



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
CURSO DE OCEANOGRAFIA

PRISCILA ARAÚJO DA SILVA

MORFOLOGIA DAS TOCAS DO CARANGUEJO FANTASMA *Ocypode quadrata*
(BRACHYURA: OCYPODIDAE) EM DUAS PRAIAS COM MORFODINÂMICAS
DISTINTAS NO LITORAL DO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL

FORTALEZA

2014

PRISCILA ARAÚJO DA SILVA

MORFOLOGIA DAS TOCAS DE CARANGUEJO FANTASMA *Ocypode quadrata*
(BRACHYURA: OCYPODIDAE) EM DUAS PRAIAS COM MORFODINÂMICAS
DISTINTAS NO LITORAL DO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL

Monografia apresentada ao Curso de graduação em Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Cristina de Almeida Rocha-Barreira.

FORTALEZA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Rui Simões de Menezes

S582m Silva, Priscila Araújo da.

Morfologia das tocas do caranguejo fantasma *Ocypode quadrata* (*Brachyura: Ocypodidae*) em duas praias com morfodinâmicas distintas no litoral do Estado do Ceará / Priscila Araújo da Silva – 2014.

51 f. : il. color., enc. ; 30 cm.

Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso Bacharelado em Oceanografia, 2014.

Orientação: Prof^ª. Dr^ª. Cristina de Almeida Rocha Barreira.

1. Ecologia Marinha Bentônica. 2. Praias - Morfodinâmica. I. Título.

CDD 577.77

PRISCILA ARAÚJO DA SILVA

MORFOLOGIA DAS TOCAS DE CARANGUEJO FANTASMA *Ocypode quadrata*
(BRACHYURA: OCYPODIDAE) EM DUAS PRAIAS COM MORFODINÂMICAS
DISTINTAS NO LITORAL DO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL

Monografia apresentada ao Curso de graduação
em Oceanografia do Instituto de Ciências do
Mar da Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Cristina de Almeida
Rocha Barreira.

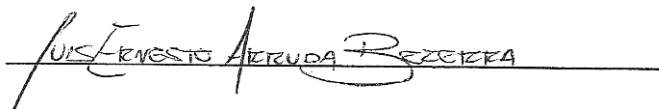
Aprovada em: 24/11/2014

BANCA EXAMINADORA



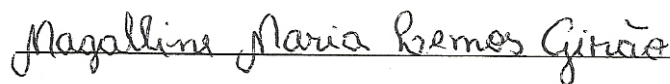
Prof^a. Dr^a. Cristina de Almeida Rocha Barreira. (Orientadora)

Universidade Federal do Ceará (UFC)



Prof. Dr. Luis Ernesto Arruda Bezerra

Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)



Msc. Magalline Maria Lemos Girão

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

À professora Cristina de Almeida Rocha-Barreira, por acreditar em mim quando nem eu mesma acreditei. Obrigada pelos ensinamentos, pelo exemplo de força e por ter me acolhido no laboratório desde 2011. Quando eu crescer, quero ser igual a você.

À Magalline (Maga) pela presença constante ao meu lado desde a idealização até a finalização desse projeto. Obrigada por toda a ajuda ao longo desse processo e, principalmente, pela amizade.

Ao professor Luis Ernesto Arruda Bezerra, pela sugestão da metodologia aplicada nesse trabalho e por ter aceito o convite de participar da banca. Tenho certeza que suas contribuições serão bastante valiosas para este trabalho.

Aos que participaram das minhas ciladas (vulgo coletas): Allan, Luqueta, Jamille, Matheus, Sália. Sou muito grata pela disposição de vocês em participar. Obrigada também ao meu colega Augusto Freitas por ter participado do piloto. Agradeço também a todos os meus amigos que se disponibilizaram em participar das coletas. Agradeço à Oceanógrafa Cibele Lemos pelas análises de granulometria, matéria orgânica e carbonato, pelo tutorial da realização dos perfis topográficos e pela disponibilidade e boa vontade em ajudar. Agradeço também ao laboratório de Oceanografia Dinâmica Costeira pela disponibilização do nível topográfico.

Aos colegas zoobentônicos: Liana Queiroz, Kcrishna Vilanova, Francimeire, Wilson Franklin, e tantos outros que já passaram por esse laboratório. O meu muito obrigada pela ajuda com a estatística, com as discussões, e pelos momentos felizes compartilhados desde quando entrei para essa família zoobentônica.

Ao meu amigo Rafael Xavier, por ter participado da missão “em busca do poliuretano” e pela amizade. Ao Igor Uchôa, por ter conseguido para mim todos os artigos que eu não tinha acesso aqui no Brasil, o meu muitíssimo obrigada a você, Buchôa. A todos os meus colegas de graduação, em especial: Thâmila, Franklin (obrigada pelos momentos de cantoria). Obrigada também à turma de 2012.1 por ter me acolhido tão bem quando voltei do intercâmbio. Foi muito bom ter sido adotada por vocês. À Tayanne Alves, obrigada pela amizade e pela revisão do texto.

Ao meu namorado e amigo Ítalo César. Obrigada por me salvar tantas vezes, pela disposição em sempre ajudar, pelos momentos de gordície e por estar sempre do meu lado. Nenhuma palavra será suficiente para expressar a minha gratidão à você.

Agradeço também aos meus pais, por sempre terem acreditado em mim e por, indiretamente, me proporcionarem essa conquista. Obrigada a todos vocês.

“Amar os animais é sinônimo de humanidade.”
(Guimarães Rosa)

RESUMO

Os caranguejos do gênero *Ocypode* (caranguejo-fantasma) são representantes notáveis da macrofauna das regiões tropicais e subtropicais das praias arenosas, sendo *Ocypode quadrata* a espécie representante do gênero no Brasil. Estudos sobre a morfologia das tocas de *Ocypode* ainda são escassos, sendo sua atividade escavadora de considerável importância para a modificação da complexidade das praias arenosas, produtividade e modificação física do ambiente. No Nordeste do Brasil, as pesquisas com *O. quadrata* ainda são recentes e escassas. Assim, o presente estudo propõe identificar os padrões de morfologia das tocas de duas populações de *O. quadrata* em praias com características morfodinâmicas distintas do litoral cearense. As coletas foram realizadas nas praias de Icaraí e da Redonda, durante o período seco, nos meses de julho e agosto de 2014. Dois perfis praias foram realizados para caracterizar a morfodinâmica das praias. Tocas aleatórias de *O. quadrata* foram selecionadas ao longo de uma área no supralitoral do ambiente praias. Foi utilizada espuma expansiva de poliuretano para obtenção dos moldes das tocas. A classificação das praias pelo parâmetro de Dean (Ω) e intervalo relativo de maré (RTR) mostraram que a praia de Icaraí é uma barra de baixa-mar e falha e, Redonda é uma praia ultradissipativa. Foram obtidas tocas nos formatos simples, em Y, Y-sinuoso, Y-múltiplos braços e em J. Onde foi observada a existência de uma maior complexidade das tocas na praia da Redonda e, uma maior profundidade das mesmas em Icaraí. Análises estatísticas entre as medidas obtidas nos moldes e a biometria dos caranguejos mostraram que houve diferença significativa entre as duas praias e os diferentes formatos de tocas; no entanto, o teste de Tukey mostrou que não há diferenças significativas na maioria dos formatos. Sendo as tocas no formato simples as únicas que apresentam alguma diferença significativa. Os formatos de toca simples podem indicar ser um estágio intermediário entre a formação das tocas em Y e J. A morfodinâmica da praia influencia na construção e complexidade das tocas, onde, em praias com características mais reflectivas, o caranguejo tenderia a construir tocas mais profundas, em busca de condições mais estáveis e, em praias dissipativas, o caranguejo não precisa priorizar a construção de tocas mais profundas, portanto teria reserva energética para aumentar o grau de complexidade das mesmas.

Palavras-chave: *Ocypode quadrata*. Morfologia das tocas. Morfodinâmica praias.

ABSTRACT

Crabs of the genus *Ocypode* (ghost crabs) are outstanding representatives of macrofauna in tropical and subtropical regions of sandy beaches being *Ocypode quadrata* the representative species of the genus in Brazil. Studies on the morphology of the burrows of *Ocypode* are still scarce and its burrowing activity of considerable importance for the modification of the complexity of sandy beaches, productivity and physical modification of the environment. In northeastern Brazil, research on ghost crab are still recent and scarce. Thus, this study intends to identify the burrows morphology patterns of two populations of *O. quadrata* at beaches with different morphodynamic characteristics on Ceará coast. Sampling was carried out on the beaches of Icaraí and Redonda during the dry season, in July and August, in 2014. Two beach profiles were performed to characterize the morphodynamics of the beaches. Random burrows of *O. quadrata* were selected along an area in the upper shore of the beach environment. Expansive polyurethane foam was used to obtain burrows casts. The beaches classification by Dean's parameter (Ω) and relative tidal range (RTR) showed that Icaraí beach is a low tide bar/rip and Redonda is an ultra-dissipative beach. Burrows were obtained in simple shapes, in Y, Y-winding, Y-multiple arms and in J. Where was observed the existence of a greater burrow complexity on Redonda's beach and a greater depth of the same in Icaraí. Statistical analysis between measurements obtained in casts and biometrics of the crabs showed a significant difference between the two beaches and the different burrow shapes, however, the Tukey's test showed no significant differences in most formats. Only burrows in simple shape were the ones that show some significant difference. The simple shape burrows may indicate to be an intermediate stage between the formation of the burrows in Y and J. The morphodynamics of beach influences on the burrow construction and complexity, where in reflective beaches, the crab tend to build deeper burrows, in search of more stable conditions and dissipative beaches the crabs do not need to prioritize the construction of deeper burrows, therefore they have energy reserves to increase the degree of complexity of the same.

Keywords: *Ocypode quadrata*. Burrows Morphology. Beach Morphodynamics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Mapa mostrando a localização das praias de Icaraí (03° 39' 53" S 038° 40' 38" W), região metropolitana de Fortaleza, e Redonda (04° 38' 46" S 037° 28' 44" W), litoral Leste do Ceará..... | 20 |
| Figura 2 – Fotografias ilustrando os locais de coleta do presente estudo. (A) Representa a Praia de Icaraí; (B) Representa a Praia da Redonda..... | 21 |
| Figura 3 – Caranguejo <i>Ocypode quadrata</i> na praia de Redonda..... | 22 |
| Figura 4 – Moldes das tocas em formato de J e Y mostrando os seus respectivos parâmetros mensurados..... | 24 |
| Figura 5 – Representação dos perfis topográficos da região entremarés realizados no dia de coleta na praia de Icaraí e Redonda..... | 27 |
| Figura 6 – Gráfico de dispersão para os valores do Índice da praia (BI) <i>versus</i> o parâmetro de Dean (Ω) e o intervalo relativo de maré (RTR) mostrando a respectiva classificação das praias de acordo com os índices mencionados..... | 29 |
| Figura 7– Direção predominante dos ventos no período de um mês anterior (junho e julho de 2014) à data da coleta nas praias de Icaraí e Redonda. Os valores referem-se a quantidade de medições resultantes para cada direção. Os dados referem-se a estações localizadas em Fortaleza e Icapuí..... | 30 |
| Figura 8 – Imagem dos moldes obtidos das tocas de <i>O. quadrata</i> mostrando os diferentes padrões de tocas registrados, onde: (A) Representa o formato de toca em Y, (B) Y-múltiplos braços, (C) Y - sinuoso, (D) J, (E) Simples..... | 31 |
| Figura 9 – Imagem dos moldes das tocas de <i>O. quadrata</i> no formato Y-múltiplos braços, evidenciando os diferentes graus de complexidade desse padrão, onde: (A) Representa o formato de toca em Y-múltiplos braços com a presença de sinuosidades nas ramificações, (B) Y-múltiplos braços com ramificações em direções distintas, (C) Y-múltiplos braços com presença de sinuosidade no tubo principal..... | 32 |
| Figura 10 – Número de tocas para os diferentes formatos das tocas de <i>O. quadrata</i> obtidos nas praias de Icaraí e Redonda..... | 32 |
| Figura 11 – Valores médios (e os respectivos desvios padrões) do diâmetro da toca para os diferentes formatos de toca de <i>O. quadrata</i> nas praias de Icaraí e Redonda. O intervalo de confiança foi de 0,95..... | 35 |

| | |
|---|----|
| Figura 12 – Valores médios (e os respectivos desvios padrões) da profundidade da toca para os diferentes formatos de toca de <i>O. quadrata</i> nas praias de Icaraí e Redonda. O intervalo de confiança foi de 0,95..... | 36 |
| Figura 13 – Direção das tocas de <i>O. quadrata</i> em relação a localização da linha d'água nas praias de Icaraí e Redonda. A linha d'água foi adotada como o ponto zero (Norte) Os valores representam a quantidade de casos registrados para cada direção..... | 37 |
| Figura 14 – Direção das tocas de <i>O. quadrata</i> em relação ao norte magnético nas praias de Icaraí e Redonda. Os valores representam a quantidade de casos registrados para cada direção..... | 37 |

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Tabela contendo os valores médios e respectivo desvio padrão para todas as variáveis ambientais coletadas nas praias estudadas..... 28
- Tabela 2 – Matriz resultante da análise de correlação entre as medidas das tocas para todos os formatos (diâmetro da toca, profundidade da toca, tamanho do molde, diâmetro do primeiro braço)..... 33
- Tabela 3 – Resultados da análise de variância multivariada (MANOVA) mostrando as médias e desvios padrões da largura e comprimento da carapaça dos caranguejos, sendo N a representação do número de amostras para cada caso ($p < 0,05$)..... 33
- Tabela 4 – Medidas das tocas em função dos seus diferentes formatos e do caranguejo habitante, com as médias e os desvios padrões para cada medida. N é a representação do número de amostras. Valores com (*) não possuem desvio padrão devido o $N=1$ 34
- Tabela 5 – Resultados da análise de variância multivariada (MANOVA) mostrando as médias e desvios padrões do diâmetro e da profundidade das tocas, sendo N a representação do número de amostras ($p < 0,05$)..... 34

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 OBJETIVOS | 19 |
| 2.1 Objetivo geral | 19 |
| 2.2 Objetivos específicos | 19 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 20 |
| 3.1 Área de estudo | 20 |
| 3.2 Procedimentos de campo | 21 |
| 3.3 Procedimentos de laboratório | 23 |
| 3.4 Análises dos dados | 24 |
| 4 RESULTADOS | 27 |
| 4.1 Variáveis ambientais e caracterização morfodinâmica das praias..... | 27 |
| 4.2. Caracterização das tocas de <i>Ocypode quadrata</i> | 30 |
| 5 DISCUSSÃO | 38 |
| 5.1 Variáveis ambientais e caracterização morfodinâmica das praias..... | 38 |
| 5.2. Caracterização das tocas de <i>Ocypode quadrata</i> | 39 |
| 6 CONCLUSÕES..... | 46 |
| REFERÊNCIAS | 47 |

1 INTRODUÇÃO

As praias arenosas correspondem a aproximadamente dois terços da zona costeira mundial. No entanto, os primeiros estudos científicos envolvendo esse ecossistema iniciaram 50 anos após os primeiros estudos em praias dominadas por costões rochosos e, por muito tempo, as praias arenosas foram consideradas “desertos marinhos” (MCLACHLAN; BROWN, 2006).

Esses ambientes costeiros são delimitados em sua porção superior por feições geomorfológicas tais como, vegetação, dunas costeiras ou falésias e, o limite inferior das praias arenosas corresponde a região onde ainda não ocorre a mobilização do sedimento pela formação das ondas (GARRISON, 2010).

Diversos modelos de zonação da macrofauna bentônica nas praias arenosas foram propostos. Dahl (1952), por exemplo, propôs um padrão de zonação de acordo com a distribuição dos crustáceos onde existiria uma zona subterrestre, dominada por anfípodes em zonas temperadas e, em regiões tropicais, seria dominada por *Ocypode quadrata*; a zona mesolitoral seria dominada por isópodes; e o infralitoral seria dominado por uma diversidade maior de espécies, sendo estas, principalmente: anfípodes, nas regiões tropicais e anomuros em zonas tropicais. McLachlan e Jaramillo (1995) contudo, consideraram que para a discussão acerca da zonação da macrofauna bentônica deve-se levar em consideração as variabilidades morfodinâmicas de cada praia.

A compartimentação das praias pode ser feita em três sessões principais. Em oceanografia biológica, adota-se a seguinte nomenclatura: supralitoral, mesolitoral e infralitoral (LALLI; PARSONS, 1997). O supralitoral corresponde a região acima da marca d'água da maré mais alta, assim, essa zona estará sempre exposta. Somente em eventos de tempestades ou marés muito acima do normal é que o supralitoral ficará imerso. O mesolitoral é a zona sob ação direta das flutuações da maré e situa-se entre o limite da maré mais alta e da maré mais baixa da região. Essa região ficará imersa durante a maré alta e exposta durante a maré baixa. O infralitoral refere-se ao limite da maré mais baixa até a quebra da plataforma continental (LALLI; PARSONS, 1997).

As praias arenosas estão em constante processo de modificação, apresentando um intenso dinamismo nesse ecossistema (MCLACHLAN; BROWN, 2006), pois a estrutura física das praias arenosas é dominada pelas interações entre o tamanho do grão do sedimento, as ondas e as marés (MCLACHLAN; DORVLO, 2005; MCLACHLAN; BROWN, 2006). As ondas

aplicam uma energia na praia que mobiliza o sedimento na zona de arrebentação delimitada pelas marés. Esse sedimento também pode ser transportado pela ação ventos.

Na zona de arrebentação das ondas ocorrem os fenômenos de espraçamento e refluxo. Onde, o espraçamento refere-se ao movimento de espalhamento da água em direção à praia após a quebra da onda e possui tendência a causar processos de acreção, aumentando a inclinação da face da praia devido ao aporte sedimentar em direção à costa. O refluxo é o movimento contrário, em direção ao mar, com tendência a causar processos erosivos (MCLACHLAN; BROWN, 2006).

A declividade da praia varia em função do tamanho do grão do sedimento que será carregado na zona de arrebentação das ondas através do espraçamento e refluxo. Praias de maior granulometria possuem maior penetrabilidade do sedimento, favorecendo a infiltração da água. Assim, o espraçamento irá transportar o sedimento em direção ao continente, favorecendo a acreção, porém o efeito do refluxo será comprometido devido a infiltração da água, fazendo com que o sedimento levado pelo espraçamento não retorne ao mar, tornando a face praial inclinada. Em contrapartida, praias de sedimentos finos apresentam menor penetrabilidade, favorecendo um processo erosivo em função da remoção pela ação do refluxo da areia fina que foi levada pelo espraçamento e que demora a se depositar. Por isso, essas praias são menos inclinadas e mais largas (GARRISON, 2010; MCLACHLAN; BROWN, 2006). As praias arenosas também são caracterizadas de acordo com o grau de inclinação, visto que ele é uma resposta ambiental às variações físicas locais.

Existem diversos índices que podem ser utilizados para caracterização morfodinâmica de uma praia. Short e Wright (1983) sugeriram a existência de 6 estados morfodinâmicos para as praias arenosas aplicando o parâmetro de Dean (Ω), o qual considera a energia da onda e a velocidade de decantação da partícula sedimentar. Dois desses estados são extremos e 4 intermediários. Praias reflectivas compreendem o estado mais energético, com praias de maior declividade, maior granulometria e com pequeno estoque de sedimento. O estado dissipativo corresponde ao estágio menos energético, apresentando praias com baixa declividade, sedimentos finos e com grande estoque de sedimento (BAPTISTA NETO *et al.*, 2004). Os estados intermediários assumem características tanto reflectivas quanto dissipativas. Da ordem do mais dissipativo para o mais reflectivo tem-se: banco e cava longitudinais, banco e praia rítmicos, banco transversal e falha e, por fim, terraço de baixa-mar (PEREIRA; SOARES-GOMES, 2009; SHORT, 1996).

O parâmetro de Dean (Ω) é um parâmetro adimensional aplicado para praias de micromarés e, portanto, é inadequado para praias de macro e mesomaré (MCLACHLAN; DORVLO, 2005; SHORT, 1996).

Masselink e Short (1993) introduziram o índice de intervalo relativo de maré (RTR), o qual considera a influência das ondas e marés na morfologia da praia, podendo ser utilizado em conjunto com o (Ω) para praias de macro e mesomarés, e também é um índice adimensional (MCLACHLAN; BROWN, 2006).

O índice da praia (BI) foi testado por McLachlan e Dorvlo (2005) e permite a comparação de praias com diferentes amplitudes de maré, pois esse índice considera fatores como a inclinação da praia, o tamanho do grão de sedimento, e os valores de maré em uma única medida dimensional ($\log \phi.m$) (MCLACHLAN; BROWN, 2006).

A fauna integrante das praias arenosas possui adaptações em função das condições físicas do ambiente, tais como: tipo de sedimento, tamanho médio do grão, grau de exposição e estado morfodinâmico da praia, declividade e umidade (MCLACHLAN; DORVLO, 2005; PEREIRA; SOARES-GOMES, 2009; VELOSO; CARDOSO; FONSECA, 1997). Um exemplo de adaptação dos organismos é o fato de poderem se refugiar na areia, como os indivíduos cavadores, que se mantêm úmidos na maré baixa por meio de suas tocas. A areia atua na proteção para os organismos contra a intensa radiação solar e funciona como um tampão para as variações de salinidade e temperatura (LALLI; PARSONS, 1997).

A macrofauna bentônica de praias arenosas é composta principalmente por crustáceos, poliquetas e moluscos (MCLACHLAN, 1983; MCLACHLAN; DORVLO, 2007; PEREIRA; SOARES-GOMES, 2009). Dentre os primeiros, os caranguejos do gênero *Ocypode* (caranguejo-fantasma) são representantes notáveis da macrofauna das regiões tropicais e subtropicais no supralitoral destas praias (LALLI; PARSONS, 1997; MCLACHLAN, 1983; MCLACHLAN; BROWN, 2006).

No Brasil, a espécie *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) é a representante do gênero. Esses organismos apresentam distribuição geográfica ao longo do Oceano Atlântico Ocidental, desde a Flórida (EUA) até o Rio Grande do Sul (MELO, 1996). Essa espécie é tanto carnívora quanto detritívora (MCLACHLAN; BROWN, 2006; WOLCOTT, 1978), evidenciando a sua importância na transferência de energia ao longo da teia trófica em ecossistemas de praias arenosas (WOLCOTT, 1978).

Os estudos sobre *O. quadrata* são recentes no Brasil, sendo a grande maioria realizados no Sul e Sudeste do país. Os primeiros estudos concentraram-se na osmorregulação e

ionorregulação (SANTOS; MOREIRA; BROTTTO, 1989; SANTOS; MOREIRA, 1999), metabolismo (BURGGREN; MOREIRA; SANTOS, 1993; ANTUNES; RIBARCKI; VINAGRE, 2007; VINAGRE *et al.*, 2007;), e ciclo reprodutivo da espécie (ANTUNES, *et al.*, 2007; NEGREIROS-FRANSOZO; FRANSOZO; BERTINI, 2002). As pesquisas recentes concentram-se principalmente em aspectos da bioecologia e distribuição espacial desses indivíduos (ARAÚJO; ROSA; FERNANDES, 2008; BRANCO *et al.*, 2010; GUILHERME, 2013; TURRA; GONÇALVES; DENADAI, 2005; ROSA; BORZONE, 2008). Até a presente data, Alberto e Fontoura (1999), Moraes *et al.*, (2013) e Silva e Calado (2014) foram os únicos autores a estudar a morfologia das tocas de *Ocypode quadrata* no Brasil, nos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo e Alagoas, respectivamente. Entretanto, os autores não consideraram a influência da morfodinâmica praial em suas pesquisas.

Esses animais alimentam-se principalmente durante a noite, permanecendo em suas tocas durante o dia (CHAKRABARTI, 1981). *O. quadrata* é muito sensível às variações climáticas, permanecendo em suas tocas em condições ambientais adversas e fechando a entrada das mesmas. Sabe-se também que a temperatura um é dos principais fatores que interferem nas suas atividades (ALBERTO; FONTOURA, 1999).

O. quadrata constrói tocas semipermanentes ao longo da costa (MCLACHLAN; BROWN, 2006). As tocas construídas são utilizadas como refúgio de extremos de temperatura, dessecação, predação e para atuar como locais para a ecdise e reprodução (CHAKRABARTI, 1981; RINGOLD, 1979). Os juvenis, devido a sua maior necessidade por água, visto que possuem limitada superfície branquial, tendem a construir suas tocas mais próximas à linha d'água, próximos ao mesolitoral e início do supralitoral. Ao contrário dos adultos, que possuem maior resistência a longos períodos fora da água e capacidade de cavar tocas mais profundas, ocupando regiões no supralitoral até a base das dunas (CHAKRABARTI, 1981). Segundo diversos autores (ALBERTO; FONTOURA, 1999; BLANKENSTEYN, 2006; BRANCO *et al.*, 2010; DUNCAN, 1986; GIRÃO, 2009; GUILHERME, 2013; HILL; HUNTER, 1973; TURRA; GONÇALVES; DENADAI, 2005), existe uma distribuição ontogênica desses caranguejos, havendo um aumento no diâmetro das tocas em direção ao supralitoral. A arquitetura das tocas pode ser variável de acordo com os diferentes níveis de maré e declividade do substrato (CHAN; CHAN; LEUNG, 2006).

Estudos sobre a morfologia das tocas de *Ocypode* ainda são escassos, sendo sua atividade escavadora de considerável importância para a modificação da complexidade das praias arenosas, produtividade e modificação física do ambiente (CHAN; CHAN; LEUNG,

2006). Estudos anteriores mostram que a morfologia das tocas de *O. quadrata* é bastante variável, apresentando diferentes padrões de formatos (HILL; HUNTER, 1973). Tocas de formato simples, em espiral, em forma de U, J, Y, Y-múltiplos braços e Y-sinuoso, já foram registradas para *Ocypode quadrata* no litoral Sul do Brasil e nos Estados Unidos (ALBERTO; FONTOURA, 1999; HILL; HUNTER, 1973), *O. ceratophthalmus* na Índia, Hong Kong, Tailândia e Japão (CHAKRABARTI, 1981; CHAN; CHAN; LEUNG, 2006; LIM; YONG; TANTICHODOK, 2011; SEIKE; NARA, 2008), e *O. sinensis* no Japão (SEIKE; NARA, 2008).

As tocas no padrão J possuem um braço primário único, sem ramificações e, ao atingir uma certa profundidade, esse faz uma volta e segue em direção a superfície, onde a toca termina pouco depois dessa volta, assemelhando-se a letra J. Essas tocas podem ou não apresentar a formação de câmaras. As tocas no formato Y possuem uma ramificação, partindo do braço primário em direção a superfície (daí a referência a letra Y), raramente chegando à superfície. O padrão Y-sinuoso assemelha-se as tocas em Y, porém o braço primário da toca apresenta uma ondulação, fazendo com que se assemelhe à letra S. As tocas no formato Y-múltiplos braços diferem do padrão Y por possuírem, partindo do braço primário, uma ou mais ramificações que normalmente possuem a mesma direção da ramificação primária e, raramente apresentam desvios desse padrão. As tocas de padrão simples apresentam-se sem ramificações e não possuem a volta característica das tocas no formato de J, sendo portanto um tubo único e simples.

A morfologia das tocas pode ser influenciada pela inclinação da praia, pelo tamanho do grão, pela amplitude de maré e pela largura da zona entremarés. Desse modo, o estudo da morfologia das tocas de *Ocypode* possibilita a obtenção de características ambientais diversas, como a taxa de sedimentação e compactação dos sedimentos, por exemplo (CHAKRABARTI, 1981). Lim, Yong e Tantichodok (2011) destacam a necessidade de estudos que confirmem a influência do grão e, conseqüentemente, da morfodinâmica praias na morfologia das tocas de *Ocypode*, de modo a auxiliar na compreensão do papel desempenhado por esses caranguejos como bioturbadores e bioindicadores nas regiões costeiras.

Nos últimos anos, diversos estudos foram realizados, utilizando caranguejos do gênero *Ocypode* como bioindicadores de impactos antrópicos no Sudeste da Austrália, Sudeste dos Estados Unidos e na costa Oeste e Leste da Tailândia (BARROS, 2001; HOBBS; LANDRY; PERRY, 2008; YONG; LIM, 2009). Os impactos antrópicos causados pelo pisoteio, tráfego de veículos e remoção das dunas podem modificar a estrutura da população, com uma diminuição

da densidade de caranguejos (BARROS, 2001; GIRÃO, 2009). No litoral Sul brasileiro, estudos do gênero foram realizados por Blankensteyn (2006), Girão (2009), Neves e Bemvenuti (2006) e Vieira (2011).

No Nordeste do Brasil, as pesquisas com *O. quadrata* ainda são recentes e escassas. Nesses estudos, Magalhães *et al.*, (2009) testaram o uso da técnica de contagem de tocas de caranguejo na classificação de praias arenosas na costa da Bahia sujeitas a diferentes graus de urbanização; Silva e Calado (2011) e Souza *et al.*, (2008) relacionaram a distribuição espacial dos caranguejos com os impactos antropogênicos em Alagoas e Pernambuco, respectivamente; e, Silva e Calado (2013) questionaram o uso da contagem de tocas, afirmando que esse não é um bom indicador do tamanho da população. Um estudo sobre a morfologia das tocas de *O. quadrata* também foi realizado em Alagoas (SILVA; CALADO, 2014), como mencionado anteriormente.

No estado do Ceará, os estudos no ambiente praias ainda são recentes (ARAÚJO; ROCHA-BARREIRA, 2012; DIAS, 2008; DIAS, 2014; GROSSI-HIJO; VIANA; ROCHA-BARREIRA, 2005; GROSSI-HIJO; VIANA; ROCHA-BARREIRA, 2005; GROSSI-HIJO, 2007; MARTINS, 1996; MATTHEWS-CASCON *et al.*, 2004; QUEIROZ; ROCHA-BARREIRA, 2005; QUEIROZ, 2014; ROCHA-BARREIRA; MONTEIRO; FRANKLIN-JÚNIOR, 2001; ROCHA-BARREIRA *et al.*, 2002; VIANA; ROCHA-BARREIRA; GROSSI-HIJO, 2005). Pesquisas sobre *O. quadrata* no litoral cearense estão em andamento (informação pessoal) ¹.

Assim, as hipóteses da presente pesquisa são: (1) A morfologia das tocas de *Ocypode quadrata* varia entre duas praias morfodinamicamente diferentes; (2) A direção das tocas é influenciada pelo vento; e (3) Indivíduos adultos constroem tocas diferenciadas dos juvenis.

¹Informação fornecida por Magalline Maria Lemos Girão em comunicação pessoal, 2014.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Identificar os padrões de morfologia das tocas de duas populações de *Ocypode quadrata* em praias com características morfodinâmicas distintas do litoral cearense.

2.2 Objetivos específicos

- Verificar a morfologia das tocas de *O. quadrata* em duas praias do litoral cearense morfodinamicamente distintas (praia do Icaraí e da Redonda);
- Constatar a existência de variação da arquitetura das tocas considerando o tamanho dos indivíduos de *O. quadrata* nas praias estudadas;
- Investigar a influência do vento na orientação das tocas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

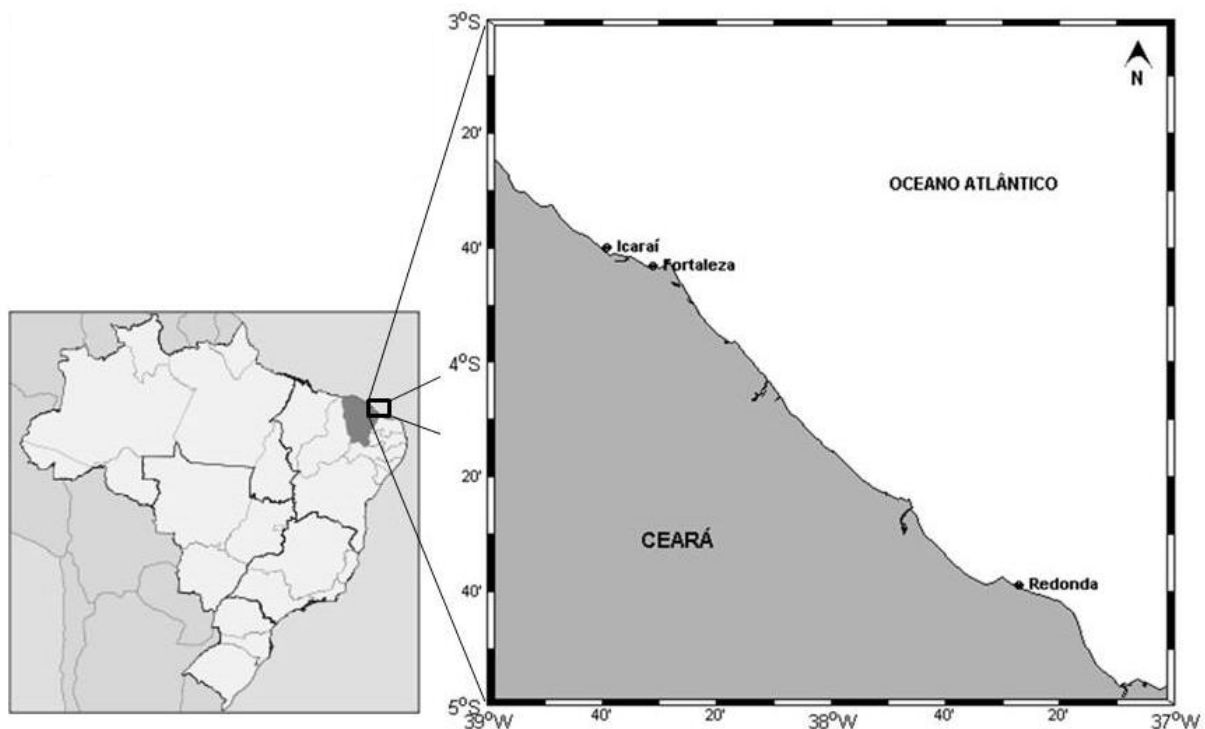
O estado do Ceará possui 19 municípios que fazem fronteira com o mar e um litoral de 573 km de extensão que encontra-se sob a ação de processos erosivos.

O clima dominante da região consiste em um curto período chuvoso no começo do ano e um longo período seco no restante do ano, com a ocorrência de ventos mais intensos no final do terceiro trimestre do ano.

O regime de marés é definido como sendo de mesomarés, com marés semidiurnas. A planície litorânea é representada principalmente pelos sub-compartimentos de campo de dunas e faixa de praia, essa última apresentando extensa zona entremarés (MORAIS *et al.*, 2006).

Para a realização deste estudo, foram selecionadas as praias de Icarai e da Redonda (Figura – 1).

Figura 1 – Mapa mostrando a localização das praias de Icarai ($03^{\circ} 39' 53''$ S $038^{\circ} 40' 38''$ W), região metropolitana de Fortaleza, e Redonda ($04^{\circ} 38' 46''$ S $037^{\circ} 28' 44''$ W), litoral Leste do Ceará.



Fonte: A autora (2014).

A praia de Icarai ($03^{\circ} 39' 53''$ S $038^{\circ} 40' 38''$ W), localizada no município de Caucaia, região metropolitana de Fortaleza, apresenta uma grande concentração de casas de veraneio (DANTAS, 2003; MONTENEGRO JÚNIOR, 2004). A região vem sofrendo intenso processo

erosivo nos últimos anos (BENSI; MARINHO; MAIA, 2005; SOUSA *et al.*, 2006), o qual foi constatado em estudos anteriores que a erosão da praia de Icarai é consequência da construção do Porto de Mucuripe (BEZERRA; PINHEIRO; MORAIS, 2007) e dos inúmeros espigões nas praias de Fortaleza somados ao aumento da especulação imobiliária na região de Icarai (MORAIS *et al.*, 2006).

A praia da Redonda ($04^{\circ} 38' 46''$ S $037^{\circ} 28' 44''$ W) está localizada no município de Icapuí, litoral Leste do Ceará, e possui falésias vivas que se estendem desde Icapuí até Ponta Grossa (MORAIS *et al.*, 2006). A maior parte da população de Ponta Grossa é composta por pescadores e lagosteiros (DANTAS, 2003), evidenciando uma pequena urbanização do local. As falésias dessa região estão sob constante ação erosiva devido ao processo de refração das ondas, acrescido da interação entre os fluxos subterrâneos, pluviais e de deriva litorânea (MORAIS *et al.*, 2006).

3.2 Procedimentos de campo

As saídas de campo para o presente estudo foram realizadas durante o período seco, na maré baixa de sizígia dos meses de julho e agosto de 2014. Durante os dias 11 e 12 de julho de 2014 coletou-se material na Praia de Icarai (Figura – 2A). Nos dias, 9 e 10 de agosto ocorreu a saída de campo à Praia da Redonda (Figura – 2B).

Figura 2 – Fotografias ilustrando os locais de coleta do presente estudo. (A) Representa a Praia de Icarai; (B) Representa a Praia da Redonda.



Fonte: A autora (2014).

Para caracterizar a morfodinâmica das praias, foram realizados dois perfis topográficos pelo método de nivelamento utilizando um aparelho de leitura topográfica (nível) e régua de leitura. Cada perfil foi realizado perpendicularmente à praia a cada 10 passos, iniciando-se na

marca d'água da maré mais alta até dois pontos depois de atingir a linha d'água, compreendendo, aproximadamente, a zona entremarés. A amplitude da maré também foi registrada, bem como a altura e o período de onda. Amostras de sedimento foram coletadas para análise granulométrica no supralitoral, mesolitoral e infralitoral. Para a análise de matéria orgânica e carbonato, o sedimento foi coletado no supralitoral, devido essa ser a zona habitada pelos caranguejos.

A penetrabilidade do sedimento foi obtida por meio de um penetrômetro manual com ponteira cônica e leitura direta em KgF/cm^2 (VIEIRA *et al.*, 2004). Para análise da compactação do sedimento no supralitoral, mediu-se com uma régua a profundidade de penetração do aparelho no substrato, dividindo esse valor pela força aplicada (10 KgF) para obtenção do valor da compactação do sedimento. A temperatura do ar e do sedimento foi registrada através de um termômetro digital.

Dados de direção do vento no mês anterior ao dia da coleta foram obtidos junto à Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). Para a praia de Icaraí, utilizaram-se dados de vento provenientes de uma estação localizada em Fortaleza e, para a praia da Redonda, foram utilizados dados de uma estação em Icapuí.

Para obtenção dos moldes de *Ocypode quadrata* (Figura 3), tocas aleatórias, com sinais de atividade recente do caranguejo, foram selecionadas ao longo de uma área no supralitoral do ambiente praiar. O diâmetro das tocas foi medido e as mesmas foram enumeradas.

Figura 3 – Caranguejo *Ocypode quadrata* na praia de Redonda.



Fonte: Francisco Allan Santos Martins (2014).

Foi utilizada espuma expansiva de poliuretano, metodologia também utilizada por Moraes *et. al.*, (2013), para obtenção dos moldes das tocas. O material era aplicado nas tocas escolhidas e, posteriormente, aguardava-se de 20 à 30 minutos para secagem da espuma.

A direção das tocas em relação a linha d'água foi mensurada com uma bússola através do ângulo entre a linha d'água e a direção da toca. A direção das tocas em relação ao Norte magnético também foi obtida para, posteriormente, relacionar com os dados de direção do vento. Foi realizada a medição da profundidade do primeiro braço do molde, quando presente, e da profundidade da toca com uma trena.

Os moldes obtidos foram retirados do sedimento por escavação, identificados e transportados para o Laboratório de Zoobentos do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará (UFC) para análises posteriores.

3.3 Procedimentos de laboratório

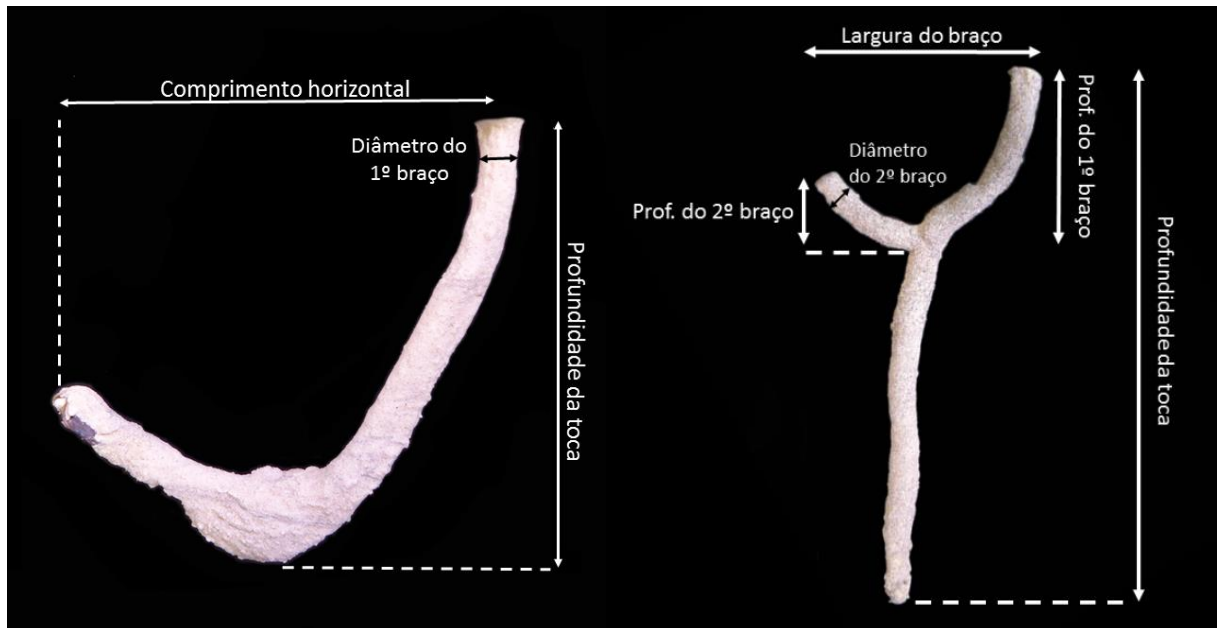
As amostras de sedimento para granulometria e matéria orgânica foram processadas no Laboratório de Oceanografia Geológica do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR). As amostras para caracterização granulométrica inicialmente passaram pelo processo de secagem em uma estufa à 60°C e em seguida foram quarteadas e peneiradas para separação da fração lamosa da fração arenosa. Posteriormente, as amostras novamente foram secas na estufa e peneiradas em um *rot up* para separação, pesagem e identificação das classes granulométricas existentes na amostra.

O sedimento para as análises de matéria orgânica foi processado de acordo com o método gravimétrico. Inicialmente, pesou-se um cadinho vazio e um cadinho contendo 10g de amostra, este último foi acondicionado por duas horas na mufla à 450°C e, após esse processo os cadinhos foram pesados novamente para determinação da quantidade de matéria orgânica contida na amostra.

As amostras para as análises de carbonato foram processadas de acordo com o método do Calcímetro de Bernard onde, inicialmente pesou-se 0,5 g da amostra sedimentar e adicionou-se 2 ml de HCl a 10% em um Erlenmeyer modificado, conectado a um sistema de vasos comunicantes. O CaCO_3 existente na amostra reagiu então com o HCl e liberou CO_2 , que deslocou água dentro do sistema. A quantidade de CaCO_3 das amostras foi quantificada por meio da relação com uma amostra padrão de CaCO_3 .

Os moldes obtidos foram fotografados e medidos de acordo com o formato das tocas (Figura 4).

Figura 4 – Moldes das tocas em formato de J e Y mostrando os seus respectivos parâmetros mensurados.



Fonte: A autora (2014).

Seguindo a metodologia adotada por Chan, Chan e Leung (2006), o comprimento horizontal foi uma medida específica para tocas em formato de J. Largura do braço, profundidade do primeiro braço, profundidade do segundo braço e diâmetro do segundo braço foram medidas específicas para tocas em Y. Diâmetro do primeiro braço e profundidade da toca foram medidas obtidas para todos os formatos. Além dessas medidas, mensurou-se com uma trena (em cm) o tamanho do molde desde a abertura da toca até a extremidade final dos moldes para todos os formatos.

Quando possível, os caranguejos habitantes das tocas eram capturados em campo. Os moldes em que o caranguejo habitante não foi encontrado foram seccionados em laboratório com a finalidade de localiza-lo no seu interior. O sexo dos caranguejos encontrados foi determinado através da presença de dimorfismo sexual e medidas da largura e comprimento da carapaça foram obtidas. Apenas os moldes contendo o caranguejo e aqueles cujo caranguejo foi capturado em campo foram considerados para o presente estudo.

3.4 Análises dos dados

O estado morfodinâmico das praias foi determinado no presente estudo através dos parâmetros de Dean (Ω), intervalo relativo de maré (RTR) e índice da praia (BI):

$$\text{Parâmetro de Dean: } \Omega = \frac{Hb \times 100}{W_s \times T}$$

Onde Hb é a altura da onda na arrebentação (m), Ws é a velocidade de sedimentação da partícula de areia (cm/s) e T o período da onda (s). Valores de $\Omega < 2$ referem-se a praias reflectivas, $2 > \Omega < 5$ indicam praias intermediárias e $\Omega > 5$ praias dissipativas (MCLACHLAN; BROWN, 2006).

Para praias intermediárias tem-se que $\Omega \cong 4,7$ corresponde ao estágio banco e praia longitudinais, $\Omega \cong 3,5$ banco e cava rítmicos, $\Omega \cong 3,15$ banco transversal e falha e $\Omega \cong 2,4$ terraço de baixa-mar (PEREIRA; SOARES-GOMES, 2009; SHORT 1996).

$$\text{Intervalo relativo de maré: } RTR = \frac{\text{Amplitude de maré}}{Hb}$$

Utilizou-se a *Amplitude de maré* em metros. Valores de $RTR < 3$ indicam praias dominadas por onda (micromaré), $3 > RTR < 12$ indicam praias modificadas pela maré (mesomarés), e $RTR > 12$ indicam praias dominadas pela maré (macromarés) (MCLACHLAN; BROWN, 2006).

Quando o RTR é usado em conjunto com o Ω , outros estágios morfodinâmicos podem ser definidos levando em consideração o efeito das ondas e da maré. Se o RTR for entre 3 e 15, a praia poderá ser classificada em 3 tipos: reflectivo e terraço de baixa-mar ($\Omega < 2$), barra de baixa-mar e falha ($2 > \Omega < 5$) e ultradissipativa ($\Omega > 5$) (SHORT 1996).

$$\text{Índice da praia: } BI = \log_{10} \frac{\text{Tamanho do grão} \times \text{Amplitude de maré}}{\text{Inclinação da praia}}$$

Onde o *Tamanho do grão* é o valor médio do grão na unidade phi+1 e a *Inclinação da praia* é a relação entre a distância vertical e a distância horizontal do perfil praiial. $BI < 1,5$ indica praias reflectivas; $1,5 > BI < 3$ indicam praias intermediárias e $BI > 3$ indica praias dissipativas (MCLACHLAN; DORVLO, 2005).

Utilizaram-se os softwares STATISTICA 7.0 e EXEL (Microsoft Office 2013) para as análises estatísticas e elaboração de tabelas e gráficos. Para observar a influência da morfodinâmica praiial, avaliou-se a significância entre as medidas dos parâmetros presentes em todos os formatos das tocas (diâmetro da toca, profundidade total da toca, tamanho do molde, diâmetro do primeiro braço) e dos dados biométricos do caranguejo (largura e comprimento da carapaça) em relação as praias e os formatos das tocas, através da análise de variância multivariada (MANOVA) onde as praias e o formato das tocas foram as variáveis independentes e as demais, dependentes. Os dados foram previamente testados quanto a sua

homogeneidade (Teste de Levene) e normalidade. O teste *a posteriori* de Tukey foi aplicado para realização de análises específicas de significância entre cada formato em ambas as praias para os diferentes parâmetros mensurados. Uma análise de correlação de Pearson também foi realizada para correlacionar as medidas das tocas de todos os formatos e os dados biométricos dos caranguejos.

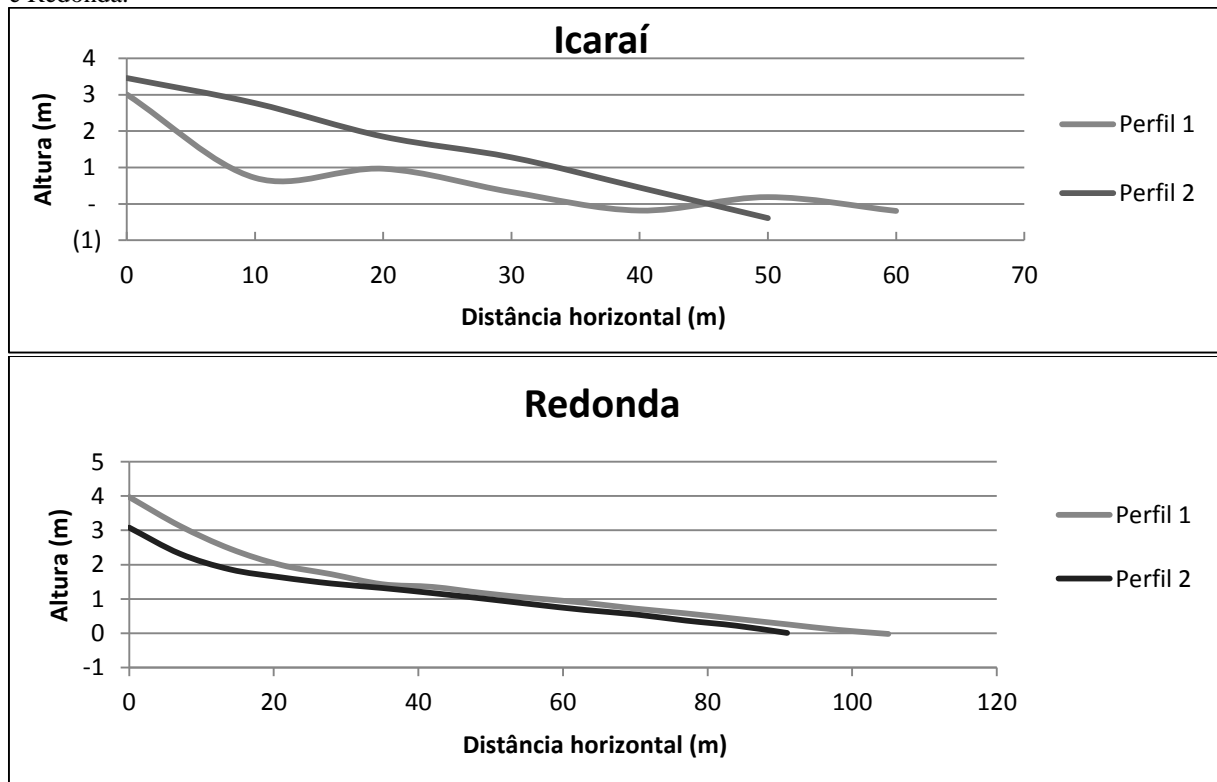
4 RESULTADOS

4.1 Variáveis ambientais e caracterização morfodinâmica das praias

Dois perfis topográficos foram realizados no dia de coleta em ambas as praias, com uma distância de aproximadamente 100 m entre eles. Devido as condições adversas de irregularidades topográficas no local de coleta, o perfil na praia de Icaraí foi realizado somente até um ponto depois de atingir a linha d'água. Os perfis de cada praia foram sobrepostos a fim de melhor visualizar o comportamento geral dos locais de coleta. Foi observado que o perfil praias de Redonda apresentou declividade suave em relação a praia de Icaraí, sem a presença de irregularidades topográficas, bem como maior largura da zona entremarés. Com a sobreposição dos perfis em Icaraí, foi possível visualizar que o perfil 1 apresentou topografia acidentada e a presença de cavas no mesolitoral (Figura 5).

A declividade em Redonda ($\cong 1/26$) foi inferior a registrada no Icaraí ($\cong 1/13$). A razão da declividade exprime que a cada 1 m vertical de deslocamento, um valor específico em metros corresponderá a distância horizontal percorrida; assim, quanto maior o denominador, mais suave será a inclinação da praia.

Figura 5 - Representação dos perfis topográficos da região entremarés realizados no dia de coleta na praia de Icaraí e Redonda.



Fonte: O autor (2014).

A praia de Icaraí apresentou uma amplitude de maré de 2,7 m, altura da onda média de 0,75 m e período da onda de 7,92 s. Em Redonda, a amplitude de maré foi de 2,8 m, a altura da onda média foi 0,65 m e o período da onda, 6,90 s. Os valores de altura e período da onda em Redonda foram ligeiramente inferiores que os obtidos no Icaraí.

A classificação do sedimento mostrou que a praia de Icaraí é caracterizada por granulometria predominante de areia média, com grãos moderadamente selecionados, havendo registro também da fração de areia fina. O tamanho médio do grão foi 1,81 phi. O supralitoral em particular, apresentou grãos bem selecionados e phi médio de 1,92. Na praia da Redonda, houve a predominância de areia muito fina, sendo registradas também as frações de areia fina e média. Contudo, o supralitoral foi representado pela fração de areia média. O grão foi moderadamente selecionado em toda a praia, incluindo no supralitoral. O tamanho médio do grão foi 2,70 phi em toda a praia e, 1,60 no supralitoral.

O sedimento da praia de Icaraí apresentou 0,56% de matéria orgânica e 1,76% de carbonato (CaCO₃). Para Redonda, o teor de matéria orgânica correspondeu a 4,97% e o teor de carbonato foi de 56,19%, mostrando resultados superiores aos de Icaraí.

O grau de compactação médio do sedimento do supralitoral no Icaraí foi de 0,47 KgF/cm² e em Redonda correspondeu a 0,37 KgF/cm², evidenciando a menor compactação do sedimento nessa última. A temperatura do ar na praia de Icaraí foi de 37°C e a temperatura média do sedimento no supralitoral foi 36°C contra 34°C para a temperatura do ar e 39°C para a temperatura média do sedimento registrada em Redonda.

Os resultados das variáveis ambientais estão sumarizados na Tabela 1.

Tabela 1 – Tabela contendo os valores médios e respectivo desvio padrão para todas as variáveis ambientais coletadas nas praias estudadas.

| Variáveis ambientais | Praia | |
|--|---------------------------|---------------------------|
| | Icaraí | Redonda |
| Altura da onda (m) | 0,75 ± 0,01 | 0,65 ± 0,01 |
| Período da onda (s) | 7,93 ± 1,93 | 6,90 ± 1,81 |
| Classificação granulométrica (Toda a praia) | Areia média | Areia fina |
| Classificação granulométrica (Supralitoral) | Areia média | Areia média |
| Grau de seleção do grão | Moderadamente selecionado | Moderadamente selecionado |
| Tamanho do grão (phi) (Supralitoral) | 1,92 ± 0,006 | 1,60 ± 0,008 |
| Compactação do supralitoral (KgF/cm ²) | 0,47 ± 0,03 | 0,37 ± 0,03 |
| Teor de matéria orgânica (%) | 0,57 ± 0,12 | 4,98 ± 0,63 |
| Teor de carbonato (%) | 1,77 ± 0,62 | 56,19 ± 2,46 |
| Temperatura do ar (°C) | 37 | 34 |
| Temperatura do sedimento (°C) | 36,33 ± 0,58 | 38,67 ± 2,31 |

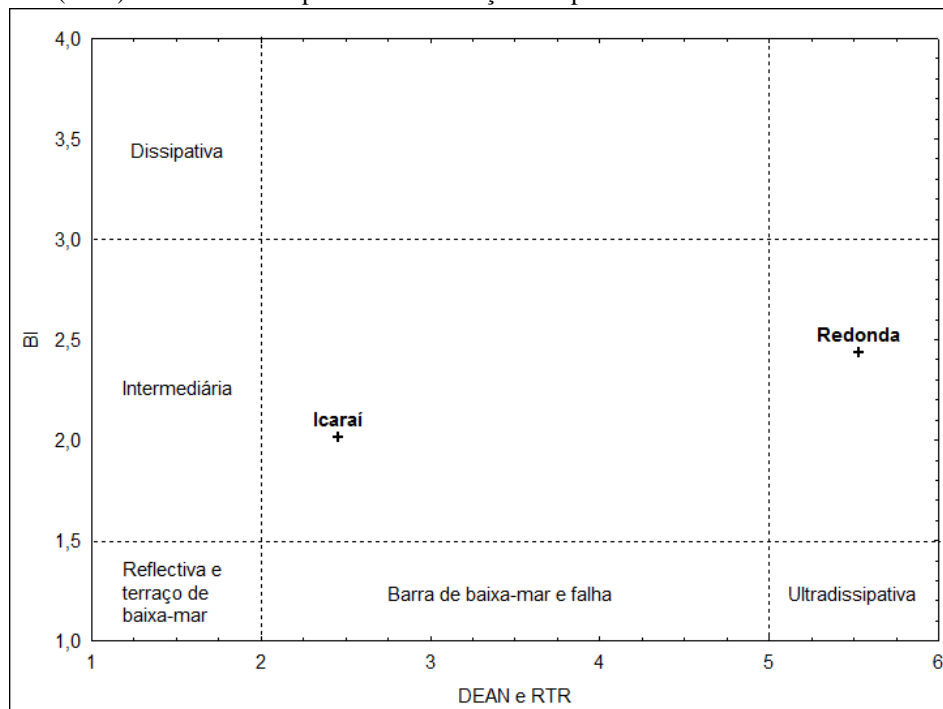
Fonte: A autora (2014).

O parâmetro de Dean (Ω) em Icarai foi 2,45 e em Redonda foi 5,53, caracterizando-as como terraço de baixa-mar e dissipativa, respectivamente.

O cálculo do intervalo relativo de maré RTR mostrou resultado igual a 4 em ambas as praias, caracterizando-as como praias modificadas pelo efeito da maré (regime de mesomarsés), indicando que é mais recomendado relacionar o parâmetro de Dean ao RTR. Ao relacionar os valores de RTR e Ω , pode-se definir que Icarai corresponde a uma barra de baixa-mar e falha e Redonda como sendo ultradissipativa.

O índice da praia (BI) no Icarai foi de 2,01 e 2,43 em Redonda. A Figura 6 mostra a classificação das praias de acordo com o BI e a relação entre RTR e Ω .

Figura 6 - Gráfico de dispersão para os valores do Índice da praia (BI) *versus* o parâmetro de Dean (Ω) e o intervalo relativo de maré (RTR) mostrando a respectiva classificação das praias de acordo com os índices mencionados.

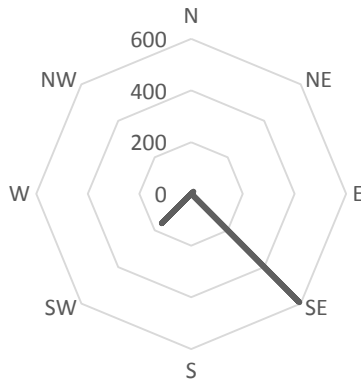


Fonte: A autora (2014).

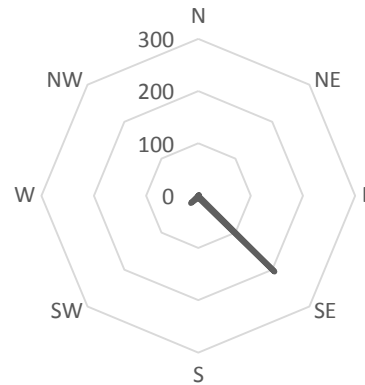
Os ventos no mês anterior aos dias das coletas (junho e julho de 2014), em ambas as praias, predominaram na direção Sudeste (SE) em Fortaleza (dados válidos para a praia de Icarai) e Icapuí (válido para a praia da Redonda), como mostra a Figura 7.

Figura 7 – Direção predominante dos ventos no período de um mês anterior (junho e julho de 2014) à data da coleta nas praias de Icaraí e Redonda. Os valores referem-se a quantidade de medições resultantes para cada direção. Os dados referem-se a estações localizadas em Fortaleza e Icapuí.

Direção dos ventos (Fortaleza)



Direção dos ventos (Icapuí)



Fonte: A autora (2014).

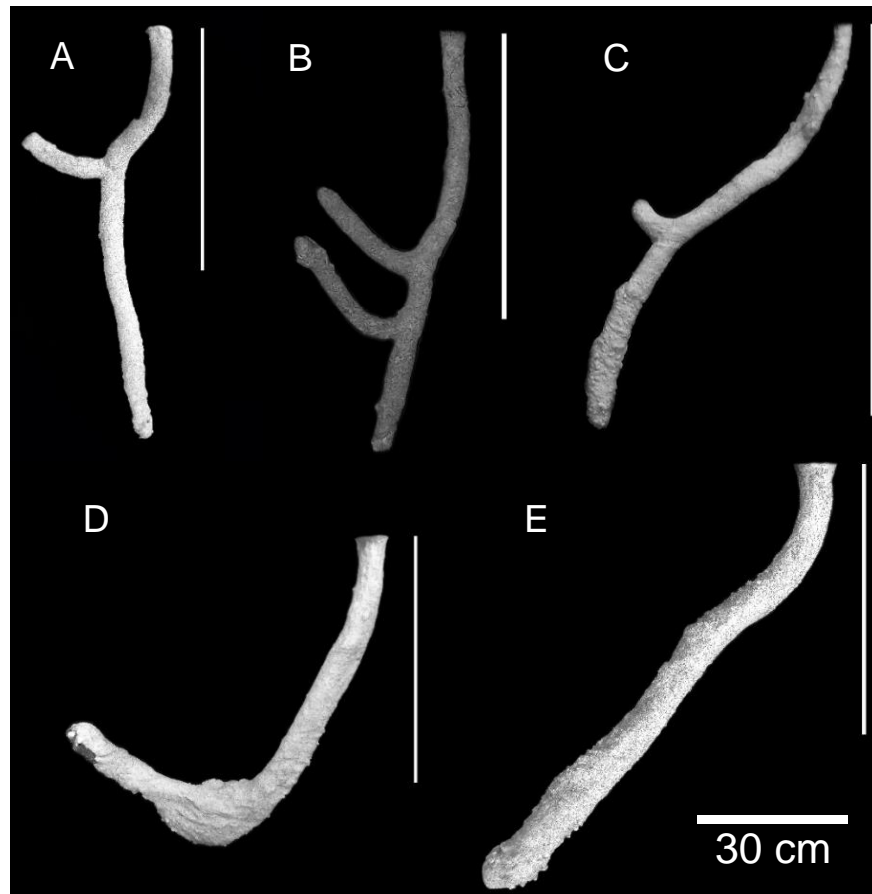
4.2. Caracterização das tocas de *Ocypode quadrata*

Ao todo, 88 moldes de tocas foram obtidos, porém apenas 36 estavam habitadas pelo caranguejo. Destes 36 moldes, 19 foram obtidos na praia de Icaraí, onde 14 indivíduos eram juvenis, com largura da carapaça média de 13,75 mm ($\pm 6,65$); e 5 indivíduos eram adultos, com largura da carapaça média de 14,22 mm ($\pm 6,89$). Nenhuma fêmea foi registrada. Já em Redonda, foram obtidos 17 moldes de tocas habitadas, onde 6 indivíduos eram juvenis, com largura da carapaça média de 16,64 mm ($\pm 7,91$); e 11 adultos com largura da carapaça média de 20,1 mm ($\pm 7,84$), sendo 8 machos e 3 fêmeas, havendo assim, uma maior quantidade de juvenis na praia de Icaraí.

No presente estudo, foi verificada a ocorrência em ambas as praias dos padrões de tocas no formato simples, em formato de J, Y, Y-múltiplos braços e Y-sinuoso (Figura 8), esse último sendo menos representativo, com apenas duas tocas registradas na praia de Icaraí.

Apenas uma toca em J da praia de Icaraí apresentou a formação de câmaras. Em ambas as praias, os moldes de tocas obtidas no formato Y apresentaram apenas uma abertura da toca, onde as ramificações nunca chegavam até a superfície para formar uma segunda abertura. As tocas no formato Y-múltiplos braços de ambas as praias possuíam ramificações secundárias que normalmente possuíam a mesma direção da ramificação primária.

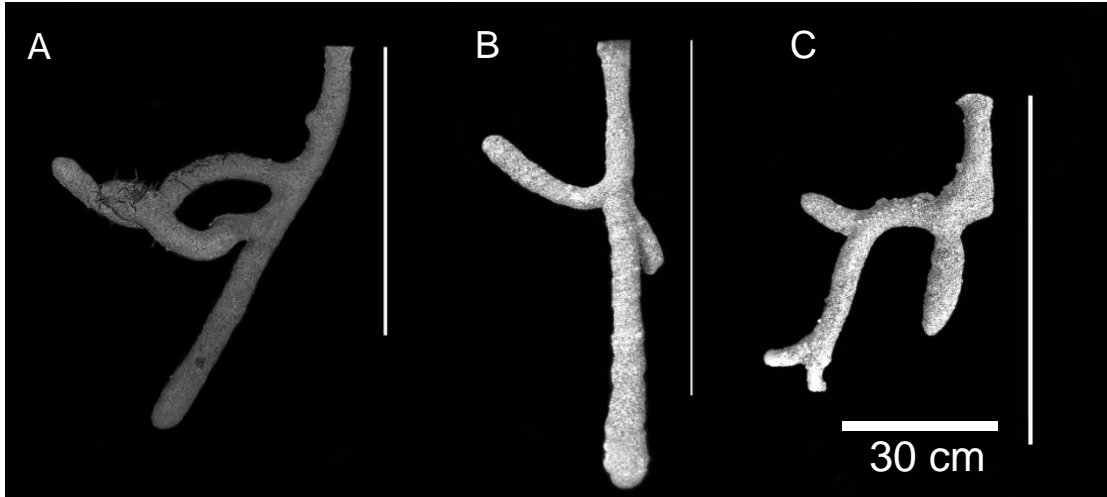
Figura 8 - Imagem dos moldes obtidos das tocas de *O. quadrata* mostrando os diferentes padrões de tocas registrados, onde: (A) Representa o formato de toca em Y, (B) Y-múltiplos braços, (C) Y - sinuoso, (D) J, (E) Simples.



Fonte: A autora (2014).

Foi observada a existência de uma maior complexidade das tocas na praia de Redonda, considerando as tocas habitadas e não habitadas pelo caranguejo. Onde, no total, 5 tocas no formato Y-múltiplos braços foram registradas, algumas dessas apresentando elevado grau de complexidade (Figura 9). A praia de Icaraí, no entanto, apresentou uma menor complexidade nos formatos das tocas, com apenas uma toca no padrão Y-múltiplos braços.

Figura 9 - Imagem dos moldes das tocas de *O. quadrata* no formato Y-múltiplos braços, evidenciando os diferentes graus de complexidade desse padrão, onde: (A) Representa o formato de toca em Y-múltiplos braços com a presença de sinuosidades nas ramificações, (B) Y-múltiplos braços com ramificações em direções distintas, (C) Y-múltiplos braços com presença de sinuosidade no tubo principal.

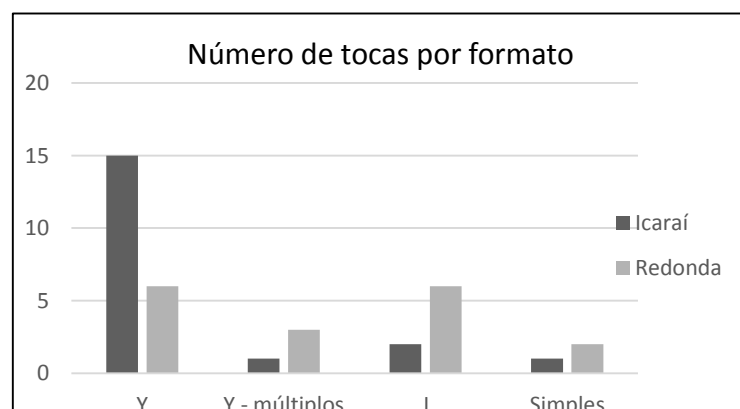


Fonte: O autor (2014).

Para fins estatísticos, foram consideradas apenas as 36 tocas habitadas, pois as tocas não habitadas impossibilitaram a obtenção dos dados biométricos do caranguejo.

Na praia de Icaraí, predominaram tocas em formato de Y (15 tocas) (Figura 10). Dentre essas, houve a presença de 2 tocas Y-sinuoso e uma toca Y-múltiplos braços. Houveram também 2 tocas em J e uma toca de formato simples. Em Redonda, a predominância foi igualmente dos padrões em Y (6 tocas) e J (6 tocas), sendo observada também a existência de 3 tocas no padrão Y-múltiplos braços e 2 tocas no formato simples. O formato Y-sinuoso foi considerado posteriormente como Y, visto que ele foi encontrado apenas na praia de Icaraí e em quantidade pouco representativa.

Figura 10 – Número de tocas para os diferentes formatos das tocas de *O. quadrata* obtidos nas praias de Icaraí e Redonda.



Fonte: A autora (2014).

As análises de correlação foram significativas entre si ($p < 0,05$), porém nem todas apresentaram forte correlação (Tabela 2).

Foi possível observar uma forte correlação entre o diâmetro da toca e o diâmetro do primeiro braço ($r = 0,90$) e entre a profundidade da toca e o tamanho do molde ($r = 0,72$). Assim, nas análises gráficas optou-se por trabalhar apenas com as variáveis diâmetro e profundidade da toca.

A largura e comprimento da carapaça também apresentaram forte correlação com o diâmetro da toca ($r = 0,96$; $r = 0,97$, respectivamente), mostrando que o tamanho do caranguejo possui uma intensa correlação com o diâmetro da toca. É importante destacar a fraca correlação entre profundidade e o diâmetro da toca ($r = 0,49$).

Tabela 2 – Matriz resultante da análise de correlação entre as medidas das tocas para todos os formatos (diâmetro da toca, profundidade da toca, tamanho do molde, diâmetro do primeiro braço).

| $p < 0,05$ | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Diâm. da toca (mm) {1} | - | 0,49 | 0,83 | 0,90 | 0,96 | 0,97 |
| Prof. da toca (cm) {2} | 0,49 | - | 0,72 | 0,43 | 0,50 | 0,50 |
| Tam. Do Molde (cm) {3} | 0,83 | 0,72 | - | 0,76 | 0,79 | 0,80 |
| Diâm. 1º braço (mm) {4} | 0,90 | 0,43 | 0,76 | - | 0,89 | 0,92 |
| Larg. da carapaça (mm) {5} | 0,96 | 0,50 | 0,79 | 0,89 | - | 0,99 |
| Comp. da carapaça (mm) {6} | 0,97 | 0,50 | 0,80 | 0,92 | 0,99 | - |

Fonte: A autora (2014).

Uma análise de variância multivariada (MANOVA) foi realizada considerando as variáveis independentes (praia e formato da toca) e a variação da largura e comprimento da carapaça do caranguejo (Tabela 3). A análise apresentou todos os valores de $p < 0,05$, evidenciando que houve diferença significativa entre as duas praias e os diferentes formatos de tocas obtidos.

Tabela 3 – Resultados da análise de variância multivariada (MANOVA) mostrando as médias e desvios padrões da largura e comprimento da carapaça dos caranguejos, sendo N a representação do número de amostras para cada caso ($p < 0,05$).

| Praia | | Icarai | | | | Redonda | | | | F |
|------------------------|-----------|--------|---------------|-------|---------|---------|---------------|-------|---------|-------|
| Formato | | Y | Y - múltiplos | J | Simples | Y | Y - múltiplos | J | Simples | |
| N | | 15,00 | 1,00 | 2,00 | 1,00 | 6,00 | 3,00 | 6,00 | 2,00 | |
| Larg. da carapaça (mm) | Média | 12,61 | 9,00 | 26,90 | 9,35 | 11,97 | 14,42 | 27,13 | 27,13 | 12,34 |
| | Desvio P. | 5,26 | 0,00 | 0,99 | 0,00 | 1,80 | 3,64 | 4,05 | 1,45 | |
| Comp. da carapaça (mm) | Média | 9,84 | 7,20 | 22,85 | 7,00 | 10,06 | 12,13 | 22,73 | 23,30 | 13,96 |
| | Desvio P. | 4,35 | 0,00 | 0,21 | 0,00 | 1,29 | 3,52 | 3,24 | 1,84 | |

Fonte: A autora (2014).

A caracterização das tocas e seus diferentes formatos em função do caranguejo habitante está apresentada na (Tabela 4). Foi possível identificar que indivíduos juvenis

preferencialmente constroem tocas no formato Y. As tocas no formato Y-múltiplos braços, bem como tocas de padrão simples, apresentaram tanto caranguejos habitantes adultos quanto juvenis. A ausência de juvenis nas tocas em J foi total em ambas as praias. De modo geral, as tocas obtidas na praia de Icarai foram mais profundas que as tocas da Redonda. Observa-se também que houve pouca variação entre os valores de diâmetro das tocas e a biometria dos caranguejos nas duas praias.

Tabela 4 - Medidas das tocas em função dos seus diferentes formatos e do caranguejo habitante, com as médias e os desvios padrões para cada medida. N é a representação do número de amostras. Valores com (*) não possuem desvio padrão devido o N=1.

| | Caranguejo habitante | | Adulto | | | | Juvenil | | | | |
|------------------------------|------------------------------|-----------------------|--------|-----------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|---------|---------|
| | Formato | | Y | Y - mult. | J | Simples | Y | Y - mult. | J | Simples | |
| | N | | 3,00 | - | 2,00 | - | 12,00 | 1,00 | - | 1,00 | |
| Praia de Icarai | Diâmetro da toca (mm) | Média | 20,20 | - | 28,68 | - | 12,63 | *11,00 | - | *12,00 | |
| | | Desv. P. | 4,16 | - | 1,87 | - | 1,19 | - | - | - | |
| | Profundidade da toca (cm) | Média | 41,33 | - | 46,00 | - | 35,32 | *29,00 | - | *41,60 | |
| | | Desv. P. | 4,04 | - | 8,49 | - | 4,13 | - | - | - | |
| | Largura da carapaça (mm) | Média | 21,55 | - | 26,90 | - | 10,38 | *9,00 | - | *9,35 | |
| | | Desv. P. | 4,98 | - | 0,99 | - | 1,87 | - | - | - | |
| | Comprimento da Carapaça (mm) | Média | 17,38 | - | 22,85 | - | 7,96 | *7,20 | - | *7,00 | |
| | | Desv. P. | 3,93 | - | 0,21 | - | 1,39 | - | - | - | |
| | | Caranguejo habitante | | Adulto | | | | Juvenil | | | |
| | | Formato | | Y | Y - mult. | J | Simples | Y | Y - mult. | J | Simples |
| | | N | | 1,00 | 2,00 | 6,00 | 2,00 | 5,00 | 1,00 | - | - |
| | Praia de Redonda | Diâmetro da toca (mm) | Média | *20,00 | 17,38 | 27,89 | 30,88 | 14,26 | *16,00 | - | - |
| Desv. P. | | | - | 3,36 | 4,54 | 2,23 | 0,69 | - | - | - | |
| Profundidade da toca (cm) | | Média | *33,00 | 45,50 | 39,92 | 56,00 | 32,60 | *42,00 | - | - | |
| | | Desv. P. | - | 2,12 | 6,65 | 11,31 | 6,58 | - | - | - | |
| Largura da carapaça (mm) | | Média | *15,00 | 16,13 | 27,13 | 27,13 | 11,36 | *11,00 | - | - | |
| | | Desv. P. | - | 3,01 | 4,05 | 1,45 | 1,13 | - | - | - | |
| Comprimento da Carapaça (mm) | | Média | *12,45 | 13,65 | 22,73 | 23,30 | 9,58 | *9,10 | - | - | |
| | | Desv. P. | - | 3,32 | 3,24 | 1,84 | 0,60 | - | - | - | |

Fonte: A autora (2014).

Os dados da análise de variância multivariada (MANOVA) para o diâmetro e a profundidade da toca, considerando as praias e os formatos das tocas estão representados na Tabela 5, na qual foram observadas diferenças significativas entre as duas praias e os distintos formatos de tocas ($p < 0,05$).

Tabela 5 - Resultados da análise de variância multivariada (MANOVA) mostrando as médias e desvios padrões do diâmetro e da profundidade das tocas, sendo N a representação do número de amostras ($p < 0,05$).

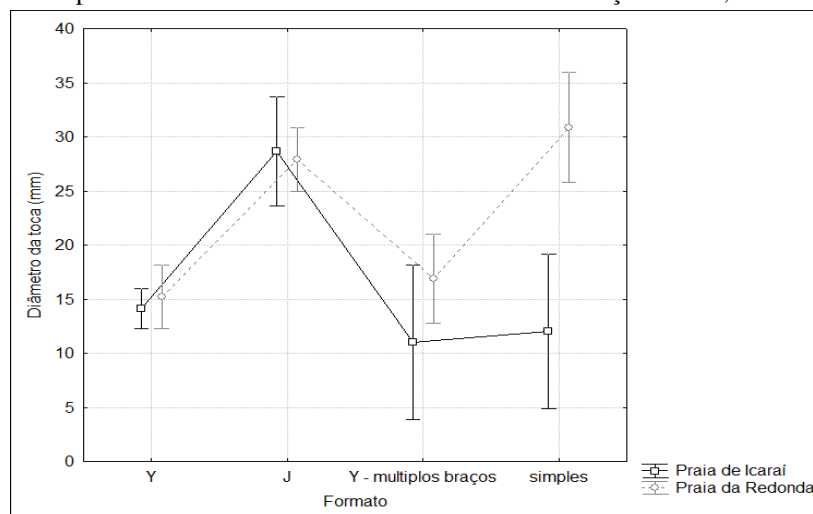
| Praia | | Icarai | | | | Redonda | | | | F |
|--------------------|-----------|--------|---------------|-------|---------|---------|---------------|-------|---------|-------|
| Formato | | Y | Y - múltiplos | J | Simples | Y | Y - múltiplos | J | Simples | |
| N | | 15,00 | 1,00 | 2,00 | 1,00 | 6,00 | 3,00 | 6,00 | 2,00 | |
| Diâm. da toca (mm) | Média | 14,14 | 11,00 | 28,68 | 12,00 | 15,22 | 16,92 | 27,89 | 30,88 | 17,55 |
| | Desvio P. | 3,66 | 0,00 | 1,87 | 0,00 | 2,42 | 2,50 | 4,54 | 2,23 | |
| Prof. da toca (cm) | Média | 36,52 | 29,00 | 46,00 | 41,60 | 32,67 | 44,33 | 39,92 | 56,00 | 5,25 |
| | Desvio P. | 4,69 | 0,00 | 8,49 | 0,00 | 5,89 | 2,52 | 6,65 | 11,31 | |

Fonte: A autora (2014).

Observando os gráficos realizados a partir dos valores médios do diâmetro (Figura 11) e da profundidade da toca (Figura 12), para cada formato de toca em ambas as praias, verifica-se um padrão geral de comportamento dos gráficos, onde os valores médios para cada formato são proporcionais entre si em relação as duas praias estudadas, havendo uma pequena diferença entre os valores de diâmetro e profundidade das tocas em Y e J das duas praias e uma maior diferença entre os valores das duas praias para os formatos Y-múltiplos braços e simples. É possível observar entre as duas praias uma diferença significativa no diâmetro das tocas em Y-múltiplos braços e simples.

Em relação ao diâmetro da toca, observa-se na Figura 11 que os maiores valores foram referentes as tocas de formato J em ambas as praias, e das tocas em formato simples da praia da Redonda. As tocas com menores diâmetros foram as tocas em Y e de Y-múltiplos braços de ambas as praias e as tocas simples de Icaraí.

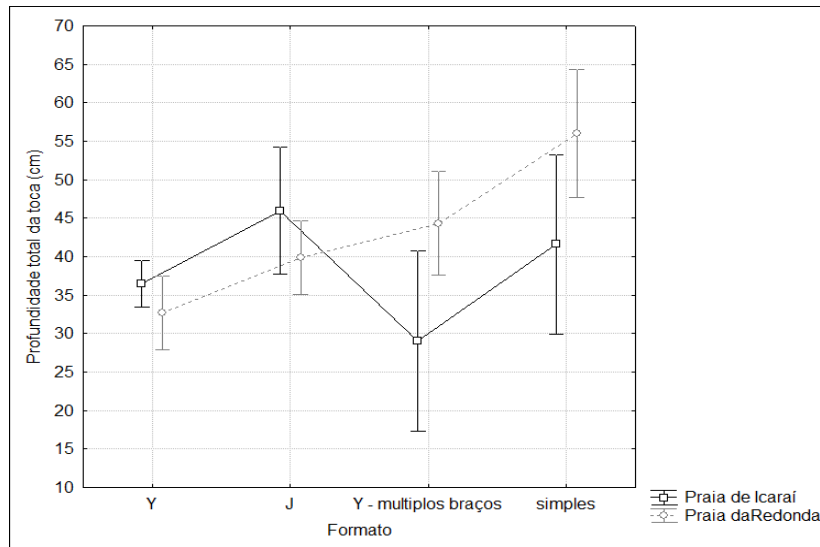
Figura 11 - Valores médios (e os respectivos desvios padrões) do diâmetro da toca para os diferentes formatos de toca de *O. quadrata* nas praias de Icaraí e Redonda. O intervalo de confiança foi de 0,95.



Fonte: A autora (2014).

Em relação a profundidade das tocas, observa-se na Figura 12 que as tocas mais profundas em Icaraí foram as de formato Y e J. No caso de Redonda as tocas mais profundas foram as Y-múltiplos braços e simples.

Figura 12 - Valores médios (e os respectivos desvios padrões) da profundidade da toca para os diferentes formatos de toca de *O. quadrata* nas praias de Icaraí e Redonda. O intervalo de confiança foi de 0,95.

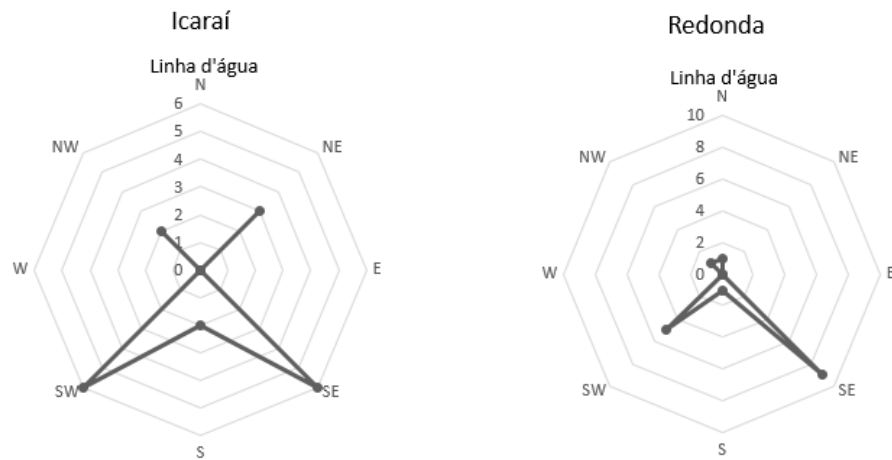


Fonte: A autora (2014).

Entretanto, o teste de Tukey, ao analisar cada formato e as medidas relacionadas as tocas (diâmetro e profundidade das tocas) e a biometria (largura e comprimento da carapaça) dos caranguejos em ambas as praias, mostrou que não há diferenças significativas entre os formatos, sendo as tocas no formato simples as únicas que apresentam alguma diferença significativa. No referido caso, a diferença significativa foi encontrada apenas para os parâmetros: diâmetro da toca (Figura 11), largura e comprimento da carapaça dos animais.

A Figura 13 sumariza a direção predominante das tocas dos juvenis e adultos de *O. quadrata* em ambas as praias, tomando a linha d'água como referencial inicial (Norte). A construção das tocas prevaleceu nas direções Sudeste(SE) e Sudoeste(SW) em relação a linha d'água, com uma predominância de tocas na direção Sudeste em Redonda.

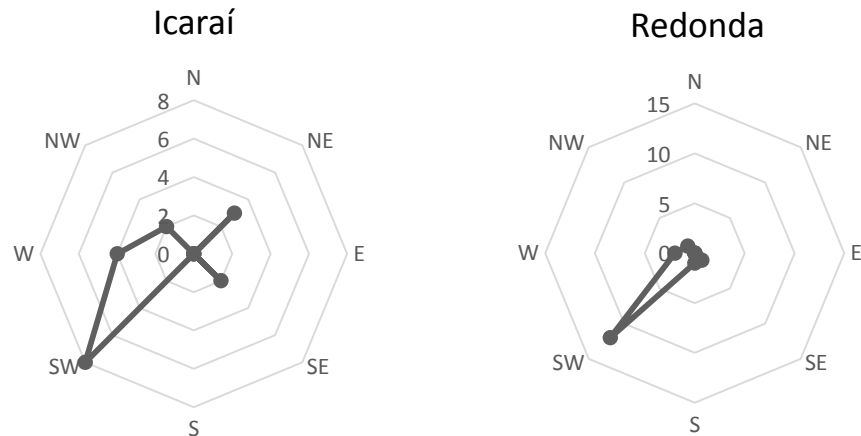
Figura 13 - Direção das tocas de *O. quadrata* em relação a localização da linha d'água nas praias de Icaraí e Redonda. A linha d'água foi adotada como o ponto zero (Norte) Os valores representam a quantidade de casos registrados para cada direção.



Fonte: A autora (2014).

A direção das tocas dos juvenis e adultos em relação ao azimute (norte magnético) predominou na direção Sudoeste (SW) em ambas as praias, como mostra a Figura 14.

Figura – 14: Direção das tocas de *O. quadrata* em relação ao norte magnético nas praias de Icaraí e Redonda. Os valores representam a quantidade de casos registrados para cada direção.



Fonte: A autora (2014).

5 DISCUSSÃO

5.1 Variáveis ambientais e caracterização morfodinâmica das praias

De acordo com o parâmetro de Dean (Ω), as praias de Icaraí e de Redonda foram classificadas morfodinamicamente como: terraço de baixa-mar e dissipativa, respectivamente. Um terraço de baixa-mar representa uma praia com uma barra contínua ligada à praia exposta na maré baixa de sizígia. Essa barra pode apresentar pequenas falhas transversais e ser alimentada por estreitos canais. Na maré baixa, as ondas quebram no terraço e na maré alta elas seguem além do terraço até atingirem a face praial, caracterizando uma praia reflectiva na maré alta (SHORT, 1996). Uma praia dissipativa é caracterizada por uma larga zona de arrebentação e entremarés, além de possuir barras e calhas que se estendem por vários metros em direção ao mar (SHORT, 1996). O parâmetro de Dean foi amplamente utilizado para caracterizar a morfodinâmica das praias arenosas, porém McLachlan e Dorvlo (2005) e Short (1996) afirmam que é inadequado a aplicação do mesmo para praias de macro e mesomaré, pois ele é específico para praias de micromaré.

O cálculo do intervalo relativo de maré (RTR) mostrou que as praias estudadas são dominadas pelo efeito da maré (regime de mesomarés), indicando a necessidade de relacionar esse índice com o (Ω). O resultado mostrou que a praia de Icaraí corresponde a uma barra de baixa-mar e falha e Redonda representa uma praia ultradissipativa. Uma barra de baixa-mar e falha é definida como uma praia reflectiva na maré alta, seguida de uma estreita zona entremarés que pode conter uma pequena barra na zona de espraiamento. As barras tornam-se visíveis na maré baixa, podendo ser contínuas com falhas transversais ou rítmicas com alternância entre barras e falhas, sendo necessário ondas elevadas para a ocorrência desse último (SHORT, 1996). A praia ultradissipativa é caracterizada como plana e sem características topográficas devido a elevada altura da onda e/ou granulometria do sedimento muito fina. Podem apresentar cúspides na maré alta e pode haver a formação de suaves barras na zona entremarés, mas no geral o perfil é suave sem diferentes barras ou falhas na maré baixa. Estas praias se caracterizam também por apresentarem um grande alcance da maré e, conseqüentemente, serem bastante largas (SHORT, 1996). Assim, por se tratar de uma caracterização aplicável às praias de mesomarés, o presente estudo adotou essa classificação.

Mesmo ambas as praias possuindo uma classificação morfodinâmica de praias intermediárias de acordo com o índice da praia (BI), é possível identificar que a praia de Icaraí possui tendência reflectiva e, a praia da Redonda possui tendência dissipativa. As classificações

morfodinâmicas das praias são um reflexo das condições ambientais as quais as mesmas estão sujeitas, e que são diferenciadas nos dois ambientes.

Os perfis praias obtidos para as praias de Icaraí e Redonda estão em conformidade com os resultados obtidos pela classificação decorrente dos parâmetros de Dean (Ω) e intervalo relativo de maré (RTR). Observando o perfil praias na praia de Icaraí, é possível identificar uma estreita zona entremarés e as barras que caracterizam as praias classificadas como barra de baixa-mar e falha, de acordo com a descrição de Short (1996). Os perfis da praia da Redonda também estão em conformidade com a classificação de praias ultradissipativas (SHORT, 1996), mostrando um perfil pouco inclinado, sem grandes alterações topográficas e uma larga zona entremarés.

A altura e período da onda, bem como a granulometria de Icaraí em relação a Redonda, indicam que o hidrodinamismo da região é mais intenso. Isso reflete na granulometria das praias, com a predominância de areia média no Icaraí e areia fina em Redonda. Tendo em vista a classificação granulométrica do supralitoral das praias, era esperado que a compactação de Redonda fosse maior que o valor da praia de Icaraí, no entanto, o sedimento de Icaraí apresentou grãos maiores e foi mais compactado no supralitoral, onde ambas as praias apresentaram predominância de areia média na análise granulométrica. Isso pode ser explicado pela intensa atividade antrópica na praia de Icaraí que, devido ao tráfego de pessoas, e obras de engenharia costeira (construção de *Bagwall*) (PAULA *et al.*, 2013), podem estar tornando o sedimento mais compactado.

O sedimento das praias arenosas possui, caracteristicamente, baixo teor de matéria orgânica (MCLACHLAN, 1983). A acumulação da matéria orgânica no sedimento está intimamente relacionada com a presença de sedimentos finos, já o carbonato presente no sedimento das praias é proveniente do aporte biogênico marinho e da erosão das falésias (MCLACHLAN; BROWN, 2006). O sedimento coletado no supralitoral da praia de Redonda apresentou tamanho do grão inferior ao de Icaraí. Assim, o resultado referente ao teor de matéria orgânica e carbonato correspondeu ao esperado, onde maiores quantidades foram encontradas na praia da Redonda, devido o menor tamanho do grão e a proximidade com as falésias presentes em Icapuí (MORAIS *et al.*, 2006).

5.2. Caracterização das tocas de *Ocypode quadrata*

A quantidade de moldes de tocas que estavam habitadas (36) foi um pouco inferior à metade do valor total de moldes obtidos (88). Estudos anteriores, utilizando metodologias

distintas para obtenção dos moldes, relataram resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho, mostrando que a quantidade de moldes de tocas habitadas costuma ser em torno da metade do número de moldes obtidos nas pesquisas. Chan, Chan e Leung (2006), em suas pesquisas com *Ocypode ceratophthalmus* em Hong Kong, utilizaram gesso na proporção 2:1 para obtenção dos moldes de 58 tocas e os caranguejos habitantes das tocas foram capturados em 38 desses casos. Lim, Yong e Tantichodok (2011), em seu estudo com a mesma espécie na Tailândia, também obtiveram uma proporção de moldes de tocas habitadas semelhante. Os autores realizaram 131 moldes de tocas do caranguejo, utilizando cera líquida derretida, sendo que os indivíduos habitantes das tocas foram encontrados em apenas 67 tocas.

Em algumas praias, as tocas de caranguejo podem colapsar mais rápido do que outras, fazendo com que o número de tocas não habitadas varie de uma praia para outra (MILNE; MILNE, 1946). Em praias que possuem sedimento mais compactado ou úmido, as tocas não habitadas podem persistir por até uma semana no ambiente (TURRA; GONÇALVES; DENADAI, 2005). Esses fatores provavelmente influenciam na quantidade de tocas não habitadas encontradas durante as saídas de campo. É importante destacar ainda que dentre os 88 moldes realizados, além de algumas tocas não estarem habitadas pelo caranguejo, houveram também algumas falhas na obtenção dos moldes das tocas com maiores diâmetros, e portanto mais profundas, pois algumas vezes a espuma de poliuretano não atingia o final da toca, proporcionando a obtenção de moldes incompletos, que foram desconsiderados.

Os formatos das tocas de *O. quadrata* encontradas no presente estudo apresentaram formatos simples, em Y, Y-múltiplos braços, Y-sinuoso e J. As ramificações das tocas em Y não se estendiam até a superfície, não possuindo dessa forma uma segunda abertura da toca; as tocas no padrão Y-múltiplos braços apresentaram, predominantemente, ramificações no mesmo plano, com a ramificação secundária seguindo a mesma direção da primária (CHAKRABARTI, 1981), porém em algumas tocas, o plano espacial das ramificações não era o mesmo, e as direções das mesmas não coincidiam entre si. As tocas em J, predominantemente, não apresentaram câmaras. Os formatos de tocas encontrados no presente estudo foram semelhantes aos resultados obtidos por outros autores em estudos com *Ocypode quadrata* (ALBERTO; FONTOURA, 1999; HILL; HUNTER, 1973).

No Brasil, Alberto e Fontoura (1999) registraram no Rio Grande do Sul tocas de *O. quadrata* sem elevado grau de complexidade e, sem mais de uma abertura, sendo essas tocas em formato simples, em forma de Y, J e U. Hill e Hunter (1973) em seus estudos no Texas,

encontraram tocas em formatos semelhantes para a mesma espécie. As tocas em formato de U não foram registradas na atual pesquisa.

Estudos com a espécie *O. ceratophthalmus* em Hong Kong (CHAN; CHAN; LEUNG, 2006), Japão (SEIKE; NARA, 2008) e Índia (CHAKRABARTI, 1981) também mostraram padrões semelhantes de formato de tocas, porém com algumas particularidades. Chan, Chan e Leung (2006) registraram tocas simples em espiral, bem como tocas em J com a presença de câmaras. A ramificação da maioria das tocas em Y chegava até a superfície, onde formava uma segunda abertura da toca. O formato de tocas em espiral não foi registrado no atual estudo. Os padrões Y-múltiplos braços e Y-sinuoso foram documentados por Chakrabarti (1981). O referido autor observou ainda que as ramificações das tocas com múltiplos braços permaneciam sempre no mesmo plano, dificilmente apresentando padrão diferenciado. A função dos múltiplos braços ainda é desconhecida (CHAKRABARTI, 1981). Seike e Nara (2008) também encontraram tocas de *O. ceratophthalmus* no formato Y-múltiplos braços.

Os diferentes graus de complexidade observado entre as tocas de Icaraí e Redonda podem atuar como uma resposta as diferentes condições de morfodinâmica dessas praias, visto que as condições ambientais da praia, como declividade, amplitude da maré, largura da zona entremarés e tamanho do grão, podem interferir na arquitetura das tocas (CHAKRABARTI, 1981; LIM; YONG; TANTICHODOK, 2011). Após analisar os diferentes graus de complexidade entre as tocas de Icaraí e Redonda, podemos sugerir que, de modo geral, os caranguejos da Praia da Redonda construíram mais tocas em Y-múltiplos braços, e em diferentes graus de complexidade, do que a população de *O. quadrata* da praia de Icaraí. Já em Redonda, as características morfodinâmicas da praia são ultradissipativas, e portanto mais amenas, os caranguejos poderiam ter melhores condições para construir tocas com maior grau de complexidade, do que se estivessem em um ambiente reflectivo. Sugerindo dessa forma que, a morfodinâmica praial pode ser um dos fatores que influenciam na determinação do grau de complexidade das tocas dos caranguejos.

As correlações realizadas confirmaram que o diâmetro da toca apresenta forte correlação com a largura da carapaça do caranguejo, sendo esse parâmetro da toca útil para estimar o tamanho dos mesmos. A largura e o comprimento da carapaça também estão bem correlacionados entre si. Essas correlações positivas são conhecidas e bem documentadas na literatura (ALBERTO; FONTOURA, 1999; CHAN; CHAN; LEUNG, 2006; LIM; YONG; TANTICHODOK, 2011).

Embora as saídas de campo tenham sido realizadas no período seco e em datas próximas uma da outra, as populações de *O. quadrata* apresentaram uma estrutura etária distinta. Na praia de Icaraí, os juvenis foram predominantes, enquanto em Redonda, a maioria dos caranguejos encontrados era adulta.

Em ambas as praias, as tocas dos juvenis apresentaram menor diâmetro e profundidade que as tocas dos adultos. Alberto e Fontoura (1999) também constataram diferentes padrões na morfologia das tocas, com juvenis apresentando tocas retas e pouco profundas e adultos, tocas mais profundas. A morfologia das tocas pode variar de acordo com o comportamento de indivíduos adultos e juvenis (ALBERTO; FONTOURA, 1999; CHAN; CHAN; LEUNG, 2006).

Assim, indivíduos juvenis observados neste estudo construíram, preferencialmente, tocas em Y, e o formato em J foi exclusivo de caranguejos adultos. As tocas no formato Y-múltiplos braços foram habitadas tanto por indivíduos adultos, quanto por juvenis. O padrão de toca simples pode ser um estágio intermediário entre a construção de uma toca em Y e J visto que houveram tanto juvenis quanto adultos habitando tocas nesse formato. Entretanto, Chan, Chan e Leung (2006) identificaram um padrão contrário, onde indivíduos juvenis construíam tocas em J e, e os adultos, tocas em Y, tubo simples e em espiral. Lim, Yong e Tantichodok, (2011) afirmaram que os formatos em J e U seriam percussores dos formatos em Y, sendo esse característico também de indivíduos adultos. Mesmo que os padrões encontrados por outros autores sejam contrários aos evidenciados nesse estudo, a determinação dos formatos das tocas em Y ou J parece estar mais relacionada com o tamanho do caranguejo, podendo provavelmente variar de uma região para a outra ou entre as diferentes espécies de *Ocypode*.

Em relação a profundidade, as tocas mais profundas propiciam ao caranguejo maior proteção contra predadores e dessecação porém, devido a profundidade se relacionar com o diâmetro da toca, é provável que a profundidade esteja mais relacionada à ontogenia do que com o comportamento do caranguejo (SILVA; CALADO, 2014). Contudo, Chakrabarti (1981) assume que a profundidade das tocas estaria não só relacionada ao tamanho do caranguejo, mas também a tolerância do animal à dessecação. Sugerindo que, o aumento das tocas dos caranguejos adultos em direção ao lençol freático seria em função da temperatura, visto que os indivíduos adultos constroem suas tocas mais distantes da linha d'água, e portanto, em regiões menos úmidas.

As tocas de *O. quadrata* alcançaram maiores profundidades na praia de Icaraí. Isso pode estar relacionado com a procura por melhores condições de umidade, e também pela busca de

estabilidade ambiental, dada a característica mais reflectiva da praia. Assim, a morfodinâmica praias poderia ser um dos fatores determinantes na profundidade das tocas, além da limitação causada pela temperatura.

Considerando as medidas realizadas nos moldes (diâmetro e profundidade das tocas) e a biometria dos caranguejos (largura e comprimento da carapaça), foi observada diferença significativa entre os dois tipos de praias estudadas e os diferentes formatos das tocas. Porém análises específicas para cada formato em ambas as praias não apresentaram diferença significativa entre si, exceto o formato de toca simples, que apresentou diferenças no diâmetro das tocas, largura e comprimento da carapaça do caranguejo entre as duas praias estudadas.

Contudo, as análises gráficas das médias do diâmetro e profundidade das tocas para cada formato encontrado e as praias estudadas mostrou que, de modo geral, tocas em Y e J tendem a comportar-se de modo semelhante nas duas praias, ao contrário das tocas simples e Y-múltiplos braços, que apresentaram tendências distintas em cada praia. Isso sugere que, os formatos de tocas em Y e J devido estarem mais relacionados ao tamanho do caranguejo, não seriam influenciados pela variação morfodinâmica das praias, apresentando poucas variações entre esses formatos em praias morfodinamicamente distintas. Já a ocorrência diferenciada das tocas simples e em Y-múltiplos braços nas duas praias, pode ser explicada pelo (1) formato de tocas simples, que seria um padrão intermediário entre a formação de uma toca em Y ou J, como proposto anteriormente; e (2) o padrão Y-múltiplos braços está relacionado a indivíduos juvenis e adultos, podendo esse formato de toca também estar associado com os diferentes graus de complexidade que as tocas podem possuir.

Assim, sugere-se que: (1) as tocas de *Ocypode quadrata* nos formatos em Y e J são determinadas pelo tamanho do caranguejo; (2) as tocas em formato simples são estágios intermediários na construção das tocas e (3) os formatos de toca em Y-múltiplos braços estão relacionados ao grau de complexidade que as tocas podem atingir, como visto anteriormente, e são mais representados em praias com tendência dissipativa, sendo portanto um formato de toca determinado pelas condições morfodinâmicas praias.

A análise da orientação das tocas em relação a linha d'água mostrou que, em ambas as praias, a direção das tocas predominou a Sudeste (SE) e Sudoeste (SW) da linha d'água. As tocas apresentaram-se então seguindo sempre em direção ao continente e obtusas à linha d'água, com um ângulo maior que 90° entre a direção das tocas e a linha d'água. Hill e Hunter (1973) relataram que a orientação predominante das tocas de *O. quadrata* era oblíqua à linha d'água. Os autores questionaram os possíveis fatores determinantes para a orientação das tocas, pois a

inclinação da praia, do lençol freático e o tamanho do grão variam em direção normal à linha de costa, e por isso, provavelmente não influenciam na direção das tocas. A direção oblíqua das tocas poderia estar relacionada com a direção de incidência das ondas, direção dos ventos ou fototropismo do caranguejo. Chakrabarti (1981) obteve resultados semelhantes comparando a orientação das tocas de *O. ceratophthalmus* em duas praias onde o autor observou que a orientação predominante das tocas apontou para o continente e foi oblíqua à linha d'água. O autor sugere que os mesmos fatores propostos por Hill e Hunter (1973), além da presença de unidades geomorfológicas como gamboas e dunas, podem influenciar na orientação das tocas do caranguejo. Duncan (1986), em suas pesquisas com *O. quadrata* nos Estados Unidos, relatou tocas em direção normal, ou seja, perpendicular, à linha de costa.

Relacionando os dados obtidos de direção dos ventos e direção azimutal (com relação ao norte magnético) das tocas, observou-se que existiu, aproximadamente, um ângulo de 90° entre a direção predominante do vento (Sudeste) e a direção das tocas (Sudoeste) em ambas as praias estudadas. Hill e Hunter (1973), ao relacionar a orientação das tocas com a direção do vento, observaram que as direções coincidiam, sugerindo que a direção do vento poderia ser um fator determinante na orientação das tocas, no entanto os demais fatores não deveriam ser excluídos. Duncan (1986) sugere que muitos fatores podem influenciar a orientação da toca e que o caranguejo pode construir a abertura das tocas voltadas para o vento, sol, mar ou ondas para facilitar o resfriamento, aquecimento, coleta de água ou proporcionar refúgio seguro, respectivamente. Dessa forma, a falta de coincidência encontrada entre a direção dos ventos e a direção das tocas e entre esta e a orientação da linha d'água, pode indicar que outros fatores ambientais como, a direção de incidência das ondas na região, por exemplo, poderiam também atuar na determinação da orientação final das tocas de *O. quadrata* nas praias estudadas no Ceará. Portanto, é necessária a realização de novos estudos que verifiquem quais fatores abióticos são determinantes para a direção das tocas de *Ocypode quadrata* no litoral cearense, visto que a orientação das mesmas não coincidiu com a direção dos ventos ou da linha d'água, nem foi nem oblíqua ou perpendicular à linha da costa, como já foi observado na literatura para *O. quadrata* e outras espécies de *Ocypode*.

Dada a diferença na quantidade de indivíduos juvenis e adultos obtidos em cada praia, onde mais juvenis foram encontrados na praia de Icaraí, os resultados desse estudo poderiam ser melhor comparados se houvessem dados de ambas as praias em momentos semelhantes de estágio reprodutivo da população de *O. quadrata*. Assim, uma avaliação sazonal seria necessária para comparar a morfologia das tocas desses caranguejos em diferentes estágios

reprodutivos. Turra, Gonçalves e Denadai (2005) afirmaram que *O. quadrata* pode sofrer influências ambientais, sendo necessárias avaliações temporais, pois as praias sofrem variações sazonais na morfodiâmica e o recrutamento e estrutura da população de caranguejos também variam.

Constata-se então a necessidade da realização de avaliações temporais futuras sobre a dinâmica de construção das tocas de *Ocypode quadrata* e os fatores que limitam os diferentes tipos morfológicos que as tocas podem assumir, bem como suas características em função do ambiente praias, e os diferentes estágios reprodutivos da população, de forma que esses estudos confirmem o que foi proposto em relação a população de *Ocypode quadrata* no litoral cearense.

Portanto, avaliações temporais futuras são necessárias para (1) ter uma ampla visão da dinâmica da construção das tocas da população de *O. quadrata* sob as variações sazonais da morfodinâmica das praias, bem como variações no recrutamento e estrutura da população; e (2) investigar quais outros fatores ambientais influenciam na construção e direção das tocas e como essa influência ocorre.

6 CONCLUSÕES

- Os formatos das tocas de *O. quadrata* em Y e J parecem estar relacionados com o tamanho do indivíduo. Sendo tocas em Y característica de juvenis e, tocas em J, exclusivas de adultos;
- Os formatos de toca simples indicam ser um estágio intermediário entre a formação das tocas em Y ou J;
- Os formatos de tocas em Y-múltiplos braços estão relacionados ao grau de complexidade que as tocas podem atingir;
- A morfodinâmica da praia influencia na construção das tocas, sendo um dos fatores limitantes da profundidade das mesmas, onde, em praias com características mais reflectivas, o caranguejo tenderia a construir tocas mais profundas, em busca de condições mais estáveis;
- A morfodinâmica praial também influencia no grau de complexidade das tocas. Em praias dissipativas, o caranguejo não precisa priorizar a construção de tocas mais profundas, portanto teria reserva energética para aumentar o grau de complexidade das mesmas;
- A relação entre a direção dos ventos e a orientação das tocas pode indicar que outros fatores ambientais, como a direção de incidência das ondas, podem ser determinantes na orientação das tocas de *O. quadrata* nas praias do litoral do Ceará, necessitando mais estudos para identificação de quais são esses fatores.

REFERÊNCIAS

- ALBERTO, R. M. F.; FONTOURA, N. F. *Distribuição e estrutura etária de Ocypode quadrata (Fabricius, 1787) (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) em praias arenosas do litoral sul do Brasil*. Revista Brasileira de Biologia, v. 59, n. 1, p. 95-108. 1999.
- ANTUNES, G. F.; RIBARCKI, F. P.; VINAGRE, A. S. *Energy metabolism of the ghost crab Ocypode quadrata at Rondinha beach (Rio Grande do Sul State, Brazil)*. Comparative Biochemistry and Physiology, Part A, v. 148, p. 86–90. 2007.
- ANTUNES, G. F.; WILLAND, E. F.; ZANCAN, D. M.; VINAGRE, A. S. *Reproductive cycle of the ghost crab Ocypode quadrata at Rondinha beach (Rio Grande do Sul State, Brazil)*. Comparative Biochemistry and Physiology, Part A, v. 148, p. 86–90. 2007
- ARAÚJO, C. C. V.; ROSA, D. M.; FERNANDES, J. M. *Densidade e distribuição espacial do caranguejo Ocypode quadrata (Fabricius, 1787) (Crustacea, Ocypodidae) em três praias arenosas do Espírito Santo, Brasil*. Biotemas, v. 21, n. 4, p. 73-80. 2008.
- ARAÚJO, P. H. V.; ROCHA-BARREIRA, C. A. *Population Dynamic and Secondary Production of Olivella minuta (Gastropoda, Olividae) on Sandy Beach in Northeastern Brazil*. Amici Molluscarum, v. 20, p. 7-15, 2012.
- BAPTISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A.; SICHEL, S. A. (Orgs). *Introdução a geologia marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.
- BARROS, F. *Ghost crabs as a tool for rapid assessment of human impacts on exposed sandy beaches*. Biological Conservation, v. 97, p. 399-404. 2001.
- BENSI, M.; MARINHO, R. A.; MAIA, L. P. *Clima de ondas e sua implicação com a erosão costeira ao longo do Estado do Ceará*. In: Congresso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, Ceará. p. 802-815. 2005.
- BEZERRA, M. O.; PINHEIRO, L.; MORAIS, J. O. *Shoreline Change of the Mucuripe Harbour Zones (Fortaleza-Ceará, Northeast of Brazil) 1972 – 2003*. Journal of Coastal Research, Special Issue 50, p. 1163-1167. 2007.
- BLANKENSTEYN, A. *O uso de caranguejo maria-farinha Ocypode quadrata (Fabricius) (Crustácea, Ocypodidae) como indicador de impacto antropogênicos em praias arenosas da Ilha de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil*. Revista Brasileira de Zoologia, v. 23, n. 3, p. 870-876. 2006.
- BRANCO, J. O.; HILLESHEIM, J. C.; FRACASSO, H. A. A.; CHRISTOFFERSEN, M. L.; EVANGELISTA, C. L. *Bioecology of the Ghost Crab Ocypode quadrata (Fabricius, 1787) (Crustacea: Brachyura) Compared with Other Intertidal Crabs in the Southwestern Atlantic*. Journal of Shellfish Research, v. 29, n. 2, p. 503-512. 2010.
- BURGGREN, W. W.; MOREIRA, G. S.; SANTOS, M. C. F. *Specific dynamic action and the metabolism of the brachyuran land crabs Ocypode quadrata (Fabricius, 1787)*, Goniopsis

cruentata (Latreille, 1803) and *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 169, p. 117-130. 1993.

CHAKRABARTI, A. *Burrow Patterns of Ocypode ceratophthalma (Pallas) and Their Environmental Significance*. *Journal of Paleontology*, v. 55, n. 2, p. 431-441. 1981.

CHAN, B. K. K.; CHAN, K. K. Y.; LEUNG, P. C. M. *Burrow architecture of the ghost crab Ocypode ceratophthalma on a sandy shore in Hong Kong*. *Hydrobiologia*, v. 560, p. 43-49. 2006.

DANTAS, S. C. *Turismo, produção e apropriação do espaço e percepção ambiental: O caso de Canoa Quebrada, Aracati, Ceará*. (Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

DAHL, E. *Some aspects of the ecology and zonation of the fauna on sandy beaches*. *Oikos*, v. 4, n. 1, p. 1-27. 1952.

DIAS, I. C. C. M. *Biologia populacional de Mellita quinquiesperforata Leske (1778) (ECHINODERMATA: CLYPEASTEROIDA: MELLITIDAE) na praia da Taíba, Ceará, Brasil*. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

DIAS, I. C. C. M. *Influência da morfodinâmica praias na distribuição e variações morfológicas de Mellita quinquiesperforata Leske, 1778 no litoral do estado do Ceará*. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

DUNCAN, G. A. *Burrows of Ocypode quadrata (Fabricius) as Related to Slopes of Substrate Surfaces*. *Journal of Paleontology*, v. 60, n. 2, p. 384-389. 1986.

GARRISON, T. *Fundamentos de Oceanografia*. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

GIRÃO, M. M. L. *Variação espaço-temporal de Ocypode quadrata sob a influência de um gradiente antrópico na Praia do Cassino Rio Grande do Sul – Brasil*. 2009. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2009.

GROSSI-HIJO, C. A.; VIANA, M. G.; ROCHA-BARREIRA, C. A. *Distribuição vertical da macrofauna bentônica na faixa entremarés e zona de arrebentação da praia do Mundaú, Município de Trairi, Ceará, Brasil*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, 15, p. 816-830. 2005.

GROSSI-HIJO, C.A. *Macrofauna bentônica da zona de arrebentação da praia da Lagoinha, município de Paraipaba, Ceará, Brasil*. Monografia (Graduação em Engenharia de Pesca) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

GUILHERME, P. D. B. *Influência das fisiografias praias e suas alterações na distribuição e abundância do caranguejo Ocypode quadrata em praias de pontal do Paraná – Paraná – Brasil*. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2013.

- HILL, G.W.; HUNTER, R. E. *Burrows of ghost crab Ocypode quadrata (Fabricius) on the Barrier Islands, South-Central Texas coast*. Journal of Sedimentary Petrology, v. 43, p. 24–30. 1973.
- HOBBS, C. H.; LANDRY, C. B.; PERRY, P. E. *Assessing anthropogenic and natural impacts on ghost crabs (Ocypode quadrata) at Cape Hatteras National Seashore, North Carolina*. Journal of Coastal Research, v. 24, n. 6, p. 1450-1458. 2008.
- LALLI, C. M.; PARSONS, T. M. *Biological Oceanography, An Introduction (2nd Edition)*. The Open University, 1997.
- LIM, S. S. L.; YONG, A. Y. P.; TANTICHODOK, P. *Comparison of burrow morphology of juvenile and young adult Ocypode ceratophthalmus from Sai Kaew, Thailand*. Journal of Crustacean Biology, v. 31, n. 1, p. 59-65. 2011.
- MAGALHÃES, W. F.; LIMA, J. B.; BARROS, F.; DOMINGUEZ, J. M. L. *Is Ocypode quadrata (Fabricius, 1787) a useful tool for exposed sandy beaches management in Bahia State (Northeast Brazil)?* Brazilian Journal of Oceanography, v.57, n.2, p. 153-155. 2009.
- MARTINS, I. X. *Predação de Natica marochiensis (Gmelin, 1791) (Mollusca: Gastropoda: Naticidae) da Praia de Quitéria, município de Icapuí – CE*. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1996.
- MASSELINK G; SHORT, A. D. *The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: A conceptual beach model*. Journal of Coastal research, v. 9, p. 785-800. 1993.
- MCLACHLAN, A. *Sandy beach ecology: A review*. p. 321-381. In: MCLACHLAN, A.; ERASMUS, T. (Ed.), *Sandy beaches as ecosystems*. Dr. W. Junk Publishers. p. 321-381. 1983.
- MCLACHLAN, A.; JARAMILLO, E. *Zonation on sandy beaches*. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review, v. 33, p. 305-335. 1995.
- MCLACHLAN, A.; DORVLO, A. *Global patterns in sandy beach macrobenthic communities*. Journal of Coastal Research, v. 21, n. 4, p. 674-687. 2005.
- MCLACHLAN, A.; BROWN, A. C. *The Ecology of Sandy Shores*. 2 Ed. Academic Press, 2006.
- MCLACHLAN, A.; DORVLO, A. *Species: Area relationships for sandy beach macrobenthos in the context of intertidal width*. Oceanologia, v. 49, n. 1, p. 91-98. 2007.
- MELO, G. A. S. 1996. *Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro*. São Paulo: Plêiade Fapesp, 1996.
- MILNE, L. J.; MILNE, M. J. *Notes on the behavior of the ghost crab*. American Naturalist v. 80, p. 362–380. 1946.

MATTHEWS-CASCON, H.; ROCHA-BARREIRA, C. A.; FRANKLIN-JÚNIOR, W.; DANTAS, N. P.; LOTUFO, T. M. C.; MARQUES, A. C.; MARTINS, I. X. *Biota marinha da costa oeste do Ceará - Relatório Técnico, PROBIO (Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira)*. Ministério do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia. 2004.

MONTENEGRO JÚNIOR, I. R. P. *Turismo e Urbanização: Gestão de Impactos no Litoral de Aquiraz-Ce*. Dissertação (Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

MORAES, S.; CLAUZET, M.; RAMIRES, M.; BARRELLA, W. *Análise das tocas do caranguejo Ocypode quadrata na Praia do Guarauzinho – Estação Ecológica Juréia Itatins – Núcleo Arpoador – Peruíbe – SP – BRASIL: Uma visão tridimensional*. Unisanta BioScience, v. 2, n. 1, p. 16 – 21. 2013.

MORAIS, J. O.; FREIRE, G. S. S.; PINHEIRO, L. S.; SOUZA, M. J. N.; CARVALHO, A. M.; PESSOA, P. R. S.; OLIVEIRA, S. H. M. - CEARÁ. In: MUEHE, D. (Org.). *Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro*. MMA (Ministério do Meio Ambiente). v. 1, p. 132-154. 2006.

NEGREIROS-FRANSOZO, M. L.; FRANSOZO, A.; BERTINI, G. *Reproductive cycle and recruitment period of Ocypode quadrata (Decapoda, Ocypodidae) at a sandy beach in southeastern Brazil*. Journal of Crustacean Biology, v. 22, n. 1, p. 157-161. 2002.

NEVES, F. M.; BEMVENUTI, C. E. *The ghost crab Ocypode quadrata (Fabricius, 1787) as a potential indicator of anthropic impact along the Rio Grande do Sul coast, Brazil*. Biological Conservation, v. 33, p. 431-435. 2006.

PAULA, D. P.; DIAS, J. A.; SOUZA, M. A. L.; FARRAPEIRA NETO, C. A.; BARROS, E. L. *Monitorização de curto prazo da praia do Icaraí (Caucaia, Ceará, Brasil) após construção de estrutura rígida do tipo Bagwall para controle da erosão*. 6º Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa, Maputo, Moçambique, Maio, 2013.

PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. *Biologia marinha*. 2 Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

QUEIROZ, L. R.; ROCHA-BARREIRA, C. A. *Macrofauna bentônica da Praia de Arpoeiros, Acaraú, litoral oeste do Estado do Ceará*. In: Encontro de Pesquisa e Pós-Graduação, 5, Fortaleza, p. 15-16. 2005.

QUEIROZ, L. R. *As praias arenosas do estado do Ceará: Relação entre ambiente físico e a estrutura de comunidade em um ambiente tropical*. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas tropicais) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

RINGOLD, P. *Burrowing, root mat density, and the distribution of fiddler crabs in the eastern United States*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, v. 3, p. 11-21. 1979.

- ROCHA-BARREIRA, C. A.; MONTEIRO, D. O.; FRANKLIN-JÚNIOR, W. *Macrofauna bentônica da faixa intertidal da Praia do Futuro, Fortaleza, Ceará, Brasil*. Arquivos de Ciências do Mar, v. 34, p. 23-38. 2001.
- ROCHA-BARREIRA, C. A.; BATISTA, W. F.; MONTEIRO, D. O.; FRANKLIN-JÚNIOR, W. *Aspectos da estrutura populacional de Donax striatus (Linnaeus, 1758) (Mollusca: Donacidae) na Praia do Futuro, Fortaleza – CE*. Arquivos de Ciências do Mar, v. 35, p. 51-55. 2002.
- ROSA, L. C.; BORZONE, C. A. *Spatial distribution of the Ocypode quadrata (Crustacea: Ocypodidae) along estuarine environments in the Paranagua Bay Complex, southern Brazil*. Revista Brasileira de Zoologia, v. 25, n. 3, p. 383- 388. 2008
- SANTOS, M. C. F.; MOREIRA, G. S. BROTTTO, R. O. *Osmo-ionic regulation in the Brazilian ghost crab Ocypode quadrata (Fabricius, 1787) (Crustacea, Brachyura)*. Topics in Scientia Marina, v. 53, n. 2-3, p. 691 – 694. 1989
- SANTOS, M. C. F.; MOREIRA, G. S. *Time course of osmoionic compensations to acute salinity exposure in the ghost crab Ocypode quadrata (Fabricius, 1787)*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, v. 235, p. 91–104. 1999.
- SEIKE K.; NARA, M. *Burrow morphology of the ghost crabs Ocypode ceratophtalma and O. sinensis among the foreshore, backshore, and dune subenvironments of a sandy beach of Japan*. Journal of the Geological Society of Japan, v. 114, n. 11, p. 591-596. 2008.
- SHORT, A. D.; WRIGHT, L.D. *Physical variability of sandy beaches*. In: MCLACHLAN, A.; ERASMUS, T. (Ed.). *Sandy beaches as ecosystems: 1st International Symposium on Sandy Beaches, South Africa*, p.17-21. 1983.
- SHORT, A. D. *The role of wave height, slope, tide range and embaymentisation in beach classification: a review*. Revista Chilena de Historia Natural, v. 69, p. 589–604. 1996.
- SILVA, W. T. A. F.; CALADO, T. C. S. *Spatial distribution of and anthropogenic impacts on ghost crab Ocypode quadrata (Crustacea, Ocypodidae) burrows in Maceió, Brazil*. Revista Nordestina de Zoologia, v. 5, n. 1, p. 1-9. 2011.
- SILVA, W. T. A. F.; CALADO, T. C. S. *Number of ghost crab burrows does not correspond to population size*. Central European Journal of Biology, v. 8, n. 9, p. 843-847. 2013.
- SILVA, W. T. A. F.; CALADO, T. C. S. *Burrow architectural types of the Atlantic ghost crab, Ocypode quadrata (Fabricius, 1787) (Brachyura: Ocypodidae), in Brazil*. 2014. Disponível em: bioRxiv doi: <<http://dx.doi.org/10.1101/006098>>. Acesso em: 5 de novembro de 2014.
- SOUSA, P. H. G. O.; PINHEIRO, L. S.; MORAIS, J. O.; CARVALHO, D. A. P.; LIMA, J. S. Q.; LIMA, M. F. *Processos erosivos e balanço sedimentológico na praia de Paracuru – Ceará – Brasil*. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, VI, Goiânia, Goiás. 2006.

- SOUZA, J. R. B.; LAVOIE, N.; BONIFÁCIO, P. H.; ROCHA, C. M. C. *Distribution of Ocypode quadrata (Fabricius, 1787) on sandy beaches of Northeastern Brazil*. Atlântica, v. 30, n. 2, p. 139-145. 2008.
- TURRA, A.; GONÇALVES, M. A. O.; DENADAI, M. R. *Spatial distribution of the ghost crab Ocypode quadrata in low-energy tide-dominated sandy beaches*. Journal of Natural History, v. 39, p. 2163-2177. 2005.
- VELOSO, V. G.; CARDOSO, R. S.; FONSECA, D. B. *Adaptações e biologia da macrofauna de praias arenosas expostas com ênfase nas espécies da região entre-marés do litoral Fluminense*. In: ABSALÃO, R. S.; ESTEVES, A. M. Oecologia Brasiliensis III: Ecologia de praias arenosas do litoral brasileiro, v. III, p. 135-154. 1997.
- VIANA, M.G.; ROCHA-BARREIRA, C.A.; GROSSI HIJO, C.A. *Macrofauna bentônica da faixa entremarés e zona de arrebentação da Praia de Paracurú (Ceará-Brasil)*. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology, Itajaí, v. 9, n. 1, p. 75-82. 2005.
- VIEIRA, H.; CALLIARI, L. J.; OLIVEIRA, G. P. *O estudo do impacto da circulação de veículos em praias arenosas através de parâmetros físicos: um estudo de caso*. Engevista, v. 6, n. 3, p. 54-63. 2004.
- VIEIRA, J. V. *Efeitos das atividades recreativas sobre a fauna bentônica de ambientes praias*. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2011.
- VINAGRE, A. S.; AMARAL, A. P. N.; RIBARCKI, F. P.; SILVEIRA, E. F.; PÉRICO, E. *Seasonal variation of energy metabolism in ghost crab Ocypode quadrata at Siriú Beach (Brazil)*. Comparative Biochemistry and Physiology, Part A, v. 146 p. 514–519. 2007.
- WOLCOTT, T. G. *Ecological role of ghost crabs, Ocypode quadrata (Fabricius) on an ocean beach: Scavengers or Predators?* Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, v. 31, p. 67-82. 1978.
- YONG, A. Y. P.; LIM, S. S. L. *The potential of Ocypode ceratophthalmus (Pallas, 1772) as a bioindicator of human disturbance on Singapore beaches*. Crustaceana, v. 82, n. 12, p. 1579-1597. 2009.