sem magneto nos pontos de pesca G1-G5.

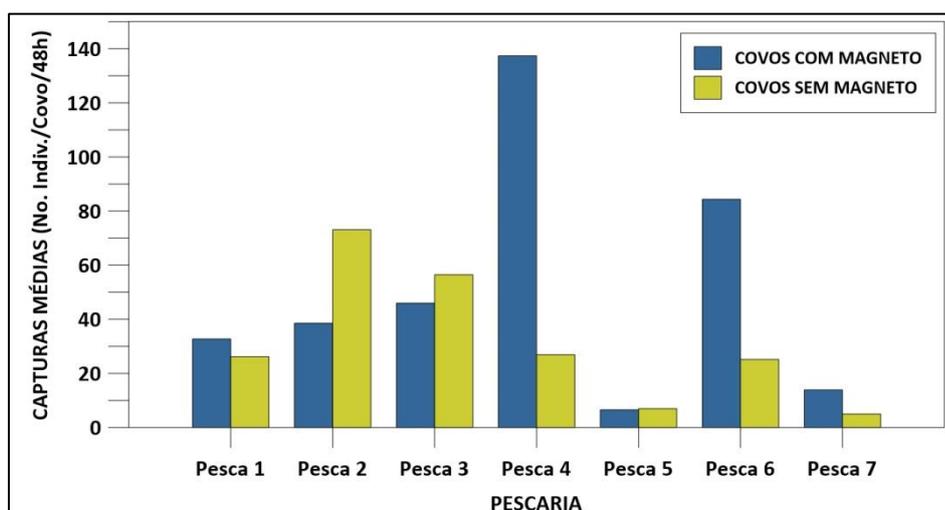


Figura 8-12. Índices médios de capturas (No. indivíduo/covo/48h) nos covos com e sem magneto nas pescarias 1 a 7.

As capturas totais (número de indivíduos) para os conjuntos de covos com e sem magneto para as sete pescarias experimentais realizadas são representadas na figura 8-13. Os índices de capturas nos covos com magnetos foram bastante superiores àqueles nos covos sem magneto nas pescarias 4, 6 e 7 e um pouco superior nas pescarias 1 e 5. Nas pescarias 2 e 3 no entanto, o numero de peixes capturado pelo conjunto de covos sem magneto foi mais elevado que dos covos com magneto. Durante a pescaria 5 com o índice de captura foi muito reduzido em ambos os tipos de covos.

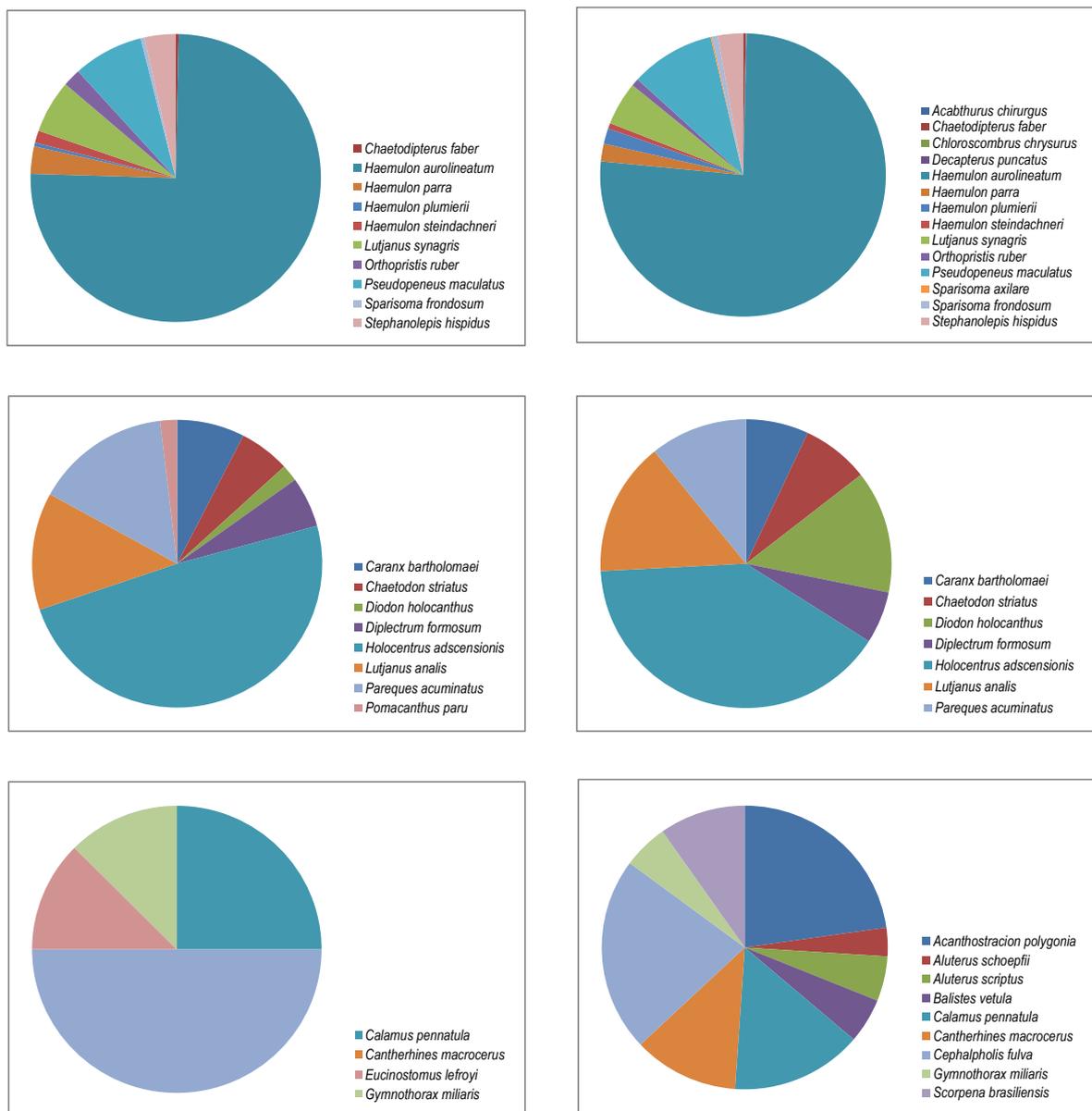


Figura 8-13. Composição específica das capturas com covos com e sem magnetos. Participação percentual das espécies de peixes formadoras de grandes cardumes, formadoras de pequenos grupos e espécies solitárias.

8.4 DISCUSSÕES

8.4.1 Crustáceos

Foram quantificados 36.046 indivíduos de crustáceos pertencentes a sete espécies principais, com um volume de captura por covo com magneto 2,5 a 3,8 vezes superior ao verificado nos covos sem magneto, evidenciando fortemente a influencia do campo magnético artificial no comportamento de percepção magnética dos crustáceos analisados. Os crustáceos com maior representatividade nas capturas com covos na área de estudo incluíram 5 espécies de caranguejo (*Coryrhynchus riisei*; *Stenorhynchus seticornis*, *Mithrax hispidus*; *Porcellana sayana* e *Dardanus venosus*) e duas espécies de lagosta (*Scyllarides brasiliensis* e *Panulirus laevicauda*).

Estudos sobre a composição e distribuição espacial dos decápodes nos recifes de coral da praia de Porto de Galinhas, litoral sul de Pernambuco, sugerem que a distribuição dos mesmos nos recifes costeiros seja influenciada pela profundidade e exposição à água e pela hidrodinâmica local (COELHO *et al*, 2012). Nesses estudos três espécies foram dominantes, representando 89,3% do total de indivíduos amostrados: *Cinetorhynchus rigens* (49,6%), *Mithraculus forceps* (21,6%) e *Panulirus echinatus* (18,2%). Sete espécies representaram 6,8% dos indivíduos encontrados dentre elas: *Mithrax hispidus* (0,6%) e *Stenorhynchus seticornis* (0,56%) (COELHO *et al*, 2012). Ambas com larga representação nas capturadas nas pescas com covos.

Sinopses taxonômicas dos principais grupos encontrados e sobre a abundância e biomassa do macrozoobentos nos bancos oceânicos e na plataforma continental nordestina foram elaboradas no âmbito do Programa REVIZEE-NE (Programa para Avaliação dos Recursos Vivos da Zona Economica Exclusiva – Nordeste). Nesses estudos foram identificadas 441 espécies pertencentes aos Filos Cnidaria (5,67%), Crustacea (38,10%), Echinodermata (6,35%), Mollusca (35,37%) e Porifera (4,54%), e a Classe Actinopterygii (9,98%). O Filo Crustacea, esteve representado por 168 espécies pertencentes às Ordens Stomatopoda (4,76%), Decapoda (84,52%) e Isopoda (10,71%) (REVIZEE, 2004).

As margens continentais situam-se entre os continentes e as bacia oceânicas, representando 10% da superfície do globo, e chegam a concentrar cerca de 90% do potencial econômico marinho, no que se refere a alimento, combustíveis fósseis e minerais de valor econômico (COUTINHO, 1996). Os sedimentos que recobrem a plataforma continental de Pernambuco são essencialmente, areias e cascalhos formados por artículos, fragmentos e restos de organismos de algas coralinas (BARROS *et al*, 2007).

A grande abundância dos crustáceos, sobretudo dos decápodes e a compatibilidade de características (tipo de fundo, profundidade, presença de substrato rochoso, condições hidrodinâmicas, etc.) dos habitat da grande maioria deles com aquelas da área onde foram efetuadas as pescarias experimentais com os covos, explicam o elevado número (36.046) de crustáceos capturados nos experimentos, restando esclarecer a marcada diferença entre as capturas nos covos com e sem magneto, com um número de indivíduos 2,5 a 3,8 vezes superior (Fig. 8-12) nos covos com magneto, relativos aos capturados nos covos sem magneto, para todas as 7 espécies analisadas (Fig. 8-10).

Não foram encontrados na literatura registros de estudos magnéticos envolvendo as espécies de caranguejo capturadas nas pescarias. A literatura é também esparsa no que tange a esses aspectos com outros invertebrados marinhos. As respostas obtidas podem indicar o uso do campo magnético para fins de exploração do ambiente e/ou posicionamento. Seriam necessários estudos experimentais de magnetorrecepção e/ou alinhamento magnético com essas espécies e pesquisas voltadas para a detecção de presença de material magnético em suas estruturas para poder estabelecer uma melhor compreensão das relações destes organismos com os campos geomagnético e magnético artificial.

Estudos anteriores revelaram que os caranguejos chama-maré *Uca pugilator* e *Uca pugnax*, alteram sua fisiologia e metabolismo quando expostos a campo magnético (H) de 100 Oersted no polo sul, através da regeneração rápida de seus apêndices multilados (LEE & WEISS, 1980).

Duas species de lagostas *Scyllarides brasiliensis* e *Panulirus laevicauda* foram capturadas nas pescarias experimentais. Embora existam vários estudos relacionando o campo magnético com lagostas, os mesmos foram conduzidos com a lagosta vermelha *Panulirus argus* a exemplo das pesquisas sobre presença de material magnético (LOHMANN, 1984; LOHMANN, 1985) e orientação (LOHMANN *et al*, 1995; BOLES & LOHMANN, 2003).

A pesca de lagosta em águas costeiras do Brasil teve início no estado de Pernambuco no ano de 1950, sendo, desta forma, o estado pioneiro na atividade (COELHO, 1962; MOURA, 1962). No litoral brasileiro as lagostas com maior representatividade econômica nas pescarias comerciais são as espécies *Panulirus argus* (lagosta vermelha), *Panulirus laevicauda* (lagosta verde), ambas pertencentes à família Palinuridae. Apesar da estatística pesqueira nacional não levar em consideração a produção da lagosta sapata, *Scyllarides brasiliensis*, esta espécie vem se destacando nos desembarques, principalmente da região Nordeste, e, em especial, nos estados de Pernambuco e Alagoas (SANTOS & FREITAS, 2002). Muito embora, as famílias, Synaxidae - lagosta de coral e Scyllaridae - lagosta sapateira, respectivamente com 2 e 74 espécies não apresentem importante participação nos desembarques de lagosta ao redor do mundo (PHILLIPS, COBB & GEORGE, 1980; BOWMAN & ABELE, 1982 e FAO, 1993). Apesar dos poucos destaques nas capturas desta espécie a nível mundial, as armadilhas magnéticas poderiam ser utilizadas para incrementar tais capturas, uma vez que este animal representa uma importante fonte de proteínas e não são tão aproveitadas para o consumo humano quanto os representantes do gênero *Panulirus*.

A lagosta sapata *Scyllarides brasiliensis* é dotada de visão escassa, sendo, em linhas gerais, um animal vagaroso (RAMOS, 1951). Em nível mundial, pouco se conhece sobre a biologia e pesca desta espécie, enquanto que no Brasil, a falta de informações é ainda mais acentuada (SANTOS & FREITAS, 2002). Se considerarmos que a percepção magnética é um sistema eficiente de orientação, esses animais poderiam utilizar esta ferramenta física para explorar seu ambiente haja vista a sua precária visão. São raras as informações sobre a biologia desta espécie e se nos insinuarmos nos conhecimentos referentes ao magnetismo animal, as informações são praticamente inexistentes. Urge a importância de realizar novos estudos para compreensão dos

mecanismos fisiológicos e comportamentais desta espécie na presença de varias intensidades de campos magnéticos.

De uma forma geral as sete espécies analisadas demonstraram um comportamento de atração nas armadilhas a marcadas magneticamente. É evidente que a distribuição espacial da captura reflete tanto uma relação bioecológica dos indivíduos com o substrato, talvez a presença de material magnético nos sedimentos auxiliem esta distribuição, uma vez que elas necessitam (ao menos a *P. argus*) incorporar parte deste material na carapaça. As relações interespecíficas também podem influenciar, no sentido de que *P. argus* é a espécie dominante, de maior abundância e porte individual e ocupando maior território, enquanto *P. laevicauda* tem menor porte individual, sendo menos abundante e com menor espaço territorial, de localização mais costeira (FONTENELES-FILHO, 1992). O que se poderia esperar era uma maior concentração de *P. argus* nos covos com e sem magneto, mas elas simplesmente não ocorreram. Talvez o seu tamanho tenha influenciado, mas, e os juvenis desta espécie? Por que não ocorreram? Será que os magnetos causaram algum desequilíbrio local e esses animais sentiram alguma aversão às altas intensidades magnéticas? Um novo teste controlado em ambiente de laboratório pode resolver tais questões.

Os resultados obtidos revelaram, além da íntima relação dos crustáceos bentônicos com o seu novo substrato artificial (armadilhas marcadas magneticamente), também uma possibilidade dos animais utilizarem as propriedades peculiares de certos sedimentos para o seu benefício metabólico (incorporando partículas ferromagnéticas do sedimento no seu exoesqueleto). O papel desempenhado por esses organismos na aeração e remobilização dos fundos, acelerando os processos de transformação, remineralização de nutrientes, deposição de matéria orgânica e, conseqüentemente, os próprios processos de produção marinha, primária e secundária (ROADS, 1974; THRUSH, 1986). Estes animais também desempenham um papel vital no ecossistema marinho, podendo atuar tanto como receptor de energia proveniente do pelagial, quanto como fornecedor de energia para os organismos demersais e de nutrientes para o fitoplâncton (LANA *et al*, 1996.).

Em termos gerais informações acerca do comportamento magnético dos animais que fazem parte do macrozoobentos, sobretudo na nossa plataforma continental, são escasas. A maioria dos dados disponíveis, na Plataforma Continental e bancos oceânicos do Nordeste do Brasil, versam, principalmente, sobre aspectos sistemáticos e distribucionais, não havendo quase nenhuma informação acerca da relação da composição, diversidade, abundância e da biomassa, com os parâmetros ambientais (REVIZEE, 2004), dentre os quais o fator geomagnetismo.

O ecossistema marinho vem sofrendo uma grande pressão, produzida pelo ininterrupto aumento populacional humano, que encontra neste ambiente uma fonte inestimável de recursos (muitos ainda desconhecidos), tornando-se necessários estudos que possibilitarão uma exploração sustentável (REVIZEE, 2004). Para contemplar tais aspirações, é necessário, não apenas adquirir conhecimentos precedentes acerca da biologia das espécies marinhas, teia trófica oceânica e sedimentos marinhos, mas também dos processos ambientais que atuam nos seres vivos deste ambiente.

8.4.2 Peixes

Tem-se verificado, principalmente em laboratório, que alguns animais são sensíveis ao campo geomagnético e capazes de usar esta informação para orientação espacial. Durante as pescarias experimentais com covos com e sem magneto, verificou-se um incremento do número de indivíduos capturados pelos covos com magneto, associado a uma redução do número de espécies capturadas. Esta tendência sugere que algumas das espécies de peixes que ocorrem na área de estudo possam ser capazes de perceber alterações de campo magnético.

Todas as espécies capturadas pertenciam a classe Actinopterygii (peixes ósseos). Raias e tubarões não foram capturados pelos covos com ou sem magnetos, possivelmente como reflexo de seu maior porte relativo à abertura das armadilhas. Por outro lado, danos por vezes verificados a covos com magnetos, sugerem a ocorrência de tubarões na área. Como os danos foram verificados quase que exclusivamente nos covos com magneto, caso tenham ocasionado perdas dos exemplares capturados, as capturas nessas armadilhas poderiam ser ainda mais elevadas. Durante a condução das pescarias, grupos de botos foram visualizados na área de pesca. Sua presença de próximos aos covos pode indicar uma resposta direta ao campo magnético ou indireta pela maior quantidade de peixes presos nos covos com magneto, ou a uma combinação desses dois fatores.

O número médio de peixes capturados nos covos com magneto permanente nas várias pescarias variou entre 29,5 a 129,7 indivíduos, enquanto aquelas nos covos sem magneto permanente variou entre 23,8 e 111,0 indivíduos. A duração das pescarias foi em geral de 2-3 dias, mas por vezes, em função do estado do mar as mesmas, impedindo o retorno à área de pesca ou dificultando sua localização e resgate, os mesmos permaneceram pescando 10-12 dias até serem recuperados. Visando minimizar essas diferenças, para efeito comparativo, as capturas foram normalizadas em termos do número de covos empregado em cada tratamento (com e sem magneto) e para um período de 48 horas de pesca efetiva (Tabela 8-3).

Resultados do teste t-pareado aplicado aos pares covos com e sem magneto das 7 pescarias, indicam que os níveis médios de captura pelos covos com magneto permanente foram significativamente ($\alpha=0.05$) superiores àqueles verificados nos covos sem magneto. Dentre as espécies capturadas com os covos, merece destaque especial a *Haemulon aurolineatum*, Xira branca, cuja magnitude de ocorrência foi até 2 ordens superior (10 a 100x) das demais, principalmente nos covos com magneto. Das 2976 Xiras-brancas capturadas nos 17 covos do experimento, 1709 foram capturadas nos 6 covos com magneto, enquanto que 1272 nos 11 covos restantes, sem magneto.

A família Haemulidae possui aproximadamente 145 espécies divididas em 17 gêneros, com duas subfamílias. Os haemulídeos encontram-se relacionados à habitats demersais nas plataformas continentais e insulares, distribuídas nos oceanos Atlântico Pacífico e Índico. Certas espécies ocupam os estuários enquanto outras se deslocam para habitats nas proximidades da costa na fase juvenil e quando adultos buscam os recifes de coral (LINDEMAN & TOXEY, 2003; NELSON, 2006). O gênero *Haemulon* possui 21 espécies e possuem relevante valor econômico e

ecológico em virtude da sua abundância e importância trófica como presa e predador (LINDEMAN; RICHARDS, 2005; ROCHA; ROSA, 1999).

A xira branca (*Haemulon aurolineatum*) pertence ao grupo dos Actinoptérígios, é uma espécie marinha que habita os prados de fanerógamas, fundos de areia e recifes de coral (LIESKE & MYERS, 1994) (Fig. 8-14). São formadores de grandes cardumes e alimentam-se de pequenos crustáceos, moluscos e outros invertebrados bentônicos, planctônicos e algas (COURTENAY e SAHLMAN, 1978). Os Juvenis permanecem nos estuários até a fase adulta, quando retornam ao ambiente marinho. Na captura comercial do saramunete - *Pseudupenneus maculatus* (BLOCH, 1793) - pescado com covo, na costa de Pernambuco, a *H. aurolineatum* representa o recurso de fauna acompanhante mais abundante (25%) (LIMA, 2004).



Figura 8-14. Cardume e indivíduos de *Haemulon aurolineatum*. FONTE: <http://www.fishbase.org>

Embora a xira branca não seja uma espécie-alvo da pesca, está incluída entre as oito espécies da família Haemulidae (peixes de ambiente epipelágico) mais comumente exploradas pelos pescadores de Jaraguá, Maceio-Alagoas (RANGELY, 2010), sendo aproveitada pelos pescadores artesanais para consumo próprio e/ ou comércio local. A seletividade verificada e o bom índice de captura sugerem que a utilização dos magnetos nos covos artesanais, poderia favorecer a pesca artesanal principalmente a de subsistência.

Os complexos deslocamentos de forrageamento e reprodução apresentados por *H. aurolineatum* e sua capacidade de formar grandes cardumes talvez exijam um mecanismo elaborado de percepção magnética. De acordo com a literatura, a atividade alimentar de determinados peixes é regida por um ritmo circadiano. Alterações de claro (luz do dia) e escuro determinam esse ritmo e controlam o relógio biológico do peixe, determinando se este realizará suas atividades alimentares no período diurno ou noturno. A maioria dos peixes realiza a sua atividade alimentar diariamente, podendo ser a atividade voluntária mais freqüente e que requer boa parte do dia, embora possam também nadar durante o dia e se alimentarem durante a noite e vice-versa (BOND, 1979; BOUJARD & LEATHERLAND, 1992) ou ainda se alimentarem

indistintamente durante o dia e a noite. Poder contar com um sistema de magnetorecepção para se orientar nestes ambientes durante suas atividades seria grandemente desejável. Novas pesquisas são necessárias para verificar a presença/ausência de partículas e sensores magnéticos e melhor conhecer o mecanismo de percepção magnética desta espécie.

As espécies que habitam regiões recifais são as mais procuradas, tanto para pescarias com caçea, quanto com linha. Algumas espécies da família Haemulidae como *Orthopristis ruber* (capturadas nos covos com e sem magneto) foram citadas como alvo de pescaria com linha na região estuarina Jaraguá, Maceio-AL (RANGELY *et al*, 2010).

Um único exemplar do cangulo (*Balistes vetula*) foi capturado nas pescarias, e em um covo sem magneto. Reduções de suas capturas estão provavelmente relacionadas ao aumento da procura desta espécie na sua fase juvenil para o mercado de peixes ornamentais. Em nível mundial, o cangulo já é considerada uma espécie ameaçada, constando da lista vermelha da IUNC (IUCN 2012) como *vulnerável* (VU–Vulnerable).

A ordem Perciformes se caracteriza por ser a mais diversificada entre todas as ordens de peixes e também por ser a com maior número de espécies entre os vertebrados (NELSON, 1997). Inúmeras espécies de peixes comerciais fazem uso de mais de um habitat durante seu ciclo de vida (GILLANDERS *et al*, 2003). A diversidade de ambientes atribuem diferentes vantagens de sobrevivência para as distintas fases durante o crescimento dos peixes (MORRIS, 2006). Estudos nos ecossistemas costeiros caribenhos indicam que alguns haemulídeos e lutjanídeos cedem ao menos, uma fase de sua vida em ambientes estuarinos (LINDEMAN, 1987; SHULMAN & OGDEN, 1987; ANDERSON, 2003).

A Família lutjanidae se destaca com inúmeras espécies consideradas importantes recursos pesqueiros em toda sua área de ocorrência (FISCHER, 1978; RALSTON & MYAMOTU 1983; POLOVINA & RALSTON, 1987; RALSTON & WILLIAMS, 1989; MORALES-NIM & RALSTON, 1990; HAITGHT *et al*, 1993). Esta família ocorre em águas cálidas dos mares tropicais nas plataformas costeiras e regiões insulares por todo o globo. Apresenta cerca de 125 espécies em 21 gêneros e cinco subfamílias (NELSON, 2006). Durante seu crescimento, penetram nos estuários em busca de áreas rasas próximas à costa (ANDERSON, 2003) inclusive algumas espécies na fase adulta podem ser observadas em recifes e ambientes de rochas, em profundidades de até 550 m, onde a quantidade de luz presente é mínima.

Os Lutjanídeos são peixes gonocóricos de vida longa e crescimento lento, as fêmeas adultas produzem grande número de ovos, suas larvas são pelágicas e evitam a superfície durante o dia. Estes animais são considerados vulneráveis à sobrepesca, Apresentando grande importância comercial no Oceano Atlântico leste, central e oeste, sendo relevante fonte de renda para pescadores artesanais (ANDERSON, 1987; LINDEMAN; RICHARDS, 2005). Há dados de 2001 no Brasil, que indicam que espécies do gênero *Lutjanus* contribuíram com 12,5% das capturas sendo que a espécie *Lutjanus jocu* (Bloch e Schneider, 1801) a mais representativa deste total com 2,93% capturada nos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco (REZENDE & FERREIRA, 2004).

A espécie *Lutjanus analis* (cioba) ocorreu apenas na pescaria 7, em covos com e sem magneto permanente. Num estudo sobre conservação da paisagem e biodiversidade na zona costeira do Ceará, o *Lutjanus analis*, também é considerada pela IUNC como vulnerável, em nível global (AQUASIS, 2003). Em Pernambuco, *Lutjanus analis* passou a ser a principal espécie capturada na década de 80 seguida pelas espécies: *Lutjanus chrysurus* (BLOCH, 1791), *Lutjanus joca* (BLOCH & SCHNEIDER, 1801) e *Lutjanus synagris* (RESENDE *et al*, 2003).

Lutjanus synagris, conhecida vulgarmente como ariocó, foi a terceira espécie mais capturada no experimento, totalizando 253 indivíduos (139 para os covos com magneto e 114 para os sem magneto). O Habitat do *Lutjanus synagris* são os recifes coralíneos e habitats adjacentes, da superfície até aproximadamente 400 m de profundidade, em todo o Atlântico ocidental tropical e subtropical (Allen, 1985). No Brasil, o *L. synagris* é razoavelmente abundante no Nordeste, onde tem grande importância comercial. As investigações pioneiras sobre *L. synagris* no Brasil foram executadas no estado do Ceará, onde foram estudadas a idade e o crescimento (Alegria & Menezes, 1970), a fecundidade (GESTEIRA & ROCHA, 1976) e a reprodução (SOUSA-JUNIOR *et al*, 2008). No entanto, não há registros de estudos no Brasil sobre respostas magnéticas para esta espécie, como também para as espécies mencionadas.

Os lutjanídeos são capturados desde águas costeiras, até plataforma a externa, bancos e ilhas oceânicas do nordeste (FERREIRA *et al*, 1997). Este fato explica a ocorrência de alguns representantes desta família nos covos com e sem magneto.

O *Pseudopeneus maculatus*, pertencente à família Mullidae e é conhecido como saramunete, ocorreu nos covos com e sem magneto, e foi a segunda espécie mais capturada nos experimentos. Dos 452 exemplares capturados 192 (42,5%) ocorreram nos covos com magneto e 260 (57,5%) nos covos sem magneto. A família Mullidae inclui aproximadamente 50 espécies distribuídas em áreas tropicais e subtropicais dos oceanos Índico, Pacífico e Atlântico. Mais especificamente sua distribuição compreende o atlântico ocidental: Bermudas e Nova Jersey (EUA) até Santa Catarina, Brasil (FLOETER *et al*, 2003), incluindo o Golfo do México e todo o mar do Caribe (CERVIGÓN, 1993). Habita águas rasas até profundidades de 90m, principalmente sobre a areia e fundos de rocha em áreas de recifes, onde se alimentam de pequenos invertebrados (CERVIGÓN, 1993). No Brasil esta espécie é comumente comercializada para fins de aquarofilia, especialmente no estado do Ceará (MONTEIRO-NETO, 2003), ou para consumo humano (VERGARA, 1978).

Os mulídeos, como o *P. maculatus*, forrageiam preferencialmente no substrato misto (areia e algas), orientados principalmente por um par de barbilhões. Esta espécie percorre a menor distância por tempo durante o forrageamento (KRAJEWSKI, 2005). Esta espécie pode inclusive se alimentar de plâncton na coluna d'água demonstrando sua versatilidade na seleção de substrato para forrageio e em seu comportamento alimentar. A simples caracterização dos Mullidae como escavadores generalizados de substratos não consolidados é inadequada devido a diversificação da atividade de forrageamento em relação à outras espécies (KRAJEWSKI, 2005). Até o presente momento não consta na literatura científica estudos referentes ao comportamento do *P. maculatus* e sua interação com o campo magnético.

Dentre as espécies que ocorreram com frequência muito baixa, incluem-se ainda o paru preto (*Pomacanthus paru*); o paru branco (*Chaetodipterus faber*) e o peixe-borboleta (*Chaetodon striatus*). Os peixes-anjo (família Pomacanthidae) estão entre as espécies mais procuradas por aquaristas marinhos pela sua beleza de formas e de cores e fazem parte do grupo de peixes ameaçados e incluem-se entre as doze espécies de peixe mais exportadas a partir de Fortaleza. Destes organismos supramencionados, mais de 90% das capturas no estado do Ceará são direcionados para o paru jandaia (*Holocanthus ciliaris* sem registro nas capturas experimentais deste trabalho) e para o paru preto (*Pomacanthus paru*). Estas duas espécies foram elencadas como as mais ameaçadas pela captura indiscriminada (por ser o maior alvo do comércio de peixes ornamentais) e destruição de seus habitats (AQUASIS, 2003).

Também é importante destacar, que apesar da baixíssima ocorrência do peixe *Acanthurus chirurgus*, esta é a espécie de peixe cirurgião mais comum em águas costeiras, que prefere os recifes mais rasos e forma cardumes grandes frequentemente associados aos peixes papagaios (Scaridae). O baixo número de indivíduos capturados nos covos pode se dever a sua preferência por áreas mais rasas e/ou redução de sua população por conta de sua grande procura para a aquarofilia, dada a sua beleza ornamental (FIGUEIREDO & MENEZES, 2000; FROESE & PAULY, 2005).

As espécies *Pomacanthus paru* (paru) e *Holocentrus adscensionis* (mariquita branca), esta última sem ocorrência nas capturas, são restritas ao Atlântico tropical, com populações que vão desde o Sudeste do Brasil até a Flórida. Apesar de seus maiores estoques concentram-se no Nordeste do Brasil e do Caribe (AQUASIS, 2003), a captura desses organismos pelos covos foi baixa ou não ocorreu. Esses baixos índices de captura podem estar relacionados a fatores antropicos tais como a sobrepesca, uso inadequado do solo, poluição agrícola e doméstica, carcinicultura e o turismo descontrolado nestas áreas (FERREIRA & MAIDA, 2006). Os ecossistemas costeiros de Pernambuco vêm sendo submetidos a diversos processos de degradação com conseqüente perda de biodiversidade (VASCONCELOS *et al*, 2008).

De uma forma geral, em relação ao litoral marítimo do nordeste oriental, os estados de Alagoas e Pernambuco apresentam os menores índices de abundância relativa de pescado. Esta baixa produtividade pode ser associada à termoclina permanente, que, não permite a disponibilização de nutrientes desde as áreas mais profundas à zona eufótica (LESSA *et al*, 2004).

Das trinta e duas espécies encontradas na área, algumas ocorreram com mais constância e outras de forma mais eventual, por vezes tendo estado representada por um único indivíduo. A princípio, um alto índice de ocorrência de uma espécie nos covos com magneto poderia ser indicativa do seu hábito em formar cardumes como as espécies *Haemulon aurolineatum* e *L. synagris*, esta última forma grandes cardumes, especialmente durante a época de reprodução (FISHBASE, 2012), pela percepção do campo magnético através de possíveis partículas magnetoreceptoras em seu organismo, a exemplo do material magnético encontrado na linha lateral de salmão (MOORE *et al*, 1990) e na lamela olfativa da truta arcoiris (WALKER *et al*, 1997).

Embora o fenômeno da magnetocepção tenha sido estudado intensivamente em alguns grupos zoológicos, como nas aves, a literatura sobre magnetocepção em peixes ósseos, e particularmente em peixes não migratórios é bastante escassa. Alguns estudos relevantes examinaram o alinhamento das carpas comuns (*Cyprinus carpio*) submetidas à um campo magnético artificial. Segundo a análise das amostras deste estudo, composto por medições individuais dos movimentos direcionais em 14.537 peixes, distribuídos entre 80 cubos plásticos circulares em 25 locais diferentes, há resposta de alinhamento magnético pelos organismos testados. As carpas exibiram um resultado estatisticamente significativo ao alinhar preferencialmente de forma espontânea seus corpos ao longo do eixo norte-sul. O referido autor concluiu que, mesmo na ausência de qualquer outra orientação sugestiva comum que pudesse explicar esta preferência direcional, o alinhamento dos peixes foi atribuído à percepção das linhas de campo geomagnético (HART *et al*, 2012).

A questão do alinhamento magnético não foi enfocada no presente estudo. Se por um lado não foi testada em laboratório, os resultados obtidos nos possibilitou associar as espécies com maior índice de captura nos covos com magneto a existência de um mecanismo para detecção do campo magnético.

Estudos usando microscopia eletrônica (estudo de material magnético na linha lateral e lamela olfatória), magnetometria SQUID, e experimentos de comportamento empregando bobinas elétricas na simulação do campo ambiental, possibilitariam a geração de dados mais detalhados sobre o mecanismo de magnetorecepção das espécies cujos índices de captura foi mais elevados nos covos com magneto.

Experimentos com o peixe-zebra constataram a presença do senso magnético devido ao seu comportamento, mediante o campo magnético, produzido em laboratório (SHCHERBAKOV *et al*, 2007). Até o momento, não foram encontrados registros na literatura relacionados à resposta magnética, com as 32 espécies de peixes capturados nos covos e identificados no presente trabalho. A condução desses estudos seria desejável uma vez que a constatação de presença de nanocristais de magnetita biogênica nas estruturas do animal corroboraria os resultados obtidos.

Os valores encontrados apresentaram-se superiores para as capturas nos covos com magneto permanente relativos àqueles observados para os covos sem magneto e podem refletir a maior dominância da xira branca nas capturas com os covos com magneto ou uma maior seletividade das capturas favorecendo espécies com maior sensibilidade ao campo magnético e que sejam formadoras de cardumes.

A captura de peixes cartilaginosos com uso de covos é mais rara, devido a seu maior porte relativo ao tamanho das armadilhas ormalmente empregados, embora existam registros de capturas de arraia-pintada (*Aetobatus narinari*) e cação-lixá (*Gynglymostoma cirratum*) por covos na área de Itamaracá. Raias e tubarões não foram capturados nem nos covos com magneto nem nos covos sem magneto, embora a área da pesca experimental e costeira adjacente apresente uma alta frequência de ataques por tubarões a surfistas e banhistas. A não captura de cartilaginosos (tubarões e raias) nos covos mais provavelmente, se deve ao seu maior porte,

relativo ao tamanho de abertura das armadilhas e no caso das raias também a seus baixos estoques na área. Entre os anos 1988 e 1993, a captura de tubarões e raias no Brasil aumentou aproximadamente 64%, representando cerca de 4% da pesca mundial (LESSA *et al*, 2000). Por outro lado, o índice de ataque às armadilhas, quase que exclusivamente àquelas com magneto, poderiam ser indicativos da presença de tubarões na área e para um alto índice de resposta ao campo gerado pelos magnetos permanentes (Tabela 8-4).

Tabela 8-4. Ocorrência de ataques a covos com e sem magneto nos pontos de pesca G1-G5.

	G1	G2	G3	G4	G5
Covos com Magneto	9	5	6	4	0
Covos sem Magneto	0	3	0	0	0

Durante as pescarias foram por vezes visualizados grupos de três a quatro botos, nadando próximo aos covos. Segundos os pescadores locais, esses animais podem por vezes atacar os covos. É possível que os botos, se responsáveis pelos ataques aos covos, tenham elegido prioritariamente aqueles com magneto, serem aqueles com um maior numero de peixes presos. No entanto não se pode descartar a possibilidade deles também serem capazes de detectar o campo magnético e estarem respondendo ao efeito combinado desses dois fatores.

8.5 CONCLUSÕES

As capturas de algumas das espécies de crustáceos nos covos com magnetos permanentes foram numericamente, 2,5 a 3,8 vezes superiores àquelas nos covos sem magneto. Essas diferenças quali-quantitativas nas capturas sugerem que alguns crustáceos decápodes sejam capazes de perceber o campo magnético e de responder distintamente a ambientes com variações na intensidade do campo magnético.

Dentre os crustáceos, as espécies que apresentaram uma maior diferença entre o número de indivíduos capturados nos covos com magneto relativo aos capturados nos covos sem magneto foram *Mithrax hispidus* (3,8x) e *Coryrhynchus riisei* (3,7x), indicando que possivelmente as mesmas apresentem uma alta sensibilidade na detecção de campos magnéticos.

A lagosta vermelha *P. argus* não ocorreu nas capturas o que pode indicar que esta espécie se presente pode se encontra utilizando áreas mais profundas ou ainda ter se escarsseado pela pressão da sobrepesca, ou mesmo ter evitado a área. A lagosta *P. laevicauda* capturada principalmente nos covos com magneto, pode ser capaz de utilizar seus órgãos sensoriais para detecção do campo magnético e apresentar material magnético em seu cefalotórax como ocorre em indivíduos do mesmo gênero (*Palunirus argus*).

Dentre as 32 espécies de peixes ósseos capturadas na pesca artesanal com covos na região de Pedra do Xaréu incluem-se espécies de baixo valor comercial com alta ocorrência nas capturas como foi o caso de *Haemulon aurolineatum*, Xira branca e espécies alvo da pesca artesanal e/ou utilizadas em aquarofilia como a cioba vermelha (*Lutjanus analis*); o cangulo (*Balistes vetula*); o paru preto (*Pomacanthus paru*); o paru branco (*Chaetodipterus faber*) e o peixe-borboleta (*Chaetodon striatus*) cuja ocorrência nas capturas com covos tanto com magneto quanto sem magneto, foi reduzida, podendo indicar a redução de seus estoques na área de estudo.

As espécies de peixes ósseos capturadas nos covos durante as pescarias experimentais, por serem principalmente costeiras, estão mais expostas aos efeitos das contaminações pelo descarte direto e indireto de efluentes industriais e domésticos e de serem arrastadas por sistemas de captação de água. Os índices mais elevados de suas capturas nos covos com magnetos permanente relativos àqueles sem magneto, são um indicativo que muitas delas seriam capazes de utilizar seus órgãos sensoriais na detecção do campo magnético induzido artificialmente. Esta constatação merece especial atenção pelo potencial de aplicação deste comportamento como ferramenta para proteção e preservação desses e de outros organismos.

Capítulo 9

VERIFICAÇÃO DA PRESENÇA DE MATERIAL MAGNÉTICO EM *Haemulon aurolineatum* (CURVIER, 1830)

9.1 INTRODUÇÃO

A família Haemulidae representa os peixes mais abundantes nos recifes de corais, nas áreas de plataforma externa e em uma variedade de habitats costeiros no mar do Caribe, Golfo do México e ao longo do sudeste da Costa Atlântica. A Xira Branca, *Haemulon aurolineatum* ocorre em águas rasas de recifes costa-a-fora, áreas arenosas e áreas mais profundas com cerca de 90 m.

Haemulon aurolineatum, como a maioria dos Haemulidae, são peixes que realizam complexos movimentos durante o seu ciclo de vida, ocupando tanto os recifes quanto outros substratos (DARCY, 1983). Sazonalmente, podem efetuar migrações entre a região costeira e a região costa-a-fora em função de seu ciclo ontogenético e por alterações de habitat, podendo também realizar migrações noturnas longe de seus habitats diurnos, para forragem nas macroalgas dos sedimentos arenosos. São espécies formadoras de cardume e a densidade de seus grupos de jovens e adultos pode depender de intensidade luminosa e/ou da atividade sendo desempenhada.

Nas pescarias experimentais discutidas no **Capítulo 8**, verificou-se um incremento geral do número de peixes capturados nos covos com magneto relativo aos capturados nos covos sem magneto. Dentre as espécies que ocorreram nas pescas, a Xira Branca *Haemulon aurolineatum* foi a mais frequente, com uma participação nas capturas 1-2 ordens superior (10 a 100x) a das demais espécies e a que apresentou a maior diferença entre o número de indivíduos capturados pelos dois grupos de covos (Fig. 9-1).



Figura 9-1. Despesca dos organismos capturados por um covos com magneto permanente, indicando a dominância numérica da Xira Branca *Haemulon aurolineatum* (detalhe) sobre as demais espécies.

Os complexos deslocamentos de forrageamento e reprodução executados por *Haemulon aurolineatum*, inclusive durante períodos noturnos, a capacidade de formar cardumes aliado a boa resposta ao estímulo magnético evidenciada pelos altos índices de captura nos covos com magneto, levantam a possibilidade de que esta espécie disponha de mecanismo específico para detecção do campo magnético.

A resposta direcional mais simples exibida pelo organismo ante um campo magnético é o Alinhamento Magnético. Esta se caracteriza pelo alinhamento do animal, parado ou em movimento, de forma paralela, perpendicular, etc. às linhas do campo. Esta resposta tem sido verificada em alguns insetos, anfíbios, peixes e mamíferos (BEGALL *et al*, 2013).

Outra resposta mais complexa é a Magnetorecepção, que corresponderia à capacidade sensorial não só para perceber sinais magnéticos, mas também de fazer uma transdução, enviá-los para o sistema nervoso para processamento e interpretação (WAJNBERG *et al*, 2010). Peixes e outros animais marinhos, como tubarões, salmões, trutas, tartarugas marinhas e lagostas, são capazes de detectar o campo geomagnético (WILTSCO & WILTSCO, 1995; LOHMANN *et al*, 2008).

Dois modelos principais são aceitos para explicar magnetorecepção nos animais incluindo os marinhos: (1) A hipótese ferromagnética e (2) o mecanismo dependente de luz. A hipótese ferromagnética pressupõe que nanopartículas magnéticas intracelulares são responsáveis por transduzir campos magnéticos em sinais biológicos através da detecção de intensidades magnéticas nas células mecanorreceptoras. Estas células com nanopartículas magnéticas devem estar em contato com células nervosas para conduzir a informação magnética para algum centro nervoso de decisão (WALKER, 2008). A hipótese do mecanismo dependente de luz pressupõe que reações químicas associadas com a absorção de luz podem ser modificadas pela presença de campos magnéticos (RITZ *et al*, 2010). Vários experimentos têm demonstrado que o magnetoreceptor dependente da luz apresenta uma molécula de detecção (LIEDVOGEL & MOURITSEN, 2010). Um terceiro modelo que tem sido proposto é o da indução eletromagnética, que pode ocorrer em animais com órgãos elétricos em ambientes aquáticos como no caso dos tubarões e arraias (LOHMANN & JOHNSEN, 2000).

Em peixes recifais desprovidos de sensores elétricos, como é o caso de *H. aurolineatum*, seria mais oportuno considerar a possibilidade de um modelo de magnetorecepção baseado na hipótese ferromagnética visto que os ambientes de recife podem apresentar baixa intensidade luminosa pela concentração de partículas em suspensão e efeito de sombra de sua própria estrutura. O primeiro passo, para testar esta hipótese seria verificar a presença de material magnético no corpo do animal. Este fato é possível através da detecção do momento magnético associado às nanopartículas magnéticas (HANSON & WESTERBERG, 1986; HANSON & WALKER, 1987; MOORE & RIDLEY 2009) ou isolando as nanopartículas magnéticas (LOHMANN & JOHNSEN, 2000). Uma vez detectada a presença de material magnético, outros testes seriam necessários para avaliar se esse organismo de fato seria capaz de utilizar a informação magnética para orientação e navegação.

Vários estudos têm demonstrado a presença de material magnético em diferentes regiões anatômicas de peixes e outros animais marinhos, como: a cápsula nasal em salmonídeos (WALKER *et al*, 1997), otólitos tipo lagena (HARADA *et al*, 2001), ossos (HANSON & WESTERBERG, 1986) e linha lateral (MOORE *et al*, 1990; MOORE & RILEY, 2009). Existem estudos comportamentais de orientação magnética que se correlacionam com a presença de material magnético (QUINN *et al*, 1981; QUINN & BRANNON, 1982; SOUZA *et al*, 1988; DURIF *et al*, 2013) em peixes teleósteos como salmonídeos e enguias.

A técnica de ressonância ferromagnética (RFM) é apropriada para o estudo de material magnético sem necessariamente extrair as partículas magnéticas. Permite identificar se o sinal corresponde a partículas magnéticas e se elas estão interagindo isoladas ou formando aglomerados de partículas (WAJNBERG *et al*, 2000).

No presente estudo, amostras de diferentes tecidos de *Haemulon aurolineatum* foram obtidas e analisadas com o objetivo de investigar a presença de material magnético, um possível sensor, usando técnica de ressonância ferromagnética.

9.2 MATERIAIS E MÉTODOS

A Xira Branca *H. aurolineatum* é diariamente capturada por pescadores artesanais nas áreas de pesca próximas ao Cabo de Santo Agostinho, litoral sul de Pernambuco. Exemplos frescos foram adquiridos dos pescadores e utilizados para obtenção de tecido da linha lateral, otólitos, tecidos da mancha ocelar e das narinas, bem como tecido da região ventral, este escolhido de acordo com os critérios de diferirem da linha lateral e mancha ocelar (que apresentam pigmentação escura).

Um esquema ilustrativo dos tecidos amostrados é apresentado na figura 9-2. O tecido representativo da linha lateral correspondeu ao trecho mediano, desde o ponto de fixação da nadadeira peitoral em direção a nadadeira caudal, com uma extensão de cerca de 2 cm de comprimento e 0,5 cm de largura. Na amostragem dos otólitos, utilizou-se o par sagitta. O tecido representativo da mancha ocelar, proveio do pedúnculo caudal, correspondendo a uma área de cerca de 0,5 cm de diâmetro de coloração escura. Nas amostras das narinas, o material amostrado correspondeu à faixa de tecido de cerca de 0,5 cm de largura, abrangendo ambas as narinas. O tecido da região ventral foi retirado da porção posterior ao ponto de fixação da nadadeira pélvica, sendo uma faixa de cerca de 2 cm de extensão e 0,5 cm de largura. As amostragens do material da linha lateral, mancha ocelar e região ventral foram obtidas da face direita dos peixes.

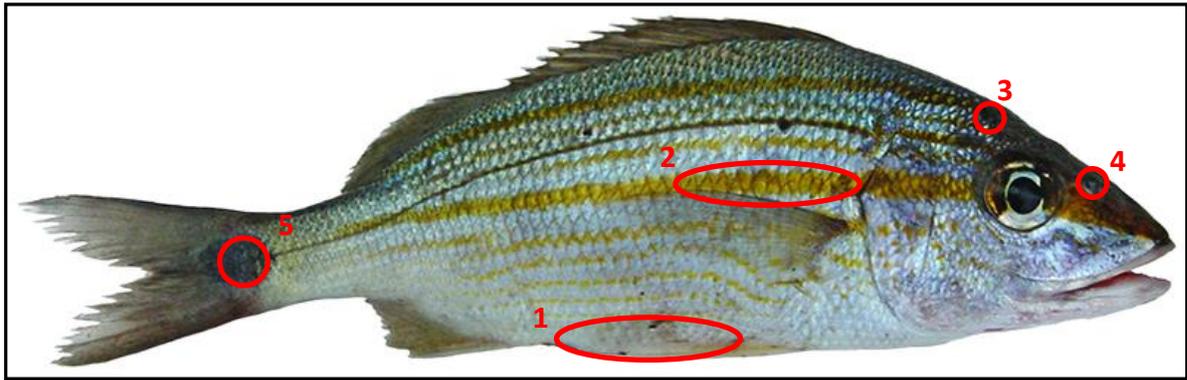


Figura 9-2. Esquema de amostragem de tecidos de *H. aurolineatum*. (1) região ventral; (2) linha lateral; (3) .Otólitos sagitta; (4) mancha ocelar e (5) narinas.

Um total de 10 Xiras Brancas foi utilizado para obtenção das amostras dos diferentes tecidos. Os peixes analisados incluíram os exemplares de Xiras jovens e adultas. As amostras de tecidos foram extraídas empregando-se tesouras e pinças de aço inoxidável. Para utilização da técnica de Ressonância Ferromagnética (FMR), as amostras (otólitos e tecidos moles) foram secas em uma estufa a 50° C por 24 h. A desidratação das amostras permite uma concentração do material magnético presente na mesma e redução do ruído causado pela presença de água.

Todas as medidas de FMR foram executadas no laboratório do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF-RJ) empregando um espectrômetro RPE de banda-X, Bruker ESP300E (Fig. 9-3) à temperatura ambiente ($\approx 300\text{K}$). Os espectros foram obtidos com campo de modulação de cerca de 2 Oe em amplitude, 16 mW de potência de microondas (100 mW; 4 varreduras p/ otólitos) e analisados com o programa WinEPR (BRUKER).

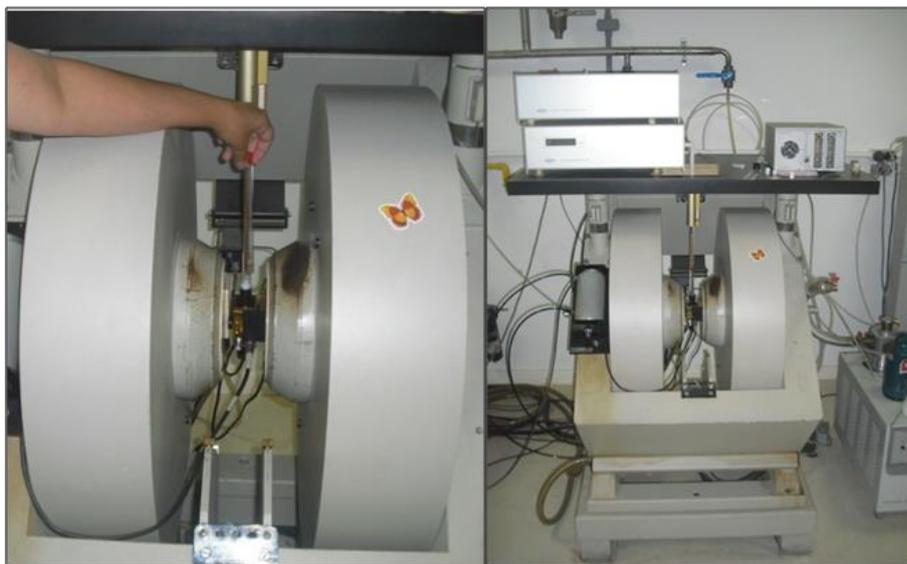


Figura 9-3. Espectrômetro Bruker ESP300E utilizado na medida de FMR das amostras.

9.3 RESULTADOS

Na tabela 9-1 são indicados os comprimentos, peso e classe etária dos 10 espécimes de *H. aeorlineatum* dos quais foram obtidas as amostras de tecido da região ventral, linha lateral, otólitos, mancha ocelar e narinas para análises de RFM.

Tabela 9-1. Comprimento (cm), peso (g) e classe etária dos exemplares de *H. Aurolineatum* (P1 a P10) fonte das amostras de tecidos analisadas.

XIRAS	COMPRIMENTO (cm)	PESO (g)	CLASSE ETÁRIA
P1	12,8	40	Jovem
P2	13,5	50	Jovem
P3	13,6	47	Jovem
P4	13,7	47	Jovem
P5	14,2	55	Jovem
P6	16,3	79	Adulto
P7	16,8	81	Adulto
P8	16,8	84	Adulto
P9	17,5	91	Adulto
P10	18,2	102	Adulto

O comprimento e peso dos indivíduos que tiveram seus tecidos analisados variaram, respectivamente, de 12,8 cm e 40g (P1) a 18,2 cm e 102g (P10). Os peixes foram subdivididos em duas classes etárias (jovens e adultos) com base no comprimento total de 14 cm, condizente com o comprimento para atingir a maturidade, indicada para a espécie (FISHBASE, 2011). As xiras P1 a P5 corresponderam a indivíduos jovens enquanto as Xiras P6 a P10 corresponderam a indivíduos adultos.

Os espectros de RFM para as amostras de tecidos da região ventral (Fig. 9-4) dos peixes apresentaram sinal em campo alto apenas nos peixes jovens P1, P3 e P4, com ausência de nanopartículas magnéticas isoladas nos tecidos dos peixes adultos analisados. O espectro do peixe P5 mostra uma linha de ressonância larga em campo baixo (~1,5 kOe) possivelmente relacionada a presença de aglomerados e/ou grandes partículas.

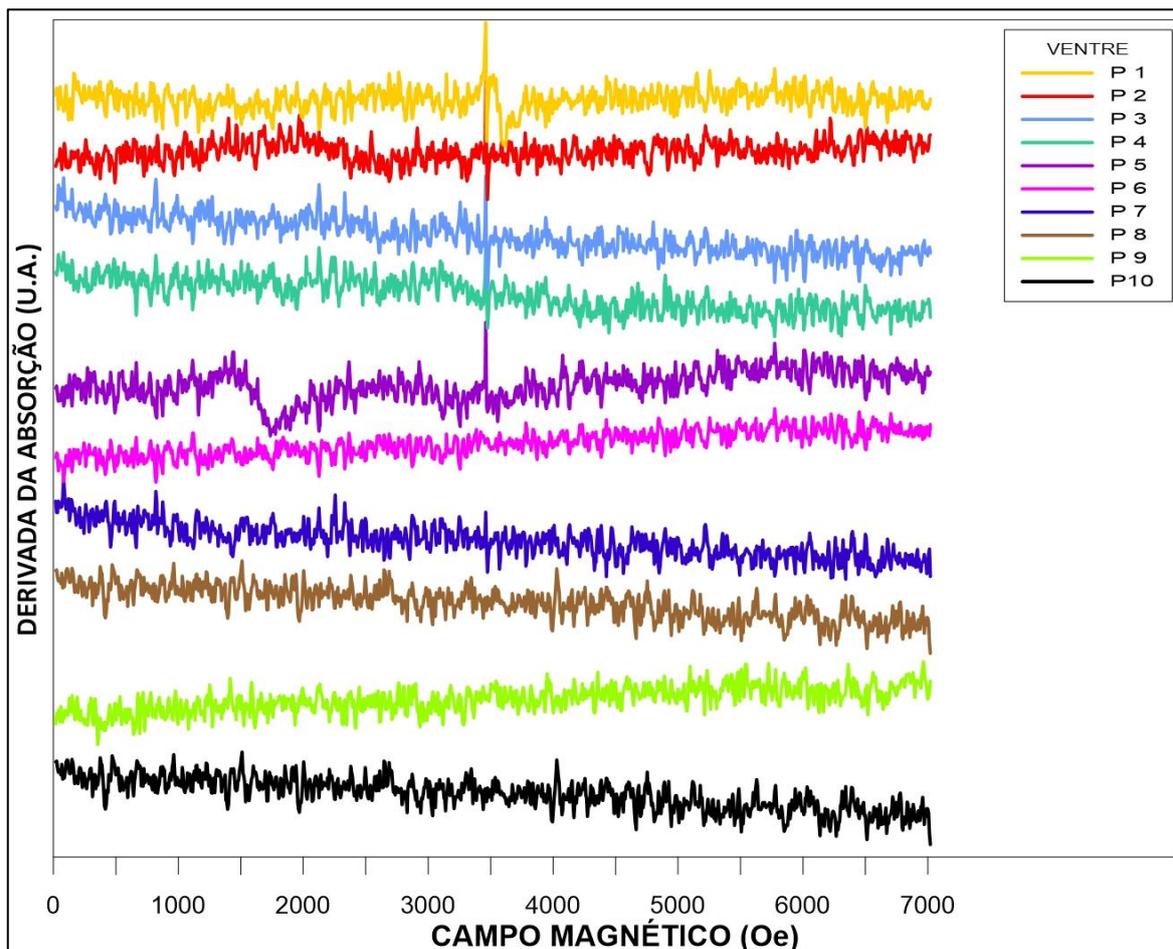


Figura 9-4. Espectros FMR do tecido da região ventral extraídas dos exemplares jovens (P1 a P5) e adultos (P6 a P10) de *Haemulon aurolineatum*.

Os espectros RFM para a linha lateral (Fig. 9-5) indicam a ausência de partículas magnéticas isoladas nos tecidos dos peixes mais jovens P1 a P5 e presença nos dos peixes maiores (P6 a P10), exceto P7. Os espectros de P1 a P6 e P10 apresentam sinal em campo baixo ($\sim 0,50\text{Oe}$) indicadores da presença de aglomerados e/ou grandes partículas, sem definição do pico de máximo. Já nos espectros dos peixes com comprimentos próximos ao da 1ª maturação sexual (14 cm), as linhas de campo baixo estão na região de ($\sim 1,2\text{ kOe}$), sugerindo aglomerados com características físicas e/ou magnéticas diferentes dentre esses grupos. Não foram encontrados registros anteriores na literatura de detecção da presença de material magnético nessas estruturas. O espectro de P10 tem uma intensidade maior que dos demais. A quantidade de material magnético pode estar relacionada com efeito acumulativo deste material associado à idade do peixe.

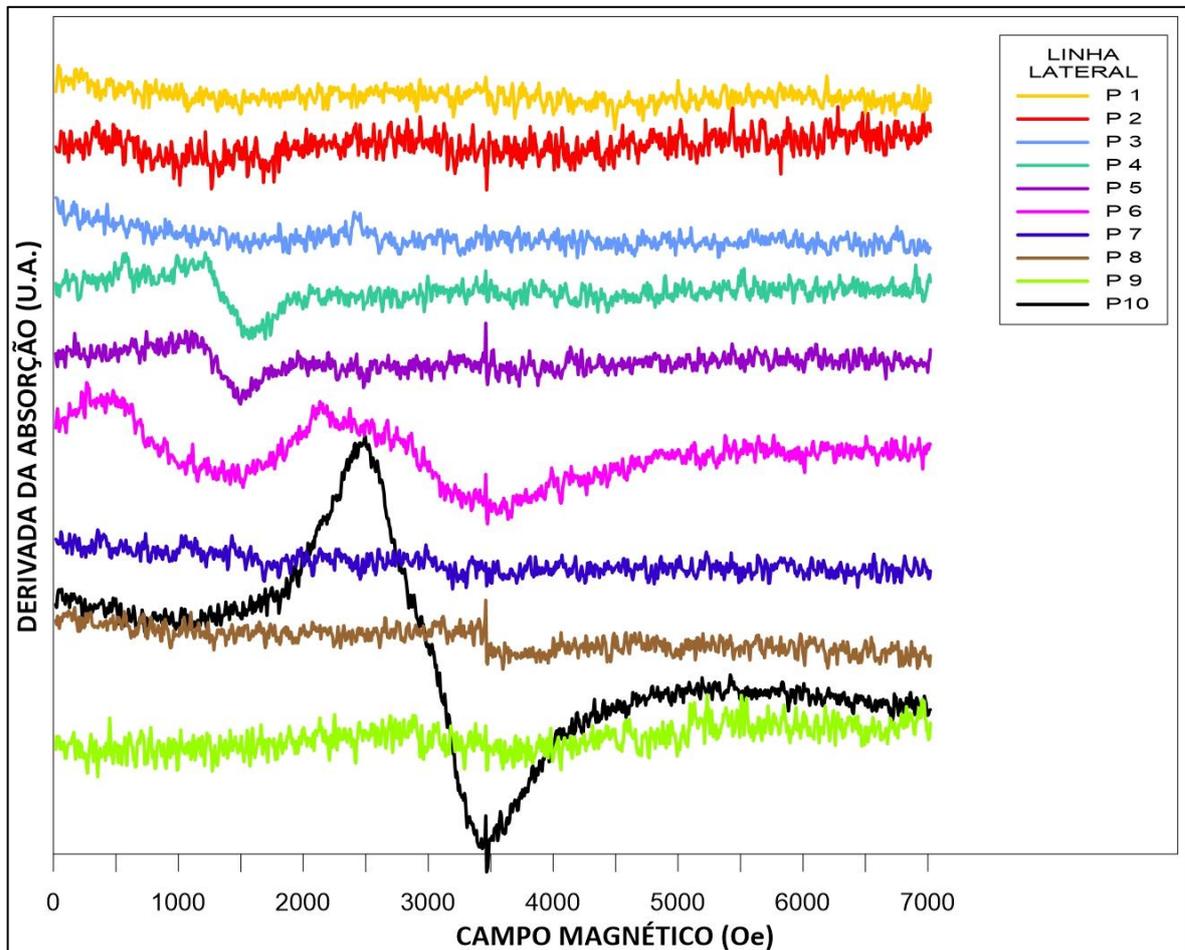


Figura 9-5. Espectros FMR das linhas laterais extraídas dos exemplares jovens (P1 a P5) e adultos (P6 a P10) de *Haemulon aurolineatum*.

A forma dos espectros dos otólitos (Fig. 9-6) foi variável. Os otólitos P1-P3 e P6-P10 são basicamente compostos por minerais não-magnéticos de CaCO_3 . Os espectros dos otólitos dos jovens P1-P3 e dos adultos (P6-P10) apresentam, em campo alto, uma estrutura de seis linhas estreitas em $g \sim 2$ ($\sim 3,5$ kOe) característica da presença de manganês, comumente encontrada em tecidos biológicos, sobreposta a uma linha de largura e ~ 600 Oe, exceto P8 no qual a largura é reduzida. Os espectros apresentam também um sinal associado a nanopartículas magnéticas isoladas tanto dos indivíduos jovens (P1 a P5) quanto indivíduos adultos (P6 a P10). A presença de material magnético em um otólito sugere que peixes como a xira branca possam biomineralizar material magnético no otólito para auxiliar o mecanismo de orientação magnética. Com exceção do P1, P2 e P5, verifica-se ainda um sinal em campo baixo ($< 1,0$ kOe) correspondendo a aglomerados ou grandes partículas magnéticas.

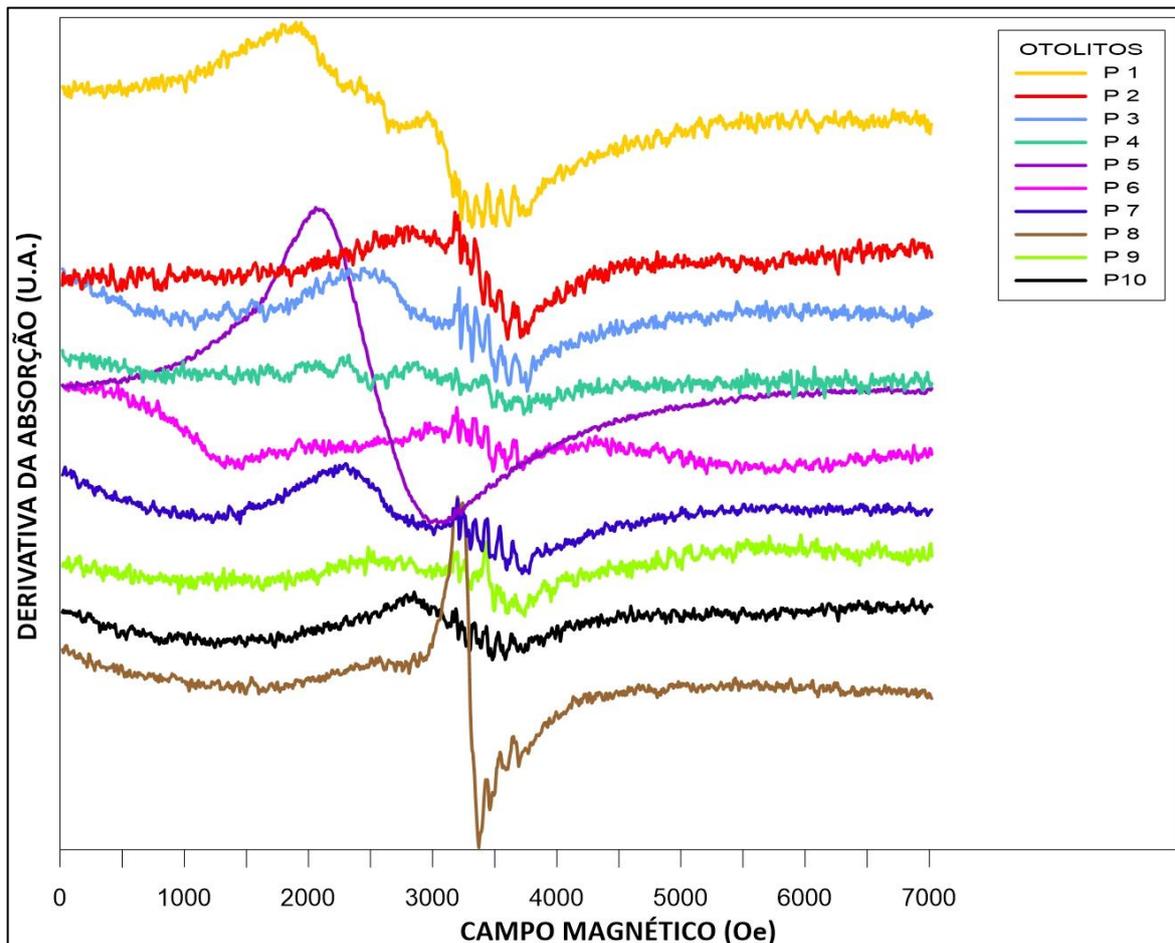


Figura 9-6. Espectros FMR dos otólitos extraídos dos exemplares jovens (P1 a P5) e adultos (P6 a P10) de *Haemulon aurolineatum*.

Os espectros de RFM obtidos para as amostras de tecido das manchas ocaes nas xiras jovens e adultas é apresentada na figura 9-7. Com exceção de P5, os espectros obtidos apresentam pico de absorção em campo alto ($\sim 3,1$ kOe) característico da presença de nanopartículas magnéticas isoladas no tecido analisado. A largura e posição desta linha variaram entre as amostras. Em todos os espectros, exceto em P5, foi também verificada a presença de sinal em campo baixo ($< 1,0$ Oe) indicador da presença de aglomerados e/ou grandes partículas semelhantes em todos os espectros. A linha estreita (vertical) em campo alto ($\sim 3,5$ kOe) são associadas a radicais livres resultantes de processos biológicos.

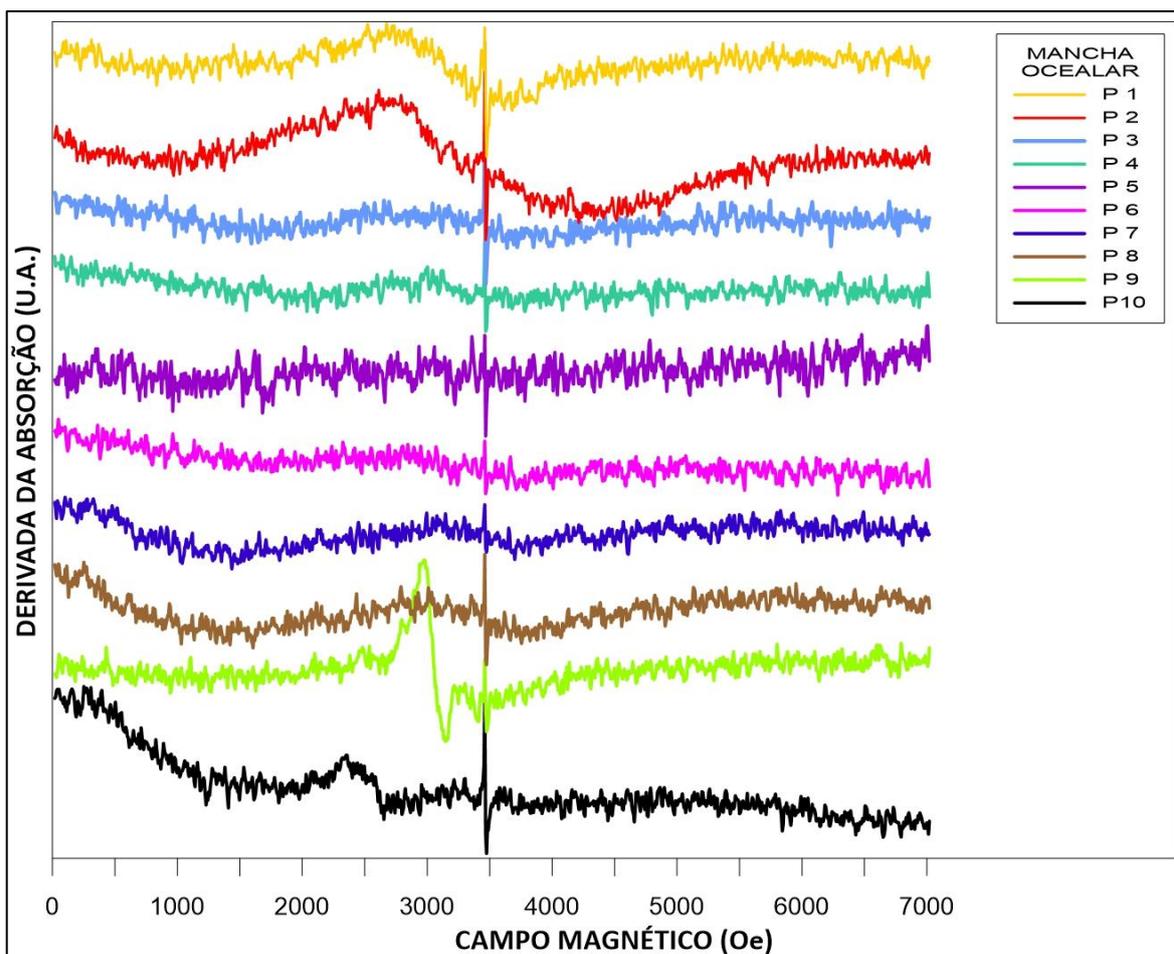


Figura 9-7. Espectros FMR das manchas ocelares extraídas dos exemplares jovens (P1 a P5) e adultos (P6 a P10) de *Haemulon aurolineatum*.

Os espectros RFM obtidos nas análises dos tecidos das narinas de *H. aurolineatum* são apresentados na figura 9-8. Os mesmos mostram variabilidade na presença do material magnético. De uma forma geral, os jovens mostram sinais mais fracos relativos aos adultos cujos picos de absorção na faixa de 3,4 kOe são mais claros, e ausente em P5. Sinais em campo baixo (~1,0 a 2,0 kOe) verificados nos espectros de jovens e adultos, exceto P3 e P8, são indicadores da presença de aglomerados e/ou grandes partículas. A linha estreita vertical em campo alto (~3,5 kOe) encontrada em todos os espectros, indica a presença de radicais livres resultantes de processos biológicos nos tecidos das narinas das xiras analisadas.

Um resumo do resultado das análises de RFM das 50 amostras de tecidos (região ventral, linha lateral, otólito, mancha ocelar e narina) obtidas dos 10 espécimes de *H. aurolineatum* é apresentado na tabela 9-2 para análises de RFM.

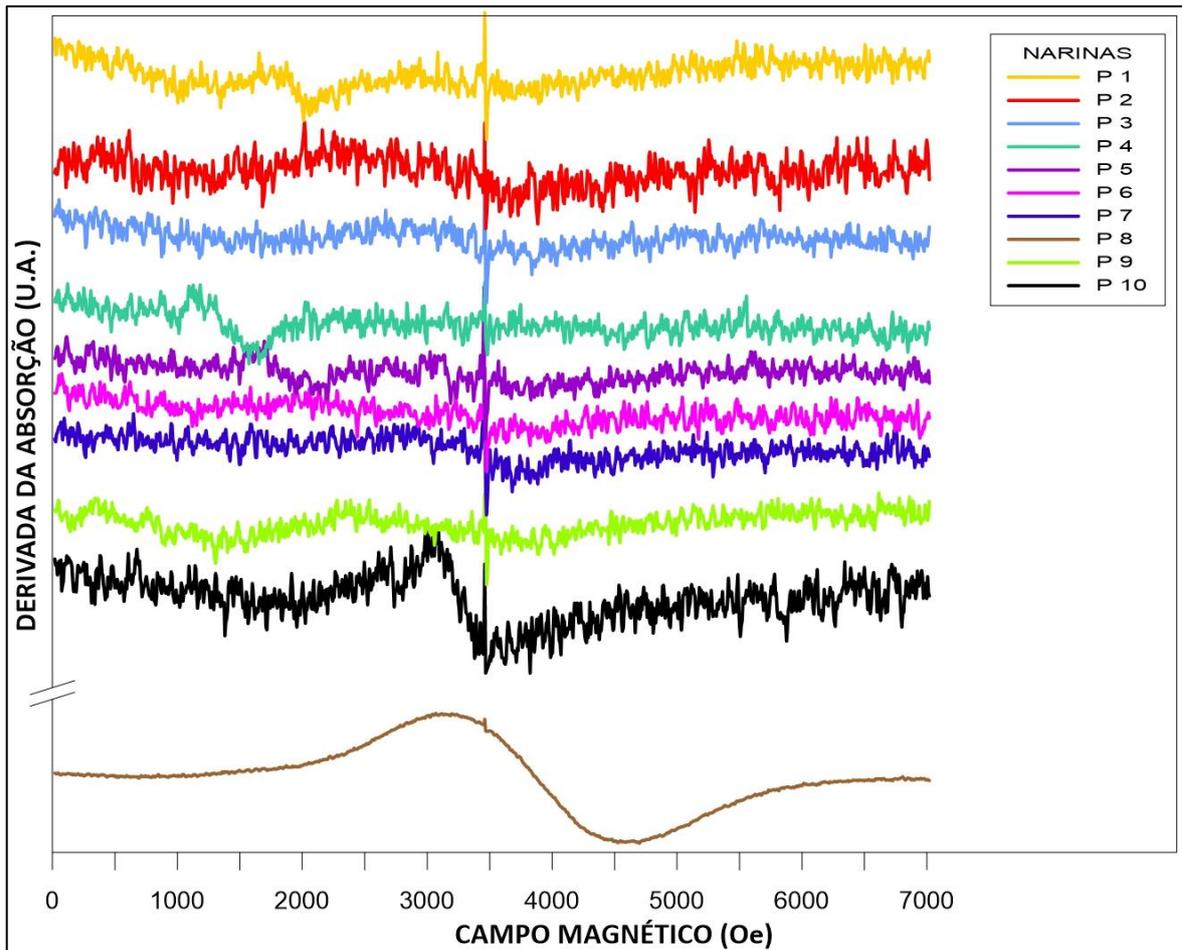


Figura 9-8. Espectros FMR da narina extraídas dos exemplares jovens (P1 a P5) e adultos (P6 a P10) de *Haemulon aurolineatum*.

Tabela 9-2. Resultados das análises das amostras de tecidos da região ventral, linha lateral, otólito, mancha ocelar e narina de exemplares de *H. Aurolineatum* (P1 a P10).

	XIRAS	VENTRE	LINHA LATERAL	OTÓLITO	MANCHA OCELAR	NARINA
JOVEM	P1	PM	A/G	PM Mn A/G	PM A/G RL	PM A/G RL
	P2	A/G	A/G	PM Mn A/G	PM A/G RL	PM A/G RL
	P3	PM	A/G	PM Mn A/G	PM A/G RL	PM RL
	P4	PM	A/G	PM A/G	PM A/G RL	PM A/G RL
	P5	A/G	A/G RL	PM	RL	A/G RL
ADULTO	P6	-	PM A/G	PM Mn	PM A/G RL	PM A/G RL
	P7	-	-	PM Mn A/G	PM A/G RL	PM A/G RL
	P8	-	PM RL	PM Mn A/G	PM A/G RL	PM RL
	P9	-	PM	PM Mn A/G	PM A/G RL	PM A/G RL
	P10	-	A/G PM RL	PM Mn A/G	PM A/G RL	PM A/G RL

(PM) Nanopartícula Magnética Isolada (RL) Radical Livre (Mn) Manganês (A/G) Aglomerado/Grandes Partículas

9.4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mostram que minerais magnéticos estão presentes em determinadas estruturas do peixe *H. aurolineatum* como linha lateral, otólitos, tecidos da mancha ocelar e narinas e em alguns casos, em tecidos da região ventral.

A presença de material magnético na linha lateral de enguias (MOORE & RILEY, 2009) e de salmões (MOORE *et al*, 1990; OGURA *et al*, 1992), em otólitos de aves e peixes (HARADA *et al*, 2001) e em tecidos das narinas de enguias (HANSON & WALKER, 1987) e da truta arco-íris (WALKER *et al*, 1997; DIEBEL *et al*, 2000) tem sido relacionada com o mecanismo da magnetorecepção.

Estudos de detecção material magnético em animais por FRM, resultaram em sinais espectrais associados à presença de nanopartículas isoladas de magnetita (ABRAÇADO *et al*, 2005; 2008 e 2009; EL-JAICK *et al*, 2001; LUCANO *et al*, 2006; WAJNBERG *et al*, 2000 e 2005) ou dispersadas (GUSKOS *et al*, 2005). Alguns espectros da linha lateral são semelhantes aos observados em insetos sociais, em que se detectou a presença de nanopartículas magnéticas aglomeradas ou grandes (WAJNBERG *et al*, 2000; EL-JAICK *et al*, 2001; ABRAÇADO *et al*, 2005).

Para a linha lateral, os resultados indicaram nanopartícula magnéticas isoladas nos peixes jovens e sua presença nos dos peixes maiores exceto em 1 exemplar. Este fato pode implicar numa especialização no uso do magnetismo. É possível que determinados grupos (de diferentes sexo ou fases do ciclo ontogenético) apresentem diferenças na capacidade de uso e acumulação de material magnético.

No presente estudo, material magnético foi, pela primeira vez, detectado nos tecidos da linha lateral em *H. Aurolineatum*. A presença de material magnético na linha lateral pode amplificar a capacidade de orientação do animal (mecanorrecepção e magnetorrecepção). Nanopartículas magnéticas foram encontrados na linha lateral de salmonídeos (MOORE *et al*, 1990) migratórios o que pode reforçar a hipótese de que a *H aurolineatum* utilize o campo geomagnético na orientação.

O sistema acústico-lateral dos teleósteos consiste da linha lateral (neuromastos) e do ouvido interno, o labirinto membranoso, localizado na cavidade cefálica (OTO, 2011).

Os peixes apresentam mecanismos sensoriais que lhes conferem a capacidade de distinguir sons gerados por águas turbulentas ou por outras fontes, próximas ou distantes, uma vez que têm a capacidade de detectar frequências inferiores a 1 Hz (HAWKINS, 1993). O ouvido interno dos peixes é um órgão sensorial complexo responsável pelo equilíbrio e detecção de sons nos vertebrados. O otólito é um importante componente da anatomia do ouvido interno dos peixes e consiste de um depósito cristalino de cálcio, carbonato e proteína (WHITFIELD, 2002).

Nesta pesquisa detectamos material magnético no otólito do *H. aurolineatum*, um peixe teleósteo formador de cardume. A presença de nanopartículas magnéticas em otólitos sugere que estas podem estar envolvidas no mecanismo de orientação que resultou em uma agregação/aproximação dos espécimes de *H. aurolineatum* das armadilhas com magneto.

A presença de material magnético na mancha ocelar foi detectada pela primeira vez. Esta estrutura é um tipo de mancha negra que se sobressai da coloração base do animal. Em *H. Aurolineatum* está localizada no pendúnculo caudal e provavelmente associada ao balizamento dos cardumes.

Em relação às narinas, a presença de material magnético na grande maioria das amostras também sugere o uso desse material no sistema de orientação magnética desses animais. Os adultos apresentaram sinais mais claros se comparados às xiras jovens. Talvez a necessidade de realizar deslocamentos reprodutivos na fase adulta exija um aprimoramento ou que o processo de biomineralização da magnetita venha a ser ativado em determinada fase do seu ciclo ontogenético. Novas pesquisas são necessárias para confirmar a hipótese.

As narinas são quimiorreceptores pertencentes ao sistema olfatório e este é fundamental para a sobrevivência do animal, uma vez que participa do mecanismo de detecção da presença de alimento e de predadores. O sistema olfatório também detecta estímulos relacionados ao comportamento reprodutivo, através da percepção de alterações hormonais (SAITO *et al*, 2004). Salmonídeos da espécie *Oncorhynchus mykiss* apresentam material magnético biogênico na lamela olfatória denunciando a presença de neurônios receptores magnéticos conectados a células magnetoreceptoras (WALKER *et al*, 1997; WALKER & GREEN, 2000). A possibilidade de *H. Aurolineatum* apresentar uma distribuição de material magnético, na estrutura biológica da narina, semelhante à dos salmonídeos merece ser investigada.

No presente estudo, material magnético foi detectado em diferentes partes sensoriais do corpo da *H. Aurolineatum*. Peixes formadores de cardume e com a capacidade de realizar longos deslocamentos (migrações reprodutivas ou de forrageamento noturno) como a Xira branca podem usar o mecanismo de magnetorecepção na orientação. É possível que esta espécie empregue seu material magnético para orientação magnética em tarefas que exigem orientação como o forrageamento. Como as células olfatórias, otólitos e linha lateral estão próximas de regiões com ramificações nervosas elas podem estar relacionadas a funções magnetosensoriais. O mais intrigante, porém, é a presença de material magnético na mancha ocelar, muito embora a linha lateral pareça transpassá-la (Fig. 9-2).

Argumenta-se que órgãos magnetoreceptor podem ter evoluído a partir de um sistema sensorial preexistente o que poderia explicar a presença de material magnético no sistema de linha lateral (MOORE & RILEY, 2009). Entretanto é intrigante a presença de material magnético em diferentes órgãos sensoriais do peixe. Uma explicação plausível poderia ser a especialização de cada órgão com sensibilidade para detectar apenas um determinado parâmetro geomagnético, como a amplitude, a declinação ou sua variação espacial, embora outras funções não possam ser descartadas.

Uma hipótese alternativa seria considerar o material magnético na linha lateral e na mancha ocelar como fontes de sinal magnético. O material magnético distribuído ao longo do corpo do peixe (na linha lateral) e acumulado na mancha ocelar poderia conferir à superfície do corpo um momento magnético ao longo dele, apresentando a mancha ocelar um vetor momento magnético diferente daquele da linha lateral por conta dos diferentes arranjos geométricos da estrutura biológica. Caso o sistema sensorial de campo magnético em *H. aurolineatum* esteja na região cefálica, o momento magnético gerado pelo resto do corpo permitiria identificar a posição individual a partir do material magnético no final da cauda (com mancha ocelar), promovendo uma espécie de sincronia na orientação com os demais integrantes do cardume (Fig. 9-9).



Figura 9-9. Organização dos cardumes de *H. Aurolineatum*. O material magnético encontrado na mancha ocelar pode contribuir para o posicionamento individual durante o balizamento. (Fonte: COSTA DA VENEZUELA/Alfredo Allais).

Se comprovado, esse mecanismo seria útil no controle dos movimentos em recifes de profundidade onde a luz é extremamente fraca. Ou seja, o material magnético seria uma fonte de sinal para a identificação da posição relativa entre os indivíduos do cardume. Como estas partículas magnéticas devem ser usadas para gerar um sinal magnético elas não necessariamente estão dentro de células especializadas, podendo estar distribuídas sobre a pele e deveria ser diferente das partículas magnéticas relacionados à detecção do campo magnético. Todas estas hipóteses e suas repercussões merecem ser investigadas.

9.5 CONCLUSÕES

Material magnético foi detectado pela técnica de ressonância ferromagnética em tecido da linha lateral, otólitos e tecidos da mancha ocelar e das narinas da Xira Branca *Haemulon aurolineatum*. Em alguns indivíduos jovens, foi também detectado nos tecidos da região ventral. No caso da linha lateral, foi encontrado pela primeira vez para a espécie e para a mancha ocelar, sem que se tenha encontrado referências anteriores para essa ocorrência na literatura. Para otólitos e manchas ocelares e narinas, a presença de material magnético foi detectada tanto em indivíduos jovens quanto adultos. O material magnético em tecidos da linha lateral parece ser mais dependente das fases de crescimento, não tendo sido detectado nas amostras dos indivíduos mais jovens analisados e estando presente nas amostras dos indivíduos adultos, com uma situação intermediária para os indivíduos na faixa de transição entre as fases jovem e adulto.

A função do material magnético detectado nos otólitos e tecidos analisados de *H. aurolineatum* não pode ser, a esta altura, precisada. No entanto em análise comparativa com os resultados de estudos para outros animais, disponíveis em literatura, podem possivelmente estar relacionados com a capacidade de detecção magnética. Nesta linha, o material magnético presente na mancha ocelar pode influenciar na sincronia de orientação dos indivíduos nos cardumes, com o material magnético localizado em outras áreas de seu corpo, ser empregado como uma fonte de sinal para a identificação da posição relativa entre os indivíduos em um grupo. Já os cristais magnéticos concentrados nas narinas poderia auxiliar a Xira branca nos deslocamentos migratórios ou de forrageamento. Todas estas hipóteses e suas repercussões merecem ser cuidadosamente investigadas.

Capítulo 10

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Camarões *Litopenaeus vannamei* responderam ao estímulo magnético produzido por um par de bobinas na configuração Helmholtz. A resposta apresentada variou em função do sexo e dos estágios do ciclo de vida bem como da intensidade de campo a que os camarões foram expostos. No estágio pós-larva, mostraram preferência pelo polo norte do campo magnético enquanto nos estágios juvenil e adulto, a preferência foi pelo polo sul do campo, em ambos os sexos. O deslocamento preferencial dos camarões *Litopenaeus vannamei* para uma área específica do campo magnético gerado poderia potencialmente ser empregada como uma ferramenta de manejo da carcinocultura, para facilitar sua captura e/ou reduzir seu escape dos viveiros durante as despesas, minimizar impactos ambientais pela introdução de uma espécie exógena em ambientes naturais.

Os efeitos do campo magnético sobre os camarões *L. vannamei* podem estar relacionados com a questão da concentração da magnetita biogênica em diferentes sexos e fases do ciclo ontogenético. Novos estudos seriam necessários para verificar a possível presença de materiais magnéticos nos tecidos ou órgãos sensoriais desta espécie bem como identificar quais as estruturas magnetoreceptoras envolvidas.

Pescas experimentais empregando armadilhas tipo covos conduzidas em uma área costeira do litoral Pernambucano resultaram em geral, em um incremento significativo ($\alpha=0.05$) das capturas de crustáceos e peixes nas armadilhas às quais magnetos artificiais foram adicionados, indicando que várias espécies de crustáceos e peixes que ocorrem na área sejam capazes de perceber e responder a variações de campo magnético. Esta constatação merece especial atenção pelo potencial de aplicação deste comportamento como ferramenta para proteção e preservação desses e de outros organismos.

Dezesseis espécies de crustáceos decápodes foram registrados nas pescarias com covos, com maior representatividade para as espécies *Coryrhynchus riisei*, *Mithrax hispidus*, *Porcellana sayana*, *Stenorhynchus seticornis*, *Scyllarides brasiliensis*, *Panulirus laevicauda* e *Dardanus venosus*. Dentre os crustáceos, as espécies que apresentaram uma maior diferença entre o número de indivíduos capturados nos covos com magneto relativo aos capturados nos covos sem magneto foram *Mithrax hispidus* (3,8x) e *Coryrhynchus riisei* (3,7x), indicando que possivelmente as mesmas apresentem uma alta sensibilidade na detecção de campos magnéticos.

A lagosta vermelha *P. argus* não ocorreu nas capturas o que pode indicar que esta espécie se presente pode se encontra utilizando áreas mais profundas ou ainda ter se escarceado pela pressão da sobrepesca, ou mesmo ter evitado a área. A lagosta *P. laevicauda* capturada principalmente nos covos com magneto, pode ser capaz de utilizar seus órgãos sensoriais para detecção do campo magnético e apresentar material magnético em seu cefalotórax como ocorre em indivíduos do mesmo gênero (*Palunirus argus*).

Trinta e duas espécies de peixes ósseos foram capturadas nas pescarias experimentais. A xira branca *Haemulon aurolineatum*, espécie formadora de grandes cardumes, dominou nas capturas, com um número de indivíduos capturados de até 2 ordens superior (10 a 100x) às demais, principalmente nos covos com magneto. Das 2976 Xiras-brancas capturadas nos 17 covos do experimento, 1709 foram capturadas nos 6 covos com magneto, enquanto que 1272 nos 11 covos restantes, sem magneto.

A análise por ressonância ferromagnética de tecido da linha lateral, otólitos, tecidos da mancha ocelar, narinas e região ventral indicou a presença de partículas magnéticas em diferentes partes sensoriais do corpo de *H. Aurolineatum*. Como espécie formadora de grandes cardumes e com capacidade de realizar longos deslocamentos para fins de reprodução e na busca de alimento, é possível que a Xira empregue o material presente em suas varias estruturas tanto na orientação de seus deslocamentos quanto como uma fonte de sinal para a identificação da posição relativa entre os indivíduos em um grupo na formação de seus cardumes.

Peixes recifais e alguns crustáceos habitantes do litoral sul de Pernambuco apresentaram respostas sensoriais expressivas a estímulos magnéticos. Com a continuidade das pesquisas e ampliação do conhecimento, essas respostas poderão vir a ter aplicação prática voltada ao benefício e preservação do ambiente natural, por exemplo: favorecendo a captura de espécies alvo e reduzindo o *bycatch*; possibilitando reduzir o escape de espécies não nativas de viveiros de cultivo para para ambiente natural; na atração de espécimes para áreas específicas (não poluídas) visando favorecer sua sobrevivência ou reprodução (aumentando probabilidade de encontro entre espécimes de mesma espécie); sua alimentação (atração para áreas favoráveis); no estudo sistemático do deslocamento de cardumes em função do campo magnético terrestre para melhor compreensão e preservação dos estoques pesqueiros de cada espécie, dentre outras.

Capítulo 11

REFERÊNCIAS

ABLE, K. P. Mechanisms of Orientation, Navigation and Homing. In: S.A Gauthreaux (Ed.). **Animal Migration**. New York: Academic Press, p. 283 - 373. 1980.

ABRAÇADO, L.G., ESQUIVEL, D.M.S., ALVES, O.C. & WAJNBERG, E. (2005). Magnetic material in head, thorax and abdomen of *Solenopsis substituta* ants: a ferromagnetic resonance (FMR) study. **Journal of Magnetic Resonance** **175**, 306 – 316.

ABRAÇADO, L. G. **Caracterização de material magnético em formigas *Solenopsis interrupta*: magnetometria SQUID e Ressonância Ferromagnética**. 174p. Tese de Doutorado – Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 2006.

ABRAÇADO, L.G., ESQUIVEL, D.M.S. & WAJNBERG, E. Oriented magnetic material in head and antennae of *Solenopsis interrupta* ant. **Journal of Magnetism and Magnetic Material**. **320**, e204 – e206. 2008.

ABRAÇADO, L.G., ESQUIVEL, D.M.S. & WAJNBERG, E. *Solenopsis interrupta* ant magnetic material: statistical and seasonal studies. **Physical Biology** **6**, 046012. 2009.

ABRAÇADO, L. G. Multiple Orientation Circuits Converging on the Pd7 Cells in *Tritonia diomedea*. **ISRN Biophysics**. V. 2012. 4p. 2012.

ABREU, F.; MARTINS, J. L.; SILVEIRA, T. S.; KEIM, C. N.; LINS DE BARROS, H.; GUEIROS FILHO, F.; and LINS, U. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, <http://ijs.sgmjournals.org/misc/pip.shtml>, 2007.

ACOSTA-AVALOS, D.; E. WAJNBERG; P.S. OLIVEIRA; I. LEAL; M. FARINA & D.M.S. ESQUIVEL. Isolation of magnetic nanoparticles from *Pachycondyla marginata* ants. *J. Exp. Biol.* **202** 2687-2692. 1999.

ACOSTA-AVALOS, D.; E. WAJNBERG; D.M.S. ESQUIVEL & L.J. EL-JAICK. Insetos sociais: um exemplo de magnetismo animal. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, **22(3)**: 317-323. 2000.

ACOSTA-AVALOS, D. A. **Modelos para magnetorecepção: magnetismo biológico**. Curso de curta duração ministrado/outra. Escola de verão. Ministério da ciência e tecnologia. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 2006.

ACOSTA-AVALOS, D.; AZEVEDO, M. S.; ANDRADE, T. S. and LINS DE BARROS, H. Magnetic configuration model for the multicellular magnetotactic prokaryote

AQUACOP. Penaid reared bood stock closing the cycle of *P. monodom*, *P. stylirostris* and *L. vannamei*. **ProceEdings of the World Mariculture Society**, V. 10, P. 445-452, 1979.

ARAUJO, A. A. **Desenvolvimento do Sistema Sensorial do Jundiá *Rhamdia quelen* (SILURIFORMES, HEPTAPTERIDAE)**. Dissertação. Universidade Federal do Paraná – Curitiba, 2011.

ARENDSE, M. C.; and KRUYSWIJK, C. J. Orientation of *Talitrus saltador* to magnetic fields, *Neth. J. Sea. Res.* 15:23-32. 1981.

ASSIS, H. M. B. **Influência da hidrodinâmica das ondas no zoneamento litorâneo e na faixa costeira emersa, entre Olinda e Porto de Galinhas, Pernambuco**. Recife, Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE CAMARÃO – ABCC. **Projeto executivo para apoio político ao desenvolvimento do camarão marinho cultivado**. Recife: ABCC, 11p. 2004.

BAISRE, J. A., ALFONSE, I. Late stage larvae of *Panulirus guttatus* (Latreille, 1804) (Decapoda, Palinuridae) with notes on the identification of phyllosoma of *Panulirus* in the Caribbean Sea. **Crustaceana**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 25-34, 1994.

BANKS, A. N. and SRYGLEY, R. B. Orientation by magnetic field in leaf-cutter ants, *Atta colombica* (Hymenoptera: Formicidae). **Ethology**. V.109, p. 835-846, 2003.

BARBIERI, E. **Biodiversidade: capitalismo verde ou ecologia social?** São Paulo: Cidade nova. 108p. 1998.

BARBIERI, E. & MELO, G. A. S. Biodiversidade: ocorrência da espécie exótica *Litopenaeus Vannamei* (Boone, 1931) no complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape-Ilha Comprida. **O mundo da saúde**. São Paulo. 30 (4): 654-659, 2006.

BARNES, R.S.K. **Zoologia dos invertebrados**. Livraria Roca, São Paulo, 1.179p, 1984.

BARROS, C. L.; VALENÇA, L. M. M.; MANSO, V. A. V.; MADRUGA FILHO, J. D.; OLIVEIRA, J. A. R. Textura, composição e arredondamento dos sedimentos da plataforma continental interna adjacente às desembocaduras sul do canal de Santa Cruz e do Rio Timbó, norte do estado de Pernambuco. **Estudos Geológicos** v. 17 (1), 2007.

BARROSO, F. E. C.; **O efeito dos polissacarídeos sulfatados da alga marinha, vermelha *bortryocladia occidentalis* (RHODOPHYTA, RHODIMENNIALES) na sobrevivência de pós larvas do camarão *Litopenaeus Vannamei*, adaptadas em águas oligoalinas**. 68p. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO. Fortaleza – Ceará, jul. 2005.

BATISTA, P. I. S.; TUPINAMBÁ, S. V. **A carcinicultura no Brasil em America Latina: O Agronegócio do camarão**. 2002. 13 p. Disponível em: <http://www.fase.org.br/projetos/clientes/noar/carcinicultura>. Acesso em 04 mai. 2011.

- BEASON, R.C. Mechanisms of magnetic orientation in birds. **Integrative and Comparative Biology**. 45, 565–573, 2005.
- BECKER, G. Zur magnetfeld-orientierung von dipteren. **Zeitschrift fur vergleichende Physiologie**.. v. 51. 135 p. 1965.
- BEGALL, S.; MALKEMPER, E. P.; CERVENÝ, J.; NEMEC, P.; BURDA, H. Magnetic alignment in mammals and other animals. **Mammalian Biology**. V. 78, p. 10-20, 2013.
- BELLINI, S. Istituto di Microbiologia dell'Università di Pavia, Itália, 1963. Disponível em <<http://www.sbellini.net>>. Acesso em 12 Nov. 2013.
- BERRY, P. F. The biology of the spiny lobster *Panulirus homarus* (Linnaeus) of east coast of Southern Africa. **Southern Africa Oceanography**. Res. Inst., Invest, Rep., Durban, v. 28, p. 1-75, 1971.
- BERRY, M. V. and GEIMZ, A. K. Of flying frogs and levitrons. **European Journal Physics**. 18 p.307–313. 1997.
- BIOCULTURA - A Biologia como ferramenta para o entendimento do Mundo. Disponível em <<http://www.biocultura.net.br/crustacea/>>. Acesso em 12 Dez. 2013.
- BLABER, S. J. M. Tropical Estuarine Fishes: Ecology, Exploitation and Conservation. Oxford: Blackwell Science, p. 372. 2000.
- BLAKEMORE, R. P. Magnetotactic bacteria. **Science** v. 190, 377, 1975.
- BLAXTER, J.H.S.; GRAY, J.A.B.E.; BEST, A.C.G. Structure and development of the free neuromasts and lateral line system of the herring. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 63, p.247-260, 1983.
- BOLES, L. C. & LOHMANN, K. J. True navigation and magnetic maps in spiny lobsters. **Nature**. 421, p. 60-63, 2003.
- BOND, C. E. Biology of the fishes. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1979, 514p.
- BOND-BUCKUP, G. & BUCKUP, L. Familia Aeglidæ (caranguejos Anomuros de água doce). In: BUCKUP & BOND-BUCKUP (ed.) **Os crustáceos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Editora da Universidade (UFRGS). 520P. 1999.
- BOOTH, F. W.; THOMASON, D. B. Molecular and cellular adaptation of muscle in response to exercise – Perspective of various models. **Physiological Reviews**, n. 71, p. 541-589. 1991.

BOOTH, F. W.; KIRBY, C. R. Changes in skeletal muscle gene expression consequent to altered weight bearing. **American Journal of Physiology**. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, n.262, p.329-332. 1992.

BOSCHI, E. E. Biología de los crustáceos cultivables en América Latina. **FAO, Inf. Pesca**, (159) Vol.2:73–95. 1977.

BOUJARD, T.; LEATHERLAND, J. F. **Circadian rhythms and feeding time in fishes**. Environmental biology of fishes, v.35, n.2, p.109-131, 1992.

BOWMAN, T. E., ABELE, L. G. Classification of the recent crustacea. In: ABELE, Lawrence G. The Biology of Crustacea. New York: Academic Press, v. 1: **Systematics, the fossil record and Biogeography**. cap 1, p. 1-27. 1982

BRASIL. DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA. **Origem, fases e principais espécies cultivadas do camarão marinho**. In: Plataforma Tecnológica do Camarão Marinho Cultivado. Brasília: MAPA/SARC/DPA.CNPq/ABCC: 23-28, 2001.

BROWN, F. A.; WEBB, H. M.; BENNETT, M. F. and BARNWELL, F. H. A diurnal rhythm in response of the Snail *Lymnaea*, to imposed magnetic fields. **Biology Bulletin**. V. 117. P. 405-406, 1950.

BRUSCA, C.R. & BRUSCA, G.I. **Invertebrados**. Sinauer Associates Inc., Massachusetts, 922p. 1990.

CALAZANS, D. Key to the larvae and decapodids of genera of the infraorder Penaeidea from the southern Brazilian coast. **Nauplius**, Rio Grande, v. 1, p. 45-62, 1993.

ÇAMLITEPE, Y. and STRADLING, D. J. Wood ants orient to magnetic fields. **Proceedings of the Royal Society**. Lond B 261 37-41, 1995.

CAMPOS, A. A. B.; MAIA, E. P.; COSTA, W. M. C.; BRITO, L. B.; GALVEZ, A. O. **Qualidade da água em fazenda de camarão *Litopenaeus vannamei* com sistema de recirculação parcial**. Ciencia Animal Brasileira, v. 9, n. 4, p. 819-826, 2008.

CÂNDIDO PEDROSA, Aula de ciências: Aprendendo ciências. **Estudo dos artrópodes**. Disponível em <http://candidopedrosa.blogspot.com.br/2013/06/aula-de-artropodes-7-e-b.html>. Blogspot. Acesso em 12 Dez. 2013.

CARRARA, V. **Projeto de bobinas de Helmholtz em 3 eixos para simulação de campo geomagnético**. Associação Brasileira de Engenharia e Engenharia e Ciências Mecânicas. VI congresso nacional de engenharia mecânica, Campina Grande-Paraíba-Brasil, 2010.

CATANIA, S.; GERMANA, A.; LAURA, R.; GONZALEZ-MARTINEZ, T.; CIRIACO, E.; VEJA, J.A. The crypt neurons in the olfactory epithelium of the adult Zebrafish express TRKA-like immunoreactivity. **Neuroscience Letters**, v.350, p. 5-8, 2003.

CERVIGÓN, F., 1993. **Los peces marinos de Venezuela**. Volume 2. Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela. 497 p.

CHAVES, E. M. **Utilização do habitat por duas espécies de lutjanídeos e duas de haemulídeos no complexo estuarino Caravelas – Nova Viçosa, Bahia**. 25p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais. Universidade Estadual de Santa Cruz, 2011.

CHEN, L.; BAZYLINSKI, D. A. and LOWER, B. H. Bacteria That Synthesize Nano-sized Compasses to Navigate Using Earth's Geomagnetic Field. **Nature Education Knowledge**. 3(10):30, 2012.

CHONG, V. C.; AFFENDY, N.; OOI, A. L.; CHEW, L. L. The fishes and invertebrates of mangrove estuaries in northeastern Langkawi Island. Malay. **Nature Journal**, v. 57, p. 193 –208. 2005.

COELHO, P. A.; SANTOS, M. D. C. F.; RAMOS-PORTO, M. Ocorrência de *Penaeus monodon* Fabricius, 1798 no litoral dos estados de Pernambuco e Alagoas (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). **Boletim Técnico-Científico**. CEPENE, v.9, n.1, 2001.

COELHO, P. A. Revisão de *Podocheila* Stimpson e gêneros afins nas costas caribenha e atlântica da América do Sul (Crustacea, Decapoda, Inachidae). **Revista Brasileira de Zoologia**. vol.23 no.3. 2006.

COELHO, P. A. Súmula de observações sobre a lagosta comum *Panulirus argus* (Latreille). **Boletim Estatístico da Pesca**, Recife, v. 2, n. 5, p. 3-11, 1962a.

COELHO, P. A. Sobre a biologia da pesca da lagosta cabo-verde *Panulirus laevicauda* (Latreille). **Boletim Estatístico da Pesca**, Recife, v.2, n. 7, p. 3-8, 1962b.

COELHO, P. A. Bases para a regulamentação da pesca de lagosta. **Boletim Estatístico da Pesca**, Recife, v. 2, n. 10, p. 3-6, 1962c.

COELHO, P. A.; COELHO FILHO, P. A.; GIRALDES, B. W. Composition and spatial distribution of subtidal decapoda on the "Reef Coast", northeastern Brazil, evaluated through a low-impact visual census technique. **Nauplius**. vol.20 no.2, 2012.

CONCER, G. E. **Projeto de motor de ímã permanente utilizando ferrite na configuração de ímãs enterrados**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Universidade federal de Santa Catarina-Florianópolis, 2008.

CORREIA, E. S. **Efeito da substituição do milho por raspa de mandioca em rações do camarão da Malásia *Macrobrachium rosenbergii*** (De Man, 1879). Florianópolis, 1993. 90 p. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.

CORREIA, P. B.; SALGUEIRO, M. A.; MOTTA, J. A.; Estudo magnetométricos da Ilha de São Jorge Açores: correlações com a vulcanologia fissural e a neotectônica; **Revista estudos geológicos**, vol. 14, p.44-53, Bagaço, 2005.

COSTA DA VENEZUELA. Alfredo Allais/ *Haemulon aurolineatum*. Disponível em <<http://www.costadevenezuela.org>>. Acesso em 05 Jun. 2014.

COSTA, R. C., FRANZOZO, A., FREIRE, F.A. M. & CASTILHO, A. L. Abundance and ecological distribution of the "Sete-barbas" shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea, Penaeoidea) in three bays of the Ubatuba region, Southeastern Brazil. **Gulf and Caribbean Research**, 19:33-41. 2007.

COSTA DE VENEZUELA. Disponível em <<http://www.costadevenezuela.org/?author=1&paged=15>>. Acesso em 10 Dez. 2013.

COURTENAY, W.R. and SAHLMAN, H. F. Pomadasyidae. In W. Fischer (ed.) **FAO species identification sheets for fishery purposes**. Western Central Atlantic (Fishing Area 31), V 4. FAO, Rome, 1978.

COUTINHO, P.N. Ecología bentónica y sedimentación de la plataforma continental del atlántico sur, p. 415-421, in **Memorias del Seminario sobre Ecología Bentónica y Sedimentación**, UNESCO, Montevideo. 1979.

COUTINHO, P.N. Levantamento do estado da arte da pesquisa dos recursos marinhos do Brasil. **Oceanografia Geológica**. 68p. 1996.

CUTRESS, C.E.; ROSS, D.M. "O mar anêmona *Calliactis tricolor* e sua associação com o caranguejo eremita *Dardanus venosus*" . **Journal of Zoology**. 158 (2):. 225-241. 1969.

DALL, W. Estimation of routine metabolic rate in a penaeid prawn, *Penaeus esculentus* Haswell. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, Amsterdam, **96**: 57-74. 1986.

DALL, W.; HILL, B.J.; RODHLISBERG, P.C.; SHARPLES, D.J. The biology of Penaeidae. In: BLAXTER, J.H.S. e SOUTHWARD, A.J. (ed.). **Advances in Marine Biology**, San Diego, 27: 489p. 1990.

DARCY, G.H. **Synopsis of biological data on the grunts *Haemulon aurolineatum* and *H. plumieri* (Pisces: Haemulidae)**. NOAA technical report NMFS Circular 448. 1983.

DARWIN, C. R. **The Origin of species by means of natural selection**. Martin claret. Ed. Lond. 629 p. 1859.

DEUTSCHES GEOFORSCHUNGS ZENTRUM. Disponível em: <http://www.gfz-potsdam.de/forschung/ueberblick/departments/department-2/erdmagnetfeld/daten-dienste/kp-index/>. Acesso em 02 Out. 2014.

DIEBEL, C. E.; PROKSCH, R.; GREEN, C. R.; NELLSON, P. and WALKER, M. M. Magnetite defines a vertebrate magnetoreceptor. **Nature**, 406, 2000.

DISTÂNCIAS ASTRONÔMICAS. Linhas espectrais. Disponível em <http://www.horaultima.decoelum.net/> Acesso em 25 Dez. 2013.

DORE, I. & FRIMODT, C. **Illustrated guide shrimp of the world**. Osprey Books: Hantington, NY, USA. 229p. 1979.

DIJKGRAAF, S. The functioning and significance of the lateral line organs. **Biological Reviews** v.38, p. 51-105, 1963.

DURIF, C.M.F., BROWMAN, H.I., PHILLIPS, J.B., SKIFTESVIK, A.B., VOLLESTAD, L.A. & STOCKHAUSEN, H.H. (2013) Magnetic compass orientation in the European Eel. **Plos One** **8**, e59212.

EGGLESTON, D. B., LIPCIUS, R. N., MILLER, D. L. Artificial shelters and survival of juvenile Caribbean spiny lobster *Panulirus argus*: spatial habitat, and lobster size effects. **Fishery Bulletin.**, Long Beach, v. 90, p. 69-702, 1992.

EGGLESTON, D. B.; DAHLGREN, C. P.; JOHNSON, E. G. Fish density, diversity, and size-structure within multiple back-reef habitats of Key West National Wildlife Refuge. **Bulletin of Marine Science**, v. 75, p. 175–204. 2004.

EKSTRÖM VON LUBITZ, D. K. J. Ultrastructure of the lateral line sense organs of the catfish, *Chimaera monstrosa*. **Cell and Tissue Research**, v.215, p.651-665, 1981.

EL HAJ, A. J. Crustacean genes involved in growth. In: Ennion S, G. Goldspink (eds). **Gene regulation in aquatic organisms**. SEB seminar series. Cambridge: Cambridge University Press, 94-112. 1996.

EL-JAICK, L. J.; ACOSTA-AVALOS, D.; ESQUIVEL, D. M. S.; WAJNBERG, E. and LINHARES, M. P. Electron paramagnetic resonance study of Honeybee *Apis mellifera* abdomens. **European Biophysics**. J. 29, 579-586, 2001.

ELLWOOD, B. B. & ROBERTS, H.H. Gulf of Mexico sediment sources and sediment transport trends from magnetic susceptibility measurements of surface samples. **Marine Geology**, vol. 230, pp. 237–248. 2006.

ENCICLOPÉDIA BRITANNICA. **Lateral Line system of a fish**. Disponível em <http://www.britannica.com/EBchecked/media/48248/lateral-line-system-of-a-fish> acesso em 03 Jun. 2014.

ESQUIVEL, D.M.S., ACOSTA-AVALOS, D., EL-JAICK, L.J., CUNHA, A.D.M., MALHEIROS, M.G., WAJNBERG, E. & LINHARES, M.P. Evidence for magnetic material in the fire ant *Solenopsis sp.* by electron paramagnetic resonance measurements. **Naturwissenschaften** **86**, p. 30-32. 1999.

EVANS, M.E. **Aquarium fish**. Smell you later: olfaction in aquarium fishes. Disponível em: <<http://www.advancedaquarist.com/2007/5/fish>>. Acesso em 06 Jun. 2014.

FishBase (2011) Froese, R. & Pauly, D. (Eds). World Wide 234 Web electronic publication. Disponível em < www.fishbase.org>. Acesso em 10 Out. 2013.

FAO. **Yearbook of Fishery Statistics, Catches and Landings**. Food Agri. Organ. U. N., Rome, vol. 72, 654 p, 1993.

FARINA, M.; LINS DE BARROS, H.; ESQUIVEL D. M. S.; and DANON, J.; **Biology of the Cell**. 48, 85, 1983.

FARINA, M.; LINS DE BARROS, H.; y ESQUIVEL, D.M.S. **Investigacion y Ciência** 171, 70, 1990 - A.

FAUSTO FILHO, J. Crustáceos Estomatópodos e Decápodos dos Substratos de Lama do Nordeste do Brasileiro. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, 18(1/2):63-71. 1978.

FERREIRA, B.P.; REZENDE, S.M.; TEIXEIRA, S.F.; FERRAZ, A.N.A.; CAVA, F.C. 1997. **Peixes recifais na Zona Econômica Exclusiva brasileira, região Nordeste**. Resumos do VII COLACMAR, 305 p., Santos. 1997.

FERREIRA, B. P. & MAIDA M. **Monitoramento dos Recifes de Coral do Brasil: Situação Atual e Perspectivas**. MMA, Brasília, DF, Brasil (ISBN – 8587166867). 250p. 2006.

FERREIRA, E. A. F. **Estudo das propriedades magnéticas e da microestrutura em ímãs permanentes a base de Pr-Fe-B-Co-Nb obtidos pelos processos HD e HDBR**. 140f. Dissertação – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, SP. 2008.

FIGUEIREDO, J.L. e MENEZES, N.A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil**. Vol VI. .Teleostei (5). São Paulo: Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo. 116p. 2000.

FISHBASE, 2012. FROESE, R. & D. PAULY (eds.) **FishBase**. World Wide Web electronic publication. Disponível em <http://www.fishbase.org>. Acesso em 12 Ago. 2012.

FISHBASE. Disponível em <<http://www.fishbase.org/search.php>>. Acesso em 24 Dez. 2013.

FISHBASE, 2013. GERMANO, S. (eds.) FishBase. World Wide Web electronic publication. Disponível em <<http://www.fishbase.org>>. Acesso em 10 Out. 2013.

FISHER, W. FAO **Species Identification Sheets for Fishery Purposes**. Western Central Atlantic (Fishing Area 31). FAO Fisheries Department. 1978.

FLOCK, A. Electron microscopic and electrophysiological studies on the lateral line organ. **Acta Oto-Laryngologica** (Suppl.) v.199, p.1-90, 1965.

FLOCK, A. ; WERSALL, J. A study of the orientation of the sensory hairs of the receptor cells in the lateral line organs of fishes, with special reference to the function of the receptors. **Journal of Cell Biology**, v.15, p. 19-27, 1962.

FLOETER, SR, JL GASPARINI, LA ROCHA, CEL FERREIRA, CA RANGEL e BM FEITOZA , 2003. **Fauna de peixes recifais brasileiros: Lista de verificação e observações (atualizado janeiro 2003)**. Projeto Peixe brasileiro Disponível em <www.brazilianreeffish.cjb.net>. Acesso em 02 Out. 2012.

FONSECA, F. T. B. **Copépodos parasitas de peixes mugilídeos cultivados em Itamaracá, Pernambuco-Brasil**. 161p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) - Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1995.

FONSECA, F. T. B. **Copépodos parasitas de peixes mugilidae, Centropomidae e Gerreidae do canal de Santa Cruz (Pernambuco-Brasil)**. 131p. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

FONTELES-FILHO, A. A., IVO, C. T. C. Migratory behavior of the spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille), off Ceará State, Brazil. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 20, n. 1/2, p. 25-32, 1980.

FONTENELES-FILHO, A. A. **Population dynamics of spiny lobsters (Crustacea: Palinuridae) in Norhteast Brazil**. *Ciência e Cultura*, 44: p.192-196. 1992.

FORMICKI, K., TANSKI, A., SADOWSKI M. & WINNICKI, A. Effects of magnetic fields on fyke net performance. **Journal of Applied Ichthyology** 20, 402 – 406. 2004.

FOWLER, S. **IUNC Red List Assessments for sharks and rays**. In: FOWLER, S., et al. *Sharks, rays and chimeras: the status of the chondrichthyan fishes*. [S.l.]: IUNC, 2000.

FRANCINI-FILHO, R. B. **Estrutura e dinâmica das assembléias de peixes recifais no Banco dos Abrolhos, Bahia: subsídios para conservação e manejo**. 418f. Tese (Doutorado em Zoologia), Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

FRANKEL, R. B and BLAKEMORE, R. P. **J. Magnetism Magnetic Matter**. p. 15-18, 1562 p. 1980.

FREITAS, R.; ZHANG, G. J.; ALBERT, J. S.; EVANS, D. H.; COHN, M.J. Developmental origin of shark electrosensory organs. **Evolution & Development** V. 8:1, p. 74–80. 2006.

FROESE, R. & PAULY, D. (Editors). 2004. **FishBase**. World Wide Web electronic publication. Disponível em <www.fishbase.org>. Acesso em 18 Mai. 2012.

GAM,P. **Ictiologia** .Disponível em <<http://clientes.netvisao.pt/pedrogam/ictiologia.htm>>. Acesso em 06 Jun. 2014.

GAUTHREAU, S. A. Animal migration, orientation and navigation. New York: **Academic Press**, 1980.

GESTEIRA, T.C.V & ROCHA, C.A.S. **Estudo sobre a fecundidade do ariocó, *Lutjanus synagris* (Linnaeus), da costa do estado do Ceará (Brasil)**. Arquivo de Ciências do Mar, 16(1): p. 19-22. 1976.

GILLANDERS, B. M.; ABLE, K. W.; BROWN, J. A.; EGGLESTON, D. B.; SHERIDAN, P. F. Evidence of connectivity between juvenile and adult habitats for mobile marine fauna: an important component of nurseries. **Marine Ecology Progress Series**, v. 247, p. 281–295. 2003.

GONÇALVES, M. M.; LEMOS, M. V. F.; GALETTI JUNIOR, P. M.; FREITAS, P. D.; FURTADO NETO, M. A. A. Fluorescent amplified fragment length polymorphism (FAFLP) analyses and genetic diversity in *Litopenaeus vannamei* (Peneidae). *Genetics and Molecular Biology*, v.28, p.267-270, 2005.

GONÇALVES, C. G. B. **Influencia do campo magnético artificial sobre o comportamento do camarão *Litopenaeus vannamei* (penaeidae) e a captura de peixes na pesca com covos**. Master Thesis in Oceanography. Universidade Federal de Pernambuco. Brasil. 2009.

GONÇALVES, C. G. B., MEDEIROS, C.; OLIVEIRA JUNIOR, J. & LIMA, D. Aparato para condução de experimentos em laboratório dos efeitos do campo magnético sobre organismos aquáticos. **Tropical Oceanography**, 2009.

GOULD, J.L.; KIRSCHVINK, J. L.; DEFFEYES, K. S. and BRINES. M. L. Orientation of Demagnetized Bees. **The Journal of Experimental Biology**. V. 86 p. 1-8, 1980.

GOULD, J.L. Animal navigation: the evolution of magnetic orientation. **Current Biology**. 18, 482–484. 2008.

GRAZIADEI, P. P.; KARLAN, M.S.; GRAZIADEI, G.A.; BERNSTEIN, J.J. Neurogenesis of sensory neurons in the primate olfactory system after section of the fila olfactoria. **Brain Research**. v.186, p. 289- 300,1980.

GUERAO, G. & C. RIBERA. Locomotor activity patterns and feeding habits in the prawn *Palaemon serratus* (Pennant, 1777) (Decapoda, Palaemonidae) in the Alfa Bay, Elbro Delta, Spain. **Crustaceana**, Leiden, 69 (1), p.101-112. 1996.

GUIMARÃES, R. C.; SILVA, C. C. Anomalia Magnética do Atlântico Sul: Origem interna e visão espacial, in. **XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA**, publicação do SBC – Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento remoto, Macaé, Rio de Janeiro, 2005.

- GUSKOS, N., ANAGNOSTAKIS, E.A., LIKODIMOS, V., BODZIONY, T., TYPEK, J., MARYNIAK, M., NARKIEWICZ, U., KUCHARWICZ, I. & WAPLAK, S. Ferromagnetic resonance and ac conductivity of a polymer composite of Fe₃O₄ and Fe₃C nanoparticles dispersed in a graphite matrix. **Journal of Applied Physics**. 97, 024304. 2005.
- HAIGHT, W.R.; PARRISH, J.D.; HAYES, T.A. **Feeding ecology of deepwater lutjanid snappers at Penguin Bank, Hawaii. Transactions of the American Fisheries Society**. V. 122, p.328-347. 1993.
- HAMA, K. Some observations on the fine structure of the lateral line organ of the Japanese sea eel, *Lincozymba nystromi*. **Journal of Cell Biology**, v.24, p.193-210, 1965.
- HAMDANI, E. H.; LASTEIN S.; GREGERSEN, F.; DØVING K. B. Seasonal variations in olfactory sensory neurons— Fish sensitivity to sex pheromones explained? **Chemical Senses**, v.12, p.40-52, 2007.
- HANSON, M. & WESTERBERG, H. (1986) Occurrence and properties of magnetic material in european eel (*Anguilla anguilla* L.). **Journal of Magnetism and Magnetic Material**. 54. 252 – 57, 1467 – 1468.
- HANSON, M. & WALKER M. M. (1987) Magnetic particles in european eel (*Anguilla 255 anguilla*) and carp (*Cyprinus carpius*). Magnetic susceptibility and remanence. **Journal of Magnetism and Magnetic Material**. 66, 1 – 7.
- HARA, T. J. Effects of pH on the olfactory responses to amino acids in rainbow trout, *Salmo gairdneri*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, v. 54, p. 37-39, 1976.
- HARADA, Y., TANIGUCHI, M., NAMATAME, H. & IIDA, A. Magnetic materials in otoliths of Bird and fish lagena and their function. *Acta Otolaryngologica* **121**, 590 – 595. 2001.
- HART, V.; KUSTA, T.; NEMEC, P.; BLAHOVA, V.; JEZEK, M.; NOVAKOVA, P.; BEGALL, S.; CERVENY, J.; HANZAL, V.; MALKEMPER, E. P.; STIPEK, K.; VOLE, C.; BURDA, H. Magnetic Alignment in Carps: Evidence from the Czech Christmas Fish Market. **Plos One**. V. 7, Issue 12. 2012
- HAWKINS, A. D. Underwater sound and fish behavior. **Behavior of teleost fishes**. 2ª edição, Editora Chapman & Hall, p. 412, 1993.
- HERRNKIND, W. F., KANCIRUK, P. Mass migration of spiny lobster, *Panulirus argus*, (Crustacea: Palinuridae): Synopsis and Orientation. In: SCHIMIDT S. K., KEETON, W. T **Animal migration, Navegation and Homing**, New York, p 430-439. 1978.
- HERRNKIND, W. F., LIPCIUS, R. N. Habitat use and population biology of bahamian spiny lobster. **Gulf and Caribbean Fisheries Institute Proceedings**., Miami, v. 39, p. 265-278, 1989.

HERRNKIND, W. F., VANDERVALKER, J., BARR, L. Population dynamics, ecology and behavior of spiny lobster, *Panulirus argus*, of St. John, U. S. Virgin Islands: habitation and pattern of movement. **Science Bulletin of Natural History Museum**. Los Angeles City., Los Angeles, v.20, p. 31-34, 1975.

HENDRICKX, M. E. Checklist de caranguejos braquiúros. (Crustacea: Decapoda) do Pacífico tropical oriental. Touro. Inst. Real Ficção. **Nature Belgique, Biologie**, 65, p.125-150, 1995.

HILDEBRAND, J. G.; SHEPHERD, G. M. Mechanisms of olfactory discrimination: converging Evidence for Common Principles Across Phyla. **Annual Review of Neuroscience**. V. 20, p. 595-631, 1997.

HÖLDOBLER, B. and WILSON, E. O. The ants. **Harvard University Press**, Cambridge 1990.

HOSS, D.E.E.; BLAXTER, J.H.S. Development and function of the swimbladder inner ear-lateral system in the Atlantic menhaden *Brevoortia tyrannus* (Latrobe). **Journal of Fish Biology**, v. 20, p. 131-142, 1982.

HOSS, D. E. & THAYER, G. W. The importance of habitat to the early life history of estuarine dependent fishes. **American Fisheries Society Symposium**., Bethesda, v. 14, p. 147 – 158, 1993.

HOWE, E.; HOWE, C.; LIM, R.E.; BURCHETT, M. Impact of the introduced poeciliid *Gambusia holbrooki* (Girard, 1859) on the growth and reproduction of *Pseudomugil signifer* (Kner, 1865) in Australia. **Marine Freshwater Research**. 48, p. 425-434. 1997.

HUDSPETH, A. J. How the ear's works work. **Nature**, v.314; p. 397-404; 1989.

HUGHES, D. A. On the endogenous control of tide associated displacements of pink shrimp *Penaeus duorarum*, **Biology Bulletin**. 142, p. 271-280, 1972.

HUMANN, P. & N. DELOACH. 2006. **Reef Fish Identification: Florida, Caribbean, Bahamas**. New World Publication, INC. Jacksonville, Florida U.S.A. 481p. 2006.

IUCN 2012. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Disponível em <<http://www.iucnredlist.org>>. Acesso em 19 Jun. 2012.

INSTITUTO HÓRUS – Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental/The Nature Conservancy. **Base de Dados sobre Espécies Exóticas Invasoras**. I3N-Brasil. Disponível em <<http://www.institutohorus.org.br>>. Acesso em 04 Nov. 2009.

IVO, C. T. C., PEREIRA, J. A. Sinopse das principais observações sobre as lagostas *Panulirus argus* (Latreille) e *Panulirus laeviscauda* (Latreille) capturadas em águas costeiras do Brasil, entre os estados do Amapá e do Espírito Santo. **Boletim Técnico Científico CEPENE** (ISSN: 0104-6411), 4(1):7-94, Tamandaré, PE, Brasil. 1996.

IRSCHVINK, J.L. 1982. Birds, Bees and magnetism A new look at the old problem of magnetoreception. **Trends in Neuroscience**. 5: 160-167.

IZQUIERDO, R. C. et al. **Atlas Biológico-Pesqueiro de la Langosta en el Archipiélago Cubano**, Habana, 125 p., 1987.

JACKLYN, P. M. Solar engineering for the blind: 'magnetic' termite mounds of the Top End. **Territory Naturalist**. v. 13, p. 9-15, 1992.

JANDER, R. and JANDER, U. The light and magnetic compass of the weaver ant, *Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera: Formicidae). **Ethology**. V. 104, p. 743-758, 1998.

JEFFS, G. A.; MONTGOMERY, J. C.; TINDLE, C. T. How do spiny lobster post-larvae find the coast?. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**. V. 39, p. 605-617. Issue 3, 2010.

JOHANNES, R. W. Reproductive strategies of coastal marine fishes in the tropics. **Environmental Biology of Fishes**., The Hague, v. 3, n. 1, p. 65-84, 1978.

JONES, G. P.; MILICICH, M. J.; EMSLIE, M. J.; LUNOW, C. Self-recruitment in a coral reef fish population. **Nature**, v. 402, p. 802-804. 1999.

KANCIRUK, P. Ecology of juvenile and adult Palinuridae (spiny lobster), in: COBB, J. S., PHILLIPS, B. F. The biology and management of lobsters. London: **Academic Press Inc Ltda**, v. 2 Ecology and Management, p. 59-96. 1980.

KEIM, C. N.; MARTINS, J. L.; ROSADO, A.; Lins de Barros, H. G. P.; BOROJEVIC, R.; LINS, U.; and M. FARINA, M.; **FEMS Microbiology**. Lett. 240, 203, 2004.

KHANDKER, N. A. Sponge as a shelter for young spiny lobster. **Transactions of the American Fisheries Society**., Lawrence, v. 93, pp. 204- , 1964.

KIRSCHVINK, J. L. Biogenic ferrimagnetism: A new biomagnetism, in: Biomagnetism: An Interdisciplinary Approach (S.Williason, ed), **Plenum Press**, New York, p. 501-532, 1983.

KIRSCHVINK, J. L.; JONES, D. S.; MACFADDEN, B. J. Magnetite biomineralization and magnetoreception in organisms: a new biomagnetism. **Plenum Press**, 682p. 1985.

KIRSCHVINK, J. L.; KIRSCHVINK, A. K. and WOODFORD, B. J. Magnetite biomineralization in the human brain. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. USA, v. 26, p. 7683-7687, 1992.

KITANI, H. Larval development of the whitc shrimp *L. Vannamei* (Boone, 1931) reared in the laboratory and the statistical observation of its naupliar stages. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**. V. 52, n.7, p. 1131-1139. 1986.

KITANI, H. Morphology of post-larvae of the whiteleg shrimp *L. Vannamei*. **Nippon Suisan Gakkaishi**. V.59, n.2, p. 223-227. 1993.

KRAJEWSKI, J. P. **Atividade de forrageamento e comportamento alimentar de duas espécies sintópicas de Mullidae (Perciformes) no Arquipélago de Fernando de Noronha, Pernambuco**. 86P. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Universidade Estadual de Campinas. 2005.

KRISTJONSSON, H. **Técnicas para localizar y capturar camarones en la pesca comercial**. CARPAS, Doc. Téc., Rio de Janeiro, v.2, p.1-69, 1968.

KRUEGER, S.; OLSON, G.J.; RHYNE, J.J.; BLAKEMORE, R.P.; GORBY, Y.A.; BLAKEMORE, N. Small Angle neutron and X-ray scattering from magnetite crystals in magnetotactic bacteria. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, v. 82, p. 17-28, 1989.

LANA, P. C.; M. G. CAMARGO; R. A. BROGIM; V. J. ISAAC. **O Bentos da Costa Brasileira: Avaliação Crítica e Levantamento Bibliográfico (1856-1996)**. Rio de Janeiro, Femar. 432pp. 1996.

LEAL, I. and OLIVEIRA, P. S. Behavioral ecology of the neotropical termite – hunting ant *Pachycondyla* (= Termitopone) *marginata*: colony founding, group-raiding and migratory patterns. **Behavioral Ecology and Sociobiology**. V. 37, p. 373-383, 1995.

LEAL, R. **Estudo da Magnetita como Material Adsorvedor de Íons Urânio**. 61p. Dissertação de Mestrado - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

LEASK, M. J. M. A physicochemical mechanism for magnetic field detection by migratory birds and homing pigeons. **Nature**. v. 267, p. 144-145, 1977.

LEE, P. H. and WEISS, J. S. Effects of magnetic fields on regenerations in fiddler crabs, **Biology Bulletin**. 159:681691. 1980.

LESSA, R.; F.M. SANTANA; G. RINCÓN; O.B.F. GADIG & A.C.A. EL-DEIR. **Biodiversidade de Elasmobrânquios do Brasil**. Ministério do Meio Ambiente. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO). 154 p. 1999.

LESSA, R.P.; NÓBREGA, M. F.; BEZERRA, J. L. J. **Dinâmica de Populações e Avaliação de Estoques dos Recursos Pesqueiros da Região Nordeste** – Programa REVIZEE, SCORE –NE. Recife. DIMAR. 246p. 2004.

LIEDVOGEL M. & MOURITSEN H. Cryptochromes – a potential magnetoreceptor: 262 what do we know and what do we want to know? **Journal of the Royal Society Interface**. **7**, S147 – S162. 2010.

LIESKE, E. and MYERS, R. Collins Pocket Guide. Coral reef fishes. Indo-Pacific & Caribbean including the Red Sea. **Haper Collins Publishers**, 400 p. 1994.

LIMA, R. Criadores de Pernambuco começam a sentir os efeitos de uma doença que diminui a capacidade de sobrevivência do camarão. **Jornal do Comércio**, Caderno de Economia, p. 1, em 04-11-2004.

LINDEMAN, K. C. Development of larvae of the French grunt, *Haemulon flavolineatum*, and comparative development of twelve species of western Atlantic *Haemulon* (Percoidei, Haemulidae). **Bulletin of Marine Science**, v. 39, p. 673-717. 1987.

LINDEMAN, K. C. and TOXEY, C. Haemulidae. In: CARPENTER, K.E. (ed.). **Species Identification Guide for Fishery Purposes: The Living Marine Resources of the Western 22 Central Atlantic**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), p. 1522–1550. 2003.

LINDEMAN, K. C. and RICHARDS, W. J. Grunts: Haemulidae. In: RICHARDS, W. J. (ed). **Early Stages of Atlantic Fishes**. Flórida: CRC Press, p. 1597-1645. 2005.

LINS DE BARROS, H. and ESQUIVEL, D. M. S. in Magnetic Biomineralization and Magnetoreception in Organisms. Topics in Geobiology - v. 5, editado por J.L. Kirschvink, D.S. Jones and B.J. MacFadden (**Plenum Press**, Nova Iorque), 682 pp. 1985.

LINS DE BARROS, H.G.P.L. & D.M.S. ESQUIVEL. Interação do Campo Magnético da Terra com os Seres Vivos: História da sua Descoberta. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 22. P.312-316. 2000.

LIPCIUS, R. N. & COBB, J. S. Ecology and fisheries biology of spiny lobsters. In: PHILLIPS, B. S., COBB, J. S. & KITAKA, **Journal of Spiny lobsters management**, Cambridge, The University Press, p. 1-130. 1994.

LOHMANN, K. J. Magnetic Remanence in the Western Atlantic Spiny Lobster, *Panulirus Argus*. **The Journal of Experimental Biology**. N 113, p. 29-41. 1984.

LOHMANN, K. J. Geomagnetic field detection by the western atlantic spiny lobster, *Panulirus argus*. **Marine Behaviour and Physiology**. V. 12, p. 1-7, issue 1, 1985.

LOHMANN, K. J.; PENTCHEFF, N. D.; NEVITT, G. A.; STETTEN, G. D.; ZIMMER-FAUST, R. K.; JARRARD, H. E. ; BOLES, I. C. Magnetic orientation of spiny lobsters in the ocean: experiments with undersea coil systems. **The Journal of Experimental biology**. n 198, p. 2041-2048, 1995.

LOHMANN, K. J. and JOHNSEN, S. The neurobiology of magnetoreception in vertebrate animals. **Trends in neuroscience**. V. 23, p. 153-159, 2000.

LOHMANN, K. J.; LOHMANN, C. M. F.; PUTMAN, N.F. Magnetic maps in animals: Nature's GPS. **Journal of Experimental Biology**. 210, p.3697–3705. 2007.

LOHMANN, K.J., LOHMANH, C. M. F. & ENDRES, C. S. (2008) The sensory ecology of ocean navigation. **Journal of Experimental Biology**. 211, p. 1719 – 1728. 2008.

LONGHURSTI, A. R.; D. PAULY. **Ecology of Tropical Oceans**. São Diego: Academic Press. 301p. 1987.

LUCIANO, B. A. and KIMINAMI, C. S. **A new electric machine with rare-earth magnets in the rotor and amorphous alloy in the stator**. Proceedings of the Fourteenth International Workshop on Rare-Earth Magnets and their Applications. São Paulo: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, pp. 397-406, Sept. 1996.

LUCIANO, B. A. e KIMINAMI, C. S. Os **Novos Materiais e a Eficiência Energética**. **Anais do XIX Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades** - ABM, Belo Horizonte, pp155-165, 04 a 06 de Junho de 1997.

LUCANO, M. J.; CERNICCHIARO, G.; E. WAJNBERG, E. and ESQUIVEL, D. M. S. Stingless Bee Antennae: a magnetic sensory organ? **Biometals**. 19 (3) p. 295-300, 2006.

MACIA, A. Juvenile penaeid shrimp density, spatial distribution and size composition in four adjacent habitats within a Mangroved Fringed-Bay on Inhaca Island, Mozambique. **Western Indian Ocean Journal of Marine Science**, Zanzibar Town, 3(2) p. 163-178, 2004.

MACQUART-MOULIN, C. Diel vertical migration and endogenous swimming rhythm in *Asterope mariae* (Baird) and *Philomedes interpuncta* (Baird) (Crustacea Ostracoda Cypridinidae). **Journal of Plankton Research**, Oxford, 21: 20-31. 1999.

MAEDA, K.; HENBEST, K. B.; CINTOLESI, F. Chemical compass model of avian magnetoreception. **Nature**, 453: 387-390. 2008.

MAGALHÃES, M.; MARTINEZ, R. A.; GALOTTO, F. A. **Diversidade genética de *Litopenaeus vannamei* cultivado na Bahia**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.42, n.8, p.1131-1136, ago. 2007.

MAHON, R. & W. HUNTE. 2001. Trap mesh selectivity and the management of reef fishes. **Fish and Fisheries**, 2: 356-375.

MANN, S.; SPARKS, N. H. C.; WALKER, M. M.; KIRSCHVINK, J. L. Ultrastructure, morphology and organization of biogenic magnetite from sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*: Implications for magnetoreception. **Journal of Experimental Biology**, v. 140, p. 35-49, 1988.

MANN, S.; SPARKS, N. H. C.; Frankel, R. B.; BAZYLISNKI D. A. and JANNASCH, H. W. **Nature** 343, 258, 1990.

MANSO, P. R. J. **Produção em cativeiro de larvas de camarão marinho *Litopenaeus vannamei*: influência do campo magnético sobre a metamorfose e a sobrevivência larval**. 182p. Dissertação de Mestrado – Curso de pós-graduação em Engenharia de produção. Universidade federal de Santa Catarina, 2006.

MANTELLATO, F.L.M.; GARCIA, R.B.; MARTINELL, J.M.; HEBLING, N.J. On a record of *Dardanus venosus* (H. Milne Edwards) (Crustacea, Anomura) from the São Paulo State, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**. 18 (1) p. 71 - 73, 2001.

MARGATO, B.; SANTOS, M.; LINS DE BARROS, H. Magnetic properties of magnetotactic microorganism: an example of multidisciplinary research. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V. 29, n 3. p. 1806 -1117, 2007.

MARINE SPECIES. Disponível em <<http://skaphandrus.com/pt/marine-species/info/species/Haemulon-aurolineatum>>. Acesso em 03 Jun. 14.

MARQUES, L. C.; ANDREATA, E. R. **Efeito da frequência alimentar sobre o consumo de ração e crescimento de juvenis do camarão rosa *Penaeus paulensis* (Perez-Farfante, 1967)**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de pesca, 11., 1999,. Anais... Recife: AEP-BR. P.571-580. 1999.

MARX, J. M., HERRNKIND, W. F. Macroalge (Rhodophyta: *Laurencia* spp.) as habitat for young juvenile spiny lobster *Panulirus argus*. **Bulletin of Marine Science**., Coral Gables, v.36, p. 423-431,1985.

MELO, G.A.S. **Manual de identificação dos Crustacea Decapoda do litoral brasileiro: Anomura, Thalassinidea, Palinuridea, Astacidea**. São Paulo: Plêiade/FAPESP, 556 p. 1999.

MELO, G.A.S. **Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro**. São Paulo, Editora Plêiade, 604p. 1996.

MENDES, G. N.; PEDRESCHI, **Aclimação de juvenis de *Litopenaeus vannamei*, à água doce**. In: **Simpósio Brasileiro de Aqüicultura**, 10., 1998, Anais...Recife:ABCC, p.309-313. 1998.

MEYER, C.G.; K.N. HOLLAND & Y.P. PAPASTAMATIOU. Sharks can detect changes in the geomagnetic field. **Journal of The Royal Society Interface**, V.2, p.129-130. 2004.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis**. Washington, DC. 2005.

MONTEIRO-NETO, C., CUNHA FEA, MC NOTTINGAM, ME ARAÚJO, IL ROSA e GML BARROS , 2003. Análise do comércio de peixes marinhos ornamentais no Estado do Ceará, nordeste do Brasil. **Biodiversity and Conservation**. V.12, p.1287-1295. 2003.

MOORE, A.; FREAK, S, M.; THOMAS, F, M. Magnetic particles in the lateral line of the atlantic salmon (*Salmo salar* L). Philosophical Transaction of the Royal Society Royal society Publishing. **Biological Sciences**. V. 329, n. 1252, p. 11-15, 1990.

MOORE, A. & RILEY, W. D. Magnetic particles associated with the lateral line of the European eel *Anguilla anguilla*. **Journal of Fish Biology**. V.74, p.1629 – 1634. 2009.

MOULTON DG. Dynamics of cell populations in the olfactory epithelium. **Annals of the New York Academy of Sciences**. v. 237, p.52–61, 1974.

MOURA, R. L.; LINDEMAN, K. C. A new species of snapper (Perciformes: Lutjanidae) from Brazil and the southern distributional status of *Lutjanus griseus* and *L. apodus*. **Zootaxa**, v. 1422, p. 31-43. 2007.

MOURA, S. J. C. Pesca de lagosta na costa nordestina: I – tipos de covos. **Boletim Estatístico de pesca**, Recife, v. 2, n. 4, p. 10-11, 1962.

MOURA, S. J. C. Índícios de sobrepesca de lagostas na área do Pina, Pernambuco. **Boletim Estatístico de pesca**, Recife, v. 6, n. 2, p. 7-21, 1965.

MORALES-NIN, B.; RALSTON, S. Age and growth of *Lutjanus kasmira* (Forskål) in Hawaiian waters. **Journal of Fish Biology**., v.36, p.191-203. 1990.

MORRIS, D. W. Ecology - moving to the ideal free home. **Nature**, v. 443, p. 645–646. 2006.

MUSEU DE ASTRONOMIA. **O Campo magnético terrestre**. Disponível em <http://www.mast.br/multimedia_instrumentos/bussola_funcao.html>. Acesso em 11 Dez. 2013.

NAKAMUTA, S.; NAKAMUTA, N.; TANIGUCHI, K. Ultrastructure of the Olfactory Epithelium in a Flatfish, Barfin Flounder (*Verasper moseri*), **Journal of Veterinary Medical Science** v. 72, p. 801–804, 2010.

NAYLOR, R. L.; GOLDBURG, R .J.; PRIMAVERA, J. H.; KAUTSKY, N.; BEVERIDGE, M. C. M.; CLAY, J.; FOLKE, C.; LUBCHENCO, J.; MOONY, H.; TROELL, M. Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, v. 405, p.1017-1024. 2000.

NELSON, J. **Fishes of the world**. JohnWiley & Sons, New York, 523 p. 1997.

NELSON, J. S. **Fishes of the world**. Nova Iorque: Wiley Publishers, p. 601. 2006.

NETO, J. A. B.; PONZI, V. R.; SICHEL, S. E. (Ed.). **Introdução a Geologia Marinha**. 1a ed. Rio de Janeiro: Interciência, 279 p. 2004.

NICOLSON, T. **The genetics of hearing and balance in zebrafish**. Annual Review of Genetics, v. 39, p. 9-22, 2005.

NOAA. **National Oceanic and Atmospheric Administration**. National Geophysical Data Center. Magnetic Field Calculators. Disponível em <<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#igrfwmm>> Acesso em 09 Dez. 2014.

NOAKES, D.L.G.; GODIN, J.J. **Ontogeny of behavior and concurrent developmental changes in sensory systems in teleost fishes**, in : hoar, W. S. Randall, D. J. ed. Fish physiology v. I XI B, p. 345-394, Academic Press, Inc. London, 1988.

OGURA, M., MAMORU, K., ARAI, N., SASADA, T. & SAKAKI, Y. (1992) Magnetic particles in chum salmon (*Oncorhynchus keta*): extraction and transmission electron microscopy. **Canadian Journal of Zoology**. 70, 874–877.

OLIVEIRA NETO, J. M. DE; GESTEIRA, T. C. V. **Investigação da ocorrência dos vírus da síndrome da mancha branca (WSSV) e da infecção hipodermal e necrose hematopoiética (IHHNV) em camarões coletados e área sob influência de efluentes da carcinicultura**. Tese de Doutorado. UFC. 78p. 2006.

ORR, R. T. **Biologia dos Vertebrados**. 5ª ed. São Paulo. ROCA. 508p. 1986.

OTO (Otolith Training Online) Anatomical location. Disponível em <<http://www.marine.ie/oto/form+and+structure/anatomical+location/index.htm>> Acesso em 03 Jun. 2014.

PAIVA, M. P., COSTA, R. S. Comportamento biológico da lagosta *Panulirus laeviscauda* (Latreille). **Arquivo Estadual de biologia Marinha**. Univ. Fed.Ceará, Fortaleza, v. 8, n. 1, p. 1-6, 1968a.

PAIVA, M. P., FONTELES-FILHO, A. A. Sobre as migrações e índices de exploração da *Panulirus laeviscauda* (Latreille). **Arquivo Estadual de biologia Marinha**. Univ. Fed. Ceará, Fortaleza, v. 8, n. 1, p. 15-23, 1968.

PAIVA, M. P., BEZERRA, R. C. F., FONTELES-FILHO, A. A. Tentativa de avaliação dos recursos pesqueiros do nordeste brasileiro. **Arquivo Estadual de biologia Marinha**, Fortaleza, v. 11, n. 1, p. 1-43, 1969.

PAIVA, M. P. et al. Pescarias experimentais de lagosta com redes-deespera, no estado do Ceará (Brasil). **Arquivo Estadual de biologia Marinha**., Fortaleza, v. 13, n. 2, p. 121-134, 1973.

PAWLIK, J. R. Chemical Ecology of the Settlement of Benthic Marine Invertebrates. **Oceanography and Marine Biology - An Annual Review** ., 30:273-335. 1992.

PEREIRA DA SILVA, G. **Contribuições às pesquisas científicas relacionadas ao estudo do meio ambiente com a construção de um atlas geomagnético para o estado de Pernambuco e suas regiões.** Instituto de Tecnologia de Pernambuco-ITEP. Mestrado profissional em tecnologia ambiental. Recife-PE. 132p. 2007.

PÉREZ-FARFANTE, I. Western Atlantic shrimp of the genus *Penaeus*. **Fishery Bulletin**, Seattle, 67: 461-591. 1969.

PÉREZ & FARFANTE, I. Sinopsis de dados biológicos sobre el camarón blanco *Penaeus schmitti* Burkenroad, 1936. **FAO Fisheries Reports.**, Roma, n. 37, v.4, p. 1417-1438, 1970.

PÉREZ-FARFANTE, I. **Illustrated Key to Penaeoid Shrimps of Commerce in the Americas.** NOAA Technical Report NMFS 64. 32Pp. 1988.

PÉREZ-FARFANTE, I. & B.F. KENSLEY. **Penaeoid and Sergestoid Shrimps and Prawns of the World: Keys and Diagnosis for the Families and Genera.** Memories du Museum National D'Historie Naturelle, Paris, **175**: 1-233. 1997.

PETTI, M. A. V. **Hábitos alimentares dos Crustáceos Decápodos Braquiúros e seu papel na rede trófica do infralitoral de Ubatuba (Litoral Norte do Estado de São Paulo, Brasil).** 150f. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico, São Paulo. 1990.

PETERSEN, C. G. Latuation of the sea. II. The Animal Communities of the Sea Botton and their Importance for Marine Zoogeography. **Report of the Danish Biological Station.**, 21, 44p. 1913.

PHILLIPS, B. F., COBB, J. S., GEORGE, R. W. General biology. In: COBB, J. S. & PHILLIPS, B. F. The Biology and Management of Lobsters. New York, Academic Press, v. 1, **Physiology and Behavior**, p. 1-82, 1980.

PHILLIPS, J.B. Two magnetoreception pathways in a migratory salamander. **Science.** 233, p. 765–767, 1986.

PHILIPS, J. B. and BORLAND, S. C. Behavior evidence for use of a light-dependent magnetoreception mechanism by a vertebrate. **Nature**, v. 359. P. 142-144, 1992.

POERSCH, L.; CAVALLI, R. O.; WASIELESKY, W.; CASTELLO, J. P.; PEIXOTO, S. R. M. **Perspectivas para o desenvolvimento dos cultivos de camarões marinhos no estuário da Lagoa dos Patos, RS.** Ciência Rural, v. 36, n. 4, p. 1337-1343, 2006.

POLLOCK, D. E. Paleoceanography and specialization in the spiny lobster genus *Panulirus*, in the Indo-Pacific. **Bulletin of Marine Science.**, Coral Gables, v.51, p. 135-146, 1992.

POLOVINA, J.J.; RALSTON, S. **Tropical snappers and groupers: biology and fisheries management.** Westview Press, Oceans Resources and Marine Policy Series, 659 p. 1987.

PONTES, C. S. Padrão de deslocamento do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) nas fases clara e escura ao longo de 24 horas. **Revista Brasileira de Zoologia**. vol.23 no.1 Curitiba Mar. 2006.

POPPER, A.N.; FAY, R.R. Sound detection and processing by fish: critical review and major research questions. **Brain, Behavior and Evolution**, v. 41 p. 14-38, 1993.

PORTUGUESE ALIB.COM GLOBAL TRADE. *Litopenaeus vannamei*. Disponível em <<http://portuguese.alibaba.com/product-free/shrimp-litopenaeus-vannamei-106517561.html>>. Acesso em 19 Set. 2013.

POUGH, F.H, HEISER, J.B.; MACFARLAND, W.N. **A Vida dos Vertebrados**. São Paulo: ateneu editora. 839p. 1993.

POUGH, H.; Janis, C. M.; Heiser, J. B. **A vida dos Vertebrados**. 3° edição Parte II Cap. 4. p. 89 – 95, São Paulo, 2003.

PROVENZANO, AJ. & W.N. BROWNELL. Larval and early post-larval stages of the West Indian spider crab, *Mithl'a spinosissimus* (Lamarck) (Oecapoda: Majidae). **Proceedings of the Biological society of Washington**. 90 (3), p.735-752. 1977.

PROVENZANO Jr., ANTHONY, J. "O Glaucothoë Estágio de Dardanus venoso (H. Milne-Edwards) (Decapoda: Anomura) " . **Bulletin of Marine Science**. 13 (1), p. 11-22. 1963.

QUINN, T.P., MERRILL, R.T. & BRANNON, E.L. Magnetic field detection in sockeye salmon. **Journal of Experimental Zoology**. V. 217, 137 – 142. 1981.

QUINN, T. P.; BRANNON, E. L. The use of celestial and magnetic cues by orienting sockeye salmon smolts. **Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and behavioral Physiology**, v. 147, n. 4, p. 547 552, 1982.

QUINN, T. P.; MERRILL, R. T.; BRANNON, E. L. Magnetic field detection in sockeye salmon, **Journal of interscience**, v. 217, n. 1, p. 137 – 142, 2005.

RALSTON, S.; MYAMOTU, G.T. Analyzing the width of daily otolith increments to age on the Hawaiian snapper, *Pristipomoides filamentosus*. **Fishery Bulletin**., v. 81, n.3, p. 523-533. 1983.

RALSTON, S.; WILLIAMS, H.A. Numerical integration of daily growth increments:an efficient means of aging tropical fishes for stock assesment. **Fishery. Bulletin**.,v.87, p.1-16. 1989

RAMOS, F. P. A. Nota sobre *Scyllarides brasiliensis* Rathbun e sua ocorrência no litoral do estado de São Paulo. **Boletim do Instituto Paulista de Oceanografia**., São Paulo, v. 2, n. 2, p. 125-133,1951.

RANGELY, J.; FABRÉ, N. N.; TIBURTINO, C.; BATISTA, V. S. ESTRATÉGIAS DE PESCA ARTESANAL NO LITORAL MARINHO ALAGOANO (BRASIL). **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, V.36(4): p. 263 – 275. 2010

RESENDE, M. S.; FERREIRA, B. P.; FREDOU, T. A Pesca de Lutjanídeos no Nordeste do Brasil: Histórico das Pescarias, Características das Espécies e Relevância para o Manejo. **Boletim Técnico-Científico do CEPENE**. V.11, n. 1, p. 257-270. 2003.

REZENDE, S. M.; FERREIRA, B. P. Age, growth and mortality of dog snapper *Lutjanus jocu* (bloch & schneider, 1801) in the northeast coast of Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 52, p. 107-121. 2004.

REVIZEE. **Análise do macrobentos na plataforma continental externa e bancos oceânicos do Nordeste do Brasil no âmbito do programa REVIZEE**. Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de Oceanografia. 2004.

RIBEIRO, O.M. & J. ZUANON. Comparação da eficiência de dois métodos de coleta de peixes em igarapés de terra firme da Amazônia Central. **Acta Amazônica**, 36(3), p. 389-394. 2006

RIBEIRO, E. M. **Isolamento e caracterização parcial dos Genes beta-actina e miosina de cadeia pesada do Camarão rosa *Farfantepenaeus subtilis***. 94p. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca. Universidade federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

RIEGER, P. J. & GIRALDI, J. L. B. *Mithrax hispidus* (Herbst) e *Mithrax tortugae* Rathbun novas registros de Brachyura (Decapoda, Majidae) para a litoral de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. 18 (2), p. 653 - 654, 2001.

RITZ, T., AHMAD, M., MOURITSEN, H., WILTSCHKO, R. & WILTSCHKO W. Photoreceptor based magnetoreception: optimal design of receptor molecules, cells, and neuronal processing. **Journal of The Royal Society Interface**. 7, S135 – S146. 2010.

ROCHA, L. A.; ROSA, I. L. **New species of Haemulon (Teleostei: Haemulidae) from the northeastern Brazilian coast**. *Copeia*, p. 447–452. 1999.

ROCHA, I. P.; RODRIGUES, J.; AMORIM L. Aqüicultura Brasileira em 2003. **Revista da ABCC**, Recife, ano 6, nº-1, p 30-36, 2004.

RODRIGUES, J. A. G.; JÚNIOR, J. S.; MOREIRA, P. L.; MELO, D. S.; LOURENÇO, J. A.; LIMA, P. C. W. C.; TORRES, V. M.; PONTES, G. C.; FARIAS, W. R. L. Avaliação dos efeitos da imersão de pós-larvas do camarão *Litopenaeus vannamei* em águas de cultivo com polissacarídeos sulfatados. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**. 3(2), jul. 2008.

ROGADO, L.; ALEXANDRINO, P.; ALMEIDA P. R.; ALVES, J.; BOCHECHAS, P.; CORTES, R.; DOMINGOS, I.; FILIPE, F.; MADEIRA, J.; MAGALHÃES F. Salmo salar salmão IN: **Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal**. CABRAL, M. J. et al. (eds). Instituto da conservação da natureza, Lisboa, 2005.

ROLIM, A. E., ROCHA, C. A. S. Biometria de lagostas jovens de gênero *Panulirus* Gray. **Arquivo de Ciências do Mar.**, Fortaleza, v. 12, n. 2, p. 91-97, 1972.

ROSENGREN, R. and FORTELIUS, W. Ortstreue in foraging ants of the *Formica rufa* groups- Hierarchy of orienting cues and long-term memory. **Insectes Sociaux**. V. 33, p. 306-337, 1986.

ROSS, S. T.; MICHAEL JR, R.H; RUPLE, D. L. Seasonal and diel variation en the standing crop of fishes and macroinvertebrates from a gulf of Mexico surf zone. **Estuarine, Coastal & Shelf Science**, p. 391-412, 1987.

ROTHSCHILD, S. B. "Sandy beaches". Beachcomber's Guide to Gulf Coast Marine Life: Texas, Louisiana, Mississippi, Alabama, and Florida (3rd ed.). **Taylor Trade Publications**. pp. 21–38. 2004.

ROUNTREE, R. A.; ABLE, K. W. Diel variation in decapoda crustacean and fish assemblages in New Jersey polyhaline marsh creeks. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 37, p. 181-201, 1993.

ROUNTREE, R. A. & ABLE, K. W. Nocturnal fish use of New Jersey marsh creek and adjacent bay shoal habitats. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.44, p. 703-711, 1997.

RUPPERT, E.E. & BARNES, R.D. **Invertebrate Zoology**. Forth Worth. Saunders College Publications, 1056 p, 1994.

SABOIA, A. M.; MARQUES, G. C. **Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS)**, Laboratório sismológico da Universidade de Brasília, Ed. UNB, Brasília, 2005.

SAITO, S.; YAMAMOTO, Y.; MORI, M.; AMANO, M.; YAMANOME, T.; TANIGUCHI, K.; YAMAMORI, K.. Morphogenesis of the Olfactory Pit in a Flatfish, Barfin Flounder (*Verasper moseri*); **Journal of Veterinary Medical Science**, v. 66, p.1275-1278, 2004.

SALE, P. F.; DOHERTY, P. J.; DOUGLAS, W. A. Juvenile recruitment strategies and the coexistence of territorial pomacentrid fishes. **Bulletin of Marine Science**, v. 30, p. 147-158. 1980.

SANTOS, M. D. C. F.; COELHO, P. A. Espécies exóticas de camarões Peneídeos (*Penaeus monodon* Fabricius, 1798 e *Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) nos ambientes estuarino e marinho do Nordeste do Brasil. **Boletim Técnico-Científico do CEPENE.**, v. 10, n.1, 2002.

SANTOS, C.H. A.; ROCHA, R. B.; IGARASHI, M. A. Cultivo de camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em água doce, alimentados com dietas naturais. **Ciência Agrônômica**, vol. 33. n. 1. p.58-63. 2002.

SANTOS, M. C. F. & FREITAS, A. E. T. S. Estudo sobre a lagosta *Scyllarides brasiliensis* Rathbun, 1906 (Crustacea: Decapoda: Scyllaridae) no litoral dos estados de Pernambuco e Alagoas – Brasil. **Boletim Técnico-Científico do CEPENE**. v.10, n.1, 2002.

SERWAY, R. A. and JEWETT Jr., J. W. **Principles of Physics**, Fifth Edition, Vol. 1. 396p. Ed Cunicelli. Boston, USA. 2013.

SCHIFF, H. Modulation of spike frequencies by varying the ambient magnetic field and magnetite candidates in bees (*Apis mellifera*). **Comparative Biochemistry and Physiology**. 100 A, n. 4, p. 975-985, 1991.

SCHMIDT-KOENIG, K. Avian orientation and navigation. London: **Academic Press**. 1979.

SCHWOB, J.E. Neural regeneration and the peripheral olfactory system. **Anatomical Record**, v.269, p.33–49, 2002.

SHCHERBAKOV, V. P. and WINKLHOFER, M. The osmotic magnetometer: a new model for magnetite-based magnetoreceptors in animals. **European Biophysics Journal**. v. 28, p. 380-392, 1999.

SHCHERBAKOV, D.; M. WINKLHOFER; N. PETERSEN; J. STEIDLE; R. HILBIG & M. BLUM. Magnetosensation in zebrafish. **Current Biology**, 15(5) p. 161-162. 2007

SHUBIN, N. **Your inner fish: a journey into the 3.5-billion-year history of the human body**. Elsevier, 193 p. 2008.

SHULMAN, M. J.; OGDEN, J. C. What controls tropical reef fish populations: recruitment or benthic mortality? An example in the Caribbean reef fish *Haemulon flavolineatum*. **Marine Ecology Progress Series**, v. 39, p. 233-242. 1987.

SILVA, J.S.V.; FERNADES, F.C.; LARSEN, K.T.S.; SOUZA, R.C.C.L. Água de lastro ameaça aos ecossistemas. **Ciência Hoje**. 32(188) p. 38-43. 2002.

SKILES, D. D. The geomagnetic field: its nature, history, and biological relevance. In: Magnetite biomineralization and magnetoreception in organisms: a new biomagnetism. KIRSCHVINK, J. L.; JONES, D. L.; MACFADEN, B. J. (Eds.). New york: **Plenum Press**, p. 43 - 102. 1985.

SMITH, K. N., HERRNKIND, W. F. Predation on early juvenile spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille): influence of size and shelter. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**., Amsterdam, v. 157, p. 3-18, 1992.

SONNIER, H. & MARINO, A. A. Sensory transduction as a proposed model for biological detection of electromagnetic fields. **Electro- and magnetobiology**. v. 20, n. 2, p. 153-175. 2001.

SOUSA, M.J.B. **Distribuição espacial e relação interespecífica das lagostas *Panulirus argus* e *Panulirus laevicauda* no Nordeste do Brasil.** Tese de Graduação apresentada ao Departamento de Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Ceará, 33 p., Fortaleza. 1987.

SOUSA-JUNIOR, V.B.; SILVA, J.R.F & SALLES, R. 2008. Análise ovariana do ariacó, *Lutjanus synagris* (Actinopterygii: Lutjanidae), e considerações sobre sua reprodução no estado do Ceará. **Arquivos de Ciências do Mar**, 41(1): 90 – 97.

SOUZA, J.J., POLUHOWICH J.J. & GUERRA, R.J. (1988) Orientation responses of American eels *Anguilla rostrata* to varying magnetic fields. **Comparative Biochemistry and Physiology**. 90A, 57 – 61.

STORER, T.I.; USINGNER, R. L. **Zoologia geral**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 508p. 1991.

TAVARES, M.; MENDONÇA, Jr. J. B. *Charybdis hellerii* (A. Milne-Edwards, 1867) (Brachyura: Portunidae), eighth nonindigenous marine decapod recorded from Brazil. **Crustacean Research**. 25, p. 151-157, 1996.

TAVARES, M. Espécies exóticas aquáticas e saúde ambiental. **Mundo Saúde**. 27(4), p.530-536. 2003.

TATSUOKA, H. ; HAMA, K. Freeze-fracture study of lateral line canal organ of the Japanese sea eel, *Lincozymba nystromi*. **Cell and Tissue Research**, v.249, p.523-531, 1987.

THALAU, P.; HOLTkamp-RÖTZER, E.; FLEISSNER, G.; WILTSCHKO. Homing pigeons (*Columba livia* f. *domestica*) can use magnetic cues for locating food. **Springer-Verlag**, v 94, p. 813-819, 2007.

TOGINHO FILHO, D.O.; LAURETO,E. **Campo Magnético Ambiental – Bobina de Helmholtz**. Catálogo de Experimento do Laboratório Integrado de Física Geral. Departamento de Física. Universidade Estadual de Londrina, Junho, 2008.

TSUBOKURA, T.; S. GOSHIMA & S. NAKAO. Seasonal horizontal and vertical distribution patterns of the supralittoral amphipod *Trinorchestia trinitatis* in relation to environmental variables. **Journal of Crustacean Biology**, Lawrence, v. 17. P. 13-19. 1997.

TUBARÕES. Disponível em <<http://www.biologo.com.br/tubarao>>. Acesso em 13 Dez. 2013.

ULAS, J. On Cropping and Being Cropped: the Regeneration of Body Parts by Benthic Organisms. In: JONES, N. V.; W. J. WOLF (Eds). **Feeding and Survival Strategies of Estuarine Organisms**. 178p. 1981.

UNGOLINI, A. Equatorial sandhoppers use body scans to detect the earth's magnetic field. **Journal of comparative physiology. A, Neuroethology, sensory, neural, and behavioral physiology**. V. 192(1): 45-9, 2006.

VÁCHÁ, M. Magnetic orientation in insects. **Biologia, Bratislava**, 52/5: 629-636, 1997.

VASCONCELOS, F. A. L, AMARAL, F. D & STEINER, A. Q. **Students View of Reef Environments in the Metropolitan Area of Recife, Pernambuco State, Brazil**. Arquivos de Ciências dos mar, 41 (1): 104 – 112. 2008.

VASIL'YEV, A. S., BEDNARSKIY, A. D., VASIL'YEVA, L. A., and CHUBUR, V. P. The reproduction and development of *Daphnia magna* in a magnetic field. **Hydrobiology Journal**. 10 (2), p.54-57., 1974.

VERGARA, R. e JE RANDALL , Mullidae. Em W. Fischer (ed.) **FAO folhas de identificação de espécies para fins de pesca**. Western Central Atlantic (Pesca Área 31). Vol. 3. pag.var. 1978.

WAJNBERG, E.; ACOSTA-AVALOS, D.; EL-JAICK, L. J.; ABRAÇADO, L. G.; COELHO, J. L. A.; BAKUSIS, A. F.; MORAIS, P. C. and ESQUIVEL, D. M. S. Electron Paramagnetic Resonance Study of the Migratory Ant *Pachycondyla marginata* abdomens. **Biophysics Journal**. 78, 2, 2000.

WAJNBERG, E., ALVES, O.C., HARADA, A.Y. & ESQUIVEL, D.M.S. Brazilian ants diversity and the local geomagnetic field: a ferromagnetic resonance study. **BioMetals** 18, p. 595 – 311 602. 2005.

WAJNBERG, E., ACOASTA-AVALOS, D., ALVES, O.C., De OLIVEIRA, J.F., SRYGLEY, R.B. & ESQUIVEL, D.M.S. Magnetoreception in eusocial insects: an update. **Journal of The Royal Society Interface**. 7, S207 – S225. 2010.

WAKABARA, Y.; A. S. TARARAM; M. N. FLYNN. Importance of the Macrofauna for the Feeding of Young Fish Species from Infralitoral of Arrozalcananéia Lagoon Estuarine Region – Brazil. **Boletim do Instituto Oceanografico.**, São Paulo, 41(1-2), p. 39-52. 1993.

WALKER, M. M. Magnetic sensitivity and its possible physical basis in the Yellowfin tuna, *Thunnus albacares*. In: McCLEAVE, J. D.; ARNOLD, G. P.; DODSON, J. J. & NEIL, W. H. (Ed.). Mechanisms of migration in fishes. New York: **Plenum Press**, p. 125-141, 1984a.

WALKER, M. M. Learned magnetic field discrimination in yellowfin tuna, *Thunnus albacares*. **Journal of comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and behavioral Physiology**, v. 155, n. 5, p. 673 – 679. 1984b.

WALKER, M.M., BITTERMAN, M. Honeybees can be trained to respond to very small changes in geomagnetic field intensity. **Journal of Experimental Biology**. 145, p. 489–494. 1989.

WALKER, M. M.; KIRSCHVINK, J. L.; AHMED, G. and DIZON, A. E. Evidence that fin whales respond to the geomagnetic field during migration. **Journal of Experimental Biology**. V. 171. p. 67-78, 1992.

WALKER, M. M.; DIEBEL, C. E.; HAUGH, C. V.; PANKHURST, P. M.; MONTGOMERY, J. C.; & GREEN, C. R. Structure and function of the vertebrate magnetic sense. **Nature**, v 390, p. 371-376, 1997.

WALKER, M. M.; GREEN, C. R. Structure, function, and use of the magnetic sense in animal. **Journal of Applied Physics**, v. 5, n. 5, p. 1 - 10, 2000.

WALKER M.M. A model for encoding of magnetic field intensity by magnetite based magnetoreceptor cells. **Journal of Theoretical Biology**. 250, 85 – 91. 2008.

WATANABE, J. M. The Influence of Recruitment, Competition, and Benthic Predation on Spatial Distributions of Three Species of Kelp Forest Gastropods (Trochidae: *Tegula*). **Ecology**, 65:920-936. 1994.

WEHNER, R. MENZEL, R. Homing in the ant *Cataglyphis bicolor*. **Science**. Apr 11; 164 (876): 192-4. 1969.

WHITELEY, N. M.; EL HAJ, A. J. Regulation of muscle gene expression over the moult in crustacea. **Comparative Biochemistry and Physiology (B)** 117 (3), p.323-331. 1997.

WHITFIELD, T.T. Zebrafish as a model for hearing and deafness. **Journal of Neurobiology**, v.53, p.157–171, 2002.

WILLIAMS, A. B. Lobsters- Identification, World Distribution, and U.S.Trade. **Marine Fisheries Review**, v. 48, n. 2, p. 1-36, 1986.

WILLIAMS, A.B. Marine decapod crustaceans of the Carolinas. **Fishery Bulletin**, Washington, 65 (1): 1-298. 1965.

WILLIANSO, M. **Biological invasions**. Londres: Chapman & Hall. 123p, 1996.

WIKIMEDIA COMMONS. *Haemulon aurolineatum*. Disponível em <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Haemulon_aurolineatum_pone.0010676.g090.png>. Acesso em 06 Jun. 2014.

WIKIPEDIA. The free encyclopedia. *Penaeus aztecus* – Disponível em <http://en.wikipedia.org/wiki/Farfantepenaeus_aztecus>. Acesso em 09 Nov. 2013.

WILTSCHKO, W. and WILTSCHKO, R. **Magnetic Orientation in Animals**. Berlin: Springer-Verlag, 1995.

WILTSCHKO, W.; TRAUDT, J.; GÜNTÜRKÜN, O.; PRIOR, H. and WILTSCHKO, R. Lateralization of magnetic compass orientation in a migratory bird. **Nature**. 419 (6906): 467-470, 2002.

WILTSCHKO, W. and WILTSCHKO, R. Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals. **Journal of Comparative Physiology**. V. 191: p. 675–693, 2005.

WILTSCHKO, R., WILTSCHKO, W. Magnetoreception. **Bioessays**. 28, p. 157–168. 2006.

WRITEOPINIONS.COM. Opinions on Talorchestia. Imagem Disponível em <<http://www.writeopinions.com/talorchestia>>. Acesso em 07 Nov. 2013.

YANNICELLI, B.; R. PALACIOS & L. GIMENEZ. Activity rhythms of two cirrolanid isopods from an exposed microtidal sandy beach in Uruguay. **Marine Biology**, Berlin, 138: p. 18-23. 2001.

ZAIXO, H.; Z. LIZARRALDE; C. PASTOR; E. GOMES-SIMES; E. ROMANELLO; G. PAGNONI. Distribución Espacial del Macrozoobentos Submareal del Golfo San José (Chubut, Argentine). **Revista de Biología Marina Y Oceanografía**, 33(1), p. 43-72. 1998.

ZIMMER-FAUST, R. K., SPANIER, E. Gregariousness and sociality in spiny lobster: implications for den habitation. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**., Amsterdam, v. 105, p. 57-71, 1987.

ZINE, A.; Romand, R. Developmental of the auditory receptors of the rat: a SEM study. **Brain Research**.; v.721, p. 49-58, 1996.