

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas
Mestrado em Biodiversidade Neotropical

ASSIMETRIA FLUTUANTE DE DUAS ESPÉCIES DE CRUSTÁCEOS EM
QUATORZE PRAIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Gabriel Pereira Frota

Rio de Janeiro
2018

Gabriel Pereira Frota

ASSIMETRIA FLUTUANTE DE DUAS ESPÉCIES DE CRUSTÁCEOS EM
QUATORZE PRAIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Dissertação apresentada ao Curso de Pós Graduação em Ciências Biológicas (Biodiversidade Neotropical) do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, como pré-requisito à obtenção do Título de Mestre em Ciências Biológicas, sob a orientação do Prof. Dr. Ricardo Silva Cardoso e co-orientação da Dra. Tatiana Medeiros Barbosa Cabrini.

Rio de Janeiro
2018

P941 Pereira Frota, Gabriel
Assimetria flutuante de duas espécies de crustáceos em quatorze praias do Estado do Rio de Janeiro / Gabriel Pereira Frota. -- Rio de Janeiro, 2018.
42

Orientador: Ricardo Silva Cardoso.
Coorientadora: Tatiana Medeiros Barbosa Cabrini.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 2018.


1. Assimetria flutuante. 2. Impactos antrópicos. 3. Estresse ambiental. 4. Praias Arenosas. 5. Macrofauna. I. Silva Cardoso, Ricardo, orient. II. Medeiros Barbosa Cabrini, Tatiana, coorient. III. Título.



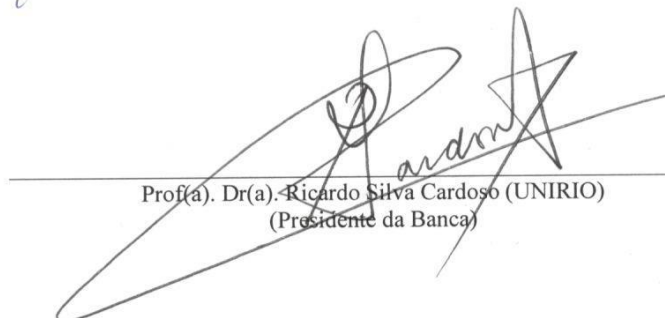
ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO Nº 63

Aos vinte e seis dias do mês de fevereiro de dois mil e dezoito, às 15 horas, realizou-se na sala 502 do Instituto de Biociências (Av. Pasteur 458), do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, a defesa da dissertação intitulada *Assimetria flutuante de duas espécies de crustáceos em quatorze praias do Estado do Rio de Janeiro* do(a) Mestrando(a) **Gabriel Pereira Frota** do Mestrado em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Biológicas (Biodiversidade Neotropical). A presente dissertação foi orientada pelo(a) Prof(a). Dr(a). Ricardo Silva Cardoso e coorientada pelo(a) Prof(a). Dr(a). Tatiana Medeiros Barbosa Cabrini. A Banca Examinadora foi constituída pelos professores, a saber: Prof(a). Dr(a). Luciano Neves dos Santos e Prof(a). Dr(a). Paulo Cesar de Paiva, com suplência do(a) Prof(a). Dr(a). Tatiana Medeiros Barbosa Cabrini. Após arguir o(a) mestrando(a) e considerar que o(a) mesmo(a) demonstrou capacidade no trato do tema escolhido e sistematização dos dados, a Banca Examinadora houve por bem aprová-lo(a) com conceito A.

Rio de Janeiro, 26 de fevereiro de 2018.


Prof(a). Dr(a). Luciano Neves dos Santos (UNIRIO)


Prof(a). Dr(a). Paulo Cesar de Paiva (UFRJ)


Prof(a). Dr(a). Ricardo Silva Cardoso (UNIRIO)
(Presidente da Banca)

Agradecimentos

Primeiramente aos meus pais, por todo amor, carinho, apoio, força, compreensão, conversas, ensinamentos, broncas, conselhos, suporte e infraestrutura familiar ao longo de todos esses vinte e seis anos, que me permitiram seguir em frente e ser uma pessoa melhor em toda a minha caminhada acadêmica e pessoal. Sem vocês meu caminho seria muito mais difícil. Um agradecimento especial à minha mãe, que me acompanha no dia-a-dia, obrigado por todos os conselhos relativos à minha área, as reflexões, ensinamentos sobre a vida e a sua cumplicidade incondicional, além de ser a minha grande incentivadora e influenciadora dentro da Biologia.

Às minhas avós, por todo amor incondicional, mimos e suporte dados ao longo desses 26 anos de vida. Sem vocês com certeza a minha vida e a dos meus pais seriam muito mais difíceis, vocês têm participação direta no que eu sou hoje.

Ao meu irmão Ricardo, meu melhor amigo, por toda cumplicidade, brincadeiras e zueiras, risadas, conselhos, conversas e por estar presente no meu dia-a-dia ao longo da minha vida. Sem você com certeza minha vida seria mais chata.

À minha namorada, companheira da vida e melhor amiga Carol Almeida, por todo amor, carinho, companheirismo, cuidados, conselhos, consultorias (de português e estudo), ensinamentos e broncas que me fazem ser uma pessoa melhor ao longo desses seis anos e alguns meses de relacionamento, sem você com certeza essa caminhada seria muito mais difícil.

À minha família, por todo amor, carinho, suporte e ensinamentos ao longo da minha vida, vocês sempre me ensinam muito quando nos encontramos e ajudaram muito meus pais na minha criação e no que sou hoje.

Ao meu orientador Ricardo Cardoso pela oportunidade de trabalhar no ECOMAR, por sua orientação e amizade, que apesar de ser uma pessoa extremamente atarefada, arranjava tempo para me ensinar e incentivar ao longo desses mais de seis anos trabalhando juntos. Com você aprendi muito profissionalmente e pessoalmente, foi um enorme prazer trabalhar ao seu lado.

À minha segunda orientadora Tatiana Cabrini, por toda orientação na ausência do Ricardo, amizade, ensinamentos, reflexões, discussões e conversas no laboratório. Com você também aprendi muito profissionalmente e pessoalmente, com certeza esse

trabalho tem muita influência sua. Você é uma profissional incrível, estarei sempre na sua torcida. Foi enorme prazer trabalhar com você

Aos que já fizeram e fazem parte da família ECOMAR, Michel, Henrique, Rayane, Matheus, Nathalia, Vivi, Lelê, Arthur, Marcelo, Felipe e Lud por todos os ensinamentos, orientações e companheirismo, vocês me ensinaram/ensinam muito, principalmente como trabalhar em grupo, foi um enorme prazer trabalhar com vocês também. Um agradecimento especial ao meu amigo Michel, que me acompanha desde a graduação e iremos defender o mestrado juntos, obrigado pela amizade, conversas, ensinamentos e risadas.

Muito obrigado a UNIRIO e ao PPGGIO e seus professores, que contribuíram muito na minha formação e aprendizagem.

Aos amigos de turma, que fizeram desse mestrado mais divertido.

A CAPES pela bolsa concedida ao longo desses 18 meses.

A todos os meus amigos que me incentivam nessa minha caminhada, que me fazem fugir um pouquinho dessa vida acadêmica e que tornam minha vida mais feliz. Agradecimento especial ao Dener, Djalma, Kayan, Tati e Zagnoli.

A todos que de alguma forma contribuíram para este trabalho.

E por último as praias, ambiente que eu mais me sinto à vontade e amo, fundamentais para a realização desse trabalho.

Aqueles que renunciam à liberdade
em troca de promessas de segurança
acabarão sem uma nem outra.

George Orwell

Sumário

Lista de figuras	9
Lista de tabelas	10
Resumo	11
Abstract.....	13
Introdução.....	15
Metodologia.....	17
1. Área de estudo:	17
2. Amostragem:	21
3. Procedimentos laboratoriais e medidas morfodinâmicas:	21
4. Índices de urbanização, conservação e recreação:.....	22
5. Determinação da assimetria flutuante e análise de dados:	26
Resultados.....	27
Discussão	33
Referências	37

Lista de figuras

- Figura 1 - Mapa da localização das 14 praias amostradas. O ponto vermelho representa a praia da região da Ilha Grande; Os pontos amarelos representam as praias da região Metropolitana; Os pontos brancos representam as praias da região dos Lagos; Ponto verde representa a praia da região Norte. Veja a tabela 1 para identificar as praias. 19
- Figura 2 - Medição dos caracteres de: A) *Atlantorchestoidea brasiliensis*: 1. Comprimento do 2º segmento da antena; 2. Comprimento do 4º segmento (mero) do terceiro, quinto e sétimo par de pereiópodos. B) *Emerita brasiliensis*: 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..... 22
- Figura 3 - Média dos valores dos índices individuais de assimetria (FA1 e FA2) para *Atlantorcheistoidea brasiliensis*. 29
- Figura 4 - Média dos valores dos índices compostos de assimetria (CFA1 e CFA2) para *Atlantorcheistodea brasiliensis*. 29
- Figura 5 - Média dos valores dos índices individuais de assimetria (FA1 e FA2) para *Emerita brasiliensis*. 30
- Figura 6 - Média dos valores dos índices compostos de assimetria (CFA1 e CFA2) para *Emerita brasiliensis*. 30
- Figura 7- Análise de componentes principais (PCA) com base nos índices de recreação (R), urbanização (U), conservação (C) nas 14 praias estudadas. Para identificar as praias, veja a tabela 1 33

Lista de tabelas

Tabela 1 – Características físicas e os valores dos índices para as 14 praias amostradas do estado do Rio de Janeiro. A exposição às ondas foi classificada de acordo com McLachlan (1980)	20
Tabela 2 – Métricas utilizadas para calcular os índices de conservação e recreação propostos por McLachlan et al. (2013).....	24
Tabela 3 - Métricas utilizadas para calcular os índices de urbanização proposto por Gonzáles et al. (2014).....	25
Tabela 4 - Fórmulas dos índices individuais de assimetria flutuante (FA) e dos índices de assimetria composto (CFA) utilizado no estudo. D = valor da medida do lado direito; E = valor da medida do lado esquerdo.	26
Tabela 5 - Regressões lineares entre o tamanho do caractere com a assimetria flutuante em <i>Atlantorcheistoidea brasiliensis</i> e <i>Emerita brasiliensis</i>	28
Tabela 6 – Resultados das Anovas unifatorial (Fator: Praia) para os índices individuais de assimetria flutuante de <i>Emerita brasiliensis</i> e <i>Atlantorcheistodea brasiliensis</i> nas 14 praias amostradas.....	31

Resumo

As praias arenosas são os ambientes costeiros mais frequentados do mundo, conseqüentemente vem sofrendo diferentes tipos de impactos, por conta da rápida ocupação urbana e crescimento demográfico nas regiões costeiras, gerando condições estressantes para as espécies residentes e reduzindo a qualidade ambiental das praias. Os crustáceos podem ser utilizados como bioindicadores confiáveis de estresse, os quais se destacam o anfípode *Atlantochestoidea brasiliensis* e o decápode *Emerita brasiliensis*. Uma ferramenta para avaliar a qualidade ambiental e a instabilidade do desenvolvimento dos indivíduos é a assimetria flutuante (FA), que mede desvios aleatórios da simetria bilateral. Nos últimos anos alguns índices de qualidade ambiental foram desenvolvidos especificamente para praias arenosas, onde se destacam os índices de Conservação, Recreação e Urbanização, que oferecem aos gestores medidas de fácil utilização. Este estudo teve como objetivo quantificar e comparar os níveis de FA nas populações de *A. brasiliensis* e *E. brasiliensis* em quatorze praias do Estado do Rio de Janeiro. Para cada espécie, foram calculados dois índices individuais e dois índices compostos de assimetria, que foram testados em quatro caracteres para ambas as espécies. Também foram calculados três índices de qualidade ambiental das praias (Conservação, Urbanização e Recreação). Os resultados do presente estudo indicam uma complexa distribuição espacial da FA de acordo com os índices que calculam os níveis de saúde ambiental das praias. As praias que obtiveram os maiores valores no índice de Conservação (Aventureiro e Restinga) obtiveram os menores valores de FA para ambas as espécies. As praias localizadas na região Metropolitana, especificamente na cidade do Rio de Janeiro, no geral, apresentaram os maiores níveis de FA para ambas as espécies. A praia da Restinga da Marambaia se destacou por apresentar baixos níveis de FA para ambas as espécies. Estas espécies são suscetíveis a diferentes formas de impacto, por conta das suas distintas características reprodutivas, alimentares e de zonação. *A. brasiliensis* é mais suscetível aos impactos diretos na praia, como por exemplo, atividades recreativas. Enquanto, *E. brasiliensis* é tão suscetível a impactos tanto na água (contaminação) quanto na praia. Nossos resultados indicam que assimetria flutuante pode ser utilizada como uma ferramenta para avaliar impactos em praias arenosas, porém estudos adicionais devem ser realizados para melhorar o entendimento da distribuição espacial da FA nas praias arenosas no Estado do Rio de Janeiro.

Palavras-chaves: Assimetria flutuante; Impactos antrópicos; Estresse ambiental; Praias arenosas; *Emerita brasiliensis*; *Atlantorchestoidea brasiliensis*.

Abstract

The sandy beaches are the most frequented coastal environments in the world, consequently suffer different types of impacts, due to the rapid urban occupation and demographic growth in the coastal regions, generating stressful conditions for the resident species and reducing the environmental quality of the beaches. Crustaceans can be used as reliable bioindicators of stress, in which the amphipod *Atlantochestoidea brasiliensis* and the decapod *Emerita brasiliensis* stand out. One tool to evaluate the environmental quality and the instability of individuals development is floating asymmetry (FA), which measures small random deviations of bilateral symmetry. In order to evaluate the environmental quality of the beaches, in recent years, some indices have been developed, highlighting the Conservation, Recreation and Urbanization indices, which offer easy-to-use metric managers. This study aimed to quantify and compare the levels of FA in the populations of *A. brasiliensis* and *E. brasiliensis* on 14 beaches in the State of Rio de Janeiro. The samplings occurred between the years 2011 and 2015. For each species, two individual indices and two indices composed of asymmetry were calculated, which were tested in four characters to both species. Three indices of environmental quality of beaches (Conservation, Urbanization and Recreation) were also calculated. The results of the present study indicate a complex spatial distribution of FA according to the indices that calculate the environmental health levels of the beaches. The beaches that obtained the highest values in the Conservation Index (Aventureiro and Restinga) obtained the lowest values of FA for both species. The beaches located in the metropolitan region, specifically in the city of Rio de Janeiro, in general, presented the highest levels of FA for both species, in which the Fora beach stands out. Restinga da Marambaia beach was noted for presenting the low levels of FA for both species. The species are susceptible to different forms of impact, due to their different reproductive, food and zoning characteristics. The *A. brasiliensis* is more susceptible to direct impacts on the beach, such as recreational activities. While *E. brasiliensis* is as susceptible to impacts on water (contamination) as on the beach. Our results indicate that floating asymmetry can be used as a good tool to evaluate impacts on sandy beaches, but additional studies should be carried out to improve the understanding of the spatial distribution of FA on sandy beaches in the State of Rio de Janeiro.

Keywords: Fluctuating asymmetry; Anthropogenic impact; Environmental stress; Sandy beaches; *Emerita brasiliensis*; *Atlantorchestoidea brasiliensis*

Introdução

As praias arenosas constituem sistemas dinâmicos definidos fundamentalmente por amplas flutuações nas condições ambientais, onde elementos básicos como ventos, maré, correntes e sedimento interagem, resultando em processos hidrodinâmicos e deposicionais complexos (McLachlan & Brown 2006). Estes ecossistemas marinhos apresentam grande importância socioeconômica e ecológica, visto que são os ambientes costeiros mais frequentados do mundo, estando relacionadas a atividades urbano-recreativas e ao turismo (Defeo & McLachlan 2005; Schlacher et al. 2007), além de abrigarem uma biota diversa e adaptada, capaz de resistir a perturbações periódicas (Defeo & McLachlan 2005). Contudo, o aumento intensivo dos impactos antrópicos nestes ambientes, por conta da rápida ocupação urbana e crescimento demográfico nas regiões costeiras, geram condições estressantes para os organismos residentes e reduzem qualidade ambiental das praias (Barca-Bravo et al. 2008; Defeo et al. 2009; Cardoso et al. 2016).

Os crustáceos são indicadores confiáveis da estabilidade de ecossistemas (Peterson et al. 2000) e podem ser utilizados como ferramentas de monitoramento para a gestão costeira de praias e dunas (Nourisson et al. 2014). Dentre os crustáceos de praias arenosas, destacam-se o anfípode *Atlantorchestoidea brasiliensis* (DANA, 1853) e o decápode *Emerita brasiliensis* (SCHIMITT, 1935), espécies importantes na estruturação das comunidades macrofaunais (Veloso & Cardoso 2001), capazes de manter populações em todo o espectro morfodinâmico de praias arenosas expostas (Gómez et al. 2013) e encontrados em alta abundância na maioria das praias do estado do Rio de Janeiro.

Nas últimas décadas, houve um aumento significativo da deterioração dos ambientes costeiros do mundo, gerando grande preocupação com as consequências ecológicas e evolutivas destes estresses sobre os ecossistemas, comunidades e populações (Polak et al. 2002). Portanto, é primordial que um indicador sensível seja utilizado para monitorar e detectar sinais de estresse nas populações, antes que sofram alterações no seu “*fitness*” e danos demográficos irreversíveis (Michaelsen et al. 2015).

Uma forma de examinar a qualidade ambiental e a instabilidade no desenvolvimento dos indivíduos é verificar o nível de mudanças morfológicas em uma determinada população (Weller & Ganzhorn 2004; Beasley et al. 2013). Um indicador desta instabilidade é a assimetria flutuante (FA) que mede pequenos desvios aleatórios

da simetria bilateral (Palmer & Strobecke 1986; Palmer 1994), sendo considerada uma técnica para detecção de estresse ambiental.

Diversos estudos utilizaram a FA para aferir e quantificar o nível de estresse, a estabilidade do desenvolvimento e a capacidade de populações resistirem a perturbações (Savage & Hogarth 1999). Também foi utilizada nas mais diversas abordagens ecológicas e distintos grupos taxonômicos, como por exemplo, estresse térmico, contaminação por metal pesado, poluição costeira e impactos relacionados ao turismo em crustáceos (Savage & Hogarth 1999; Barca-Bravo et al. 2008; Ottaviano & Scapini 2010; Godet et al. 2012); contaminação por derramamento de óleo e poluição costeira em peixes (Michaelsen et al. 2015; Seixas et al. 2016); poluição urbana e de metais pesados em insetos (Weller & Ganzhorn 2004; Görür 2009); poluição urbana em lagartos (Lazić et al. 2013); e o efeito da assimetria sobre a predação e práticas agrícolas em mamíferos (Galeotti et al. 2005; Coda et al. 2016). Sendo assim, a FA se apresenta como uma promissora alternativa aos métodos tradicionais de avaliação da saúde ambiental, além de ser uma ferramenta simples e barata na detecção de estresse em populações naturais (Leary & Allendorf 1989).

Nos últimos anos, alguns índices foram desenvolvidos para avaliar a qualidade ambiental das praias, oferecendo aos gestores medidas de fácil utilização (McLachlan et al. 2013; González et al. 2014). Dentre eles se destacam os índices de Conservação e Recreação propostos por McLachlan et al (2013) e o índice de Urbanização proposto por González et al (2014). O índice de Conservação leva em consideração o estado de conservação das dunas, a presença/ausência de espécies icônicas e raras, e a riqueza e abundância do macrobentos. O índice de Recreação é calculado com base na infraestrutura, capacidade de física de transporte, segurança e saúde das praias. Por fim, o índice de Urbanização leva em conta a proximidade das praias aos centros urbanos, a forma de limpeza, frequência de visitantes e a presença de construções, de resíduos sólidos e tráfego de veículos na areia.

No presente estudo, selecionamos 14 praias arenosas ao longo da costa do estado do Rio de Janeiro com diferentes características morfodinâmicas e classificações de acordo com os índices que avaliam a qualidade ambiental das praias, com objetivo de quantificar e comparar os níveis de FA nas populações de *A. brasiliensis* e *E. brasiliensis*.

Metodologia

1. Área de estudo:

Quatorze praias arenosas foram amostradas ao longo da costa do Estado do Rio de Janeiro (Figura 1) entre dezembro de 2011 e janeiro de 2015. Dentre as praias selecionadas, sete apresentavam as duas espécies, incluindo praias com diferentes características morfodinâmicas, níveis de uso humano, limpeza e proximidade aos centros urbanos (Tabela 1). De acordo com o histórico de urbanização, industrialização e atividades socioeconômicas, a costa do estado do Rio de Janeiro foi dividida em quatro regiões: Ilha grande, Metropolitana, Lagos e Norte Fluminense.

A Ilha grande está localizada no sul do estado, possui aproximadamente 5000 habitantes, 350 km de perímetro de linha d'água e é a quinta maior ilha da costa brasileira (Creed et al. 2007). O Parque Estadual da Ilha Grande preserva um total de 62,5% da ilha, o que representa aproximadamente 120 km², possuindo 11 áreas restritas (Inea 2013). Apresenta praias oceânicas, inúmeras baías locais e regiões estuarinas, possibilitando uma alta heterogeneidade ambiental (Creed et al. 2007). Contudo, apresenta potenciais fontes poluidoras, como por exemplo, duas usinas nucleares, estaleiros, um terminal de petróleo e turismo (Cardoso et al. 2001).

A região Metropolitana compreende a cidade do Rio de Janeiro e cidades adjacentes, como por exemplo, Niterói. É considerada a segunda maior área metropolitana brasileira, com aproximadamente 12 milhões de habitantes (IBGE 2017). A cidade do Rio de Janeiro é um dos destinos turísticos mais procurados do Brasil (Ministério do turismo 2017), no ano de 2015, recebeu aproximadamente 9 milhões de turistas ao longo do ano (Riotur 2015). As praias localizadas na zona central estão sobre influência da Baía de Guanabara, um estuário de 384 km², que apresenta o segundo maior porto do país e está localizado no segundo maior parque industrial do Brasil, que recebe descarga de esgoto doméstico e efluentes industriais não tratados de mais de 11 milhões de habitantes e aproximadamente 16 mil indústrias (Fistarol et al. 2015). As praias nos bairros mais distantes da região central estão a diferentes distâncias dos centros urbanos, possuindo diferentes fontes de poluição, níveis de uso humano e de desenvolvimento socioeconômico e costeiro. As amostragens realizadas nessa região compreenderam praias com diferentes características morfodinâmicas (para mais detalhes, ver Cardoso et al. 2016).

A região dos Lagos se localiza na costa centro-norte do estado do Rio de Janeiro, sendo uma importante área turística para o estado. Compreende diversos municípios, no qual para o estudo, destacam-se Saquarema e Cabo Frio. O município de Saquarema possui aproximadamente 53 mil habitantes (IBGE 2017), sendo o turismo e a especulação imobiliária as principais atividades geradoras de impacto nas praias arenosas (Pinto et al. 2017). Cabo Frio possui aproximadamente 200 mil habitantes (IBGE 2017), o turismo é a sua principal atividade econômica e na região ocorrem os principais eventos de ressurgência no Brasil (da Silva et al. 2011), apresentando grande importância ecológica (Valentin 2001).

A região Norte Fluminense é uma importante região econômica para o estado, visto que é a maior produtora de petróleo do Brasil, possuindo um grande tráfego de navios. Está diretamente influenciada pelo rio Paraíba do Sul, que sofre impactos antropogênicos, como aumento de resíduos urbanos e efluentes industriais (Malm et al. 1989). Dentre os municípios desta região, para o presente estudo, destaca-se o município de Macaé. Sua população é estimada em mais de 200 mil habitantes (IBGE, 2017), assim como a região, sua principal atividade econômica é a indústria petrolífera. Dentro desta região, destaca-se o Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba que possui 148 km², estendendo-se por três municípios, o qual possui 44 km de extensão de praia e apresenta grande importância ecológica (ICMBio, 2007).

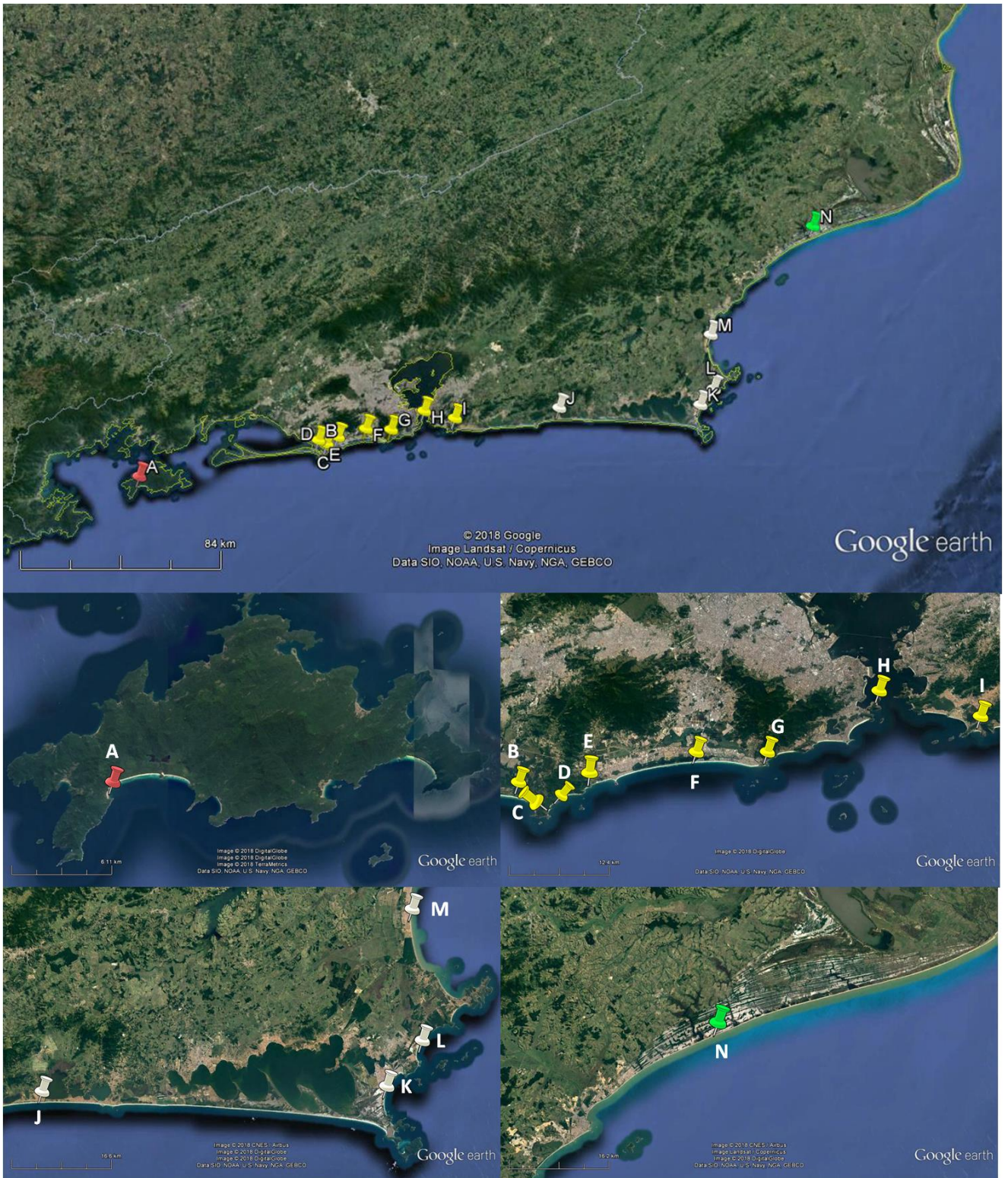


Figura 1 - Mapa da localização das 14 praias amostradas. O ponto vermelho representa a praia da região da Ilha Grande; Os pontos amarelos representam as praias da região Metropolitana; Os pontos brancos representam as praias da região dos Lagos; Ponto verde representa a praia da região Norte Fluminense. Veja a tabela 1 para identificar as praias.

Tabela 1 – Características físicas e os valores dos índices para as 14 praias amostradas do estado do Rio de Janeiro. A exposição às ondas foi classificada de acordo com McLachlan (1980)

ID	Praias	<i>E. brasiliensis</i>	<i>A. brasiliensis</i>	Índice de urbanização	Índice de recreação	Índice de conservação	Beach index	Declividade (1/m)	Tamanho do grão (mm)
A	Aventureiro	Ausente	Presente	3	5	7	1,62	0,07	0,49
B	Restinga da Marambaia	Presente	Presente	7	5	7	2,03	0,05	0,26
C	Perigoso	Presente	Presente	3	4	6	1,68	0,08	0,37
D	Meio	Presente	Presente	3	3	5	1,79	0,08	0,3
E	Prainha	Presente	Ausente	11	6	3	1,57	0,13	0,44
F	Reserva	Presente	Presente	12	5	4	1,44	0,11	0,51
G	Joatinga	Presente	Ausente	9	5	0	1,10	0,19	0,62
H	Fora	Presente	Presente	9	3	0	1,87	0,08	0,35
I	Itacoatiara	Presente	Ausente	16	9	3	0,42	0,06	0,42
J	Jaconé	Presente	Presente	11	6	4	1,36	0,08	0,82
K	Foguete	Ausente	Presente	14	5	4	1,60	0,09	0,36
L	Peró	Presente	Ausente	18	10	3	1,76	0,06	0,42
M	Unamar	Ausente	Presente	10	7	3	1,78	0,06	0,41
N	Carapebus	Presente	Presente	10	5	5	1,16	0,12	0,89

2. Amostragem:

Todas as amostras foram realizadas no verão e em maré baixa de sizígia, para reduzir a variabilidade interanual biótica e abiótica ligada ao ciclo sazonal, e com desenho amostral específico para cada espécie (Defeo & Rueda 2002). As amostragens para *A. brasiliensis* ocorreram do supralitoral até o mesolitoral, e para *E. brasiliensis* ocorreram no infralitoral, onde foram coletados aproximadamente 60 indivíduos de cada espécie. As unidades amostrais foram executadas com um amostrador metálico de 0,04m² até uma profundidade de 25 cm. O sedimento coletado foi lavado em campo através de malha de 0,5mm de abertura, sendo realizada a triagem e a contagem nos indivíduos ainda em campo para verificação do número total de indivíduos necessários. O material retido foi conduzido ao laboratório.

A declividade das praias foi determinada pelo método descrito por Emery (1961), usando a diferença de altura entre o supralitoral e a linha de água do transecto central. As amostras de sedimentos para o tamanho do grão foram coletadas com um amostrador de 3,5 cm de diâmetro a uma profundidade de 15 cm.

3. Procedimentos laboratoriais e medidas morfodinâmicas:

Os indivíduos de *A. brasiliensis* e *E. brasiliensis* tiveram seus comprimentos medidos com o auxílio de um paquímetro digital (0,01 mm). Um total de quatro caracteres foi mensurado para cada população. Para *A. brasiliensis* foram: comprimento do 2º segmento da antena, comprimento do 4º segmento (mero) do terceiro, quinto e sétimo par de pereiópodos (Figura 2a); Para *E. brasiliensis* foram: comprimento e altura do primeiro segmento (dácilo) do primeiro par de pereiópodos, distância do espinho central do rostro até o espinho direito e o espinho esquerdo, distância do canal mediano (fim do estômago) na base do télson para a margem direita e a margem esquerda deste segmento (Figura 2b). Um critério para a escolha dos segmentos bilaterais analisados foi não medir dois ou mais segmentos do mesmo apêndice, por exemplo, o mero e carpo do mesmo pereiópodo, pois eles se correlacionam (Ottaviano & Scapini 2010) e foram evitados caracteres que mostrassem dimorfismo sexual. Todas as medições foram realizadas em uma lupa com câmera fotográfica acoplada, para que os caracteres fossem fotografados para posterior medição com auxílio do software SIIS Capture.

Amostras de sedimento foram secas na estufa a 70°C e para posterior avaliação da textura do sedimento, onde foi utilizado o peneiramento para as frações grosseiras

(Suguo 1973) e granulometria a laser para as frações finas. Os parâmetros do sedimento foram estimados de acordo com Folk & Ward (1957). Para cada praia foi calculado o índice de praia (BI) proposto por McLachlan & Dorvlo (2005). Foi utilizado o sistema de classificação proposto por McLachlan (1980) para categorizar as praias em relação à exposição às ondas, no qual onde todas as praias foram classificadas como expostas.

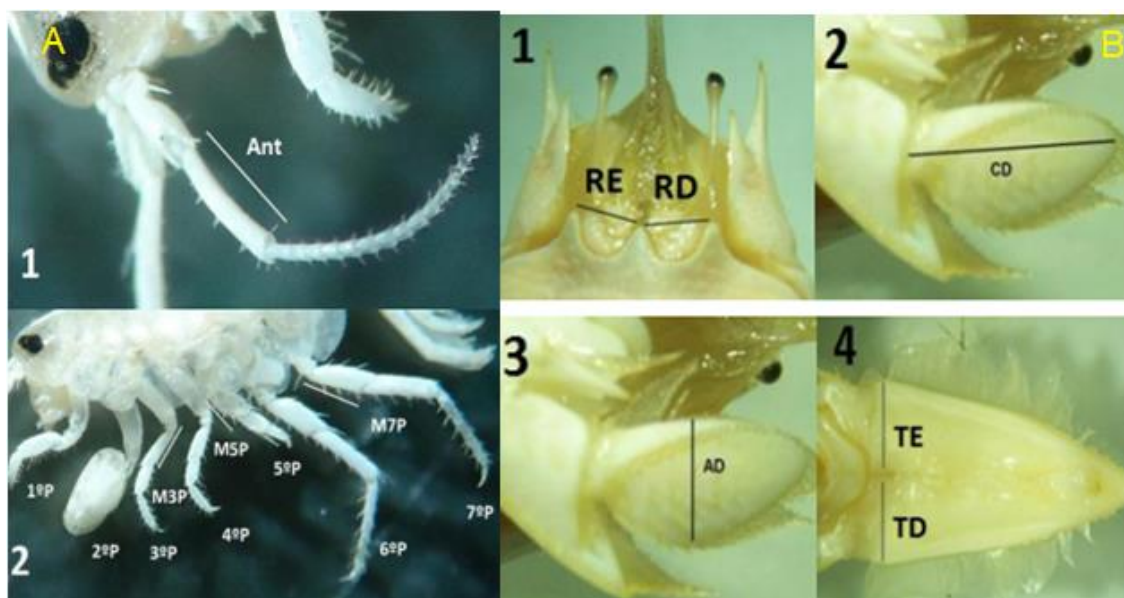


Figura 2 - Medição dos caracteres de: A) *Atlantorchestoidea brasiliensis*: 1. Comprimento do 2º segmento da antena; 2. Comprimento do 4º segmento (mero) do terceiro, quinto e sétimo par de pereiópodos. B) *Emerita brasiliensis*: 1. Distância do espinho central do rostro até o espinho direito e o espinho 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.

4. Índices de urbanização, conservação e recreação:

O índice de urbanização (U) foi calculado de acordo com González & Muñoz (2014) para calcular os níveis de urbanização, são utilizados seis variáveis: (1) proximidade de centros urbanos; (2) construções na areia; (3) limpeza da praia; (4) resíduos sólidos na areia; (5) frequência de visitantes; (6) tráfego de veículos na areia. Exceto a variável (3), que foi medida através das informações fornecidas pela empresa Municipal de Limpeza (COMLURB, <http://www.rio.rj.gov.br/web/comlurb>), todas as variáveis foram medidas pela observação direta no campo e a partir de consultas a artigos publicados anteriormente. Os índices de recreação (R) e conservação (C) foram calculados segundo McLachlan et al (2013). Para o índice de recreação, foram utilizadas três variáveis: (1) infraestrutura; (2) saúde e segurança; (3) capacidade física de transporte. O índice de conservação também considera três variáveis: (1) extensão,

natureza e condições das dunas, sua vegetação e conexão com a praia; (2) presença de espécies raras, ameaçadas ou icônicas e particularmente suscetíveis a perturbações; (3) abundância e a diversidade da macrofauna bentônica. Os valores dos índices calculados para cada praia estão descritos na tabela 1 e as medidas utilizadas para cada índice estão descritas nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Métricas utilizadas para calcular os índices de conservação e recreação propostos por McLachlan et al. (2013).

Índices	Métricas	0	1	2	3	4	5
Conservação	Dunas	Ausente, e substituída por construções	Distúrbio alto	Distúrbio moderado	Perturbada, mas em partes preservada	Distúrbio baixo	Pristina
	Espécies ícones ou ameaçadas	Ausentes	Baixa densidade	Alta densidade	Desova/recrutamento presente em alta frequência		
	Diversidade e abundância do macrobentos	Baixa abundância, refletivas e/ou praia curta	Intermediária	Alta riqueza e abundância, dissipativa e/ou praia longa			
Recreação	Infraestrutura	Ausente, difícil acesso	Ausente, acesso limitado	Modesto, acesso razoável	Bom acesso e alguma infraestrutura	Boa infraestrutura e acesso	Excelente acesso, estacionamento e infraestrutura
	Segurança e saúde	Extremamente perigosa e/ou poluída	Perigosa e/ou poluída	Perigo moderado e limpa	Baixo risco, limpa e totalmente livre de poluição		
	Capacidade física de transporte	Limitado "pocket beach"	intermediária	Praia extensa e larga			

Tabela 3 - Métricas utilizadas para calcular os índices de urbanização proposto por Gonzáles et al. (2014).

Índice	Métricas	0-1	2-3	4-5
Urbanização	Proximidade a centros	Muito distante do centro, sem influência direta	Baixo efeito dos centros urbanos na praia (ex. Ruído, iluminação, passagem de veículos)	Centro urbano a poucos metros da praia. Tráfego de veículos, ruído evidente e iluminação urbana
	Construções na areia	Nenhuma construção próxima	Construções perto da praia, mas não na areia ou nas dunas	Construções na praia ou dunas
	Limpeza da praia	Sem limpeza mecânica e remoção de areia	Baixa frequência de limpeza mecânica; não mais que uma vez por semana	Limpeza mecânica frequente, com alta remoção de areia
	Resíduo sólido na areia	Mínimo	Baixa frequência	Alta frequência
	Frequência de visitantes	Praia é visitada por poucas pessoas, e fica numa área isolada	Uso moderado	Alta demanda de usuários, praia altamente turística
	Tráfego de veículos na areia	Nenhum veículo acessa a praia	O cruzamento de veículos não é periódico e constante	Vários veículos têm acesso à praia

5. Determinação da assimetria flutuante e análise de dados:

Os níveis de assimetria flutuante foram avaliados por dois índices individuais de assimetria, o índice FA1 e FA2 (Definidos por Palmer 1994). Como recomendado por Leung et al (2000), os índices compostos CFA1 e CFA2 também foram calculados para analisar o efeito combinado de FA de todos os caracteres ($n = 4$). Análises utilizando o CFA são recomendadas devido aos baixos riscos dos efeitos do erro de medição sobre os cálculos da assimetria flutuante (Leung et al. 2000). As fórmulas de cada índice estão descritas na tabela 4.

Tabela 4 - Fórmulas dos índices individuais de assimetria flutuante (FA) e dos índices de assimetria composto (CFA) utilizado no estudo. D = valor da medida do lado direito; E = valor da medida do lado esquerdo.

Índice	Fórmula
FA1	$FA = D-E $
FA2	$FA = D-E \div [(D+E) \div 2]$
CFA1	$CFA = D-E $
CFA2	$CFA = D-E \div [(D+E) \div 2]$

Análise de dados da assimetria flutuante (FA) para *E. brasiliensis* e *A. brasiliensis* foi realizada como recomendado por Palmer & Strobeck (1986) e Palmer (1994). A fim de detectar valores extremos (*outliers*), foi utilizado o teste de Grubbs para todos os caracteres em cada praia (Godet et al. 2012).

Foram selecionados aleatoriamente 30 indivíduos das duas espécies para que seus caracteres fossem medidos novamente para estimar o erro de medição através de um teste *t*-student pareado entre a primeira e a segunda mensuração (Palmer & Strobecke 1986). Para cada caracter bilateral, foram realizados os testes Kolmogorov – Smirnov e *t*-student para descartar a antissimetria e assimetria direcional, respectivamente.

Com a finalidade de verificar a dependência da FA com o tamanho do caractere, foram realizadas regressões lineares entre a simetria absoluta $[D-E]$ e o tamanho do caractere $[(D+E)/2]$ para todos os apêndices analisados. Quando houve correlação, os valores de assimetria foram corrigidos pelo índice FA2 (Palmer & Strobeck 2003) e

aplicados em todos os caracteres, almejando a avaliação deste índice na detecção de assimetria flutuante.

Para cada espécie uma ANOVA unifatorial (fator: Praia) foi realizada para diferenciar os níveis de assimetria entre as praias, quando houve diferenças significativas ($p < 0,05$) o teste de Tukey foi realizado a fim de identificar quais praias se diferiram significativamente entre si. Para avaliar como os índices de qualidade ambiental das praias variaram ao longo do litoral, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) utilizando matriz padronizada incluindo os índices de Conservação, Urbanização e Recreação, no programa R utilizando o pacote Vegan (R Core Team, 2014).

Resultados

Os testes *t*-student pareado, Kolmogorov – Smirnov e *t*-student descartaram a presença de erro de medição humana, antissimetria e assimetria direcional respectivamente para ambas as espécies. As regressões lineares entre a assimetria absoluta [D-E] e o tamanho do caractere $[(D+E)/2]$ para ambas as espécies, revelaram que todos os caracteres apresentam dependência do tamanho, para corrigi-los foi aplicado o índice FA2 em todos os caracteres (Tabela 5).

Tabela 5 - Regressões lineares entre o tamanho da variável com a assimetria flutuante em *Atlantorcheistoidea brasiliensis* e *Emerita brasiliensis*.

Espécie	Caractere	df	F	P
<i>Atlantorcheistoidea brasiliensis</i>	Comprimento 2°S Antênula	1	38,989	<0,0001
	Comprimento Mero 3°P	1	23,597	<0,0001
	Comprimento Mero 5°P	1	31,298	<0,0001
	Comprimento Mero 7°P	1	27,979	<0,0001
<i>Emerita brasiliensis</i>	Télson	1	44,888	<0,0001
	Rostro	1	61,569	<0,0001
	Comprimento do Dáctilo	1	127,541	<0,0001
	Altura do Dáctilo	1	71,514	<0,0001

ANOVAs unifatoriais (fator: Praia), detectaram diferenças da FA entre as praias e o teste de Tukey indicou quais praias se diferenciaram (Tabela 6). Para *A. brasiliensis*, os índices individuais para todos os caracteres e os índices compostos indicaram que a praia do Meio, localizada na região Metropolitana, apresentou os maiores valores de assimetria (Figura 3 e 4), contudo os menores valores variaram entre algumas praias, destacando-se as praias Restinga da Marambaia e Aventureiro. Entretanto, para *E. brasiliensis*, os índices individuais e os compostos indicaram as praias de Fora e de Carapebus apresentaram os maiores valores de assimetria, enquanto que a praia da Restinga da Marambaia, assim como para *A. brasiliensis*, destacou-se por apresentar os menores valores de FA (Figura 5 e 6).

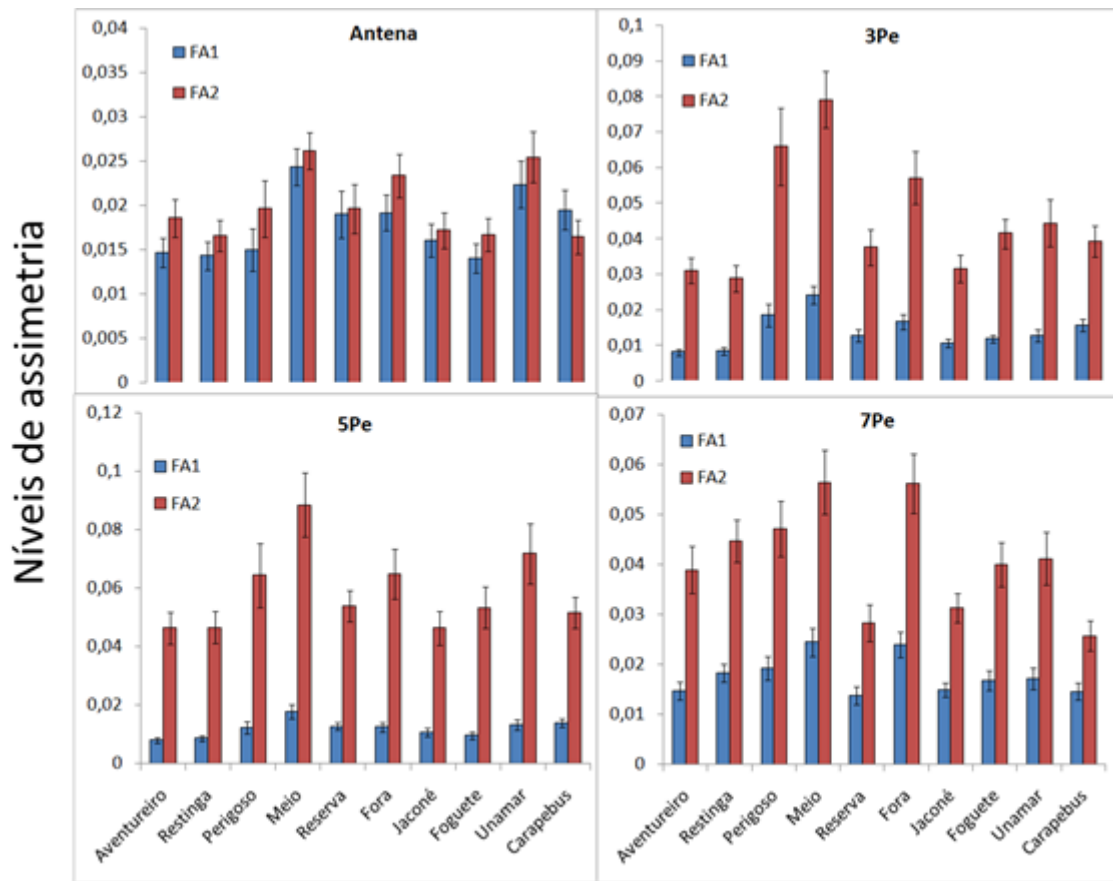


Figura 3 - Média dos valores dos índices individuais de assimetria (FA1 e FA2) para *Atlantorcheistodea brasiliensis*.

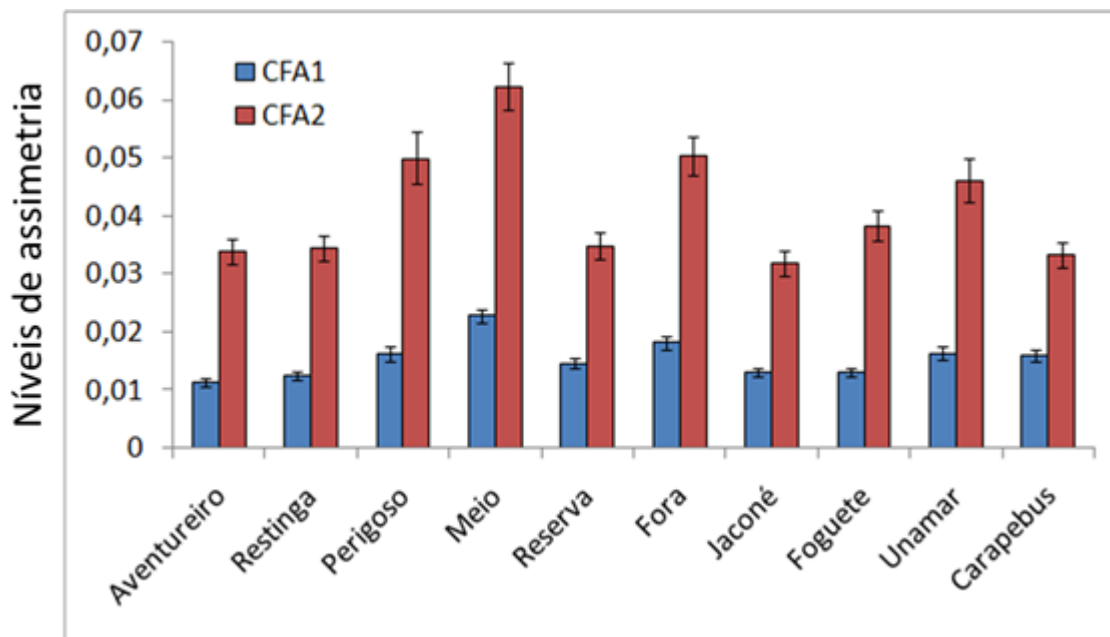


Figura 4 - Média dos valores dos índices compostos de assimetria (CFA1 e CFA2) para *Atlantorcheistodea brasiliensis*.

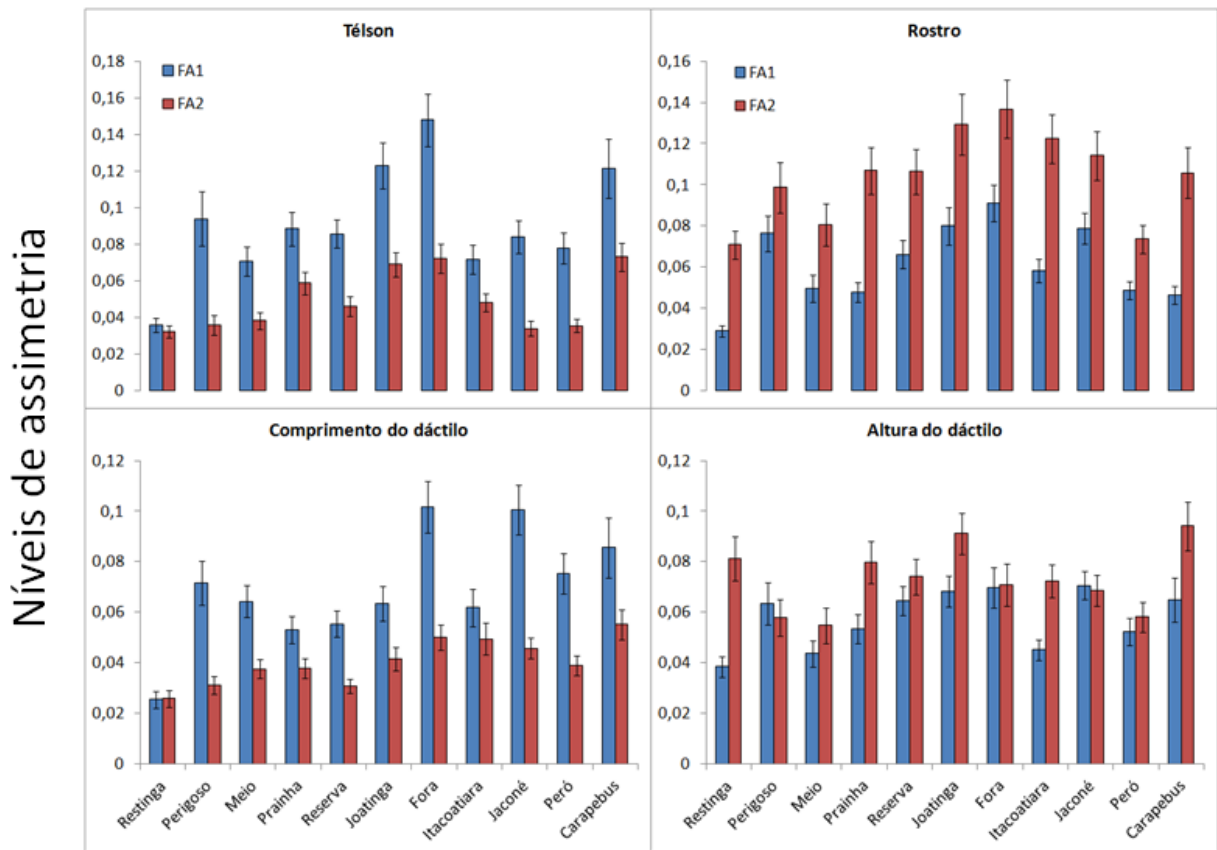


Figura 5 - Média dos valores dos índices individuais de assimetria (FA1 e FA2) para *Emerita brasiliensis*.

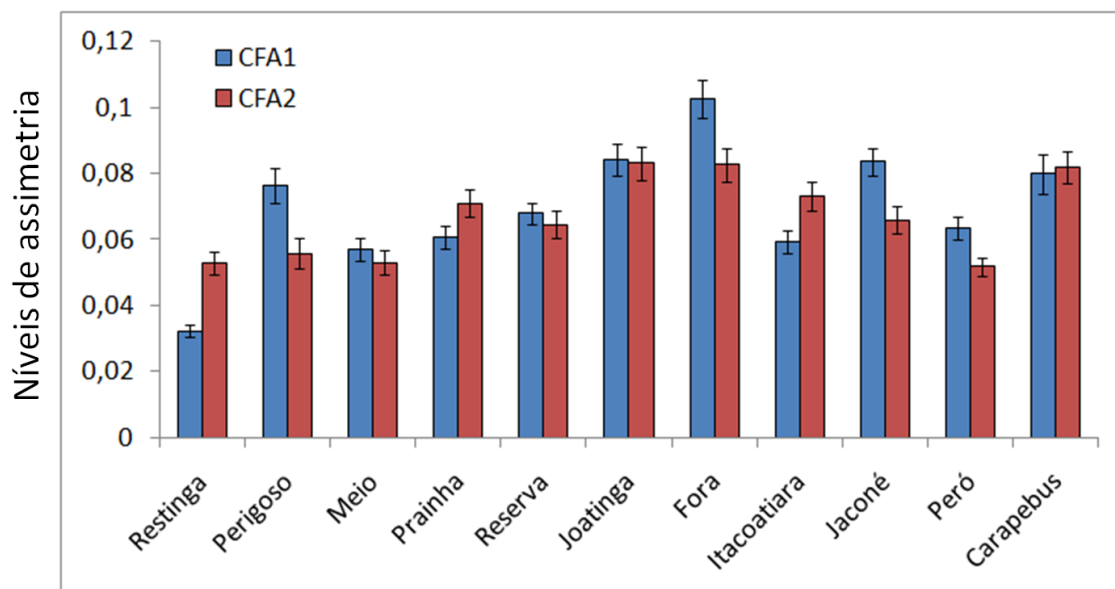


Figura 6 - Média dos valores dos índices compostos de assimetria (CFA1 e CFA2) para *Emerita brasiliensis*.

Tabela 6 – Resultados das Anovas unifatorial (Fator: Praia) para os índices individuais de assimetria flutuante de *Emerita brasiliensis* e *Atlantorcheistodea brasiliensis* nas 14 praias amostradas.

Índices de assimetria flutuante				
Espécie	FA1		FA2	
	F	Post- hoc	F	Post- hoc
<i>Atlantorcheistodea brasiliensis</i>	13,468 *	D > A, B, C, F, H, J, L, M, N	12,870*	D = H > A, B, C, F, J, K, M, N
		H = C, F, M, N > A, B, J, L		H = C, M > A, B, F, J, K, N C = A, B, F, K, N > J
<i>Emerita brasiliensis</i>	20,879 *	H = G > B, C, D, E, F, I, J, L, N	7,938*	G, H, I, N = C, E, F, J > B, D, L
		G = C, D, L, N > B, E, F, I, L		B = D > L
		J = C, F, N > B, D, E, I, L		
		N = C, E, F, L > B, D, I		
		C = E, F, I, L > B, D		
		F = D, E, I, L > B		

*p < 0,0001

A análise de componentes principais (PCA) ordenou as praias de acordo com os índices de qualidade ambiental das praias (Figura 7), onde o primeiro e o segundo componente principal concentraram 83% e 13%, respectivamente, totalizando 96% da variação total dos dados. As praias A, B, C, D e N, foram positivamente correlacionadas com o vetor índice de conservação. A praia do Aventureiro (A) está localizada na região da Ilha Grande, dentro de uma unidade de conservação e seu acesso só é possível através de longa caminhada ou pelo mar. A Restinga da Marambaia (B), Perigoso (C) e Meio (D) estão localizadas na região Metropolitana, em zonas mais distantes da zona central, onde a praia B está dentro de uma área militar com acesso restrito e exibe vegetação bem preservada. As praias C e D também apresentam acesso somente através de longas caminhadas ou pelo mar e vegetação conservada. A praia de Carapebús (N) localizada na região Norte Fluminense, apesar de estar dentro de uma cidade, apresenta um arco praial muito grande, na qual a maior parte dela se encontra dentro de uma unidade de conservação. As praias da Joatinga (G) e Fora (H), localizadas na região Metropolitana, demonstraram uma correlação negativa relação com os índices de qualidade ambiental, pois apesar de possuírem infraestrutura e se encontrarem dentro da cidade do Rio de Janeiro estão dentro de condomínios fechados (G) ou áreas militares (H), respectivamente, sendo o acesso ao público restrito. As demais praias se correlacionaram positivamente com os vetores índice de recreação e urbanização, pois apresentaram praias com alta acessibilidade, localizadas em áreas muito urbanizadas, próximas de centros urbanos e com boa infraestrutura.

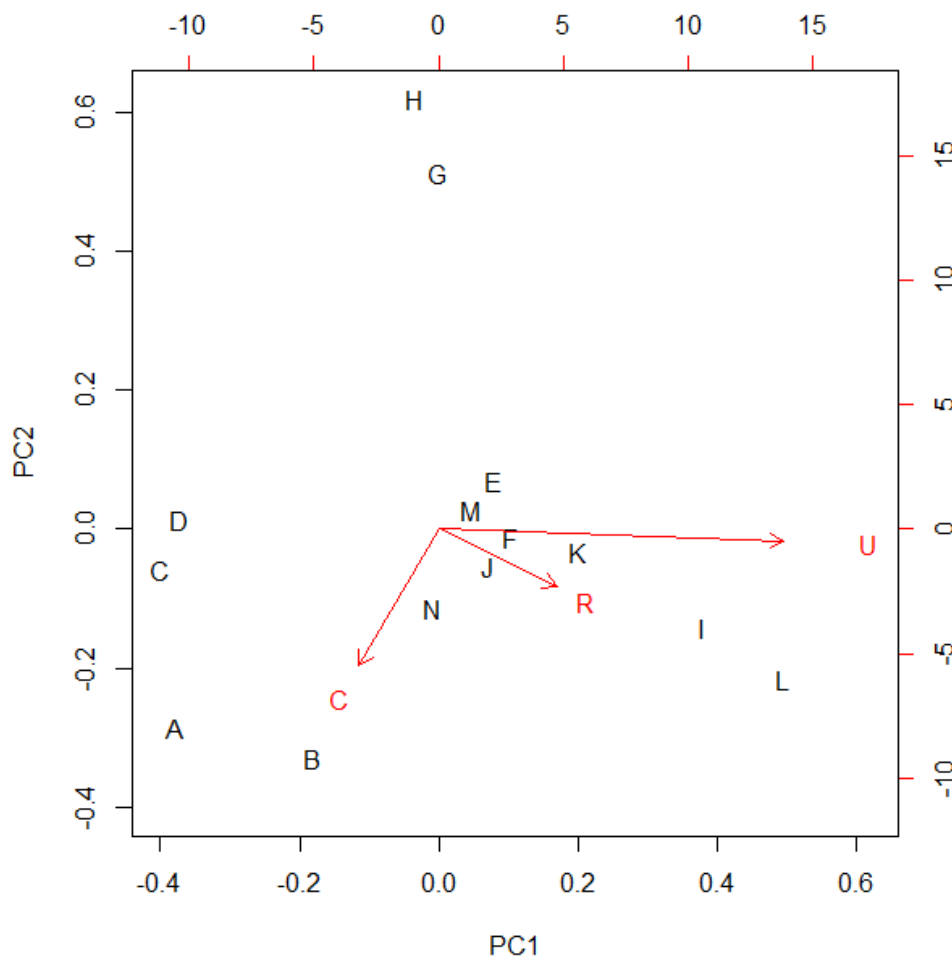


Figura 7- Análise de componentes principais (PCA) com base nos índices de recreação (R), urbanização (U), conservação (C) nas 14 praias estudadas. Para identificar as praias, veja a tabela 1

Discussão

As análises indicam uma complexa distribuição espacial da FA de acordo com os índices que calculam os níveis de saúde ambiental das praias. Uma vez que algumas praias com alto índice de conservação obtiveram níveis altos de assimetria como, por exemplo, a praia do Meio localizada na região Metropolitana, para *A. brasiliensis*, e praias com maior urbanização apresentaram baixos níveis de assimetria como, por exemplo, Perú localizada na região dos Lagos, para *E. brasiliensis*. Entretanto, para as duas espécies, as praias com os maiores valores para o índice de conservação (Aventureiro e Restinga da Marambaia) exibiram baixa assimetria, corroborando com estudos realizados em praias europeias, onde se verificou que as praias com menor pressão antrópica apresentaram menores valores de FA em populações do anfípode *Talitrus saltator* (Barca-Bravo et al. 2008; Ottaviano & Scapini 2010).

A maioria dos estudos sobre impacto na fauna de praias arenosas leva em consideração parâmetros como a riqueza e a diversidade de uma comunidade, a densidade e abundância de populações e/ou a presença/ausência de alguma espécie bioindicadora (Schlacher et al. 2007; Vieira et al. 2012; McLachlan et al. 2013; González et al. 2014; Reyes-Martínez et al. 2015; Cardoso et al. 2016), sendo estudos sobre FA na fauna desses ecossistemas ainda são escassos. Barca-Bravo (2008) sugere que o fator metodológico pode ser um complicador importante para esta análise em organismos de praias arenosas, visto que são organismos relativamente pequenos e conseqüentemente alguns caracteres são extremamente pequenos e delicados, o que dificultaria as medições.

Ao analisar as espécies separadamente, percebe-se que, para o anfípode *A. brasiliensis*, os três maiores valores de FA (Meio, Fora e Perigoso) estão presentes nas praias localizadas na região Metropolitana, especificamente na cidade do Rio de Janeiro. Os anfípodas da família Talitridae são considerados bons bioindicadores, especialmente as espécies que habitam o supralitoral (Fanini et al. 2005; Barca-Bravo et al. 2008; Veloso et al. 2009; Cardoso et al. 2016). A praia de Fora, está localizada na Baía de Guanabara, uma bacia hidrográfica onde estudos anteriores evidenciaram a poluição orgânica e a contaminação dos sedimentos por metais pesados (Carreira et al. 2002; Machado et al. 2008; Fistarol et al. 2015), além da presença de altos níveis de FA em peixes em praias arenosas desta Baía (Seixas et al. 2016), sendo considerada um dos ambientes costeiros mais degradados do Brasil (Fonseca et al. 2013). Já as praias do Meio e Perigoso, estão localizadas na zona oeste da cidade, em uma região afastada do centro urbano, apresentando um desenvolvimento costeiro mais lento e recente, sujeitas a menores pressões antrópicas (Cardoso et al. 2016). Entretanto, apesar de serem praias consideradas selvagens, nos últimos anos houve um crescimento turístico e recreativo significativo na região, principalmente no verão, causando impactos nas praias e conseqüentemente no desenvolvimento dos indivíduos, através de intenso pisoteio e aumento na quantidade de resíduos sólidos. Estudos anteriores demonstraram que esta espécie é negativamente correlacionada a atividades recreativas e ao pisoteio (Veloso et al. 2006, 2008). Ademais, impactos causados pelo desenvolvimento urbano, engenharia costeira e poluição podem atuar por grandes extensões, assim como perdurar por muitos anos (Defeo et al. 2009).

Para o decápode *E. brasiliensis*, a praia de Fora também está entre as praias que apresentaram os maiores valores de assimetria, porém para esta espécie, destacaram-se as praias da Joatinga e Carapebus, localizadas na cidade do Rio de Janeiro e na região Norte

Fluminense, respectivamente. A praia da Joatinga está localizada dentro de um condomínio de acesso restrito no meio da cidade do Rio de Janeiro, recebendo esgoto “*in natura*” das casas que a rodeiam (Globo 2015), além de estar próxima ao canal do quebra-mar na Barra da Tijuca, que recebe deságue das águas do complexo lagunar de Jacarepaguá, uma área extremamente poluída (Inea 2017). Já a praia de Carapebus está localizada na cidade de Macaé, considerada o centro da indústria de petróleo e gás natural do Brasil, onde estudos recentes encontraram altas concentrações de metal pesado na macrofauna de praias (Cabrini et al. 2017).

Estas espécies habitam zonas diferentes da praia e possuem características reprodutivas e alimentares distintas, sendo sujeitas a diferentes formas de impactos. *A. brasiliensis* apresenta desenvolvimento direto (Peracárida), distribui-se do supralitoral até o mesolitoral e é uma espécie detritívora (Defeo et al. 1992; McLachlan & Jaramillo 1995; Veloso et al. 1997), conseqüentemente está mais sujeita a impactos diretos na praia, como por exemplo, atividades recreativas e a ocupação humana. Para a mesma espécie, Galhardo (2012), comparou temporalmente e espacialmente duas praias na cidade do Rio de Janeiro e verificou que na estação do ano com maior número de frequentadores (verão) a FA foi maior, assim como na praia que apresentava maior frequência de visitantes, independente da época do ano, obteve maiores níveis de FA.

E. brasiliensis possui distribuição larvar (Eucárida) com um alto potencial de dispersão, habita o infralitoral e é uma espécie filtradora (McConaugha 1992; Jaramillo et al. 1996), sendo mais suscetível a outros impactos, como a contaminação da água. Além disso, seu alto poder de dispersão possibilita a colonização em áreas impactadas (McConaugha 1992; Tam et al. 1996), portanto os indivíduos presentes em uma praia podem ser oriundos de outra localidade (Veloso & Cardoso 1999; Defeo & McLachlan 2005). Além disto, suas larvas vivem em torno de dois meses na coluna d'água, onde também estão suscetíveis a impactos geradores de estresse no desenvolvimento (McConaugha 1992), o que pode contribuir para uma maior FA. Veloso et al (2006) verificaram que embora em menor densidade, *E. brasiliensis* é capaz de ocorrer em praias com alta influência antrópica. Desta forma, estudos sobre a estrutura genética das populações de *E. brasiliensis*, tornam-se essenciais para que seja possível um melhor entendimento da distribuição espacial da FA nas praias arenosas estudadas.

Algumas praias apresentaram baixos níveis de FA, porém a praia da Restinga da Marambaia se destacou com baixos níveis para ambas as espécies. Esta praia obteve o maior valor para o índice de conservação e quando comparada com as outras praias,

apresentou valores relativamente baixos para os índices de Recreação e Urbanização. Apesar de estar na região Metropolitana, está localizada no ponto mais extremo da região, é uma praia militar com acesso restrito, e quase não há frequentadores, além de não haver qualquer tipo de limpeza mecânica, o que provavelmente gera um menor impacto a essas espécies e permite que as populações de *E. brasiliensis* e *A. brasiliensis* apresentem menores valores de FA, corroborando com diversos estudos que ressaltam a importância da conservação desses ecossistemas para a saúde dos organismos que habitam as praias arenosas (Cardoso et al. 2016; Veloso et al. 2006; Barca-Bravo et al. 2008; Veloso et al. 2008; McLachlan et al. 2013; González et al. 2014; Reyes-Martínez et al. 2015). Cardoso et al (2016), analisando diversas praias da cidade do Rio de Janeiro, verificaram que o índice de Conservação e Urbanização estão fortemente correlacionados com as densidades de *E. brasiliensis* e o de *A. brasiliensis*, respectivamente.

Algumas possíveis explicações podem justificar a complexa distribuição espacial da FA no presente estudo. Uma delas é em relação à FA, que apesar de ser considerada uma promissora ferramenta para avaliar estresse ambiental, em alguns estudos, pesquisadores não encontraram relação direta da FA com estresse ambiental, como por exemplo, no estudo realizado por Dobrin & Corkum (1999) em lagos canadenses, onde não encontraram qualquer relação da FA de insetos aquáticos com a poluição aquática. Hogg et al (2001) em sua meta-análise e Leary & Allendorf (1989), sugerem que a FA apresenta um poder limitado para avaliar perturbações ambientais, exigindo outras ferramentas para complementá-la, como por exemplo, estudos da estrutura genética das populações. Um fator importante que pode contribuir para uma análise equivocada da FA é o desconhecimento dos efeitos dos impactos nos organismos em populações selvagens (Beasley et al. 2013). Outra possibilidade é a dificuldade para avaliar os diferentes tipos de impactos e suas consequências isoladas nas populações de praias arenosas (Defeo et al. 2009), pois são ambientes em constante mudança e que podem ser expostos a diversos impactos, que atuam nas mais diferentes escalas de tempo e espaço (Defeo & McLachlan 2005; Defeo et al. 2009).

Em conclusão, a assimetria flutuante pode ser utilizada como uma ferramenta para avaliar impacto em praias arenosas, porém deve ser analisada com cautela. Estudos sobre a estrutura genética das populações estudadas, as consequências dos impactos no desenvolvimento nos organismos e a evolução da assimetria ao longo do tempo, colaborariam para uma melhor avaliação da FA em praias arenosas. Investigações futuras

serão realizadas para avaliar outros possíveis impactos nos organismos que possam influenciar na assimetria flutuante.

Referências

- Barca-Bravo, Sandra, Maria J Servia, Fernando Cobo, & Marcos A Gonzalez. 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 (SUPPL. 1): 91–98.
- Beasley, De Anna E., Andrea Bonisoli-Alquati, & Timothy A. Mousseau. 2013. “The Use of Fluctuating Asymmetry as a Measure of Environmentally Induced Developmental Instability: A Meta-Analysis.” *Ecological Indicators*.
- Cabrini, Tatiana M.B., Carlos A.M. Barboza, Viviane B. Skinner, Rachel A. Hauser-Davis, Rafael C. Rocha, Tatiana D. Saint’Pierre, Jean L. Valentin, & Ricardo S. Cardoso. 2017. “Heavy Metal Contamination in Sandy Beach Macrofauna Communities from the Rio de Janeiro Coast, Southeastern Brazil.” *Environmental Pollution* 221. Elsevier Ltd: 116–29.
- Cardoso, André G A, Geraldo R. Boaventura, Emmanoel V. Silva Filho, & José A. Brod. 2001. “Metal Distribution in Sediments from the Ribeira Bay, Rio de Janeiro - Brazil.” *Journal of the Brazilian Chemical Society* 12 (6): 767–74.
- Cardoso, Ricardo S., Carlos A.M. Barboza, Viviane B. Skinner, & Tatiana M.B. Cabrini. 2016. “Crustaceans as Ecological Indicators of Metropolitan Sandy Beaches Health.” *Ecological Indicators*.
- Carreira, Renato S, Angela L R Wagener, James W Readman, Tim W Fileman, Stephen A Macko, & Veiga Álvaro. 2002. “Changes in the Sedimentary Organic Carbon Pool of a Fertilized Tropical Estuary , Guanabara Bay , Brazil : An Elemental , Isotopic and Molecular Marker Approach Paleocological Evidence of Human Impacts on the Neuse and Pamlico Estuaries of North Carolina.” *Marine Chemistry* 79: 207–27.
- Coda, José, Daniela Gomez, Juan José Martínez, Andrea Steinmann, & José Priotto. 2016. “The Use of Fluctuating Asymmetry as a Measure of Farming Practice Effects in Rodents: A Species-Specific Response.” *Ecological Indicators* 70. Elsevier Ltd: 269–75.
- COMLURB. 2015. (<http://www.rio.rj.gov.br/web/comlurb>).

- Creed, Joel C., Débora O. Pires Pires, & Marcia A. de O Figueiredo. 2007. "Biodiversidade Marinha Da Baía Da Ilha Grande". *Ministério do Meio Ambiente*.
- da Silva, Carlos Alberto, Emmanuel Tessier, Vinicius Tavares Kütter, Julio Cesar Wasserman, Olivier F.X. Donard, & Emmanoel Vieira Silva-Filho. 2011. "Mercury Speciation in Fish of the Cabo Frio Upwelling Region, SE - Brazil." *Brazilian Journal of Oceanography* 59 (3): 259–66.
- Defeo, Omar, & Anton McLachlan. 2005. "Patterns, Processes and Regulatory Mechanisms in Sandy Beach Macrofauna: A Multi-Scale Analysis." *Marine Ecology Progress Series* 295: 1–20.
- Defeo, Omar, Anton McLachlan, David S. Schoeman, Thomas A. Schlacher, Jenifer Dugan, Alan Jones, Mariano Lastra, & Felicita Scapini. 2009. "Threats to Sandy Beach Ecosystems: A Review." *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 81 (1). Elsevier Ltd: 1–12.
- Defeo, Omar.; 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, Omar, & M. Rueda. 2002. "Spatial Structure, Sampling Design and Abundance Estimates in Sandy Beach Macroinfauna: Some Warnings and New Perspectives." *Marine Biology* 140 (6): 1215–25.
- Emery, K.O. 1961. "A simple method of measuring beaches profiles." *Limnology and Oceanography*, 6:90-93.
- Fanini, Lucia, Carlos Martín Cantarino, & Felicita Scapini. 2005. "Relationships between the Dynamics of Two *Talitrus Saltator* Populations and the Impacts of Activities Linked to Tourism." *Oceanologia* 47 (1): 93–112.
- Fistarol, Giovana O., Felipe H. Coutinho, Ana Paula B. Moreira, Tainá Venas, Alba Cánovas, Sérgio E.M. de Paula, Ricardo Coutinho, et al. 2015. "Environmental and Sanitary Conditions of Guanabara Bay, Rio de Janeiro." *Frontiers in Microbiology* 6 (NOV): 1–17.
- Fonseca, E. M., J. A. Baptista Neto, C. G. Silva, J. J. McAlister, B. J. Smith, & M. A. Fernandez. 2013. "Stormwater Impact in Guanabara Bay (Rio de Janeiro): Evidences of Seasonal Variability in the Dynamic of the Sediment Heavy Metals." *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 130 (September 2013). Elsevier Ltd: 161–68.
- Galeotti, Paolo, Roberto Sacchi, & Vincenzo Vicario. 2005. "Fluctuating Asymmetry in Body Traits Increases Predation Risks: Tawny Owl Selection against Asymmetric

- Woodmice.” *Evolutionary Ecology* 19 (4): 405–18.
- Galhardo, Ludmila Brandão. 2012. "Instabilidade do desenvolvimento da macrofauna sob o efeito do uso humano nas praias: Assimetria flutuante em crustáceos." Rio de Janeiro, 2012. Dissertação (Mestrado) – *Centro de Ciências Biológicas e da Saúde/Unirio*.
- Globo. 2015. "Despejo de esgoto em galeria de água pluvial desemboca na Praia da Joatinga e polui o local." Disponível em: <https://oglobo.globo.com/rio/bairros/despejo-de-esgoto-em-galeria-de-agua-pluvial-desemboca-na-praia-da-joatinga-polui-local-15334967>
- Godet, Jean Philippe, Sylvain Demuynck, Christophe Waterlot, Sébastien Lemière, Catherine Souty-Grosset, Francis Douay, Alain Leprêtre, & Christelle Pruvot. 2012. “Fluctuating Asymmetry Analysis on *Porcellio Scaber* (Crustacea, Isopoda) Populations Living under Metals-Contaminated Woody Habitats.” *Ecological Indicators* 23 (December 2012). Elsevier Ltd: 130–39.
- Gómez, Julio, Francisco R. Barboza, & Omar Defeo. 2013. “Environmental Drivers Defining Linkages among Life-History Traits: Mechanistic Insights from a Semiterrestrial Amphipod Subjected to Macroscale Gradients.” *Ecology and Evolution* 3 (11): 3918–24.
- González, Sergio A., Katherine Yáñez-Navea, & Mauricio Muñoz. 2014. “Effect of Coastal Urbanization on Sandy Beach Coleoptera *Phaleria Maculata* (Kulzer, 1959) in Northern Chile.” *Marine Pollution Bulletin* 83 (1): 265–74.
- Görür, Gazi. 2009. “Zinc and Cadmium Accumulation in *Cabbage Aphid* (Brevicoryne Brassicae) Host Plants and Developmental Instability.” *Insect Science* 16 (1): 65–71.
- IBGE 2017. "Estimativas da população residente no Brasil e unidades da Federação com data de referência em 1º de Julho de 2016." Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2017/estimativa_dou_2017.pdf
- ICMBio. 2007. "Plano de manejo do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba." Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/parna_jurubatiba.pdf
- INEA. 2013. "Plano de manejo (fase 2)/ Resumo executivo. Parque estadual da Ilha Grande (PEIG)" Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdi2/~edis>

p/inea0026630.pdf

- INEA. 2017. "Lagoas de Jacarepaguá - Boletim nº 6 - Novembro de 2017 (medição em 04/11/2017)" Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwff/mda5/~edisp/inea_009596.pdf
- Jaramillo, E, H Contreras, & P Quijon. 1996. "Macroinfauna and Human Disturbance in a Sandy Beach of South-Central Chile." *Revista Chilena De Historia Natural* 69 (4): 655–63.
- Lazić, Marko M., Antigoni Kaliontzopoulou, Miguel A. Carretero, & Jelka Crnobrnja-Isailović. 2013. "Lizards from Urban Areas Are More Asymmetric: Using Fluctuating Asymmetry to Evaluate Environmental Disturbance." *PLoS ONE* 8 (12).
- Leary, Robb F, & Fred W. Allendorf. 1989. "Fluctuating Asymmetry as an Indicator of Stress: Implications for Conservation Biology." *Trends in Ecology and Evolution* 4: 214–17.
- Leung, Brian, Mark R. Forbes, & David Houle. 2000. "Fluctuating Asymmetry as a Bioindicator of Stress: Comparing Efficacy of Analyses Involving Multiple Traits." *The American Naturalist* 155 (1): 101–15.
- Machado, Wilson, Ricardo E. Santelli, Daniel D. Loureiro, Eliane P. Oliveira, Anderson C. Borges, Viviane K. Ma, & Luiz D. Lacerda. 2008. "Mercury Accumulation in Sediments along an Eutrophication Gradient in Guanabara Bay, Southeast Brazil." *Journal of the Brazilian Chemical Society* 19 (3): 569–75.
- Malm, O., W. C. Pfeiffer, M. Fiszman, & J. M.P. Azcue. 1989. "Heavy Metal Concentrations and Availability in the Bottom Sediments of the Paraíba Do Sul-Guandu River System, RJ, Brazil." *Environmental Technology Letters* 10 (7): 675–80.
- McConaughy, John R. 1992. "Decapod Larvae: Dispersal, Mortality, and Ecology. A Working Hypothesis 1" 523 (December 1990): 512–23.
- McLachlan, A. 1980. "The definition of Sandy Beaches in relation to exposure: a simple rating system." *South African Journal of Science*, 76:137-138.
- McLachlan, Anton & A. C. Brown. 2006. "The ecology of sandy shores, 2nd ed." Academic Press, Burlington, MA.
- McLachlan, Anton, Omar Defeo, Eduardo Jaramillo, & Andrew D. Short. 2013. "Sandy Beach Conservation and Recreation: Guidelines for Optimising Management

- Strategies for Multi-Purpose Use.” *Ocean and Coastal Management* 71. Elsevier Ltd: 256–68.
- McLachlan, A. & Jaramillo, E. 1995. "Zonation on sandy beaches." *Oceanography Marine Biology Annual Review*, 33:305-335
- Michaelsen, Savannah, Jacob Schaefer, & Mark S. Peterson. 2015. “Fluctuating Asymmetry in *Menidia Beryllina* before and after the 2010 Deepwater Horizon Oil Spill.” *PLoS ONE*.
- Ministério do Turismo 2017. "Estudo da Demanda Turística Internacional Brasil - 2016." Disponível em: <http://www.dadosefatos.turismo.gov.br/2016-02-04-11-54-03/demanda-tur%C3%ADstica-internacional/>
- Nourisson, Delphine Hélène, Filipa Bessa, Felicita Scapini, & João Carlos Marques. 2014. “Macrofaunal Community Abundance and Diversity and Talitrid Orientation as Potential Indicators of Ecological Long-Term Effects of a Sand-Dune Recovery Intervention.” *Ecological Indicators* 36. Elsevier Ltd: 356–66.
- Ottaviano, Ottavio, & Felicita Scapini. 2010. “Can Fluctuating Asymmetry in *Talitrus Saltator* (Montagu, 1808) (Crustacea, Amphipoda) Populations Be Used as a Bioindicator of Stress on Sandy Beach Ecosystems?” *Oceanologia*.
- Palmer, A. Richard, & Curtis Strobecke. 1986. “Fluctuating Asymmetry: Measurement, Analysis, Patterns.” *Annual Review of Ecology and Systematics* 17 (1986): 391–421.
- Palmer, A Richard. 1994. “Fluctuating Asymmetry Analysis: A Primer.” *Developmental Instability: Its Origins and Evolutionary Implications*. 93: 335–64.
- Palmer, A Richard, & Curtis Strobeck. 2003. “Fluctuating Asymmetry Analyses Revisited.” *Developmental Instability (DI): Causes and Consequences* 2001: 279–319.
- Peterson, Charles H, Darren H M Hickerson, & Gina Grissom Johnstont. 2000. “Short-Term Consequences of Nourishment and Bulldozing on the Dominant Large Invertebrates of a Sandy Beach.” *Journal of Coastal Research Florida Spring Journal of Coastal Research* 368 (162). Royal Palm Beach: 368–78.
- Pinto, Valéria Cristina Silva, André Luiz Carvalho da Silva, & Camila da Silva Faria. 2017. “Dinâmica Sazonal Do Arco Praial de Jaconé - Saquarema (RJ) Entre os anos de 2012 e 2016.” *Os Desafios Da Geografia Física Na* 1 (c): 2819–29.
- Polak, Michal, Robert Opoka, & Iain L. Cartwright. 2002. “Response of Fluctuating Asymmetry to Arsenic Toxicity: Support for the Developmental Selection

- Hypothesis." *Environmental Pollution* 118 (1): 19–28.
- R Development Core Team, 2014. "R: a Language and Environment for Statistical Computing." R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.
- Reyes-Martínez, Ma José, Ma Carmen Ruíz-Delgado, Juan Emilio Sánchez-Moyano, & Francisco José García-García. 2015. "Response of Intertidal Sandy-Beach Macrofauna to Human Trampling: An Urban vs. Natural Beach System Approach." *Marine Environmental Research* 103: 36–45.
- Riotour. 2015. "Fluxo da receita da demanda doméstica 2015" Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/7148505/4196522/RECEITAEFLUXONACIONAL2015.pdf>
- Riotour. 2015. "Fluxo internacional no Rio de Janeiro 2015" Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/7148504/4196516/FLUXOERCEITAINTERNACIONAL2015.pdf>
- Savage, Anne, & Peter J. Hogarth. 1999. "An Analysis of Temperature-Induced Fluctuating Asymmetry in *Asellus Aquaticus* (Linn.)." *Hydrobiologia* 411: 139–43.
- Schlacher, Thomas A., Jenifer Dugan, Dave S. Schoeman, Mariano Lastra, Alan Jones, Felicita Scapini, Anton McLachlan, & Omar Defeo. 2007. "Sandy Beaches at the Brink." *Diversity and Distributions* 13 (5): 556–60.
- Seixas, Luana Barbosa, Alejandra Filippo Gonzalez Neves dos Santos, & Luciano Neves dos Santos. 2016. "Fluctuating Asymmetry: A Tool for Impact Assessment on Fish Populations in a Tropical Polluted Bay, Brazil." *Ecological Indicators* 71. Elsevier Ltd: 522–32.
- Suguio, K. 1973. "Introdução a Sedimentologia." Editora Edgard Blucher. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil. 317 p.
- Tam, Y. K., I. Kornfield, & F. P. Ojeda. 1996. "Divergence and Zoogeography of Mole Crabs, *Emerita Spp.* (Decapoda: Hippidae), in the Americas." *Marine Biology* 125: 489–97.
- Valentin, J. L. 2001. "The Cabo Frio Upwelling System, Brazil." *Coastal Marine Ecosystems of Latin America* 144: 97–105.
- Veloso, Valéria G., & Ricardo S. Cardoso. 2001. "Effect of Morphodynamics on the Spatial and Temporal Variation of Macrofauna on Three Sandy Beaches, Rio de Janeiro State, Brazil." *Journal of the Marine Biological Association of the UK* 81 (3): 369.

- Veloso, Valéria G. & Ricardo Silva Cardoso. 1999. "Population Biology of the Mole Crab *Emerita Brasiliensis* (Decapoda: Hippidae) at Fora Beach, Brazil." *Journal of Crustacean Biology* 19: 147–53.
- Veloso, Valéria G. Ricardo S. Cardoso & Fonseca, D. B. 1997. "Spatio temporal 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, Valéria G., G. Neves, M. Lozano, A. Perez-hurtado, C. G. Gago, F. Hortas, & F. Garcia Garcia. 2008. "Responses of Talitrid Amphipods to a Gradient of Recreational Pressure Caused by Beach Urbanization." *Marine Ecology* 29 (SUPPL. 1): 126–33.
- Veloso, Valéria G., Ilana Az. Sallorenzo, Barbara Carolina A. Ferreira, & Gabriela N. de Souza. 2009. "*Atlantorchestoidea Brasiliensis* (Crustacea: Amphipoda) as an Indicator of Disturbance Caused by Urbanization of a Beach Ecosystem." *Brazilian Journal of Oceanography* 58 (1): 13–21.
- Veloso, Valéria G., Elen S. Silva, Carlos H S Caetano, & Ricardo S. Cardoso. 2006. "Comparison between the Macroinfauna of Urbanized and Protected Beaches in Rio de Janeiro State, Brazil." *Biological Conservation* 127 (4): 510–15.
- Veloso, Veloso G., G. Neves, M. Lozano, A. Perez-hurtado, C. G. Gago, F. Hortas, & F. Garcia Garcia. 2008. "Responses of Talitrid Amphipods to a Gradient of Recreational Pressure Caused by Beach Urbanization." *Marine Ecology* 29 (SUPPL. 1): 126–33.
- Vieira, Jenyffer Vierheller, Carlos Alberto Borzone, Luciano Lorenzi, & Fabiano Grecco de Carvalho. 2012. "Human Impact on the Benthic Macrofauna of Two Beach Environments with Different Morphodynamic Characteristics in Southern Brazil." *Brazilian Journal of Oceanography*.
- Weller, Britta, & Jörg U. Ganzhorn. 2004. "Carabid Beetle Community Composition, Body Size, and Fluctuating Asymmetry along an Urban-Rural Gradient." *Basic and Applied Ecology* 5 (2): 193–201.