

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE NEOTROPICAL (PPGBIO)
MESTRADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**INSTABILIDADE DO DESENVOLVIMENTO DA MACROFAUNA
SOB O EFEITO DO USO HUMANO NAS PRAIAS: ASSIMETRIA
FLUTUANTE EM CRUSTÁCEOS**

LUDMILA BRANDÃO GALHARDO

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação *stricto sensu* em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Silva Cardoso
Co-orientador: Prof. Dr. Luciano Neves dos Santos

UNIRIO – RJ
Março de 2013

**INSTABILIDADE DO DESENVOLVIMENTO DA MACROFAUNA SOB O
EFEITO DO USO HUMANO NAS PRAIAS: ASSIMETRIA FLUTUANTE EM
CRUSTÁCEOS**

LUDMILA BRANDÃO GALHARDO

Banca Examinadora

Dr. Ricardo Silva Cardoso (UNIRIO) – Orientador

Dr. Luciano Neves dos Santos (UNIRIO) – Co-orientador

Dr. Paulo Cesar de Paiva (UFRJ)

FICHA CATALOGRÁFICA

Galhardo, L. B.

Instabilidade do desenvolvimento da macrofauna sob o efeito do uso humano nas praias: assimetria flutuante em crustáceos

Dissertação (pós-graduação *stricto sensu* em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Rio de Janeiro, 2013.

Palavras Chaves: estresse ambiental; pressão antrópica; *Atlantorchestoidea brasiliensis*; *Emerita brasiliensis*.

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação à
minha mãe Vera e ao meu pai
Vitor, meus amores.

AGRADECIMENTOS

À Deus e todas as forças positivas me iluminam e me dão paciência para continuar meu caminho.

Aos meus pais, por todo apoio, paciência, conselhos, dedicação e amor. Sem eles nada disso seria possível.

Aos meus irmãos, Stefano, pelo companheirismo diário, por sempre estar do meu lado; e Du, pelas ótimas conversas e indispensáveis conselhos sobre a vida acadêmica.

À toda minha família, pelo apoio e torcida em mais essa etapa da minha carreira.

À Boo, minha lindona, por esses oito anos de muito carinho. Minha alegria ao chegar em casa.

Ao meu orientador e chefinho, Ricardo Cardoso, por toda paciência e ajuda para que essa dissertação fosse realizada, pela grande ideia desse projeto, pelas piadas sem graça.

À família ECOMAR, Ricardo, Tati, Gustavo, Felipe, Vivi, Tutu, Marcelo, Gabriel e Michel, com certeza a melhor equipe de todas. Sentirei muitas saudades, tenho que admitir isso. Hahaha Um obrigado especial para a Tati, Felipe, Tutu e Gabriel pela ajuda nas coletas e “caças” aos meus anfipodas e tatuís.

À todos os meus amigos, pelos momentos de alegria e diversão. E por entenderem a minha ausência neste momento final e o incentivo que tudo ia dar certo. Amo muito, cada um de vocês!

À UNIRIO, faculdade muito querida, que desde 2005 me faz crescer como pessoa e bióloga. E me fez conhecer pessoas e profissionais maravilhosos.

Ao PPGBIO, pela oportunidade e pelos auxílios nesses dois anos.

À CAPES, pela bolsa do mestrado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABELAS.....	10
RESUMO.....	12
ABSTRACT.....	13
I. INTRODUÇÃO GERAL.....	14
II. MATERIAL E METODOS GERAL.....	20
1. Área de estudos.....	20
2. Assimetria Flutuante.....	23
3. Análise Estatística.....	24
III. <i>Atlantorchestoidea brasiliensis</i>	26
1. Introdução.....	26
2. Materiais e métodos.....	28
2.1 Amostragem.....	28
2.2 Procedimentos em laboratório.....	29
3. Resultados.....	30
IV. <i>Emerita brasiliensis</i>	37
1. Introdução.....	37
2. Materiais e métodos.....	39
2.1 Amostragem.....	39
2.2 Procedimentos em laboratório.....	40
3. Resultados.....	41
V. DISCUSSÃO GERAL.....	47
VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuições de frequência de R-L (diferença de valores entre os lados direito e esquerdo do corpo) em organismos bilaterais: a) Assimetria Flutuante b) Assimetria direcional; c) Antissimetria (Ottaviano & Scapini, 2010).....	16
Figura 2: Localização das áreas de estudo. Retângulo verde indica a Praia da Barra da Tijuca e quadrado azul indica a Praia de Fora.....	20
Figura 3: Praia de Fora.....	21
Figura 4: Praia da Barra da Tijuca.....	22
Figura 5. Tratores de limpeza na praia da Barra da Tijuca.....	23
Figura 6. <i>Atlantorchestoidea brasiliensis</i> . (Macho de 11 mm).....	28
Figura 7. Tocas de <i>Atlantorchestoidea brasiliensis</i> localizadas do supralitoral até o mediolitoral.....	29
Figura 8: Medição dos caracteres escolhidos para <i>Atlantorchestoidea brasiliensis</i> : 1. Comprimento do 2º segmento da antena; 2. Comprimento do 4º segmento (mero) do terceiro, quinto e sétimo par de pereiópodos.....	30
Figura 9: Média dos valores da assimetria flutuante (FA) para cada caractere em cada praia nas duas estações para <i>Atlantorchestoidea brasiliensis</i> , onde Ant = Comprimento do 2º segmento da antena, M3ºP = comprimento do mero do 3º pereiópodo, M5ºP = comprimento do mero do 5º pereiópodo, M7ºP = comprimento do mero do 7º pereiópodo. Barra preta = Praia da Barra da Tijuca verão; barra branca = Praia da Barra da Tijuca inverno.....	

inverno; barra vermelha = Praia de Fora verão; barra rosa = Praia de Fora inverno.....	32
Figura 10. Vista dorsal de <i>Emerita brasiliensis</i>	39
Figura 11. Zona de espraçamento.....	40
Figura 12: Medição dos caracteres escolhidos para <i>Emerita brasiliensis</i> : 1. Distância do espinho central do rostro até o espinho direito e o espinho esquerdo; 2. Comprimento do 1º segmento (dácilo) do primeiro par de pereiópodos; 3. Altura do dácilo do primeiro par de pereiópodos; 4. Distância do canal mediano (fim do estômago) na base do télson para a margem direita e a margem esquerda deste segmento.....	41
Figura 13. Média dos valores da assimetria flutuante (FA) para cada caractere em cada praia nas duas estações para <i>Emerita brasiliensis</i> , onde T = Distância do telson, R = distância rostro, CD = comprimento do dácilo do 1º pereiópodo, AD = altura do dácilo do 1º pereiópodo. Barra preta = Praia da Barra da Tijuca verão; barra branca = Praia da Barra da Tijuca inverno; barra vermelha = Praia de Fora verão; barra rosa = Praia de Fora inverno.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela I: Características físicas, ambientais e urbanísticas da praia da Barra da Tijuca e da praia de Fora.....	22
Tabela II. Resultados da ANOVA bi-fatorial (fatores: lado x indivíduo) para cada caractere em cada praia e em cada estação para <i>Atlantorchestoidea brasiliensis</i>	31
Tabela III. Médias dos níveis da assimetria flutuante (FA) de cada caractere de <i>Atlantorchestoidea brasiliensis</i> nas duas praias e nas duas estações, onde $(R+L)/2$ = tamanho do caractere (mm); r = coeficiente de correlação de $ R-L $ com $(R+L)/2$; $ R-L $ = (medida do caractere da direita – medida do caractere da esquerda); n = número de indivíduos; DP = desvio padrão.....	33
Tabela IV. Resultados da ANOVA bi-fatorial (fatores: praia x caractere) e da ANOVA uni-fatorial (fator: praia) para cada caractere no inverno e no verão para <i>Atlantorchestoidea brasiliensis</i> , onde gl = grau de liberdade; MS = soma dos quadrados; F = razão.....	34
Tabela V. Resultados da ANOVA bi-fatorial (fatores: estação do ano x caractere) e da ANOVA uni-fatorial (fator: estação do ano) para cada caractere nas duas praias para <i>Atlantorchestoidea brasiliensis</i> , onde gl = grau de liberdade; MS = soma dos quadrados; F = razão.....	35
Tabela VI. Resultados da ANOVA uni-fatorial (fator: praia) para a média do valor de CFA no inverno e no verão e da ANOVA uni-fatorial (fator: estação do ano) para a média do valor de CFA em cada praia para <i>Atlantorchestoidea brasiliensis</i> , onde gl = grau de liberdade; MS = soma dos quadrados; F = razão.....	36

Tabela VII. Resultados da ANOVA bi-fatorial (fatores: lado x indivíduo) para cada caractere em cada praia e em cada estação para *Emerita brasiliensis*.....42

Tabela VIII. Médias dos níveis de assimetria flutuante (FA) de cada caractere de *E.merita brasiliensis* nas duas praias e nas duas estações, onde $(R+L)/2$ = tamanho do caractere (mm); r = coeficiente de correlação de $|R-L|$ com $(R+L)/2$; $(R-L)$ = (medida do caractere da direita – a medida do caractere da esquerda); n = número de indivíduos; DP= desvio padrão.....44

Tabela IX. Resultados da ANOVA bi-fatorial (fatores: praia x caractere) e da ANOVA uni-fatorial (fator: praia) para cada caractere no inverno e no verão para *Emerita brasiliensis*, onde gl= grau de liberdade; MS= soma dos quadrados; F= razão.....45

Tabela X. Resultados da ANOVA bi-fatorial (fatores: estação do ano x caractere) e da ANOVA uni-fatorial (fator: estação do ano) para cada caractere nas duas praias para *Emerita brasiliensis*, onde gl= grau de liberdade; MS= soma dos quadrados a; F= razão.....45

Tabela XI. Resultados da ANOVA uni-fatorial (fator: praia) para a média do valor de CFA no inverno e no verão e da ANOVA uni-fatorial (fator: estação do ano) para a média do valor de CFA em cada praia para *Emerita brasiliensis*, onde gl= grau de liberdade; MS= soma dos quadrados; F= razão.....46

RESUMO

O nível de variações nas características morfológicas entre indivíduos de uma mesma espécie pode ser considerado uma forma de avaliar a qualidade ambiental e a instabilidade de desenvolvimento dos indivíduos em um determinado ambiente. Um indicador desta instabilidade é a assimetria flutuante, que mede os desvios do desenvolvimento simétrico de caracteres morfológicos. A assimetria do corpo é medida através das diferenças entre os caracteres bilaterais da direita e da esquerda de um organismo em uma amostra populacional. A assimetria flutuante pode ser utilizada como uma medida de resposta de uma população aos esforços de desenvolvimento, da capacidade de resistir a perturbações ambientais e para quantificar o nível de estresse desta determinada população. A assimetria flutuante dos crustáceos *Atlantorchestoidea brasiliensis* e *Emerita brasiliensis* em duas praias arenosas da cidade do Rio de Janeiro, com distintos graus de frequentadores, foi analisada no inverno de 2011 e no verão de 2012. Os maiores níveis de assimetria flutuante das duas espécies foram encontrados na praia classificada como frequentada em ambas estações do ano, corroborando com a hipótese de que o efeito do uso da praia pelo ser humano causa a indução do estresse sobre estes organismos.

Palavras-chaves: estresse ambiental; pressão antrópica; praias arenosas; *Atlantorchestoidea brasiliensis*; *Emerita brasiliensis*.

ABSTRACT

Level of morphological variations among individuals of the same species can be considered a way to assess the environmental quality and the instability development of individuals in an environment. An indicator of this instability is fluctuating asymmetry, which measures the deviation from the symmetrical development of morphological characters. Asymmetry of the body is measured by the differences between the bilateral character of the right and left of a body in a population sample. Fluctuating asymmetry can be used as a measure of response of a population development effort, the ability to withstand environmental disturbances and to measure the stress level in the population. Fluctuating asymmetry of crustaceans *Atlantorchestoidea brasiliensis* and *Emerita brasiliensis* in two sandy beaches in city of Rio de Janeiro, with varying degrees of regulars, was analyzed in the winter of 2011 and summer of 2012. Highest levels of fluctuating asymmetry of the two species were found on the beach frequented ranked in both seasons, corroborating the hypothesis that the effect of use the beach by humans causes the induction of stress on these organisms.

Keywords: environmental stress; anthropic pressure; sandy beaches; *Atlantorchestoidea brasiliensis*; *Emerita brasiliensis*.

I. INTRODUÇÃO GERAL

As praias arenosas são habitats dinâmicos, onde as condições físicas estão mudando constantemente. Espécies que vivem nesses habitats estão adaptadas a eles, e podem resistir a perturbações periódicas. No entanto, o uso intenso das praias por seres humanos muitas vezes interrompe e/ou alteram severamente as flutuações naturais, gerando assim condições estressantes para os organismos. (Barca-Bravo *et al.*, 2008). As alterações causadas pelo uso humano geram uma crescente preocupação em relação às consequências ecológicas e evolutivas destes estresses sobre populações naturais (Polak *et al.*, 2002). A avaliação e uma correta interpretação das alterações humanas exigem métodos e medidas que sejam suficientemente sensíveis para detectar qualquer mudança, seja em nível de organismo, espécie, população ou comunidade (Servia *et al.* 1998). Entretanto a detecção e a avaliação dos efeitos antrópicos ainda é um desafio para as ciências ambientais (Kristensen *et al.*, 2004), assim como, técnicas simples e sem alto custo (Hódar, 2002).

As medições de mudanças no desenvolvimento ontogenético dos indivíduos de uma população natural é considerada uma ótima ferramenta para a bioindicação de estresse ambiental. Através de tais métodos é possível avaliar os efeitos de agentes estressantes sobre uma população (Hogg *et al.*, 2001). A quantidade de mudanças nas características morfológicas pode ser considerada uma forma de avaliar a qualidade ambiental e a instabilidade de desenvolvimento dos indivíduos em determinado ambiente (Weller & Ganzhorn, 2004). Um indicador desta instabilidade é a assimetria dos caracteres bilaterais (Palmer & Strobeck, 1986).

A análise das propriedades estatísticas torna possível distinguir entre os três tipos de assimetria: assimetria direcional, antissimetria e assimetria (Figura 1). A assimetria direcional (DA) é observada quando um lado tende a ser mais desenvolvido do que o outro. Neste caso, é possível prever qual o lado do caractere será maior antes de o seu desenvolvimento. Na assimetria direcional os valores das diferenças entre os lados direito e esquerdo do corpo são normalmente distribuídos, mas com a média significativamente diferente de zero; e os desvios do desenvolvimento são orientados para uma direção

específica e geneticamente codificada. A antissimetria (AT) ocorre quando um lado de um caractere é maior do que o outro, mas não existe uma preferência para um dos lados. Portanto, não é possível prever qual o lado será maior (Palmer, 1994).

A assimetria direcional e a antissimetria não têm sido consideradas estimativas da instabilidade no desenvolvimento por terem uma base adaptativa e/ou serem determinadas por componentes genéticos ainda desconhecidos, refletindo um desenvolvimento normal dos organismos (Palmer & Strobeck, 1986; Palmer, 1994; Van Dongen, 2006). Além disso, a assimetria direcional e a antissimetria podem ser ambientalmente induzidas quando um lado é utilizado diferencialmente em relação ao outro ou quando está sob pressão de diferentes condições ambientais (Van Dongen, 2006), ou ainda ser resultado de medições sistemáticas tendenciosas (Helm & Albrecht, 2000).

A assimetria flutuante (FA) é definida como um ligeiro desvio aleatório de um caráter morfológico de simetria bilateral perfeita (Van Valen, 1962). A assimetria do corpo é medida por meio das diferenças entre os caracteres bilaterais da direita e da esquerda de um organismo numa amostra da população. É geralmente o resultado do desenvolvimento diferente dos dois lados do corpo de um indivíduo. A assimetria flutuante vem sendo utilizada como uma medida da instabilidade do desenvolvimento. Em geral, características bilaterais devem ser simétricas, porque são produtos do mesmo genoma, mas o estresse durante o desenvolvimento pode resultar em desvios da simetria do caractere (Otaviano & Scapini, 2010). Aliado a isso, espera-se que os níveis de assimetria flutuante sejam negativamente correlacionados com o valor adaptativo (“fitness” e seus componentes), embora haja dados contraditórios (Markow & Ricker, 1992; Ueno, 1994).

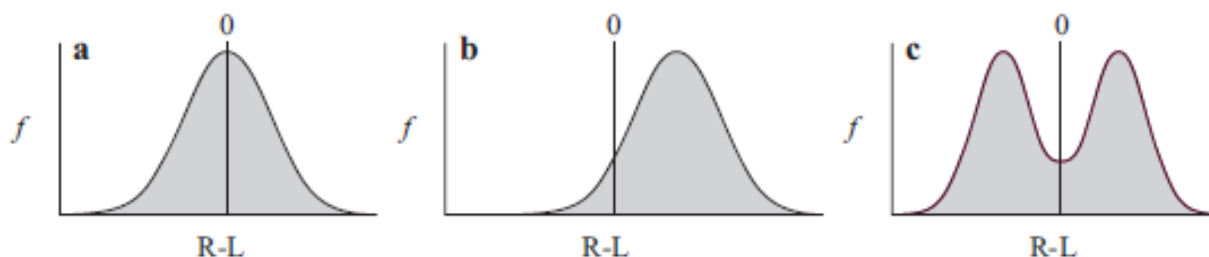


Figura 1. Distribuições de frequência de R-L (diferença de valores entre os lados direito e esquerdo do corpo) em organismos bilaterais: a) Assimetria Flutuante b) Assimetria direcional; c) Antissimetria (Ottaviano & Scapini, 2010).

Flutuações assimétricas são mais prováveis de ocorrer em organismos que se desenvolvem sob condições de estresses, pois estes apresentam, de modo geral, maior dificuldade de regular seu desenvolvimento. A assimetria flutuante é então sugerida como ferramenta para estimar o estresse em um indivíduo, e suas medidas podem, então, representar um indicador sensível de desenvolvimento do organismo em seu ambiente (Lempa *et al.*, 2000).

De um ponto de vista estatístico, assimetria flutuante segue duas regras: os valores das diferenças entre os lados direito (R) e esquerdo (L) do corpo são: a) normalmente distribuídos, e b) têm a média em torno de zero (certo número de indivíduos tem um caractere mais desenvolvido em um lado do corpo, e o mesmo número de indivíduos têm o mesmo caractere mais desenvolvido do outro lado) (Ottaviano & Scapini, 2010). O nível de assimetria de cada caractere é caracterizado pela variância da distribuição de frequência (Barca-Bravo *et al.*, 2008).

Møller & Swaddle (1997) afirmam que sempre, durante o desenvolvimento, há estresses genéticos ou ambientais, assim, as assimetrias da estrutura de um organismo bilateral ocorrerá. Entre tensões genéticas podem-se considerar mutações, um alto grau de homozigose, hibridação, endogamia e períodos intensos de seleção direcional; todos esses fenômenos interferem com o equilíbrio do genoma do organismo, reduzindo sua capacidade de amenizar erros aleatórios de desenvolvimento que eventualmente, irão resultar em assimetrias corporais. Estresses ambientais, como por exemplo, temperaturas adversas, poluição química ou ação antrópica, podem desestabilizar ainda mais organismos durante as fases sensíveis do seu desenvolvimento. Assim, as populações que mostram níveis

de assimetria flutuante distintos são muito provavelmente sujeitas a diferentes graus de estresse (Otaviano & Scapini, 2010).

Os caracteres bilaterais de um indivíduo são distinguidos em: 1) caracteres merísticos, que estão em uma quantidade discreta e podem ser contados; a assimetria destes caracteres é geralmente sugestiva de níveis extremamente elevados de estresse; 2) caracteres métricos, medidas de distância, ou seja, entre dois pontos do corpo; caracteres métricas são indicadores mais sensíveis da estabilidade do desenvolvimento de um organismo (Møller & Swaddle, 1997).

A aplicabilidade da assimetria flutuante (FA) para avaliar a qualidade do habitat para fins de conservação foi amplamente discutida (Clarke, 1995; Møller, 1995; Leung & Forbes, 1996; Møller & Thornhill, 1997; Van Dongen & Lens, 2000). A assimetria flutuante pode ser utilizada como uma medida de resposta de uma população aos esforços de desenvolvimento, a capacidade de resistir a perturbações ambientais e para quantificar o nível de estresse desta determinada população (Savage & Hogarth, 1999), sendo assim, um importante fator no monitoramento ambiental (Clarke, 1993). Sendo a assimetria flutuante (FA) considerada um indicador confiável da qualidade do habitat, esta medida facilitaria muito a classificação de adequação do habitat para as espécies consideradas (Weller & Canzhorn, 2004).

Estudos sobre a assimetria flutuante (FA) apresentam indícios de que há seleção direta para indivíduos simétricos, como exemplo, em termos dos recursos naturais (Swaddle, 1997), seleção sexual (Møller, 1993; Watson & Thornhill, 1994), herbivoria (Cornelissen & Stiling, *et al.*, 2005), vantagens em competição intra-específica (Sneddon & Swaddle, 1998) e predação (Galeotti *et al.*, 2005). Tais estudos são utilizados em diversas abordagens ecológicas, como populações que podem ser utilizadas como bio-indicadoras de estresse ambiental (Barca-Bravo *et al.*, 2008) como atividades ligadas ao turismo, como o pisoteio e lixo acumulado (Fanini *et al.*, 2005), poluição por metal pesado e fatores antropogênicos, como afirmam Graham *et al.* (1993).

A análise dos níveis da assimetria flutuante (FA) vem sendo aplicada com sucesso em diferentes grupos taxonômicos, como plantas (herbivoria) (Fair & Breshears, 2005), insetos (seleção sexual; ação de pesticidas e altas temperaturas) (Thornhill, 1992; Bjorksten *et al.*, 2000; Servia *et al.*, 2004;

Chang *et al.*, 2007; Abaga *et al.*, 2011), crustáceos (impacto antrópico) (Barca-Bravo *et al.*, 2008; Otaviano & Scapini, 2010), moluscos (alta mortalidade) (Kiflawi *et al.*, 2000; Frechette *et al.*, 2003), peixes (ação de metal pesado e seleção sexual) (Kodric-Brown, 1997; Allenbach *et al.*, 1999), anfíbios (diferentes níveis de pH) (Soderman, 2007), répteis (populações isoladas) (Bancila, 2010), aves (seleção sexual, ação de metal pesado, fragmentação do habitat) (Møller, 1996; Eeva *et al.*, 2000; Lens *et al.*, 2002) e mamíferos (predação) (Galeotti *et al.*, 2005).

Poucos estudos têm por objetivo avaliar as consequências das perturbações humanas sobre os processos de população e estrutura da comunidade em praias arenosas (Lercari & Defeo, 2003). Entretanto na década de 1960 foi observada a presença de deformidades morfológicas em macroinvertebrados bentônicos (Brinkhurst *et al.*, 1968), e desde então vem sendo difundida a ideia de que essas anomalias poderiam ser usadas para monitoramento ambiental (Johnson *et al.* 1993, Palmer 1996).

Assim, crustáceos têm sido bem utilizados como bioindicadores de impactos antropogênicos em praias arenosas, pois permitem uma avaliação em curto prazo de respostas ao estresse ambiental (Wenner, 1988). Barca-Bravo *et al.* (2008) e Otaviano & Scapini (2010) analisaram os níveis de assimetria flutuante do anfípoda *Talitrus saltator*, em três praias arenosas da Espanha com níveis de pressão antrópica (poluição e turismo) distintos. No Rio de Janeiro, os impactos sobre o tamanho da população do anfípoda *Atlantorchestoidea brasiliensis* e do isopoda *Excirolana braziliensis* têm sido relacionados com o elevado grau de urbanização (Veloso *et al.*, 2006; 2008; 2009; 2011).

A premissa deste estudo está baseada no trabalho feito por Barca-Bravo *et al.* (2008) que observaram o efeito da assimetria flutuante em representantes da macrofauna (talitrídeos) de praias arenosas, sendo este efeito mais representativo em praias onde há maior ação humana. A meta é apresentada por meio da seguinte hipótese nula a ser validada: (1) Não há diferenças da assimetria flutuante (FA) em espécies da macrofauna entre as praias em área militar com acesso restrito e as praias de livre acesso.

Este estudo teve como objetivos: (1) analisar e quantificar a assimetria flutuante de duas espécies de crustáceos com formas reprodutivas distintas

(*Emerita brasiliensis* e *Atlantorchestoidea brasiliensis*); (2) comparar a assimetria flutuante de cada espécie: nos diferentes tipos de praia em relação a frequência da população humana (muito frequentada x pouco frequentada) e entre as estações (verão x inverno) na mesma praia.

II. MATERIAL & MÉTODOS

1. Área de Estudo

As coletas foram realizadas no inverno (agosto de 2011) e verão (janeiro de 2012) em duas praias arenosas: 1) Praia de Fora (Fortaleza de São João), Urca – Rio de Janeiro (43°10'W; 22°57'S), localizada em área militar e com acesso restrito; 2) Praia da Barra da Tijuca – Rio de Janeiro (43°06'W; 23°21'S) fácil acesso e livre ao público sendo altamente utilizada (Figura 2).

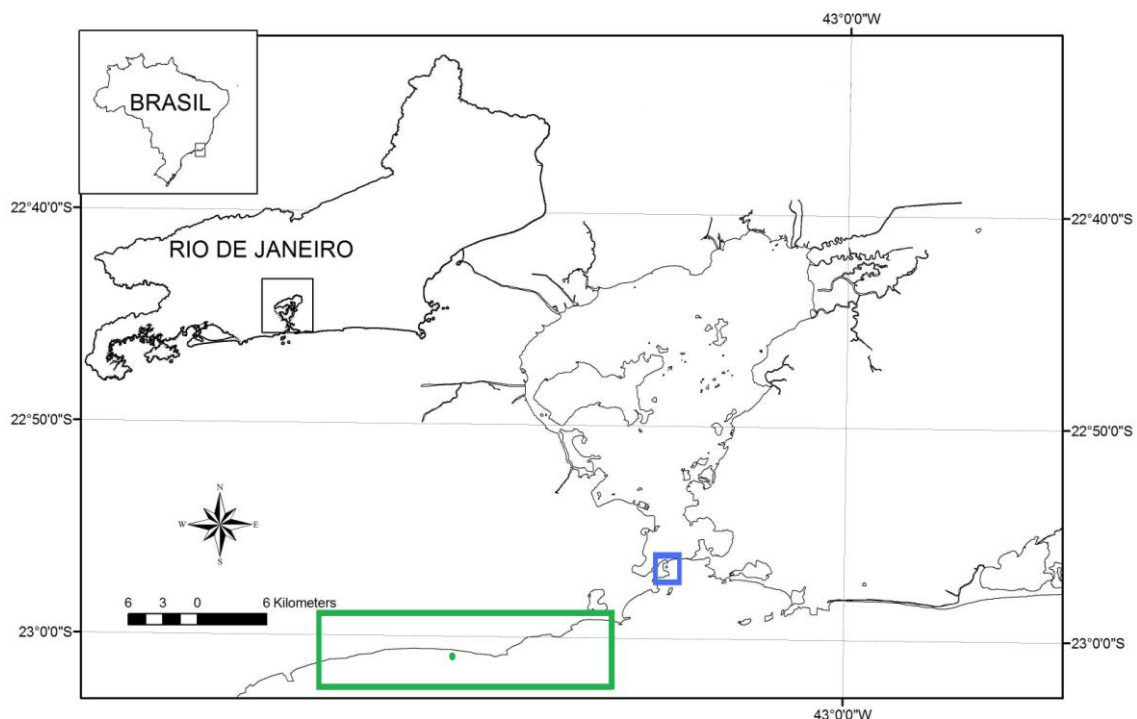


Figura 2: Localização das áreas de estudo. Retângulo verde indica a Praia da Barra da Tijuca e quadrado azul indica a Praia de Fora.

A Praia de Fora (Figura 3) tem 800 metros, e de acordo com a classificação proposta por McLachlan (1980) trata-se de uma praia semi-exposta refletiva (Veloso & Cardoso, 1997). Na tabela de Wentworth (Suguio, 1973) seu sedimento é classificado como areia grossa (Tabela I). A praia de

Fora é caracterizada por seu acesso restrito, o que diminui o efeito do pisoteio e do estresse antropogênico sobre a comunidade. É classificada como uma praia de uso múltiplo, de acordo com a combinação do Índice de conservação (CI) e do Índice de recreação (RI), proposto por McLachlan *et al.* (2013), sendo caracterizada por seu acesso restrito e pouca infraestrutura, com isso há uma baixa ação antrópica.



Figura 3: Praia de Fora.

A praia da Barra da Tijuca (Figura 4) tem 18000 m de comprimento, sendo 10000 urbanizados e com ampla infraestrutura (estacionamentos, quiosques) e seu estado morfodinâmico foi caracterizado como intermediário, com sedimento classificado como areia média (Veloso *et al.*, 2006) (Tabela I). A coleta foi realizada no primeiro trecho urbanizado (Alvorada) que possui 4000 m. De acordo com a classificação proposta por McLachlan *et al.* (2013), através da combinação do Índice de conservação (CI) e do Índice de recreação (RI), a praia é classificada como uma praia de recreação intensiva, sendo caracterizada por ser uma área de acesso livre e fácil, apresentar boa infraestrutura, o que gera alto turismo nesta região. Por ser uma praia moderadamente poluída, a limpeza da praia é feita não só de forma manual,

mas com tratores (Figura 5), o que acarreta um maior impacto na macrofauna dessa praia.



Figura 4: Praia da Barra da Tijuca.

Tabela I: Características físicas, ambientais e urbanísticas da praia da Barra da Tijuca e da praia de Fora.

	Praia da Barra da Tijuca	Praia de Fora
Características físicas		
Comprimento (m)	18000	800
Regime de maré	Micromaré	Micromaré
Parâmetro de Dean (Ω) ¹	1,85 (Intermediária)	2,02 (Refletiva)
Exposição ²	Exposta	Semi-exposta
Classificação do grão ³	Médio	Grosso
Tamanho do grão (mm)	0,44	0,51
Declive ⁴ (1/m)	1/12,25	1/12,47
Características ambientais e urbanísticas		
Vegetação de duna	Sim	Não
Influência Humana	Alta	Média
Urbanização	Alta	Baixa
Área protegida	Não	Não
Limpeza da areia	Manual e Tratores	Manual
Pontos de acesso	Livre	Restrito
Presença de turismo	Alta	Baixa

¹altura/ velocidade da areia x período de onda; ²de acordo com McLachlan (1980); ³tipo de sedimento de acordo com Folk & Ward (1957); ⁴declive = gradiente médio acima da linha de deixa até a menor maré na zona de espriamento, de acordo com McLachlan *et al.*, (1993).



Figura 5. Tratores de limpeza na praia da Barra da Tijuca.

2. Assimetria Flutuante (FA)

A análise da assimetria flutuante foi calculada através do Índice 1, proposto por Palmer & Strobeck (1986):

$$\text{Índice 1} = \frac{\sum |R_i - L_i|}{N}$$

onde R_i = valor da medida do lado direito em cada indivíduo (i); L_i = valor da medida do lado esquerdo em cada indivíduo; N = número total de medidas; i = cada indivíduo.

Este índice (FA1) foi utilizado por ser o índice absoluto de assimetria flutuante (Roy & Stanton, 1999).

Além disso, seguindo as recomendações de Leung *et al.* (2000), foi calculado o Índice de Assimetria Composto (CFA):

$$CFA_i = \sum_{j=1}^k (FA_{ij} / \text{avg}FA_j),$$

onde, $FA = |R - L|$; $avgFA_j$ = média FA por caractere (j); k = número total de medidas consideradas; i = cada indivíduo.

A análise do CFA é recomendada para dados com distribuição normal de FA entre caracteres heterogêneos, como os considerados no estudo (Servia *et al.*; 2004).

3. Análises Estatísticas

A análise dos dados da assimetria flutuante foi realizada, como recomendado por Palmer e Ströbeck (1986) e Palmer (1994). Para cada medição, o valor da medida da esquerda foi subtraído do valor da medida da direita (R-L) e o valor resultante (positivo, negativo ou nulo) foi adicionado ao conjunto de dados. Depois disso, os outliers (valores extremos) registrados para cada caractere foram removidos para evitar a presença de deformidades e danos mecânicos ao invés de assimetria biológica.

Quando se estuda a assimetria flutuante, precisa-se levar em consideração a possibilidade dos caracteres apresentarem outros tipos de assimetria, e neste caso, serão excluídos. Examinou-se a presença da assimetria direcional e da antissimetria em cada caractere escolhido. Um Teste *t*-student foi realizado para determinar a média zero das assimetrias, e desvios da normalidade (assimetria e curtose) da distribuição de R-L foram utilizados para revelar a presença da antissimetria. A média zero descarta a assimetria direcional e a normalidade descarta a antissimetria.

Foram selecionados aleatoriamente 15 indivíduos de cada praia e em cada estação e foram remensurados para estimar o erro de medição humana através de um ANOVA (bi-fatorial) com o lado (fixo) e indivíduo (aleatório) como os dois fatores.

Resultados distorcidos nos diferentes níveis de FA podem ser obtidos se esses níveis dependerem do tamanho do caractere dentro e entre as amostras (Palmer, 1994). Para verificar a dependência em FA do tamanho do caractere entre as amostras, foi realizada uma regressão linear entre a simetria absoluta $[R-L]$ e o tamanho do caractere $[R+L]/2$, em cada praia para cada estação.

Para comparar os níveis de assimetria flutuante entre as praias, uma ANOVA bi-fatorial (fatores praia X caractere) foi utilizada. Quando essa análise

apresentou a interação significativa, foram realizadas ANOVAS uni-fatorial (fator praia) com os valores individuais de $|R-L|$ para cada caractere métrico.

Para comparar os níveis de assimetria flutuante entre as estações do ano, calculou-se uma ANOVA bi-fatorial (fatores estação X caractere). Quando essa análise apresentou a interação significativa, realizou-se ANOVAS uni-fatorial (fator praia) com os valores individuais de $|R-L|$ para cada caractere métrico.

Por fim, foram utilizadas ANOVAS uni-fatorial, para cada valor individual de CFA como variável dependente, para as duas praias em ambas as estações do ano.

III. *Atlantorchestoidea brasiliensis*

1. Introdução

Crustáceos peracáridos constituem um dos grupos mais abundantes da macrofauna de praias arenosas (Griffiths *et al.*, 1983; McLachlan *et al.*, 1993; McLachlan & Jaramillo, 1995). Destacando-se entre eles os anfípodos talitrídeos, devido a sua alta representatividade nas comunidades macrofaunísticas, caracterizando o supralitoral (Dahl, 1952, McLachlan & Jaramillo, 1995) e eventualmente o mediolitoral (Defeo *et al.*, 1992, Veloso *et al.*, 1997) de regiões temperadas e tropicais em praias arenosas expostas e protegidas.

Os talitrídeos ocorrem, geralmente, associados as algas arribadas (Behbehani & Croker, 1982; Marsden, 1991), alimentando-se deste material vegetal ou de detritos, migrando para cima e para baixo ao longo da praia em busca de alimento (“zonas de deixa”) (Cardoso & Veloso, 1996). Ao consumirem as algas e/ou carniças, aceleram o processo de decomposição e remoção de quantidades substanciais (acima de 50%) do depósito de macrófitas e detritos nas praias (Griffiths *et al.*, 1983; Colombini *et al.*, 2000; Dugan *et al.*, 2003; Lastra *et al.*, 2008; Olabarria *et al.*, 2009). Usam as macroalgas e detritos sem mediação trófica, e com isso, desempenham um papel importante na transferência de energia para os níveis tróficos superiores (Duarte *et al.*, 2010).

Os anfípodos talitrídeos têm sido estudados ao longo das costas do Pacífico, Atlântico e Mediterrâneo (Williamson, 1951; Bowers 1964; Craig, 1973; Bousfield, 1982; Williams, 1982; Marsden, 1991; Scapini *et al.*, 1992; Fallaci *et al.*, 1999). Alguns trabalhos analisaram o período de atividade (Fallaci *et al.*, 1999), a orientação (Borgioli *et al.*, 1999; D’elia *et al.*, 2001; Marchetti & Scapini, 2003), a migração (Scapini *et al.*, 1992), a alimentação (Adin & Riera, 2003; Jedrzejczak, 2002) e a resposta a perturbações (Weslawski *et al.*, 2000; Fanini *et al.*, 2005; Barca-bravo *et al.*, 2008). Entretanto, nos últimos anos, houve uma ampliação nos estudos em talitrídeos na costa sul-americana (Duarte, 1974; Venables, 1981; Cardoso & Veloso, 1996; 2001; Gomez & Defeo, 1999; Kennedy *et al.* 2000; Cardoso, 2002; Veloso *et al.*, 2009).

A sensibilidade dos organismos da família Talitridae em relação a ocupação humana tem sido associada com algumas interferências antrópicas. Pisoteio e a limpeza da praia são os impactos mais frequentemente responsáveis pela diminuição drástica das populações do talitrídeo *Talitrus saltator* (Llewellyn & Shackley, 1996; Weslawski *et al.*, 2000; Fanini *et al.*, 2005; Barca-Bravo *et al.*, 2008; Otaviano & Scapini, 2010) em praias arenosas da Espanha.

Dentre os talitrídeos, a espécie *Atlantorchestoidea brasiliensis* (Dana, 1853) (Figura 6) é encontrada em alta abundância em praias arenosas expostas no Uruguai e no Brasil (Veloso *et al.*, 2012). Esta espécie é considerada uma das mais importantes na estruturação das comunidades da macrofauna intertidal de praias arenosas expostas no litoral do Rio de Janeiro e é encontrada constantemente na maioria das praias (Veloso *et al.*, 1997; Veloso & Cardoso, 2001; Cardoso *et al.*, 2012).

Cardoso & Veloso (1996; 2001) detalharam a biologia da população, produção secundária e estratégia reprodutiva de *A. brasiliensis*. Entretanto, estudos sobre a ecologia comportamental (Cardoso, 2002), comportamento alimentar (Veloso *et al.*, 2012) e distribuição vertical no sedimento e sensibilidade ao pisoteio (Veloso *et al.*, 2009) ainda são escassos, apesar da sua importância ecológica (Veloso *et al.*, 1997; Veloso & Cardoso, 2001; Cardoso, 2002).

Um dos objetivos desta dissertação foi analisar os níveis de assimetria flutuante (FA) em *Atlantorchestoidea brasiliensis* e depois comparar a FA desta espécie entre as praias em relação: a frequência da população humana (frequentada x não frequentada) e entre as estações (verão x inverno) na mesma praia.



Figura 6. *Atlantorchestoidea brasiliensis*. (Macho de 11 mm).

2. Material & Métodos

2.1. Amostragem

As amostragens foram realizadas nas estações de inverno de 2011 e verão de 2012, na Praia de Fora e na Praia da Barra da Tijuca, em marés baixas de sizígia. Estas coletas foram específicas para o anfípoda *Atlantorchestoidea brasiliensis*, ou seja, realizadas do supralitoral até o mediolitoral (Figura 7), onde foram determinados transectos perpendiculares à linha da costa. As unidades amostrais foram sistematicamente assinaladas ao longo destes transectos e executadas com um amostrador metálico de 0,04m² até uma profundidade de 25 cm e equidistantes entre si. O sedimento coletado foi lavado em campo através de malha de 0,5 mm de abertura, sendo realizada a triagem e a contagem dos indivíduos ainda em campo para verificação do número mínimo de 100 indivíduos coletados. O material retido foi armazenado em potes devidamente etiquetados e conduzido ao laboratório onde foi preservado em álcool a 70%.



Figura 7. Tocas de *Atlantorchestoidea brasiliensis* localizadas do supralitoral até o mediolitoral.

2.2. Procedimentos em laboratório

Os organismos tiveram seus comprimentos medidos, com o auxílio de um paquímetro digital (0,01mm) e lupa com ocular milimetrada. Inicialmente, os seguintes caracteres foram utilizados: 1. Comprimento do 2º segmento da antena; 2. Comprimento do 4º segmento (mero) do terceiro par de pereiópodos; 3. Comprimento do mero do quinto par de pereiópodos; 4. Comprimento do mero do sétimo par de pereiópodos; sendo evitados caracteres que mostrem dimorfismo sexual. Um critério para a escolha dos segmentos bilaterais que foram analisados foi não medir dois ou mais segmentos do mesmo apêndice, por exemplo, o mero e carpo do mesmo pereiópodo, pois eles se correlacionam (Otaviano & Scapini, 2010) (Figura 8).

O uso de caracteres métricos para análise da assimetria flutuante é mais utilizada quando comparada a caracteres merísticos, pois as diferenças entre os lados, normalmente, é pequena, e essa quantificação da variação pode obscurecer os resultados. Os caracteres métricos apresentam uma variação contínua, assim a capacidade de detectar diferenças entre os dois lados do indivíduo é maior. Mas podem ser limitados pela precisão de medição, então a estimativa do erro de medição foi necessária para confirmar que a diferença entre os lados é maior que o erro de medição (Palmer, 1986).

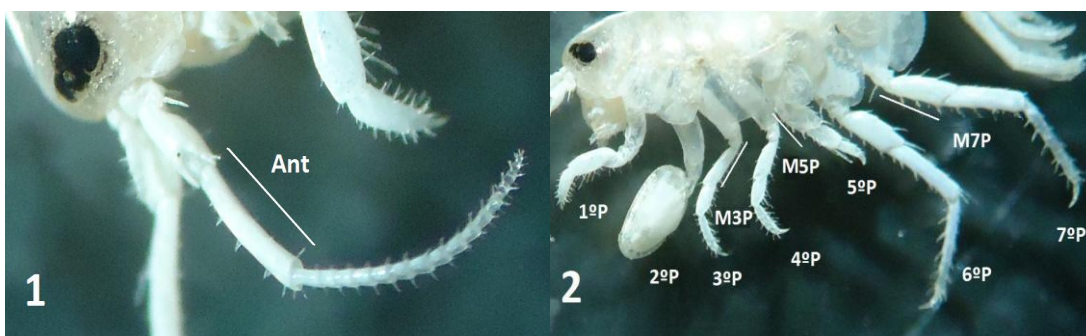


Figura 8: Medição dos caracteres escolhidos para *Atlantorchestoidea brasiliensis*: 1. Comprimento do 2º segmento da antena; 2. Comprimento do 4º segmento (mero) do terceiro, quinto e sétimo par de pereiópodos;

3. Resultados

As médias do valor de (R-L) dos quatro caracteres analisados não diferiram significativamente de zero ($p > 0,05$), descartando a presença da assimetria direcional. Após a remoção dos seis outliers a suposição de distribuição de normalidade dos valores de (R-L) foi satisfeita em todos os caracteres ($p > 0,05$), não havendo evidência de antissimetria. Portanto, considerou-se que todos os caracteres medidos apresentaram a assimetria flutuante. A ANOVA bi-fatorial (lado x indivíduo) realizada para cada caractere revelou que o erro de medição humana foi significativamente menor do que assimetria não direcional nos quatro caracteres nas duas praias (Tabela II).

Através da análise das médias de |R-L| para os quatro caracteres escolhidos nas duas populações de *Atlantorchestoidea brasiliensis*, conclui-se que a praia classificada como frequentada (Praia da Barra da Tijuca) apresentou maiores valores dos níveis da assimetria flutuante tanto no verão como no inverno quando comparada a Praia de Fora (menos frequentada) (Figura 9). As regressões lineares entre a assimetria absoluta |R-L| e a característica tamanho $(R+L)/2$ para cada praia não foram significativas, mostrando que não há influência do tamanho. O caractere comprimento do mero do 3º pereiópodo apresentou diferença significativa na praia da Barra da Tijuca no verão. No entanto, como esse caractere não apresentou resultado

significativo em outras amostragens, pode-se assumir que é um Erro Tipo-I (Tabela III).

Tabela II. Resultados da ANOVA bi-fatorial (fatores: lado x indivíduo) para cada caractere em cada praia e em cada estação para *Atlantorchestoidea brasiliensis*.

Praia	Caractere	ANOVA		
		Lado	Indivíduo	Lado x indivíduo
Inverno				
Barra da Tijuca	Comprimento	0,01667	1,97808*	0,05208*
	2ºS Antenula			
	Comprimento	0,00204	0,56683*	0,08483*
	Mero 3ºP			
	Comprimento	0,00000	0,24025*	0,02875*
	Mero 5ºP			
	Comprimento	0,00820	0,96360*	0,02310*
	Mero 7ºP			
	N			
	30			
Praia de Fora	Comprimento	0,00417	0,26483*	0,02333*
	2ºS Antenula			
	Comprimento	0,00938	0,11725*	0,01858*
	Mero 3ºP			
	Comprimento	0,00104	0,24608*	0,01958*
	Mero 5ºP			
	Comprimento	0,0000	0,48350*	0,07430*
	Mero 7ºP			
	N			
	30			
Verão				
Barra da Tijuca	Comprimento	0,05104	0,64983*	0,69833*
	2ºS Antenula			
	Comprimento	0,00417	0,51808*	0,40458*
	Mero 3ºP			
	Comprimento	0,00017	0,37858*	0,04358*
	Mero 5ºP			
	Comprimento	0,00504	1,43750*	0,09183*
	Mero 7ºP			
	N			
	30			
Praia de Fora	Comprimento	0,00067	1,46900*	0,05183*
	2ºS Antenula			
	Comprimento	0,00000	0,53183*	0,05250*
	Mero 3ºP			
	Comprimento	0,0006*	0,28308*	0,01058*
	Mero 5ºP			
	Comprimento	0,00017	2,08350*	0,02233*
	Mero 7ºP			
	N			
	30			

*p<0,05

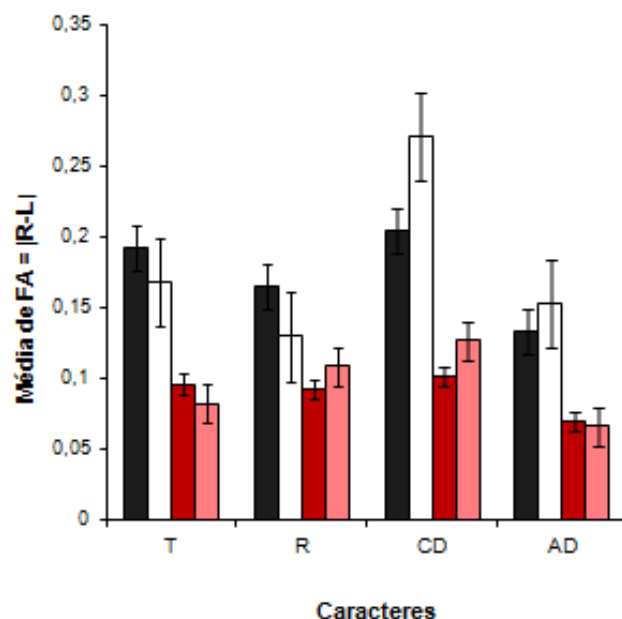


Figura 9. Média dos valores da assimetria flutuante (FA) para cada caractere em cada praia nas duas estações para *Atlantorchestoidea brasiliensis*, onde Ant = Comprimento do 2º segmento da antenula, M3ºP = comprimento do mero do 3º pereiópodo, M5ºP = comprimento do mero do 5º pereiópodo, M7ºP = comprimento do mero do 7º pereiópodo. Barra preta = Praia da Barra da Tijuca verão; barra branca = Praia da Barra da Tijuca inverno; barra vermelha = Praia de Fora verão; barra rosa = Praia de Fora inverno.

Os resultados da ANOVA bi-fatorial (variáveis: praia x caractere) com o valor individual de $|R-L|$ para cada caractere como variável dependente, mostraram que houve uma diferença significativa da assimetria flutuante entre as praias ($p < 0,005$) e entre os caracteres ($p < 0,005$) no verão e no inverno. Entretanto, a interação “praia x caractere” não foi significativa no inverno. As quatro ANOVAs uni-fatoriais (fator: praia) realizadas no verão mostraram diferenças significativas entre as praias ($p < 0,005$). Os caracteres comprimento do mero do 5º e do 7º pereiópodos não apresentaram diferenças significativas entre as praias (Tabela IV).

Tabela III. Médias dos níveis da assimetria flutuante (FA) de cada caractere de *Atlantorchestoidea brasiliensis* nas duas praias e nas duas estações, onde $(R+L)/2$ = tamanho do caractere (mm); r = coeficiente de correlação de $|R-L|$ com $(R+L)/2$; $|R-L|$ = (medida do caractere da direita – medida do caractere da esquerda); n = número de indivíduos; DP= desvio padrão; * = $p < 0,05$.

Praia	Caractere	(R+L)/2		R-L
		Media (DP)	r	Media (DP)
Inverno				
Barra da Tijuca	Comprimento 2ºS	1,1628 (0,03)	0,45751	0,0715 (0,20)
	Antenula			
	Comprimento Mero 3ºP	0,9363 (0,05)	0,27706	0,0825 (0,12)
	Comprimento Mero 5ºP	0,6183 (0,03)	0,37497	0,0465 (0,14)
	Comprimento Mero 7ºP	1,3610 (0,06)	0,63728	0,0810 (0,15)
N	100			
Praia de Fora	Comprimento 2ºS	1,1115 (0,03)	0,13770	0,0430 (0,15)
	Antenula			
	Comprimento Mero 3ºP	0,9523 (0,04)	0,00576	0,0445 (0,07)
	Comprimento Mero 5ºP	0,6165 (0,02)	0,75866	0,0300 (0,05)
	Comprimento Mero 7ºP	1,4078 (0,03)	0,43880	0,0495 (0,09)
N	100			
Verão				
Barra da Tijuca	Comprimento 2ºS	1,0045 (0,07)	0,53677	0,0959 (0,15)
	Antenula			
	Comprimento Mero 3ºP	0,9017 (0,05)	0,00908*	0,0742 (0,07)
	Comprimento Mero 5ºP	0,5729 (0,03)	0,80253	0,0318 (0,06)
	Comprimento Mero 7ºP	1,3093 (0,04)	0,33110	0,0581 (0,14)
N	100			
Praia de Fora	Comprimento 2ºS	0,9292 (0,06)	0,78788	0,0665 (0,17)
	Antenula			
	Comprimento Mero 3ºP	0,8101 (0,05)	0,20755	0,0505 (0,13)
	Comprimento Mero 5ºP	0,5341 (0,03)	0,33954	0,0310 (0,07)
	Comprimento Mero 7ºP	1,2065 (0,06)	0,10653	0,0475 (0,17)
N	100			

Tabela IV. Resultados da ANOVA bi-fatorial (fatores: praia x caractere) e da ANOVA uni-fatorial (fator: praia) para cada caractere no inverno e no verão para *Atlantorchestoidea brasiliensis*, onde gl= grau de liberdade; MS= soma dos quadrados; F= razão.

Caractere	gl	MS	F	p
Inverno				
ANOVA bi-fatorial "praia x caractere"				
Praia	1	0,16387	93,687	0,0103
caractere	3	0,03056	17,472	0,0492
interação	3	0,00405	2,317	0,3997
Erro	792	0,00174		
Verão				
ANOVA bi-fatorial "praia x caractere"				
Praia	1	0,21451	18,8912	0,0000
caractere	3	0,34635	30,5011	0,2340
interação	3	0,03155	2,7781	0,0441
Erro	792	0,01136		
ANOVA uni-fatorial "praia"				
Comprimento 2ºS antenula	1	0,04351	9,2275	0,0027
Erro	198	0,00471		
Comprimento mero 3ºP	1	0,02761	10,2216	0,0016
Erro	198	0,00270		
Comprimento mero 5ºP	1	0,00005	0,04100	0,8397
Erro	198	0,00122		
Comprimento mero 7ºP	1	0,00551	2,03830	0,1549
Erro	198	0,00270		

Posteriormente foram analisadas as ANOVAs comparando as praias nas duas estações (verão e inverno). A ANOVA bi-fatorial (variáveis: estação do ano x caractere) mostrou que houve diferença significativa da assimetria flutuante entre as estações do ano para as duas praias ($p < 0,005$). As duas praias apresentaram diferenças significativas da assimetria flutuante entre os caracteres ($p < 0,005$). Na praia de Fora o caractere comprimento do 2º segmento da antenula apresentou diferença significativa entre as estações. Enquanto na praia da Barra da Tijuca, os caracteres comprimento do 2º segmento da antenula, comprimento do mero do 5º e do 7º pereiópodo apresentaram diferenças significativas entre as duas estações (Tabela V).

As médias dos valores do Índice composto de assimetria (CFA) não mostraram diferenças significativas para cada praia em nenhuma das duas estações ($p > 0,05$). No inverno, a praia da Barra da Tijuca apresentou uma média de 1,0001 (DP = 0,3437), enquanto a da Praia de Fora foi de 0,9610 (DP = 0,1949), enquanto no verão as médias foram 1,0000 (DP= 0,3187) para a praia da Barra da Tijuca e 0,9355 (DP= 0,4147) para a Praia de Fora. Também não foi observada diferença significativa ao comparar as médias do índice

composto de assimetria entre as estações do ano em cada praia estudada (Tabela VI).

Tabela V. Resultados da ANOVA bi-fatorial (fatores: estação do ano x caractere) e da ANOVA uni-fatorial (fator: estação do ano) para cada caractere nas duas praias para *Atlantorchestoidea brasiliensis*, onde gl= grau de liberdade; MS= soma dos quadrados; F= razão.

Caractere	gl	MS	F	p
Barra da Tijuca				
ANOVA bi-fatorial "estação x caractere"				
estação	1	0,71102	111,704	0,0000
caractere	3	0,21635	33,989	0,0000
interação	3	0,10202	16,027	0,0000
Erro	792	0,00636		
ANOVA uni-fatorial "estação"				
Comprimento 2ºS antenula	1	0,30012	9,4374	0,0024
Erro	198	0,00318		
Comprimento mero 3ºP	1	0,00361	1,3774	0,2419
Erro	198	0,00262		
Comprimento mero 5ºP	1	0,01051	10,2096	0,0016
Erro	198	0,00103		
Comprimento mero 7ºP	1	0,02645	9,3104	0,0025
Erro	198	0,00335		
Praia de Fora				
ANOVA bi-fatorial "estação x caractere"				
estação	1	0,61605	91,4146	0,0000
caractere	3	0,06225	9,2384	0,0000
interação	3	0,03197	4,7299	0,0028
Erro	792	0,00673		
ANOVA uni-fatorial "estação"				
Comprimento 2ºS antenula	1	0,02761	9,5854	0,0022
Erro	198	0,00288		
Comprimento mero 3ºP	1	0,00180	0,8652	0,3534
Erro	198	0,00208		
Comprimento mero 5ºP	1	0,00005	0,0463	0,8298
Erro	198	0,00108		
Comprimento mero 7ºP	1	0,00020	0,0762	0,7827
Erro	198	0,00262		

Tabela VI. Resultados da ANOVA uni-fatorial (fator: praia) para a média do valor de CFA no inverno e no verão e da ANOVA uni-fatorial (fator: estação do ano) para a média do valor de CFA em cada praia para *Atlantorchestoidea brasiliensis*, onde gl= grau de liberdade; MS= soma dos quadrados; F= razão.

Caractere	gl	MS	F	p
ANOVA uni-fatorial "praia"				
Inverno				
CFA	1	0,00303	0,03880	0,8503
Erro	6	0,07809		
Verão				
CFA	1	0,00829	0,06067	0,8136
Erro	6	0,13679		
ANOVA uni-fatorial "estação"				
Barra da Tijuca				
CFA	1	0,03476	0,20538	0,6663
Erro	6	0,16926		
Praia de Fora				
CFA	1	0,04928	0,66280	0,4466
Erro	6	0,07435		

IV. *Emerita brasiliensis*

1. Introdução

Os “tatuís” ou “tatuíras” como são conhecidos os organismos do gênero *Emerita* fazem parte de um pequeno grupo de crustáceos decápodos, exclusivamente marinhos, que habitam águas de regiões tropicais e temperadas. As populações do gênero *Emerita* possuem ampla distribuição (Efford, 1976), sendo comuns ao longo das costas da América do Norte e América do Sul (McLachlan, 1983; Dungan *et al.*, 1991; 1994; Dungan & Hubbard, 1996; Veloso & Cardoso, 2001; Defeo & Cardoso, 2002; 2004; Veloso *et al.*, 2003).

Os organismos desse gênero são encontrados em praias arenosas expostas na zona entre-marés. Por serem característicos da zona de espraiamento, sofrem influências das correntes e das arrebentações das ondas. Como crustáceos eucarídeos, as espécies do gênero *Emerita* exibem uma fase larval planctônica, o que auxilia a dispersão e a invasão de novos habitats (McConaughy, 1992).

As espécies do gênero *Emerita* têm sido bem estudadas (Lercari & Defeo, 1999; Jaramillo *et al.*, 2000); em relação a biologia populacional das espécies, analisada, principalmente, pela distribuição em classes de tamanho, razão sexual, dinâmica temporal, crescimento e taxas de natalidade/mortalidade (Veloso & Cardoso, 1999; Defeo & Cardoso, 2002; Petracco *et al.*, 2003); produção secundária (Conan *et al.*, 1976; Gianuca, 1985); influência da latitude sobre parâmetros populacionais, tais como taxa de crescimento, fecundidade e época de reprodução (Jaramillo *et al.*, 2001; Defeo & Cardoso, 2002; 2004; Defeo & Alava, 2005); fenômenos reprodutivos peculiares como, por exemplo, a neotenia (Efford, 1967; Subramonjam, 1977) e reversão sexual (Wenner & Haley, 1981).

Emerita brasiliensis (Schmitt, 1935) (Figura 10) é uma espécie encontrada em praias arenosas do Oceano Atlântico, com uma distribuição exclusivamente subtropical e temperada. Ocorre desde o estado do Espírito Santo, na região sudeste do Brasil até o estuário do rio da Prata no Uruguai e Argentina (Veloso & Cardoso 1999), e em menores abundâncias em Trinidad e Tobago,

Venezuela e raras descrições no México (Efford, 1976; Calado, 1998; Defeo & Cardoso, 2004).

E. brasiliensis é um dos organismos mais comuns e abundantes da macrofauna de praias arenosas do sul e sudeste do Brasil e da costa do Uruguai (Efford, 1976; Defeo *et al.*, 1992; 2001; Veloso *et al.*, 1997; Peluffo, 1998; Veloso & Cardoso, 1999; 2001). É um dos principais representantes da macrofauna das praias arenosas do Rio de Janeiro, ocorre em densas populações e apresenta elevada produção secundária, principalmente durante a primavera e o verão (Veloso *et al.*, 1997; 2003).

Considerado um excelente bioindicador, devido principalmente a sua capacidade fisiológica, ampla distribuição, fácil captura e sensibilidade a atividades humanas (Perez, 1999; Powell *et al.*, 2002), entretanto, apesar da sua alta plasticidade ecológica, a população de *E. brasiliensis* sofre impactos antropogênicos em praias arenosas, respondendo com uma mudança na estrutura populacional e distribuição (Lercari & Defeo, 2003; Veloso *et al.*, 2006). A utilização desses organismos permite a avaliação integrada de efeitos ecológicos causados por diferentes fontes de poluição e seu uso é mais eficiente do que as medidas instantâneas de parâmetros físicos e químicos que são normalmente medidos no campo e utilizados para avaliar a qualidade da água (Callisto *et al.*, 2002). Entretanto, não há estudos sobre esta espécie em relação à assimetria flutuante ou avaliação de impacto como consequência do uso humano.

Um dos objetivos dessa dissertação foi analisar os níveis de assimetria flutuante (FA) em *Emerita brasiliensis* e depois comparar a FA desta espécie nos diferentes tipos de praia em relação: a frequência da população humana (frequentada x não frequentada) e entre as estações (verão x inverno) na mesma praia.



Figura 10. Vista dorsal de *Emerita brasiliensis*.

2. Material & Métodos

2. 1. Amostragem

As amostragens foram realizadas nas estações de inverno de 2011 e verão de 2012, na Praia de Fora e na Praia da Barra da Tijuca, em marés baixas de sizígia. Estas coletas foram específicas para o decapoda *Emerita brasiliensis*, ou seja, realizadas somente na zona de espraimento (Figura 11), onde foram determinados transectos perpendiculares à linha da costa. As unidades amostrais foram sistematicamente assinaladas ao longo destes transectos e executadas com um amostrador metálico de 0,04m² até uma profundidade de 25 cm e eqüidistantes entre si. O sedimento coletado foi lavado em campo através de malha de 0,5 mm de abertura, sendo realizada a triagem e a contagem nos indivíduos ainda em campo para verificação do número mínimo de 100 indivíduos coletados. O material retido foi armazenado em potes devidamente etiquetados e conduzido ao laboratório onde foi preservado em álcool a 70%.



Figura 11. Zona de espraçamento.

2.2. Procedimentos em laboratório

Os organismos tiveram seus comprimentos medidos, com o auxílio de um paquímetro digital (0,01mm) e lupa com ocular milimetrada. Inicialmente, os seguintes caracteres foram utilizados: comprimento do primeiro segmento (dácilo) do primeiro par de pereiópodos, altura do primeiro segmento (dácilo) do primeiro par de pereiópodos, a distância do espinho central do rostro até o espinho direito e o espinho esquerdo e distância do canal mediano (fim do estômago) na base do télson para a margem direita e a margem esquerda deste segmento; sendo evitados caracteres que mostrassem dimorfismo sexual (Figura12).

O uso de caracteres métricos para análise da assimetria flutuante é mais utilizada quando comparada a caracteres merísticos, pois as diferenças entre os lados, normalmente, é pequena, e essa quantificação da variação pode obscurecer os resultados. Os caracteres métricos apresentam uma variação contínua, assim a capacidade de detectar diferenças entre os dois lados do indivíduo é maior. Mas podem ser limitados pela precisão de medição, então a estimativa do erro de medição é necessária para confirmar que a diferença entre os lados é maior que o erro de medição (Palmer, 1986).

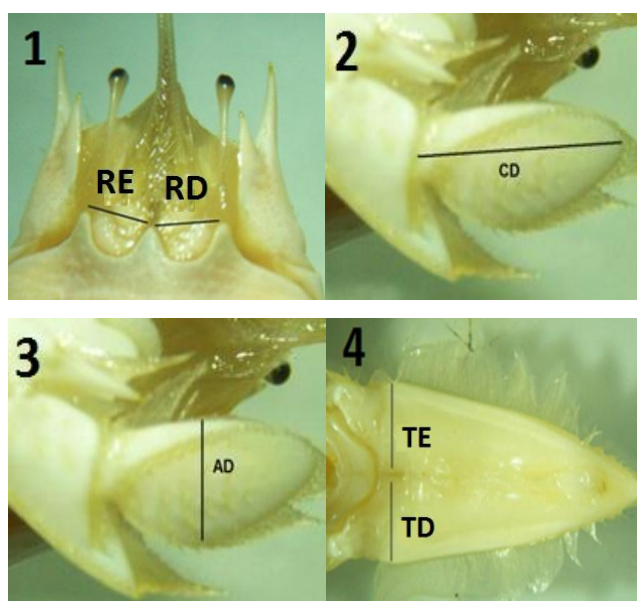


Figura 12: Medição dos caracteres escolhidos para *Emerita brasiliensis*: **1.** Distância do espinho central do rostro até o espinho direito e o espinho esquerdo; **2.** Comprimento do 1º segmento (dátilo) do primeiro par de pereiópodos; **3.** Altura do dátilo do primeiro par de pereiópodos; **4.** Distância do canal mediano (fim do estômago) na base do télson para a margem direita e a margem esquerda deste segmento.

3. Resultados

Nos quatro caracteres analisados, as médias do valor de (R-L) não diferiram significativamente de zero ($p > 0,05$), descartando a presença da assimetria direcional. Com os quatro outliers removidos, a suposição de distribuição de normalidade dos valores de (R-L) foi satisfeita em todos os caracteres ($p > 0,05$), não havendo evidência de antissimetria. Portanto, considerou-se que todos os caracteres medidos apresentaram a assimetria flutuante. A ANOVA bi-fatorial (lado x indivíduo) realizada para cada caractere revelou que o erro de medição humana foi significativamente menor do que assimetria não direcional em todos os caracteres nas duas praias (Tabela VII).

Tabela VII. Resultados da ANOVA bi-fatorial (fatores: lado x indivíduo) para cada caractere em cada praia e em cada estação para *Emerita brasiliensis*.

Praia	Caractere	ANOVA		
		Lado	Indivíduo	Lado x indivíduo
Inverno				
Barra da Tijuca	Telson	0,2282*	2,2293*	0,2493*
	Rostro	0,1602*	1,2343*	0,1323*
	Comprimento dáctilo	0,0027	3,1543*	0,4523*
	Altura dáctilo 30	0,0002	2,1843*	0,2323*
N				
Praia de Fora	Telson	0,2267*	2,0843*	0,1783*
	Rostro	0,4002*	0,7533*	0,0673*
	Comprimento dáctilo	0,0014*	5,7790*	0,4340*
	Altura dáctilo 30	0,0002	1,0623*	0,2123*
N				
Verão				
Barra da Tijuca	Telson	0,0042	1,3790*	0,3483*
	Rostro	0,0287	0,9300*	0,2093*
	Comprimento dáctilo	0,0002	2,6543*	0,1923*
	Altura dáctilo 30	0,2282*	0,9333	0,2493*
N				
Praia de Fora	Telson	0,0006	0,6210*	0,1200*
	Rostro	0,0001	0,4510*	0,1323*
	Comprimento dáctilo	0,0015	2,7443*	0,1110*
	Altura dáctilo 30	0,0000	0,4643*	0,0750*
N				

*p<0,05

Os níveis da assimetria flutuante das duas populações de *Emerita brasiliensis*, analisados pelas médias de |R-L| para os quatro caracteres escolhidos, mostraram que a praia classificada como frequentada (Praia da Barra da Tijuca) apresentou maiores valores tanto no verão como no inverno quando comparada a Praia de Fora (menos frequentada) (Figura 13). As regressões lineares entre a assimetria absoluta |R-L| e a característica tamanho (R+L)/2 para cada praia não foram significativas, mostrando que não há influência do tamanho (Tabela VIII).

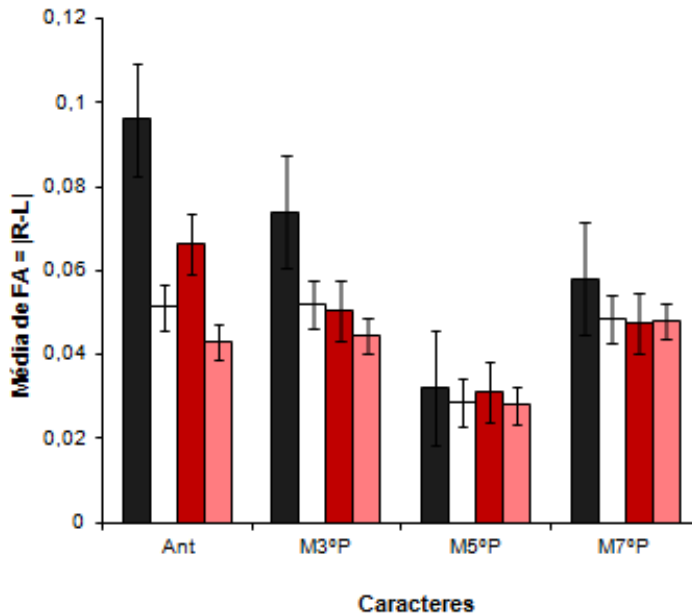


Figura 13. Média dos valores da assimetria flutuante (FA) para cada caractere em cada praia nas duas estações para *Emerita brasiliensis*, onde T = Distância do telson, R = distância rostro, CD = comprimento do dactilo do 1º pereiópodo, AD = altura do dactilo do 1º pereiópodo. Barra preta = Praia da Barra da Tijuca verão; barra branca = Praia da Barra da Tijuca inverno; barra vermelha = Praia de Fora verão; barra rosa = Praia de Fora inverno.

Através dos resultados da ANOVA bi-fatorial (variáveis: praias x caractere) com o valor individual de $|R-L|$ para cada caractere como variável dependente, observou-se que no inverno houve uma diferença significativa da assimetria flutuante entre as praias ($p < 0,005$) e entre os caracteres ($p < 0,005$). Também apresentou uma diferença significativa na interação praia X caractere, desta forma, realizou-se ANOVAS uni-fatoriais (fator: praia). Todas as quatro ANOVAS uni-fatoriais mostraram diferenças significativas entre as praias e os caracteres ($p < 0,005$), com exceção do caractere rostro, que não apresentou diferença significativa entre as praias (Tabela IX). No verão também houve uma diferença significativa da assimetria flutuante entre as praias ($p < 0,005$) e entre os caracteres ($p < 0,005$). Mas não mostrou uma interação “praia x caractere” significativa.

Posteriormente foram analisadas as ANOVAs comparando cada praia nas duas estações (verão e inverno). A ANOVA bi-fatorial (estação do ano x caractere) mostrou que não houve diferença significativa da assimetria flutuante entre as estações do ano ($p > 0,005$) para ambas as praias. As duas

praias apresentaram diferenças significativas da assimetria flutuante entre os caracteres ($p < 0,005$). Na praia de Fora, não foi observada uma diferença significativa na interação “estação x caractere”. Na praia da Barra da Tijuca, só o caractere rostro apresentou diferença significativa ($p > 0,005$) entre as estações do ano (Tabela X).

Tabela VIII. Médias dos níveis de FA de cada caractere de *Emerita brasiliensis* nas duas praias e nas duas estações, onde $(R+L)/2$ = tamanho do caractere (mm); r = coeficiente de correlação de $|R-L|$ com $(R+L)/2$; $(R-L)$ = (medida do caractere da direita – a medida do caractere da esquerda); n = número de indivíduos; DP = desvio padrão.

Praia	Caractere	(R+L)/2	r	R-L
		Media (DP)		Media (DP)
Inverno				
Barra da Tijuca	Télson	2,3184 (0,37)	0,2305	0,1250 (0,08)
	Rostro	1,5946 (0,92)	0,3648	0,0916 (0,06)
	Comprimento dáctilo	4,0467 (0,47)	0,0279	0,1357 (0,12)
	Altura dáctilo	2,0131 (0,53)	0,0855	0,0952 (0,10)
N	114			
Praia de Fora	Télson	2,2911 (0,63)	0,3025	0,0422 (0,06)
	Rostro	1,6032 (0,45)	0,0491	0,0431 (0,06)
	Comprimento dáctilo	4,0733 (0,90)	0,0561	0,1129 (0,29)
	Altura dáctilo	2,0047 (0,47)	0,0591	0,0577 (0,11)
N	118			
Verão				
Barra da Tijuca	Télson	1,4815 (0,40)	0,1695	0,1368 (0,07)
	Rostro	1,1649 (0,26)	0,3923	0,0737 (0,07)
	Comprimento dáctilo	2,7855 (0,57)	0,3406	0,1254 (0,09)
	Altura dáctilo	1,3982 (0,33)	0,2071	0,0789 (0,09)
N	84			
Praia de Fora	Télson	1,7135 (0,50)	0,1876	0,0338 (0,05)
	Rostro	1,2212 (0,28)	0,3465	0,0389 (0,05)
	Comprimento dáctilo	3,1288 (0,81)	0,0996	0,0644 (0,10)
	Altura dáctilo	1,5610 (0,39)	0,0863	0,0457 (0,08)
N	116			

Tabela IX. Resultados da ANOVA bi-fatorial (fatores: praia x caractere) e da ANOVA uni-fatorial (fator: praia) para cada caractere no inverno e no verão para *Emerita brasiliensis*, onde gl= grau de liberdade; MS= soma dos quadrados; F= razão.

Caractere	gl	MS	F	p
Inverno				
ANOVA bi-fatorial "praia x caractere"				
Praia	1	0,44706	22,9118	0,0000
caractere	3	0,12314	6,3114	0,0000
interação	3	0,03174	1,6271	0,0049
Erro	792	0,01951		
ANOVA uni-fatorial "praia"				
Télson	1	0,33368	66,0350	0,0000
Erro	198	0,00505		
Rostro	1	0,11490	26,1904	0,1050
Erro	198	0,00438		
Comprimento dáctilo	1	0,02528	0,44456	0,0003
Erro	198	0,05688		
Altura dáctilo	1	0,06844	5,8379	0,0002
Erro	198	0,01172		
Verão				
ANOVA bi-fatorial "praia x caractere"				
Praia	1	0,77128	118,725	0,0000
caractere	3	0,07902	12,1645	0,0000
interação	3	0,06065	9,3368	0,1662
Erro	916	0,00649		

Tabela X. Resultados da ANOVA bi-fatorial (fatores: estação do ano x caractere) e da ANOVA uni-fatorial (fator: estação do ano) para cada caractere nas duas praias para *Emerita brasiliensis*, onde gl= grau de liberdade; MS= soma dos quadrados; F= razão.

Caractere	gl	MS	F	p
Barra da Tijuca				
ANOVA bi-fatorial "estação x caractere"				
estação	1	0,01293	1,6030	0,5901
caractere	3	0,13628	16,8930	0,0000
interação	3	0,00914	1,1330	0,0137
Erro	784	0,00806		
ANOVA uni-fatorial "estação"				
Télson	1	0,00678	1,1433	0,1000
Erro	196	0,00593		
Rostro	1	0,01563	3,1758	0,0023
Erro	196	0,00492		
Comprimento dáctilo	1	0,00510	0,4121	0,0915
Erro	196	0,01239		
Altura dáctilo	1	0,01283	1,4232	0,3912
Erro	196	0,00901		
Praia de Fora				
ANOVA bi-fatorial "estação x caractere"				
estação	1	0,07606	4,6609	0,2602
caractere	3	0,12707	7,7863	0,0000
interação	3	0,02388	1,4634	0,1054
Erro	924	0,01632		

As médias dos valores do Índice Composto de Assimetria (CFA) não mostraram diferenças significativas para cada praia em nenhuma das duas estações ($p > 0,05$). No inverno, a praia da Barra da Tijuca apresentou uma média de 0,9998 (DP= 0,1803) enquanto a da Praia de Fora foi 0,9997 (DP= 0,4828). No período do verão as médias foram 0,9852 (DP = 0,3091), para a praia da Barra da Tijuca e de 0,9259 (DP = 0,2916) para a Praia de Fora. Também não foi observada diferença significativa ao comparar as médias do índice composto de assimetria entre as estações do ano em cada praia estudada (Tabela XI).

Tabela XI. Resultados da ANOVA uni-fatorial (fator: praia) para a média do valor de CFA no inverno e no verão e da ANOVA uni-fatorial (fator: estação do ano) para a média do valor de CFA em cada praia para *Emerita brasiliensis*, onde gl= grau de liberdade, MS= soma dos quadrados e F= a razão.

Caractere	gl	MS	F	p
ANOVA uni-fatorial "praia"				
Inverno	1	0,00000	0,00000	1,0000
CFA	6	0,15497		
Erro				
Verão	1	0,00000	0,00000	1,0000
CFA	6	0,09030		
Erro				
ANOVA uni-fatorial "estação"				
Barra da Tijuca				
CFA	1	0,00000	0,0000	1,00000
Erro	6	0,17852		
Praia de Fora				
CFA	1	0,00000	0,0000	1,00000
Erro	6	0,66756		

V. DISCUSSÃO GERAL

Os resultados obtidos aqui indicaram um suporte para a hipótese de que a maior urbanização e ação antrópica geram uma indução do estresse sobre as espécies. Os níveis de assimetria flutuante dos crustáceos *Atlantorchestoidea brasiliensis* e *Emerita brasiliensis* foram maiores na praia da Barra da Tijuca. Esta praia foi mais impactada devido a seu acesso livre e grande quantidade de frequentadores, e o que produz uma maior pressão humana (maior urbanização e pisoteio), tanto no inverno quanto no verão.

Entre os impactos que afetam a macrofauna de praias arenosas, que podem ser responsáveis por aumentar os níveis de assimetria nos organismos, pode-se destacar a destruição e modificação do habitat causada pelo pisoteio humano e limpeza da praia, recursos alimentares e abrigos reduzidos pela remoção de detritos naturais depositados e exposição a substâncias tóxicas e poluentes (Davenport & Davenport, 2006; Schlacher *et al.*, 2007). Além desses impactos, as intensivas atividades de lazer em conjunto com a urbanização nas praias arenosas podem conduzir a mudanças na biota, como redução na abundância e/ou perda de algumas espécies (Vieira *et al.*, 2012; McLachlan *et al.*, 2013) e mudanças na estabilidade do desenvolvimento (Barca-Bravo *et al.*, 2008). Estes impactos estão presentes em maior grau na praia da Barra da Tijuca, principalmente devido ao seu fácil acesso ao público e por ser uma praia muito conhecida em relação ao turismo. Desta forma, os maiores níveis de assimetria flutuante registrados na praia da Barra da Tijuca para ambas as espécies de crustáceos podem ser considerados como uma evidência do estresse em praias arenosas como consequência do uso humano.

Os primeiros estudos investigando os efeitos da urbanização, recreação e pisoteio sobre macrofauna de praias arenosas geraram resultados conflitantes Jaramillo *et al.* (1996), comparando o pisoteio de uma área com acesso público e gratuito a uma área restrita ao público numa praia chilena não encontraram nenhuma influência do pisoteio. De forma contrária Welawski *et al.* (2000) mostraram que o pisoteio tem sido indicado como o fator responsável pelo desaparecimento de anfipodas nas praias altamente frequentadas da Polônia. Animais de maior porte também sofrem o efeito da urbanização. Barros (2001) comparou o número de tocas de caranguejos fantasma, *Ocypode cordimana*,

entre praia urbanas e não urbanas e verificou que as praias urbanas apresentam números significativamente menores de tocas que as praias não-urbanas. Assim, estudos como esses indicam que algumas espécies resistem aos impactos de pisoteio melhor do que outras (Moffet *et al.*, 1998).

Barros (2001) abordou as vantagens da utilização de uma espécie indicadora para detectar impactos humanos sobre os ecossistemas de praias arenosas. A aplicação desta metodologia pode beneficiar o monitoramento de praias arenosas expostas, uma vez que estudos de campo sobre toda a macrofauna de praias exigem um esforço de amostragem grande, por ser um ambiente altamente dinâmico (Veloso *et al.*, 2009). No entanto, é necessária cautela na escolha da espécie indicadora. As espécies com desenvolvimento larval podem dificultar a análise da flutuação de densidade ao longo do tempo, pois a praia pode receber recrutas de diferentes localidades (Cardoso *et al.*, 2003). Neste sentido, o decápoda *Emerita brasiliensis* é aparentemente menos vulnerável a pressões de urbanização quando comparado com o crustáceo eucárido *Atlantorchestoidea brasiliensis*, que carrega os ovos no seu marsúpio durante todo o desenvolvimento do embrião.

Os indivíduos da espécie *Emerita brasiliensis*, são capazes de mover-se para a zona do infralitoral (migração mareal) (Jaramillo *et al.*, 1996), possuem alta capacidade reprodutiva e suas larvas têm melhor poder de dispersão e uma boa chance de recolonizar áreas impactadas. Por estas razões, a espécie deve ser menos vulnerável ao pisoteio. Veloso *et. al.*, (2006) observaram que esta espécie ocorre em praias com alta influência antrópica, embora em menor densidade quando comparada a praias que sofrem uma menor pressão humana. Entretanto, fica evidente que o nível de assimetria flutuante no *E. brasiliensis* foi maior na praia mais frequentada. O que pode sugerir que há outros fatores amplificando a assimetria nestes organismos além do estresse do pisoteio e da ação humana. As características morfológicas da praia da Barra da Tijuca poderiam explicar essa maior assimetria, por ser uma praia mais exposta quando comparada a praia de Fora, ou seja, os organismos (principalmente os que ocorrem na zona de espraiamento) sofrem maior pressão do ambiente, caracterizada pela maior ação das ondas, o que acarretaria uma possível instabilidade durante o desenvolvimento dos organismos.

Inversamente ao eucárido *Emerita brasiliensis*, os anfípodos apresentam um desenvolvimento direto (peracáridos). Assim, os juvenis são liberados do marsúpio das fêmeas e imediatamente recrutam na população adulta da praia. Desta maneira, os anfípodos talitrídeos sofrem ainda mais o efeito do pisoteio e da pressão humana. A localização de suas tocas está na área mais pisoteada (zonas do médio e supralitoral) das praias, que estão sujeitas ao impacto de atividades recreativas (maior pisoteio) (Veloso *et al.*, 2009), além de ser a zona que os frequentadores preferencialmente se localizam nas praias (Ugolini *et al.*, 2008), principalmente durante o período do verão (Veloso *et al.*, 2006). A espécie analisada, *Atlantorchestoidea brasiliensis*, possui características “ideais” para ser considerada uma boa espécie indicadora, visto que: (a) apresenta desenvolvimento direto; (b) se distribui ao longo da faixa da praia usualmente ocupada pelos freqüentadores; (c) mesmo estando enterrada no período diurno, sua profundidade não impede de sofrer o impacto do pisoteio; (d) sua localização visual é facilitada por usar tocas; e (e) seu ciclo de vida curto permite o acompanhamento de uma geração em menos de dois anos (Cardoso, 2002; Cardoso & Veloso, 1996), e, portanto, pode ser útil para o monitoramento do ecossistema de praias arenosas.

A sensibilidade de anfípodos da família Talitridae em relação a ocupação humana tem sido demonstrada em vários estudos. Veloso *et al.* (2006; 2009) e Vieira *et al.* (2012) evidenciaram a sensibilidade da espécie *Atlantorchestoidea brasiliensis* para as mudanças ambientais decorrentes da urbanização de praias arenosas, como a menor abundância da espécie nas áreas urbanizadas da praia quando comparado a áreas não-urbanizadas. O pisoteio e a limpeza da praia são apontados como os principais responsáveis pela diminuição das populações da espécie *Talitrus saltator* em praias altamente frequentadas na Europa (Llewellyn & Shackley, 1996; Weslawski *et al.*, 2000; Fanini *et al.*, 2005; Ugolini *et al.*, 2008; Barca-Bravo *et al.*, 2008; Otaviano & Scapini, 2010). Alterações no desenvolvimento morfológico da espécie *Talitrus saltator* têm sido associadas com os impactos humanos. Na costa da Espanha, Barca-Bravo *et al.* (2008) observaram deformidades na simetria bilateral de anfípodos que habitam as praias arenosas que sofrem maior pressão do turismo.

A espécie *Emerita brasiliensis* não apresentou diferença significativa na assimetria flutuante entre as estações do ano em nenhuma das praias

estudadas. O que pode estar relacionado com o tipo de reprodução da espécie (desenvolvimento larval), uma vez que os adultos presentes na praia podem ser oriundos de outras localidades (Cardoso & Veloso, 1999).

O anfípoda *Atlantorchestoidea brasiliensis* apresentou um padrão inverso ao peracárido *Emerita brasiliensis*. Os níveis de assimetria flutuante de *A. brasiliensis* entre as duas estações, em ambas as praias, mostraram diferenças significativas. Tal diferença temporal pode ser explicada pelas flutuações populacionais que são comuns na macrofauna de praias arenosas. Esta espécie alcança a sua maior densidade no verão (Veloso *et al.*, 2003), e o maior número de jovens e fêmeas ovígeras aparece em fevereiro (Cardoso & Veloso, 1996). A maior frequência de pessoas no verão coincide com a maior densidade de *A. brasiliensis*, devido à época de reprodução desta espécie (Cardoso & Veloso, 1996). De acordo com Veloso *et al.*, (2009), o maior número de frequentadores na estação do verão pode aumentar a interação negativa durante este período, porque estes talitrídeos estão distribuídos nos mesmos níveis da praia que a maioria dos frequentadores, o que pode afetar a mortalidade da população em estudo. Embora as condições no inverno permitem o estabelecimento de uma densa população de talitrídeos em locais urbanizados, essas áreas têm sido tão alteradas que as partes urbanizadas das praias não apresentam as características mínimas para as populações residentes se manterem (Veloso *et al.*, 2008).

Um dos problemas para a avaliação de impactos em praias é a falta de estudos anteriores, o que torna comparações faunísticas pós-impacto difíceis (Underwood, 2001; Jones, 2003). Assim, as variações nos fatores ambientais e as intensas flutuações naturais nas densidades populacionais da maioria das espécies fazem estudos de longo prazo ser necessários (Cardoso & Veloso, 1996; Veloso *et al.*, 1997; Veloso *et al.*, 2003). De acordo com Vieira *et al.*, (2012) outro problema ao avaliar as consequências da urbanização em praias arenosas é que muitas ações ocorrem simultaneamente, o que torna difícil distinguir qual a ação responsável pela diminuição ou perda da biodiversidade. Em geral, os trechos urbanizados têm maior número de frequentadores, limpeza mecânica e ausência de dunas, o que complica a determinação da influência de cada um dos fatores, de forma independente, na variação da densidade de algumas espécies (Veloso *et al.*, 2009). Ademais, devem-se

considerar as características morfodinâmicas das praias analisadas, para possibilitar a afirmação que a instabilidade no desenvolvimento ou a redução da abundância de determinada espécie sejam causados ou não por fatores físicos.

McLachlan *et al.* (2013) propuseram um modelo simples para o planejamento de estratégias para a gestão de praias arenosas, baseando-se na premissa de que a maioria das praias são adequadas para fins recreativos ou para a conservação, ou ainda, para uso múltiplo, uma combinação dos dois. Nossos resultados, mostrando que as características da praia da Barra da Tijuca, por apresentar intenso potencial recreativo, são mais propícias a causar um maior impacto na macrofauna, devido a urbanização, pressão humana e características físicas, quando comparada a praia de Fora, uma vez que esta é classificada como uma praia que atende a múltiplos usos.

Apesar de praias arenosas representarem um dos ecossistemas mais abrangentes do mundo (McLachlan, 1983), ainda deve-se buscar a compreensão das respostas das comunidades sujeitas a perturbação humana. Esta atitude é essencial para uma boa gestão com vista à utilização do meio ambiente ordenado e conservação das espécies (Vieira *et al.*, 2012). De acordo com Veloso *et al.* (2009), os efeitos dos problemas ambientais que ameaçam os ecossistemas de praias, tais como: o pisoteio, acúmulo de lixo, destruição do hábitat devido, principalmente a alta concentração de frequentadores e a limpeza da praia, podem ser minimizados por meio de medidas de conservação, tais como o controle do número de frequentadores e a proibição de automóveis em praias e dunas. A gestão costeira deve se concentrar na sustentabilidade do ecossistema e garantir a manutenção dos processos-chave, tais como o transporte de sedimentos e na reciclagem de matéria orgânica. Contudo, os estudos que abordam os impactos ambientais causados pelo pisoteio, uso recreativo, turismo e limpeza das praias, não focam nos efeitos crônicos sobre os aspectos do ciclo de vida das espécies. Assim tais efeitos como: taxa de fecundidade, recrutamento, taxa de crescimento ainda são desconhecidos. Estudos específicos devem ser desenvolvidos para avaliar a composição e a estrutura da macrofauna relacionados à intensa atividade humana, podendo formar uma base fundamental para o desenvolvimento de políticas de gestão e preservação do ecossistema de praias arenosas.

Em conclusão, os níveis de assimetria flutuante encontrados em *Atlantorchestoidea brasiliensis* refletiram o estresse ambiental, devido ao uso humano, nos ecossistemas de praias arenosas. Sugerimos o uso desta espécie como indicadora de impactos humanos em praias arenosas, pois fornecem ferramentas potencialmente simples e econômicas para o monitoramento. Contudo há necessidade de estudos mais detalhados para responder questões importantes, tais como a viabilidade da assimetria dos indivíduos e/ou a evolução das assimetrias ao longo do desenvolvimento ontogênico dos indivíduos.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abaga, N. O. Z.; Alibert, P.; Dousset, S.; Savadogo, P. W.; Savadogo, M. & Sedogo, M. (2011) Insecticide residues in cotton soils of Burkina Faso and effects of insecticides on fluctuating asymmetry in honey bees (*Apis mellifera* Linnaeus). *Chemosphere* 83: 585–592.
- Adin, R. & Riera, P. (2003) Preferential food source utilization among stranded macroalgae by *Talitrus saltator* (Amphipod, Talitridae): a stable isotope study on the northern coast of Brittany (France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 56: 91-98.
- Allenbach, D. M.; Sullivan, K. B. & Lydy, M. J. (1999) Higher fluctuating asymmetry as a measure of susceptibility to pesticides in fishes. *Environmental Toxicology and Chemistry* 18: 899-905.
- Bancila, R.; Van Gelder, I.; Rotteveel, E.; Loman, J. & Arntzen, J. W. (2010) Fluctuating asymmetry is a function of population isolation in island lizards. *Journal of Zoology* 282: 266–275.
- Barca-Bravo, S.; Servia, M. J.; Cobo, F. & Gonzalez, M. A. (2008) The effect of human use of sandy beaches on developmental stability of *Talitrus saltator* (Montagu, 1808) (Crustacea, Amphipoda). A study on fluctuating asymmetry. *Marine Ecology* 29: 91–98.
- Barros, F.; Borzone, C. A. & Rosso, S. (2001) Macroinfauna of six beaches near Guaratuba Bay, Southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 44: 351-364.
- Behbehani, M. I. & Croker, R. A. (1982) Ecology of Beach Wrack in northern New England with special reference to *Orchestia platensis*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 15: 611-620.

- Bjorksten, T.; David, P.; Pomiankowski, A. & Fowler, K. (2000) Fluctuating asymmetry of sexual and nonsexual traits in stalk-eyed flies: a poor indicator of developmental stress and genetic quality. *Journal of Evolutionary Biology* 13: 89-97.
- Borgioli, C.; Martelli L.; Porri, F.; D'elia, A.; Marchetti, G. M. & Scapini, F. (1999) Orientation in *Talitrus saltator* (Montagu): trends in intrapopulation variability related to environmental and intrinsic factors. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 238: 29-47.
- Bousfield, E. L. (1982) The amphipod superfamily Talitroidea in the northeastern Pacific region. 1. Family Talitridae: systematics and distributional ecology. *National Museum of Natural Science Publications in Biological Oceanography, Ottawa* 11: 1–73.
- Bowers, D. E. (1964) Natural history of two beach hoppers of the genus *Orchestoidea* (Crustacea: Amphipoda) with reference to their complemental distribution. *Ecology* 45: 677–696.
- Brinkhurst, R. O.; Hamilton, A. L. & Herrington, H. B. (1968) *Components of the Bottom Fauna of the St. Lawrence Great Lakes*. Great Lakes Institute, University of Toronto, No. PR33. 50p.
- Calado, T. S. (1998) Biogeografia dos Hippoidea no Atlântico (Crustacea – Decapoda) com ênfase ao Brasil. *Boletim de Estudos de Ciência do Mar* 10: 83–85.
- Callisto, M.; Gonçalves, J. F. & Moreno, P. (2009) *Invertebrados Áquaticos como bioindicadores*. Universidade Federal de Minas Gerais.

- Cardoso, R. S. (2002) Behavioural strategies and surface activity of the sandhopper *Pseudorchestoidea brasiliensis* (Amphipoda: Talitridae) on a Brazilian beach. *Marine Biology* 141: 167-173.
- Cardoso, R. S. & Veloso, V. G. (1996) Population biology and secondary production of the sandhopper *Pseudorchestoidea brasiliensis* (Amphipoda: Talitridae) in Prainha Beach, Brazil. *Marine Ecology Progress Series* 142: 111-119.
- Cardoso, R. S. & Veloso, V. G. (2001) Embryonic development and reproductive strategy of *Pseudorchestoidea brasiliensis* (Amphipoda: Talitridae) at Prainha Beach, Brazil. *Journal of Natural History* 35: 201-211.
- Cardoso, R. S.; Veloso, V. G. & Caetano, C. H. S. (2003) Life history of *Emerita brasiliensis* (Decapoda: Hippidae) on two beaches with different morphodynamic characteristics. *Journal of Coastal Research* 35: 392–401.
- Chang, X.; Zhai, B. & Wang, M. (2007) Effects of temperature stress and pesticides exposure on fluctuating asymmetry and mortality of *Copeira annulata*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 67: 120–127.
- Clarke, G. M. (1993) Fluctuating asymmetry of invertebrate populations as a biological indicator of environmental quality. *Environmental Pollution* 82: 207-211.
- Clarke, G. M. (1995) Relationships between developmental stability and fitness: application for conservation biology. *Conservation Biology* 9: 18-24.
- Colombini, I.; Aloia, A.; Fallacil, M.; Pezzolil, G. & Chelazzi, L. (2000) Temporal and spatial use of stranded wrack by the macrofauna of a tropical sandy beach. *Marine Biology* 136: 531–541.

- Conan, G.; Melo, C. U. & Yani, G. G. (1976) *Evaluation de la production d'une population littorale du crabe Hippidae Emerita analoga (Stimpson) par intégration des paramètres de croissance et de mortalité*. In: G. Persoone & E. Jaspers (Eds.), Proc. 10th EMBS, Ostend, Belgium, September 1975. Universa Press, Wetteren 2: 129–150.
- Cornelissen, T. & Stiling, P. (2005) Perfect is best: low leaf fluctuating asymmetry reduces herbivory by leaf miners. *Oecologia* 142: 56-56.
- Craig, P. C. (1973) Behaviour and distribution of the sand beach amphipod *Orchestoidea corniculata*. *Marine Biology* 23: 101–109.
- Dahl, E. (1952) Some aspects of the ecology and zonation of the fauna on sandy beaches. *Oikos* 4: 1-27
- Davenport, J. & Davenport, J. L. (2006) The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments: a review. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 67: 280–292.
- Defeo, O. & de Alava, A. (2005) *South America, coastal ecology sandy beach ecosystems in South America*. In: Schwartz ML (ed) Encyclopedia of coastal science. Springer, Dordrecht, p 888–892.
- Defeo, O. & Cardoso, R. S. (2002) Macroecology of population dynamics and life history of the mole crab *Emerita brasiliensis* in Atlantic sandy beaches of South America. *Marine Ecology Progress Series* 239: 169-179.
- Defeo, O. & Cardoso, R. S. (2004) Latitudinal patterns in abundance and life-history traits of the mole crab *Emerita brasiliensis* on South American sandy beaches. *Diversity and Distributions* 10: 89-98.

- Defeo, O.; Jaramillo, E. & Lyonnet, A. (1992) Community structure and intertidal zonation of the macroinfauna in the Atlantic coast of Uruguay. *Journal of Coastal Research* 8: 830–839.
- Defeo, O.; Gómez, J. & Lercari, D. (2001) Testing the swash exclusion hypothesis in sandy beach populations: the mole crab *Emerita brasiliensis* in Uruguay. *Marine Ecology Progress Series* 212: 159–170.
- D'elia, A.; Borgioli, C. & Scapini, F. (2001) Orientation of sandhoppers under natural conditions in repeated trials: an analysis using longitudinal directional data. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 53: 839–847.
- Duarte, W. E. (1974) *Orchestoidea tuberculata* Nicolet 1840 as an organism which disintegrates algae (Crustacea, Amphipoda, Talitridae). *Boletín. Museo Nacional de Historia Natural* (Santiago) 19: 3–9.
- Duarte, C.; Navarro, J. M.; Acuña, K. & Gómez, I. (2010) Feeding preferences of the sandhopper *Orchestoidea tuberculata*: The importance of algal traits. *Hydrobiologia* 651: 291–30.
- Dugan, J. E. & Hubbard, D. M. (1996) Local variation in populations of the sand crab *Emerita analoga* on sandy beaches in southern California. *Revista Chilena de Historia Natural* 69: 579–588.
- Dugan, J. E.; Wenner, A. M. & Hubbard, D. M. (1991) Geographic variation in the reproductive biology of the sand crab, *Emerita analoga* (Stimpson) on the California coast. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 150: 63–81.
- Dugan, J. E.; Hubbard, D. M. & Wenner, A. M. (1994) Geographical variation in the life history of the sand crab *Emerita analoga* (Stimpson) on the

- California coast: relationships to environmental variables. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 118: 255–278.
- Dugan, J. E.; Hubbard, D. M.; McCrary, M. D. & Pierson, M. O. (2003) The response of macrofauna communities and shorebirds to macrophyte wrack subsidies on exposed sandy beaches of southern California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 58S: 25-40.
- Eeva, T.; Yanhuanpaa, S.; Rabergh, C. & Airaksinen, S. (2000) Biomarkers and fluctuating asymmetry as indicators of pollution-induced stress in two hole-nesting passerines. *Functional Ecology* 14: 235–243.
- Efford, I. E. (1967) Neoteny in sand crabs of the genus *Emerita* (Anomura, Hippidae). *Crustaceana* 13: 81-93.
- Efford, I. E. (1976) Distribution of the sand crab in the genus *Emerita* (Decapoda, Hippidae). *Crustaceana* 30: 169–183.
- Fair, J. M. & Breshears, D. D. (2005) Drought stress and fluctuating asymmetry in *Quercus undulate* leaves: confounding effects of absolute and relative amounts of stress? *Journal of Arid Environments* 62: 235-249.
- Fallaci, M.; Aloia, A.; Audoglio, M.; Colombini, I.; Scapini, F. & Chellazi, L. (1999) Differences in behavioral strategies between two sympatric talitrids (Amphipoda) inhabiting an exposed sandy beach of the French Atlantic coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 48: 469–482.
- Fanini, L.; Catarino, C. M. & Scapini, F. (2005) Relationships between the dynamics of two *Talitrus saltator* populations and the impacts of activities linked to tourism. *Oceanologia* 47: 93-112.
- Folk, R. L. & Ward, W. C. (1957) Brazos River bar, a study in significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27: 3-26.

- Frechette, M.; Gouilletquer, P. & Daigle, G. (2003) Fluctuating asymmetry and mortality in cultured oysters (*Crassostrea gigas*) in Marennes-Oléron basin. *Aquatic Living Resources* 16: 339-346.
- Galeotti, P.; Sacchi, R. & Vicario, V. (2005) Fluctuating asymmetry in body traits increases predation risks: tawny owl selection against asymmetric woodmice. *Evolutionary Ecology* 19: 405–418.
- Gianuca, N. M. (1985) *The ecology of sandy beach in southern Brazil*. PhD thesis, University of Southampton.
- Graham, J. H.; Freeman, D. C. & Emlen, J. M. (1993). Antisymmetry, directional asymmetry, and chaotic morphogenesis. *Genetica* 89: 121-137.
- Griffiths, C. L.; Stenton-Dozey, J. M. E. & Koop, K. (1983) *Kelp wrack and the flow of energy through a sandy beach ecosystem*. In: McLachlan A & T Erasmus (eds) *Sandy beaches as ecosystems*: 547-559. Dr. W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands.
- Gomez, J. & Defeo, O. (1999) Life history of the sandhopper *Pseudorchestoidea brasiliensis* (Amphipoda) in sandy beaches with contrasting morphodynamics. *Marine Ecology Progress Series* 182: 209–220.
- Helm, B. & Albrecht, H. (2000) Human handedness causes directional asymmetry in avian wing length measurements. *Animal Behaviour* 60: 899-902.
- Hodar, J. A. (2002) Leaf fluctuating asymmetry of *Holm oak* in response to drought under contrasting climatic conditions. *Journal of Arid Environments* 52: 233-243.

- Hogg, I. D.; Eadie, J. M.; Williams, D. D. & Turner, D. (2001) Evaluating fluctuating asymmetry in a stream-dwelling insect as an indicator of low-level thermal stress: A largescale field experiment. *The Journal of Applied Ecology* 38: 1326-1339.
- Jaramillo, E.; Contreras, H. & Quijon, P. (1996) Macroinfauna and human disturbance in a Sandy beach of south-central Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 69: 655-663.
- Jaramillo, E.; Contreras, H. & Duarte, C. (2001) Relationships between community structure of the intertidal macroinfauna and sandy beach characteristics along the Chilean coast. *Marine Ecology* 22: 323-342.
- Jaramillo, E.; Contreras, H. & Bollinger, A. (2002) Beach and faunal response to the construction of a seawall in a sandy beach of south central Chile. *Journal of Coastal Research* 18: 523-529.
- Jedrzejczak, M. F. (2002) Spatio-temporal decay “hotspots” of stranded wrack in a Baltic sandy coastal system. Part I. Comparative study of the pattern: 1 type of wrack vs 3 beach sites. *Oceanologia* 44: 491-512.
- Johnson, R. K.; Wiederholm, T. & Rosenberg, D. M. (1993) *Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations and species assemblages of benthic macroinvertebrates*. Pp. 40-105. In: D.M. Rosenberg & V.H. Resh, (eds.), *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York. 488p.
- Jones, A. R. (2003) Ecological Recovery of amphipods on sandy beaches following on pollution: an interim assessment. *Journal of Coastal Research* 35: 66-73.

- Kennedy, F.; Naylor, E. & Jaramillo, E. (2000) Ontogenetic differences in the circadian locomotor activity rhythm of the talitrid amphipod crustacean *Orchestoidea tuberculata*. *Marine Biology* 137: 511–517.
- Kiflawi, M.; Equist, B. J. & Jordan, M. A. (2000) Position within the geographic range, relative local abundance and developmental instability. *Ecography* 23: 539-546.
- Kodric-Brown, A. (1997) Sexual selection, stabilizing selection and fluctuating asymmetry in two populations of pupfish (*Cyprinodon pecosensis*). *Biological Journal of the Linnean Society* 62: 553-566.
- Kristensen, T. N.; Pertoldi, C.; Pedersen, L. D.; Andersen, D. H.; Bach, L. A. & Loeschcke, V. (2004) The increase of fluctuating asymmetry in a monoclonal strain of collembolans after chemical exposure discussing a new method for estimating the environmental variance. *Ecological Indicators* 4: 73-81.
- Lastra, M.; Page, H. M.; Dugan, J. E.; Hubbard, D. M. & Rodil, I. F. (2008) Processing of allochthonous macrophyte subsidies by sandy beach consumers: Estimates of feeding rates and impacts on food resources. *Marine Biology* 154: 163–174.
- Lempa, K.; Martel, J.; Koricheva, J.; Haukioja, E.; Ossipov, V.; Ossopova S. & Pihlaja, K. (2000) Covariation of fluctuating asymmetry, herbivory and chemistry during birch leaf expansion. *Oecologia* 122: 354-360.
- Lens, L.; Van Dongen, S. & Matthysen, E. (2002) Fluctuating Asymmetry as an Early Warning System in the Critically Endangered Taita Thrush. *Conservation Biology* 16: 479–487.

- Lercari, D. & Defeo, O. (1999) Effects of freshwater discharge in sandy beach populations: the mole crab *Emerita brasiliensis* in Uruguay. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 49: 457–468.
- Lercari, D. & Defeo, O. (2003) Variation of a sandy beach macrobenthic community along a human-induced environmental gradient. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 58: 17-24.
- Leung, B. & Forbes, M. R. (1996) Fluctuating asymmetry in relation to stress and fitness: Effects of trait type as revealed by meta-analysis. *Ecoscience* 3: 400-413.
- Leung, B.; Forbes, M. R. & Houle, D. (2000) Fluctuating Asymmetry as a Bioindicator of Stress: Comparing Efficacy of Analyses Involving Multiple Traits. *The American Naturalist* 155: 101-115.
- Llewellyn, P. J. & Shackley, S. E. (1996) The effects of mechanical beach-cleaning on invertebrate populations. *British Wildlife* 7: 147–155.
- Marchetti, G. M. & Scapini, F. (2003) Use of multiple regression models in the study of sandy hopper orientation under natural conditions. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 58: 207–215.
- Marsden, I. D. (1991) Kelp-sandhopper interactions on a sand beach in New Zealand. I. Drift composition and distribution. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 152: 61–74.
- Markow, T. A. & Ricker, J. P. (1992) Male size, developmental stability, and mating success in natural populations of tree drosophila species. *Heredity* 69: 122-127.
- McConaughy, J. R. (1992) Decapoda larvae: dispersal, mortality and ecology. A working hypothesis. *American Zoologist* 156: 377-392.

- McLachlan, A. (1980) Exposed sandy beaches as semi-closed ecosystems. *Marine Environmental Research* 4: 59–63.
- McLachlan, A. (1983) Sandy beach ecology: a review. En: McLachlan A, Erasmus T (eds) *Sandy beaches as ecosystems*. W. Junk, The Hague, 321-380.
- McLachlan, A. & Jaramillo, E. (1995) Zonation on sandy beaches. *Oceanography and Marine Biology* 33: 305-335.
- McLachlan, A.; Jaramillo, E.; Donn, T. E. & Wessels, F. (1993) Sandy beach macrofauna communities and their control by the physical environment: a geographical comparison. *Journal of Coastal Research* 15: 27–38.
- McLachlan, A.; Defeo, O.; Jaramillo, E. & Short, A. D. (2013) Sandy beach conservation and recreation: guidelines for optimising management strategies for multi-purpose use. *Ocean & Coastal Management* 71: 256-268.
- Moffet, M. D.; McLachlan, A.; Winter, P. E. D. & De Ruyck, A. M. C. (1998) Impact of trampling on sandy beach macrofauna. *Journal of Coastal Conservation* 4: 87-90.
- Moller, A. P. (1993) Patterns of fluctuating asymmetry in sexual ornaments predict female choice. *Journal of Evolutionary Biology* 6: 481-491.
- Moller, A. P. (1995) Developmental stability and ideal despotic distribution of the blackbirds in a patchy environment. *Oikos* 72: 228-234.
- Moller, A. P. (1996) Development of fluctuating asymmetry in tail feathers of the barn swallow *Hirundo rustica*. *Journal of Evolutionary Biology* 9: 677-694.
- Moller, A. P. & Swaddle, J. P. (1997) *Asymmetry, development stability and evolution*, Oxford Univ. Press, Oxford, 291 pp.

- Moller, A. P. & Thornhill, R. (1997) A meta-analysis of the heritability of developmental stability. *Journal of Evolutionary Biology* 10: 1-16.
- Olabarria, C.; Incera, M.; Garrido, J.; Rodil, I. F. & Rossi, F. (2009) Intraspecific diet shift in *Talitrus saltator* inhabiting exposed sandy beaches. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 84: 282-288.
- Ottaviano, O. & Scapini, F. (2010) Can fluctuating asymmetry in *Talitrus saltator* (Montagu, 1808) (Crustacea, Amphipoda) populations be used as a bioindicator of stress on sandy beach ecosystems? *Oceanologia* 52: 259–280.
- Palmer, A. R. (1994) Fluctuating asymmetry analyses: A primer. pp. 335-364. In T. A. Markow (ed.), *Developmental Instability: Its Origins and Evolutionary Implications*. Kluwer, Dordrecht, Netherlands.
- Palmer, A.R. (1996) From symmetry to asymmetry: phylogenetic patterns of asymmetry variation in animals and their evolutionary significance. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 93: 14279-14286.
- Palmer, A. R. & Strobeck C. (1986) Fluctuating asymmetry: Measurement, Analysis, Patterns. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 17: 391-421.
- Peluffo, E. (1998) *Distribución espacio-temporal, estructura poblacional y reproducción del tatucito Emerita brasiliensis (Decapoda, Hippidae) en las playas de Cabo Polonio, Rocha, Uruguay*. MSc thesis, PEDECIBA, Facultad de Ciencias, Montevideo.
- Perez, D. (1999) Mercury levels in mole crabs *Hippa cubensis*, *Emerita brasiliensis*, *Emerita portoricensis* and *Lepidopa richmondi* (Crustacea:

- Decapoda: Hippidea) from a sandy beach at Venezuela. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 63: 320-326.
- Petracco, M.; Veloso, V.G. & Cardoso, R.S. (2003) Population dynamics and secondary production of *Emerita brasiliensis* (Crustacea: Hippidae) at Prainha Beach, Brazil. *P.Z.N.I. Marine Ecology* 24: 231–245.
- Polak, M.; Opoka, R. & Cartwright, I. L. (2002) Response of fluctuating asymmetry to arsenic toxicity: support for the developmental selection hypothesis. *Environmental Pollution* 118:19-28.
- Powell, C. L.; Ferdin, M. E.; Busman, M.; Kwikteck, R. G. & Doucette, G. J. (2002) Development of protocol for determination of domoic acid in the sand crab (*Emerita analoga*): a possible new indicator species. *Toxicon* 40: 485-492.
- Roy, B. A. & Stanton, M. L. (1999) Asymmetry of wild mustard, *Sinapis arvensis* (Brassicaceae), in response to severe physiological stresses. *Journal of Evolutionary Biology* 12: 440–449.
- Savage, A. & Hogarth, P. J. (1999) An analysis of temperature-induced Fluctuating Asymmetry in *Asellus aquaticus* (Linn.). *Hydrobiologia* 411: 139–143.
- Scapini, F.; Chelazzi, L.; Colombini, I. & Fallaci, M. (1992) Surface activity, zonation and migrations of *Talitrus saltator* on a Mediterranean beach. *Marine Biology* 112: 573-581.
- Schlacher, T. A.; Dugan, J.; Schoeman, D. S.; Lastra, M.; Jones, A.; Scapini, F.; McLachlan, A. & Defeo, O. (2007) Sandy beaches at the brink. *Diversity and Distributions* 13: 556–560.

- Servia, M. J.; Cobo, F. & Gonzalez, M. A. (1998) Deformities in larval *Prodiamesa olivacea* (Meigen, 1818) (Diptera, Chironomidae) and their use as indicators of toxic sediment stress. *Hydrobiologia* 385: 153-162.
- Servia, M. J.; Cobo, F. & Gonzalez, M. A. (2004) Multiple-trait analysis fluctuating asymmetry levels in anthropogenically and naturally stressed sites: a case study using *Chironomus riparius* Meigen, 1804 larvae. *Environmental Monitoring and Assessment* 90: 101–112.
- Sneddon, L. U. & Swaddle, J. P. (1999). Asymmetry and fighting performance in the shore crab *Carcinus maenas*. *Animal Behaviour* 58: 431–435.
- Soderman, F.; Van Dogen, S.; Pakkasmaa, S. & Merila, J. (2007) Environmental stress increases skeletal fluctuating asymmetry in the moor frog *Rana arvalis*. *Oecologia* 151: 593–604.
- Swaddle, J. P. (1997) Within-individual changes in developmental stability affect flight performance. *Behavioral Ecology* 8: 601-604.
- Subramoniam, T. (1977) Aspects of sexual biology of the anomuran crab *Emerita asiatica*. *Marine Biology* 43: 369-377.
- Suguio, K. (1973) *Introdução à sedimentologia*. São Paulo, Edgard Blucher, 317p.
- Thornhill, R. (1992) Fluctuating asymmetry and the mating system of the Japanese scorpionfly, *Panorpa japonica*. *Animal Behaviour* 44: 867-879.
- Ueno, H. (1994) Fluctuating asymmetry in relation to two fitness components, adult longevity and male mating success in a ladybird beetle, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinelidae). *Ecological Entomology* 19: 87-88.
- Ugolini, A.; Ungherese, G.; Somigli, S.; Galanti, G.; Baroni, D.; Borghini, F.; Cipriani, N.; Nebbiai, M.; Passaponti, M. & Focardi, S. (2008) The amphipod

- Talitrus saltator* as a bioindicator of human trampling on sandy beaches. *Marine Environmental Research* 65: 349–357.
- Underwood, A. J. (2001) *Experiments in ecology*. Cambridge: Cambridge University Press 504 p.
- Van Dongen, S. (2006) Fluctuating asymmetry and developmental instability in evolutionary biology: past, present and future. *Journal Evolutionary Biology* 19: 1727-1743.
- Van Dongen, S. & Lens, L. (2000) Symmetry, size, and stress. *Trends in Ecology and Evolution* 15: 330-331.
- Van Valen, L. (1962) A study of fluctuating asymmetry. *Evolution* 16: 125-142.
- Veloso, V. G. & Cardoso, R. S. (1999) Population biology of the mole crab *Emerita brasiliensis* (Decapoda: Hippidae) at Fora beach, Brazil. *Journal of Crustacean Biology* 19: 147–153.
- Veloso, V. G. & Cardoso, R. S. (2001) The effects of morphodynamics on the spatial and temporal variation of the macrofauna of three sandy beaches on the Rio de Janeiro State, Brazil. *Journal of The Marine Biological Association of The United Kingdom* 81: 369–375.
- Veloso, V. G.; Cardoso, R. S. & Fonseca, D. B. (1997) Spatiotemporal characterization of an intertidal macrofauna community at Prainha Beach (recreio dos Bandeirantes), State of Rio de Janeiro, Brazil. In: Absalão RS, Esteves RS (Org.), *Oecologia Brasiliensis*. Rio de Janeiro, Ed. UFRJ 3: 213–225.
- Veloso, V. G.; Caetano, C. H. S. & Cardoso, R. S. (2003) Composition, structure and zonation of intertidal macroinfauna in relation to physical

- factors in microtidal sandy beaches at Rio de Janeiro State, Brazil. *Scientia Marina* 67: 393–402.
- Veloso, V. G.; Silva, E. S.; Caetano, C. H. S. & Cardoso, R. S. (2006) Comparison between the macroinfauna of urbanized and protected beaches in Rio de Janeiro State, Brazil. *Biological Conservation* 127: 510-515.
- Veloso, V. G.; Neves, G.; Lozano, M.; Perez-Hurtado, A.; Gago, C. G.; Hortas, F. & Garcia Garcia, F. (2008) Responses of talitrid amphipods to a gradient of recreational pressure caused by beach urbanization. *Marine Ecology* 29: 126-133.
- Veloso, V. G.; Sallorenzo, I. A.; Ferreira, B. C. A. & Souza, G. N. (2009) *Atlantorchestoidea brasiliensis* (Crustacea: Amphipoda) as an indicator of disturbance caused by urbanization of a beach ecosystem. *Brazilian Journal of Oceanography* 58: 13-21.
- Veloso, V. G.; Neves, G. & Capperia, L. A. (2011) Sensitivity of a cirrolanid isopod to human pressure. *Ecological Indicators* 11: 782-788.
- Veloso, V. G.; Sallorenzo, I. A.; Barros, W. K. A. & Souza, G. N. (2012) Analysis of feeding behavior and food consumption rate of *Atlantorchestoidea brasiliensis* (Crustacea: Talitridae). *Ciencias Marinas* 38: 653-664.
- Venables, B. J. (1981) Aspects of the population biology of a Venezuelan beach amphipod *Talorchestia margaritae* (Talitridae) including estimates of biomass and daily production and respiration rates. *Crustaceana* 41: 271–285.
- Vieira, J. V.; Borzone, C. A.; Lorenzi, L. & Carvalho, F. G. (2012) Human impact on the benthic macrofauna of two beach environments with different

- morphodynamic characteristics in southern brazil. *Brazilian Journal of Oceanography* 60: 135-148.
- Watson, P. J. & Thornhill, R. (1994) Fluctuating asymmetry and sexual selection. *Trends in Ecology and Evolution* 9: 21-25.
- Weller, B. & Ganzhorn, J. U. (2004) Carabid beetle community composition, body size, and fluctuating asymmetry along an urban-rural gradient. *Basic and Applied Ecology* 5: 193-201.
- Wenner, A. M. (1988) *Crustaceans and other invertebrates as indicators of beach pollution*. In Marine Organisms as Indicators (Soule, D. F. e Kleppel, G. S., eds). Springer-Verlag, New York, pp. 199–229.
- Wenner, A. M. & Haley, S. R. (1981) On the question of sex reversal in mole crabs (Crustacea, Hippidae). *Journal of Crustacean Biology* 1: 506-517.
- Weslawski, J. M.; Stanek, A.; Siewert, A. & Beer, N. (2000) The sandhopper (*Talitrus saltator*, Montagu 1808) on the Polish Baltic Coast. Is a victim of increased tourism? *Oceanological and Hydrobiological Studies* 29: 77-87.
- Williams, J. A. (1982) Environmental influence on the locomotor activity rhythm of the sand-shore amphipod *Talorchestia deshayesi*. *Marine Biology* 69: 65–71.
- Willianson, D. I. (1951) Studies in the biology of Talitridae (Crustacea, Amphipoda): visual orientation in *Talitrus saltator*. *Journal of the Marine Biological Association of The United Kingdom* 30: 73-90.