



Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Ciências Biológicas
Departamento de Zoologia
Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal

Resposta da comunidade de tardígrados ao impacto do pisoteio associado ao turismo nos recifes de Porto de Galinhas (Ipojuca, PE).

Edivaldo Lima Gomes Júnior

Recife, 2015

Edivaldo Lima Gomes Júnior

Resposta da comunidade de tardígrados ao impacto do pisoteio associado ao turismo nos recifes de Porto de Galinhas (Ipojuca, PE)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós graduação em Biologia Animal da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biologia Animal.

Orientador: Paulo Jorge Parreira dos Santos

Coorientador(a): Clélia M. C. da Rocha

Catálogo na fonte
Elaine Barroso
CRB 1728

Gomes Júnior, Edivaldo Lima

Resposta da comunidade de tardígrados ao impacto do pisoteio associado ao turismo nos recifes de Porto de Galinhas (Ipojuca, PE) / Edivaldo Lima Gomes Júnior– Recife: O Autor, 2015.

82 folhas : il., fig., tab.

Orientador: Paulo Jorge Parreira dos Santos

Coorientadora: Clélia M. C. da Rocha

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de

Pernambuco. Centro de Ciências Biológicas. Biologia Animal, 2015.

Inclui bibliografia e anexos

- 1. Tardigrada 2. Recifes e ilhas de coral 3. Porto de Galinhas (Ipojuca, PE) I. Santos, Paulo Jorge Parreira dos (orientador) II. Rocha, Clélia M. C. da (coorientadora) III. Título**

592.72

CDD (22.ed.)

UFPE/CCB-2015-170

BANCA EXAMINADORA

Resposta da comunidade de tardígrados ao impacto do pisoteio associado ao turismo nos recifes de Porto de Galinhas (Ipojuca, PE).

Recife, data de defesa: 28/07/2014

Aprovado em: 28/07/2014

Dissertação apresentada ao Programa de Pós graduação em Biologia Animal da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biologia Animal.

Professores titulares

André Morgado Esteves
Universidade Federal de Pernambuco

Francisco José Victor de Castro
Universidade Federal de Campina Grande

Taciana Kramer de Oliveira Pinto
Universidade Federal de Alagoas

Professores Suplentes

Adriane Pereira Wandeness
Universidade Federal da Paraíba

Ulisses dos Santos Pinheiro
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

- À UFPE e à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal por todo o auxílio durante o período de desenvolvimento desta dissertação.
- A FACEPE pela concessão da bolsa de mestrado durante o desenvolvimento desta dissertação.
- Ao professor Dr. Paulo Santos pelas reflexões e análises críticas que contribuíram bastante com meu progresso científico, e pela dedicação na construção da pesquisa.
- A minha coorientadora professora Dra. Clélia Márcia, pela amizade e toda a dedicação que vêm me prestando desde a graduação, sempre confiando no meu esforço e me motivando para seguir em frente.
- Aos membros da Banca pela disponibilidade e contribuição para com este trabalho.
- A Alessandra e aos demais colegas do Laboratório de Meiofauna da UFPE, pela ajuda e disponibilidade.
- As mestras Visnu da Cunha Sarmiento pela ajuda prestada desde o princípio, com reflexões, análises e um norte para essa dissertação, e Aliny Fernanda S. Barreto, cuja atenção e amizade foram permanentes, dedicando seu tempo e paciência em me fazer compreender as análises estatísticas.
- As companheiras da “rural” Érika Cavalcante e Débora Barbosa, que me ajudaram bastante ao longo desse trabalho.
- A minha família que sempre me deu suporte e acreditou nos meus planos e aspirações.
- Aos colegas do LABDIN (Ana Paula, Ana Bolena, Cori Lucena, Júlia Neves, Rodolfo Ferreira, Ítalo Azevedo, Fred Brainer, Marina Siqueira, Heloína Paiva, Raquel Marinho, Vivane França e Lays Viturino), que me adotaram em 2012 e que em meio a risos, alegrias, reflexões, confusões e congressos tornaram o mestrado mais ameno e prazeroso. E para Alzira Patrícia, pela permanente disposição em ajudar com os desenhos taxonômicos, e com os serviços de psicóloga nos momentos complicados.
- E agradeço especialmente, minha esposa Sylvia Farias, pelo companheirismo, paciência e amor dedicado, abrindo mão da lua de mel, feriados e finais de semanas para que esse trabalho fosse executado.

RESUMO

O pisoteio decorrente do tráfego de pedestres sobre os recifes de coral é um fenômeno associado ao turismo em muitas praias de Pernambuco. No ambiente fital o pisoteio pode afetar as algas e a fauna associada, modificando a estrutura das comunidades. O filo Tardigrada é componente permanente da meiofauna sendo encontrado no sedimento marinho e associado a macroalgas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do pisoteio sobre os tardígrados associados ao fital dos recifes de Porto de Galinhas, PE. Para isso delineou-se experimentos observacionais e manipulativos com intuito de avaliar o impacto do turismo e das simulações de pisoteio humano sobre a comunidade de Tardigrada. No primeiro experimento foram determinadas estações pareadas ao longo dos recifes, seguindo os limites entre a área protegida e a exposta ao tráfego humano, avaliando se a comunidade diferia em consequência do pisoteio. Os tardígrados apresentaram abundâncias aparentemente condicionadas pelo tipo de substrato, mostrando reduções na densidade quando associados a *Gelidiela acerosa*, e exibindo maior densidade na área impactada quando associados *Chodrophicus papillosus*. Para o segundo experimento foram determinados transects na área protegida do recife e executados dois níveis de intensidade de pisoteio sobre o substrato recifal. A avaliação do efeito do pisoteio seguiu um desenho experimental BACI (Antes/Depois e Controle/Impacto), sendo as amostras coletadas para monitoramento do nível de recuperação da comunidade com um, dois e três meses após cessado o pisoteio. Como resultado deste trabalho, houve redução das variáveis do substrato algal (biomassa, cobertura, peso do substrato e altura do tapete) e também na densidade de Tardigrada, com valores seguindo uma tendência de redução tanto maior o nível de estresse. Variações locais, foram determinantes para a estrutura da comunidade de Tardigrada, dificultando a compreensão dos efeitos do impacto. O processo de recuperação foi independente da intensidade do distúrbio, alcançando valores estabilizados já no primeiro mês.

Palavras-chave: Tardigrada, Recifes de Coral, Tapete de algas, Perturbação antrópica.

ABSTRACT

The trampling resulting from pedestrian traffic on coral reefs is a phenomenon associated with tourism in many beaches of Pernambuco. In phytal environment the trampling can affect the algae and associated fauna, modifying the structure of communities. The phylum Tardigrada is permanent component of the meiofauna being found in marine sediment and associated with macroalgae. This study aimed to evaluate the effect of trampling on tardigrades associated with the phytal of reefs of Porto de Galinhas, PE. For this were outlined observational and manipulative experiments in order to assess the impact of tourism and simulations of human trampling on the community of tardigrades. In the first experiment were paired certain stations along the reefs, following the boundaries of the protected area and exposed to human traffic, assessing whether the community differed as a result of trampling. The tardigrades presented abundances apparently conditioned by the type of substrate, showing reductions in density when associated with a *Gelidiela acerosa*, and exhibiting higher density in the impacted area when associated *Chodrophicus papillosus*. For the second experiment were determined transects in protected reef area and run two levels of intensity of trampling on reef substrate. The evaluation of the effect of trampling followed a experimental design BACI (Before / After and Control / Impact), being the samples collected for monitoring of the level of recovery of the community with one, two and three months after trampling ceased. As a result of this work, there was a reduction of the algal substrate variables (biomass, cover, substrate weight and turf height) and also the density of tardigrades, with values following a trend of greater reduction in both the level of stress. Local variations were crucial to the structure of the tardigrades community, making the understanding of the effects of the impact difficult. The recovery process was independent of the intensity of the disturbance, reaching values stabilized in the first month.

Keywords: Tardigrada, coral reef, algal turf, Ecosystem disturbance

LISTA DE FIGURAS

Geral

FIGURA -1 Área de estudo evidenciando o recife mais visitado pelos jangadeiros em Porto de Galinhas (nordeste do Brasil. Modificado de Sarmento, Barreto & Santos, 2011. _____ **19**

Capítulo 1

FIGURA – 1 Área de estudo evidenciando o local das cinco estações de coleta (I a V) ao longo do recife mais visitado pelos jangadeiros em Porto de Galinhas (nordeste do Brasil). Modificado de Sarmento, Barreto & Santos, 2011 _____ **26**

FIGURA – 2 Características do substrato fital (peso seco do sedimento, altura do tapete e biomassa algal) nas áreas pisoteadas e protegidas das cinco estações de coleta (de 1 a 5) em Porto de Galinhas no nordeste do Brasil. As barras representam o intervalo de confiança das três réplicas $\pm 95\%$. Fonte: Sarmento, Barreto & Santos, 2011. _____ **29**

FIGURA –3 Densidade das espécies mais representativas e do total de tardígrados(ind.10cm²) nas áreas protegidas (barras brancas) e pisoteadas (barras pretas) das cinco estações (1 a 5) em Porto de Galinhas no nordeste do Brasil. As barras representam a média de três réplicas, intervalos de confiança $\pm 95\%$. _____ **32**

FIGURA –4 Riqueza (S), Equitabilidade (J') e Diversidade (H') dos tardígrados nas áreas pisoteadas e protegidas das cinco estações de coleta (de 1 a 5) em Porto de Galinhas no nordeste do Brasil. As barras representam o intervalo de confiança das três réplicas $\pm 95\%$. _____ **35**

FIGURA –5 Ordenação MDS para comunidade de Tardigrada coletados na área protegida e pisoteada ao longo dos cinco pontos (1, 2, 3, 4 e 5) nos Recifes de Porto de Galinhas, nordeste do Brasil. _____ **36**

Capítulo 2

FIGURA –1 Área de estudo mostrando o local onde se desenvolveu o experimento e os pontos com os três tratamentos aplicados (C- Controle; B- Baixo pisoteio; A- Alto pisoteio) no recife de Porto de Galinhas (nordeste do Brasil). Modificado de Sarmento, Barreto & Santos, 2013 _____ **50**

FIGURA –2 Resultados experimentais dos três tratamentos de pisoteio (Controle- Barras brancas; Baixa intensidade- Barras cinzas; Alta Intensidade- Barras pretas) sobre as características físicas do substrato, antes e imediatamente depois (um dia) e um, dois e três meses após o fim do pisoteio experimental sobre os recifes de Porto de Galinhas (Nordeste do Brasil). As barras representam intervalos de confiança $\pm 95\%$. Fonte: Sarmiento, Barreto & Santos, 2013. _____ **54**

FIGURA –3 Resultados do pisoteio experimental de três tratamentos sobre a densidade de tardígrados (Antes, um dia depois (Depois) e um (1M), dois (2M) e três meses (3M) depois do pisoteio experimental sobre os recifes de Porto de Galinhas no nordeste do Brasil. As barras representam significância e intervalos de confiança de $\pm 95\%$. _____ **59**

FIGURA –4 Ordenação MDS para a assembléia de tardígrados submetidos as três intensidades de pisoteio (AP- Alto pisoteio; BP – Baixo pisoteio; C- Controle) amostrados em dois tempos (A- Antes do pisoteio experimental; D- Depois do pisoteio experimental). Alto pisoteio- quadrado branco; Baixo pisoteio-Triângulo cinza; Controle- quadrado branco. _____ **60**

FIGURA –5 Ordenação MDS para a assembléia de tardígrados submetidos as três intensidades de pisoteio (AP- Alto pisoteio; BP – Baixo pisoteio; C- Controle) amostrados em três tempos (1- um mês após o pisoteio experimental; 2- Dois meses após do pisoteio experimental; 3- três meses após o pisoteio experimental). 1 mês- círculo preto; 2 meses- Triângulo cinza; 3 meses- quadrado branco. _____ **61**

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

- TABELA –1 Resultado da análise de variância (ANOVA two-way) aplicada aos dados das características físicas do substrato fital dos recifes de Porto de Galinhas no nordeste do Brasil. (df= graus de liberdade; MS= quadrado médio)._____ **29**
- TABELA –2 Lista de espécies de Tardigrada identificadas para o ambiente fital de Porto de Galinhas._____ **30**
- TABELA –3 Resultados da análise de variância (ANOVA two-way) para os valores de densidade das principais espécies de Tardigrada do substrato fital dos recifes de Porto de Galinhas no nordeste do Brasil. (Graus de liberdade: Pisoteio 1; Ponto= 4; Interação= 4; Resíduo= 20). Valores de F significativos em negrito ($p < 0.05$)._____ **32**
- TABELA –4 Riqueza (S), Equitabilidade (J') e Diversidade (H) dos tardígrados nas áreas pisoteadas e protegidas das cinco estações de coleta (de 1 a 5) em Porto de Galinhas no nordeste do Brasil. As barras representam o intervalo de confiança das três réplicas $\pm 95\%$._____ **34**
- TABELA –5 Resultados da PERMANOVA para a estrutura da comunidade de tardígrados entre as duas áreas (protegida e pisoteada) e entre as cinco estações de coleta. (df= Graus de liberdade; SS= Soma dos quadrados; MS= Quadrado médio). Valores significativos ($p < 0.05$) em negrito._____ **36**
- TABELA –6 Resultados do teste pareado *t* para diferenças na estrutura da comunidade de tardígrados na comparação entre os pontos. Valores significativos em negrito. _____ **36**
- TABELA –7 Resultados do teste pareado *t* para diferenças na estrutura da comunidade de tardígrados na comparação entre as réplicas dos pontos pisoteados e protegidos de . estação. Valor significativo em negrito._____ **37**
- TABELA –8 Resultados da análise SIMPER para dissimilaridade entre áreas protegida (N) e pisoteada (P). Ab.média - Abundância média; Diss.média - Dissimilaridade média; Contrib.% - porcentagem de espécies que contribuíram para a dissimilaridade média. Cum.% - Porcentagem acumulada da contribuição para dissimilaridade média._____ **37**

Capítulo 2

TABELA –1 Resultado da análise de variância (ANOVA Multifatorial) para os efeitos imediatos do pisoteio experimental sobre ambiente fital dos recifes de Porto de Galinhas no nordeste do Brasil. (Graus de Liberdade: Tempo= 1; Tratamento= 2; Áreas = 2; Tempo x Áreas= 2; Tratamento x Áreas= 4/ Tempo x Tratamento= 4; resíduo= 18). Valores de F significativos em negrito ($p < 0.05$); Tendência para diferenças significativas ($0.05 < p < 0.1$) valores de F em itálico. Fonte: Sarmiento, Barreto & Santos, 2013. _____ **54**

TABELA –2 Resultados do teste *a posteriori* (Dunnett) entre as diferentes intensidades de pisoteio em cada uma das três áreas de monitoramento (um, dois e três meses) para as características do substrato fital. Valor significativo $p < 0.05$ em negrito; tendência para diferença $0.05 < p < 0.1$ em itálico. _____ **56**

TABELA –3 Lista de espécies Tardigrada identificadas para o ambiente fital de Porto de Galinhas. _____ **57**

TABELA –4 Resultados da PERMANOVA para diferenças da estrutura da comunidade de tardígrados entre dois períodos de amostragem (um dia “Antes” e um dia “Depois” do fim do pisoteio experimental) e entre três intensidades de pisoteio ($df =$ graus de liberdade; $SS =$ soma dos quadrados; $MS =$ quadrado médio). Valores significativos ($p < 0.05$) com o F em negrito; tendência para diferenças ($0.05 < p < 0.1$) F em itálico. _____ **61**

TABELA –5 Resultado do teste pareado para a estrutura da comunidade de tardígrados entre as três diferentes intensidades de pisoteio para cada uma das amostragens de monitoramento (um dia antes do pisoteio experimental, e um dia depois do pisoteio experimental) Valores significativos de t ($p < 0.05$) em negrito; tendência para diferenças ($0.05 < p < 0.1$) em itálico. _____ **61**

TABELA –6 Resultado do teste pareado para a estrutura da comunidade de tardígrados entre as três diferentes intensidades de pisoteio para cada uma das amostragens de monitoramento (1, 2 e 3 meses após o pisoteio experimental). Valores significativos ($p < 0.05$) em negrito; tendência para diferenças ($0.05 < p < 0.1$) em itálico. _____ **62**

TABELA –7 ANOVA multifatorial para os efeitos imediatos do pisoteio experimental sobre a densidade dos tardígrados nos recifes de Porto de Galinhas no nordeste do Brasil. (Graus de liberdade: Tempo= 1; Tratamento = 2; Áreas = 2; Tempo x Tratamento= 2; Tempo x

Áreas = 2; Tratamento X Áreas = 4; Tempo x Tratamento x Áreas = 4; Resíduo = 18. Valores significativos de F em negrito ($p < 0.05$); tendência para diferença ($0.05 < p < 0.1$) valores de F em itálico. _____ **63**

TABELA –8 Resultados (p) do teste *a posteriori* (Dunnett) entre as diferentes intensidades de pisoteio para dois tempos de monitoramento (Antes e depois do pisoteio experimental) para a densidade dos tardígrados. Valores significativos em negrito ($p < 0.05$), tendência ($0.05 < p < 0.1$) em itálico. _____ **64**

TABELA –9 Resultados (p) do teste *a posteriori* (Dunnett) entre as diferentes intensidades de pisoteio para os três meses de recuperação (1 mês, 2 meses e 3 meses) para a densidade dos tardígrados. Valores significativos em negrito ($p < 0.05$), tendência ($0.05 < p < 0.1$) em itálico. _____ **65**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	13
2. OBJETIVOS GERAIS	17
3. HIPÓTESES	17
4. MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1 Área de estudo	18
4.2 Coleta de dados	20

CAPÍTULO 1

Efeito do pisoteio dos turistas sobre a comunidade de tardígrados associados às macroalgas *Chondrophicus papilosus* (Agardh) Garbary & Harper e *Gelidiela acerosa* (Forsskål) Feldmann & Hamel nos recifes da praia de Porto de Galinhas, Ipojuca (PE).

1. INTRODUÇÃO	21
2. OBJETIVOS E HIPÓTESES	23
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Coleta de dados	24
3.2 Atividades laboratoriais	
3.3 Análises estatísticas	25
4. RESULTADOS	27
4.1 Ambiente fital	27
4.2 Comunidade de tardigrada	29
4.2.1 Padrões Univariados	29
4.2.2 Padrões Multivariados	35
5. DISCUSSÃO	38

CAPÍTULO 2

Efeito do pisoteio experimental e capacidade de recuperação da comunidade de tardígrados associados às macroalgas *Chondrophicus papilosus* (Agardh) Garbary & Harper e *Gelidiella acerosa* (Forsskål) Feldmann & Hamel nos recifes da praia de Porto de Galinhas, Ipojuca (PE)

1. INTRODUÇÃO	45
2. OBJETIVOS E HIPÓTESES	47
3. MATERIAL E MÉTODOS	48
3.1 Coleta de dados	48
3.2 Desenho amostral	48
3.3 Estimativas da intensidade do pisoteio	50
3.4 Atividades laboratoriais	50
3.5 Análises estatísticas	50
4. RESULTADOS	52
4.1 Ambiente fital	52
4.2. Efeito do pisoteio experimental sobre a comunidade dos tardígrados	56
5. DISCUSSÃO	66
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	74

1. INTRODUÇÃO

Recifes de coral ocupam menos que 0,25% da área dos oceanos, embora sejam habitat para cerca de 24% das espécies marinhas de peixes e inúmeros outros grupos de organismos. Devido à sua proximidade com grandes cidades e fácil acesso, ambientes recifais têm sido facilmente afetados pela influência antrópica (Castro & Pires, 2001) e têm sido destruídos pelas mesmas atividades econômicas que ajudam a sustentar (turismo, p. ex.) (Wilkinson, 1992; Richmond, 1993). Também recebem poluentes de origem agrícola, urbana e industrial devido a proximidade de ocupações humanas. A presença de turistas e as alterações causadas no ambiente para recebê-los são grandes ameaças aos ecossistemas marinhos (Barradas et al., 2012).

O turismo é uma das indústrias de crescimento mais rápido no mundo, incluindo o turismo subaquático. Devido à sua beleza, os recifes de coral e outros ambientes recifais atraem centenas de milhares de turistas e contribuem para o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) de muitos países. No entanto, o turismo mal planejado pode trazer sérios danos aos ecossistemas recifais. Adicionalmente aos distúrbios ecológicos (como alterações nas teias tróficas e branqueamento de corais) existem algumas conseqüências da destruição dos recifes, incluindo sérios problemas econômicos, como diminuição da atividade turística e perda da economia de subsistência (Bryant et al., 1998).

Este é o caso dos ambientes recifais do litoral Sul de Pernambuco. Embora seja um problema antigo, observações preliminares sobre o fato só vieram a ser feitas na década de 90, quando recifes já estavam bastante pobres nas proximidades das zonas urbanas (Barradas et al., 2010; 2012).

Assim como em outras regiões do Brasil e do mundo, o turismo ajudou a promover o desenvolvimento no litoral sul do estado de Pernambuco. Porto de Galinhas tem sido repetidamente eleita a melhor praia do país e o turismo cresceu rapidamente nos últimos 20 anos. Isto criou muitas oportunidades de emprego para a população local. No entanto, a falta de planejamento e de organização gerou alguns problemas relacionados ao uso do solo e ocupação e exploração dos recursos naturais, tendo isto resultado na degradação dos ecossistemas, especialmente os manguezais e recifes de corais (Miranda, 2012).

Aproximadamente 60.000 pessoas visitam Porto de Galinhas a cada mês durante a alta estação (Novembro à março e no mês de Julho), e aproximadamente 69% destas visitam as

formações recifais, seja caminhando ou mergulhando, em apneia ou autonomamente (MMA/SECTMA/CPRH, 2003).

As áreas de proteção marinha são ferramentas largamente utilizadas para o manejo de áreas naturais. Os propósitos de seu uso podem incluir conservação (manutenção da diversidade biológica), recreação (áreas turísticas), histórico (locais históricos e culturais), pesquisas (monitoramento de impactos) e comercial (conservação de áreas importantes para manutenção dos estoques pesqueiros) (Davis & Tisdell, 1995).

Os ambientes associados a substratos consolidados são considerados de alta produtividade (Ferreira et al., 1995; Coelho, Santos & Freitas, 2004). A complexidade destes ambientes tem sido apontada como um dos responsáveis por uma alta biodiversidade (Birkeland, 1997). A própria heterogeneidade do substrato quebra, por exemplo, os gradientes naturais de luminosidade e hidrodinâmica decorrente da profundidade, criando situações de infralitoral dentro do médio-litoral. Associadas a esses fatores devem ainda ser consideradas as interações biológicas e os processos de sucessão (Brawley & Adey, 1981).

Alguns trabalhos descrevem a meiofauna no ambiente recifal natural (John, Jons & Sale, 1989; Maranhão, 2003; Sarmiento, Barreto & Santos, 2011; 2013; Sarmiento & Santos, 2012a; b) e também em ambientes recifais artificiais (Danovaro et al., 2002; Fonsêca-Genevois, 2006). Porém no Brasil estes trabalhos ainda são escassos. A meiofauna reúne os organismos bentônicos que atravessam a malha de peneiras de 0,5mm e ficam retidos na de 0,044 mm de tamanho (Mare, 1942), possuem morfologia, fisiologia e ciclos de vida característicos, habitando o interstício dos sedimentos, também sendo encontrados associados a outros organismos como algas, cnidários, poliquetas, entre outros (Alongi, 1985; Oliveira, Matos & Da Rocha, 2000; Venekey et al., 2008). Warwick (1984) considera a meiofauna uma unidade funcional cujas espécies desempenham estratégias de sobrevivência diferentes das empreendidas pela macrofauna. Esses organismos participam da cadeia alimentar como alimento (Gee, 1989) e como consumidores (Montagna, 1995) constituindo uma das maiores fatias no fluxo de energia dos sistemas bentônicos (Stead, Schmid & Hildrew, 2004). Atuam também na remineralização de detritos orgânicos (Tenore, Tiejn & Lee, 1977).

A meiofauna é reconhecidamente importante para estudos ecológicos e ambientais, devido à sua forte ligação com o substrato, sendo excelentes bioindicadores ambientais (Guidetti & Bertolani, 2005). Seu papel em ambientes impactados, sujeitos aos estresses

físicos, químicos ou sob perturbações naturais tem sido objeto de estudos (Ellis et al., 2000; Schratzberger, Dinmore & Jennings, 2002; Rodrigues, 2002; Huff, 2011).

O número de indivíduos da meiofauna em macroalgas é superior à macrofauna (Curvelo & Corbisier, 2000). As comunidades fitais são conhecidas por abrigar uma meiofauna abundante e diversificada (Bell et al., 1984; Hicks, 1986). A estrutura de uma comunidade associada ao fital é primariamente reflexo da complexidade da planta hospedeira como habitat (Bell & Westoby, 1986; Preston & Moore, 1988). Nas macroalgas a relação dos organismos com o substrato é tão íntima que a comunidade pode variar em diversidade e abundância de acordo com a textura da alga, complexidade estrutural e até mesmo o tipo de epífita a ela associada (Warwick, 1977; Gibbons, 1991; Gee & Warwick 1994a, b). Os invertebrados ocupam micro-habitats como a superfície de filídios, a base das frondes e os espaços das ramificações, onde ocorrem em diferentes graus acúmulo de lodo, argila e detritos (Curvelo & Corbisier, 2000).

O pisoteio é um importante componente associado a ocupação humana em regiões litorâneas, e seus efeitos, quando intensos, contribuem significativamente para modificações nas comunidades marinhas (Schiel & Taylor, 1999; Casu et al., 2006a; b; Casu, Ceccherelli & Castelli, 2006; Huff, 2011). Em praias rochosas, áreas pisoteadas geralmente têm menor diversidade e densidade de espécies de organismos sésseis que em áreas menos perturbadas. Alguns tipos de impacto são associados com o pisoteio, como a mortalidade ou deslocamento dos organismos, enfraquecimento dos apressórios de algas e danos estruturais, resultando em aumento da vulnerabilidade das comunidades de substratos rochosos tanto por fatores abióticos (dessecação, p. ex.), como bióticos (predação, p. ex.) e perda de habitat (Brosnan & Crumrine, 1994; Brown & Taylor, 1999).

Os tardígrados são componentes da meiofauna permanente, distribuem-se no ambiente marinho desde o médio litoral e estendendo-se pelo infralitoral (Higgins & Thiel, 1988). Exibindo sua plasticidade adaptativa pelas inúmeras condições ecológicas favoráveis à sua sobrevivência, estes organismos já foram registrados em cavernas marinhas (Grimaldi De Zio et al., 1982; Villora-Moreno, 1996), em nódulos de manganês em regiões abissais (Bussau, 1992) e em profundidades superiores a 4.000 m (Thiel, 1966). No ambiente marinho são encontradas cerca de 20% das espécies conhecidas, seja em águas profundas, rasas ou na zona entre-marés, nos interstícios dos grãos de sedimentos ou sobre macroalgas, e ainda espécies comensais de mexilhões, ostras, crustáceos, cracas, estrelas do mar ou parasitas de

bolachas do mar e holotúrias (Van Der Land, 1975; Kristensen & Hallas, 1980; Nelson, 1982).

Tardígrados são metazoários pequenos (em média 200 a 500 µm de tamanho), porém complexos, com sistema digestivo completo, sistema nervoso ganglionar ventral e quatro pares de patas terminadas em garras. O grupo foi reconhecido como filo em 1962 por Ramazzotti, mas antes disso havia sido classificado como Rotífera, Anellida e Arthropoda (Ramazzotti & Maucci, 1983). Pequenos, pouco conspícuos e inexpressivos economicamente são os fatores pelos quais se justifica a falta de conhecimento acerca da sua taxonomia, evolução e ecologia até 1930, data que é marcada pela publicação de Ernst Marcus, uma monografia que abordou o grupo de forma mais detalhada e científica.

Conhecido por sua grande capacidade de sobrevivência a situações ambientais adversas através da anabiose (estado de latência) - encistam-se, recolhendo as pernas e secretam um “envelope” (camada dupla de cutícula) em volta do corpo desidratado, mantendo apenas um metabolismo basal - o grupo nos últimos anos tem recebido um reavivamento nas pesquisas, abordando temáticas diversas tais como: veiculação de bactérias fitopatogênicas (Krantz, Benoit & Beasley, 1999), análises moleculares de mecanismos de tolerância e regeneração do seu DNA (Rebecchi et al., 2009), estudos sobre sua posição sistemática quanto as relações com outros filós (Giribet et al., 1996; Garey et al., 1999), a validação do seu monofiletismo utilizando informações moleculares (18S rRNA) e características morfológicas (Garey, et al., 1996). Vale também ressaltar sua recente utilização como organismo modelo para exobiologia (Jönsson, 2007) em experimentos fora do planeta, devido à capacidade de alguns representantes do filo em sobreviver ao vácuo espacial, radiação solar, irradiação ionizante e ausência de oxigênio (Jönsson, et al., 2008).

Mesmo após aumento de interesse sobre o filo, ainda existe uma série de lacunas não compreendidas em consequência da escassez de dados quanto à sua distribuição e aspectos ecológicos. Essa deficiência se deve principalmente à dificuldade de encontrá-los uma vez que a abundância dos tardígrados, mesmo em locais favoráveis, raramente é alta. Para representantes marinhos densidades maiores que 500 indivíduos por 100 cm³ em areia ou 285 indivíduos por 10 cm² devem ser consideradas excepcionalmente altas (Giere, 2009). Portanto coletá-los em ambiente natural e pesquisá-los em laboratório é uma tarefa bastante trabalhosa.

Tendo em vista os resultados prévios obtidos por Sarmiento e colaboradores (2011; 2012a; 2013) para a comunidade meiofaunística associada às macroalgas de ambiente recifal

de Porto de Galinhas submetida ao pisoteio turístico e experimental, em que os tardígrados aparentemente tiveram sua densidade aumentada em alguns pontos, esse estudo objetivou investigar mais detidamente modificações na estrutura da comunidade, assim como a capacidade de recuperação destas após o pisoteio experimental.

Este trabalho está apresentado em dois capítulos, o primeiro sobre o efeito do pisoteio dos turistas sobre a comunidade dos tardígrados meiofaunísticos associados às macroalgas do ambiente recifal de Porto de Galinhas, e o segundo capítulo tratando dos resultados do pisoteio experimental em área de preservação, assim como da capacidade de recuperação da comunidade de tardígrados a esse distúrbio. Ambos os enfoques dão continuidade ao projeto inicial elaborado por Sarmiento e colaboradores (2011; 2012a; 2013), quando investigaram esses mesmos distúrbios sobre a comunidade meiofaunística total e especificamente sobre os Copepoda Harpacticoida.

2. OBJETIVOS GERAIS

- Conhecer a estrutura da comunidade de tardígrados associados às macroalgas presentes nos recifes de Porto de Galinhas (Ipojuca, PE).
- Avaliar a resposta da comunidade de tardígrados associados ao tapete de algas nos recifes de Porto de Galinhas (Ipojuca, PE) ao pisoteio humano;

3. HIPÓTESES

H2.1 – O pisoteio reduz significativamente a diversidade, riqueza e equitabilidade de espécies de tardígrados;

H2.2 – O pisoteio reduz significativamente a densidade das principais espécies de tardígrados.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Todo o material utilizado para a viabilização deste estudo foi coletado originalmente por Sarmiento em 2009, para realizar a dissertação intitulada “Efeito do pisoteio sobre a meiofauna e Copepoda Harpacticoida de fital nos recifes de Porto de Galinhas (Ipojuca, PE)” (PPGBA/UFPE) (2011).

4.1 Área de estudo

Um dos traços geomorfológicos mais característicos do litoral do estado de Pernambuco é a presença de linhas de arenito paralelas à costa, servindo de substrato para o desenvolvimento de corais e de algas calcárias, além de desempenharem importante papel na morfologia recente da costa e atuando como um grande dissipador de energia das ondas. O número de linhas varia, mas geralmente são visíveis, à baixa-mar, duas ou três linhas, sendo a primeira, mais próxima à praia, quase sempre emersa, e as demais parcialmente emersas. Os mais comuns são os arenitos de praia ou “beach rocks” e os recifes orgânicos, formados por corais e/ou algas calcárias (Coutinho & Morais, 1986).

Os recifes são geralmente formados de areia de praia quartzosa cimentada com fragmentos orgânicos, apresentando uma granulometria de média a grossa, às vezes com elementos de maior calibre no topo, e alternância de níveis mais escuros com níveis mais claros, ricos em bioclastos (*Halimeda* e fragmentos de conchas) (Nolasco & Martin, 1985).

Os recifes coralíneos presentes no litoral de Pernambuco formam corpos de morfologia irregular, geralmente alongados, estando seu eixo maior paralelo às linhas de recifes de arenitos, com direção geral NE-SW, aos quais estão intimamente relacionados (Dominguez et al. 1990). A grande maioria destes corpos está submersa, e raras vezes, em época de marés de sizígia, fica exposta parcialmente. A fauna coralínea é representada principalmente por *Siderastrea stellata*, *Agaricia agaricites*, *Mussismilia hispida* e *Montastrea cavernosa* (Laborel, 1965, 1967). A maior expressão de recife algálico (*Lithothamnium*) na área, eixo maior com aproximadamente 4.5 km, ocorre no trecho da plataforma interna entre as praias de Serrambi e Maracaípe.

A praia de Porto de Galinhas possui uma extensa linha de recifes costeiros. Segundo Mabesoone & Coutinho (1970) estes recifes são compostos por areias de praia consolidada por calcário e geralmente fragmentos de organismos calcários recristalizados. São, na sua maior parte, revestidos por artículos de algas calcáreas vivas do gênero *Halimeda*, bem como outras macroalgas. Na região de transição dos andares médio e infralitoral encontram-se vários blocos soltos que permanecem constantemente imersos, cobertos em sua maioria por macroalgas, servindo de habitat a diversos grupos de animais. Entre esses blocos existe deposição de substrato inconsolidado de formação areno-lamosa, arenosa e/ou biodetrítica, oferecendo abrigo a várias espécies de organismos bentônicos (Austregésilo, 1992).

A praia de Porto de Galinhas está localizada no litoral Sul do estado de Pernambuco (Nordeste do Brasil), 64 km a Sul da capital, Recife. Apresenta um clima tropical úmido, com estações seca e chuvosa e uma temperatura do ar média de 24°C (CPRH, 2001). A praia tem uma extensão de 6,3 km (Barradas et al., 2010).

O material utilizado neste estudo foi coletado sobre os recifes da praia de Porto de Galinhas. Essas formações têm um total de 0,42 km² e são localizadas entre as coordenadas 8°30'26" a 8°30'41" S, e 34°59'52" a 34°59'55" Leste (Fig.1).

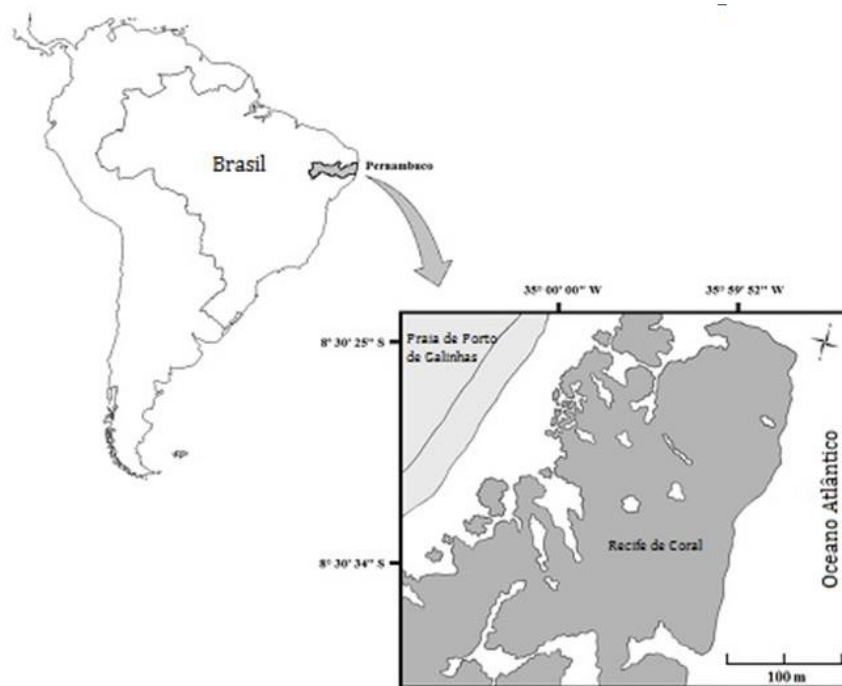


Fig.1 Área de estudo evidenciando o recife mais visitado pelos jangadeiros em Porto de Galinhas (nordeste do Brasil). Modificado de Sarmiento, Barreto & Santos, 2011.

Este ambiente, tipicamente tropical, é hoje a praia de maior fluxo turístico de Pernambuco: de novembro a março Porto de Galinhas recebe mais de 65.000 visitantes mensalmente. (MMA/SECTMA/CPRH, 2003). Na área onde é permitido o tráfego humano sobre os recifes (tratado neste trabalho com a denominação de área “pisoteada), um grande número de turistas (mais de 1.020 pessoas no período de maré baixa) são trazidos diariamente por jangadeiros para visitas de aproximadamente 45 minutos (dados da associação de jangadeiros de Porto de Galinhas), o que provoca impactos de várias ordens ao ambiente, seja pelo abaloamento das jangadas sobre os organismos, seja pelo pisoteio propriamente dito ou até mesmo pela adição de matéria orgânica através do fornecimento de alimento visando atrair os coloridos peixes recifais (Maranhão, 2003).

4.2 Coleta de dados

De acordo com os objetivos estabelecidos foram traçados delineamentos experimentais diferenciados para as amostragens, que estão descritos nos respectivos capítulos. A extração das amostras foi feita utilizando-se um testemunhador cilíndrico com área de 10 cm², sendo as algas cortadas rentes à superfície do recife mantendo o sedimento retido nos apressórios. As amostras foram preservadas em formol salino 4% em campo. Durante a amostragem a altura do tapete foi obtido para cada réplica utilizando-se um paquímetro (precisão de 0.1mm).

Em laboratório a fauna foi extraída por elutriação manual com água filtrada através de peneiras geológicas com abertura de malha de 0.5 mm e 0.063 mm. A meiofauna retida na peneira de 0.063 mm foi analisada com um microscópio estereoscópico (Leica EZ4). Depois da extração da fauna, a biomassa algal e o conteúdo de sedimento retido na fronde foram avaliados por réplica. Sedimento e alga foram secados separadamente em temperatura constante de 60 °C e o peso foi obtido com precisão de 0.1mg. Antes de secar as proporções das principais espécies de alga foram avaliadas visualmente usando as seguintes classes: ~5%, ~10%, ~25%, ~50%, ~75%, ~90%, ~95% e ~100%.

Especificamente para este estudo, para avaliar a densidade dos tardígrados 50 espécimes foram separados de amostras previamente triadas, quando a amostra dispunha 50 ou mais indivíduos. Caso houvesse um número inferior a este todos os tardígrados eram extraídos. A triagem foi feita numa placa de Dollfus tendo como objetivo separar os Tardigrada da meiofauna em geral. Os espécimes retirados foram acondicionados em tubos do tipo “eppendorf” de 1,5ml de capacidade, contendo formol 4%. Em seguida procedeu-se à confecção de lâminas permanentes de microscopia para estudos taxonômico e biológico, seguindo uma adaptação das técnicas referidas por Cobb (1917) e Renaud-Debyser & Salvat (1963). A identificação foi feita baseada em bibliografia específica (Ramazotti & Maucci, 1983; De Zio Grimaldi et al., 2003; Degma, Bertolani & Guidetti, 2009) e descrições originais de gêneros e espécies, através de microscópio óptico.

CAPÍTULO 1

Efeito do pisoteio dos turistas sobre a comunidade de tardígrados associados às macroalgas *Chondrophicus papilosus* (Agardh) Garbary & Harper e *Gelidiella acerosa* (Forsskål) Feldmann & Hamel nos recifes da praia de Porto de Galinhas, Ipojuca (PE).

1. INTRODUÇÃO

O turismo é um complexo fenômeno social, político, cultural e econômico, que vem se firmando como uma das principais atividades econômicas por seu rápido crescimento e pela posição que vem assumindo, nas economias dos países. Este intenso crescimento, ainda que bastante diferenciado em todo o mundo, tem demonstrado perspectivas de que continuará ocorrendo de forma acentuada nos próximos anos, evidenciando a urgência e relevância do aprofundamento de estudos sobre o tema. Isto porque, apesar da propagação discursiva do turismo como fator de desenvolvimento local, o que se vê, em muitas localidades turísticas, é a ausência de ações que efetivamente promovam a valorização social do espaço aliada à preservação dos ecossistemas naturais (Miranda, 2012).

A presença de turistas e as modificações causadas no ambiente para recebê-los são grandes desafios para os ecossistemas marinhos. Por exemplo, em algumas ilhas do Pacífico a remoção de corais, areia e manguezais para construções danificam lagunas e recifes próximos a grandes cidades, assim como estradas, aeroportos e hotéis construídos nestas regiões afetam negativamente o equilíbrio destes ecossistemas (Salvat, 2002). O pisoteio e sobrepesca são outros problemas que danificam este delicado equilíbrio, como observado também no Havaí (Brainard et al., 2002).

Comunidades costeiras são sensíveis aos efeitos de perturbação antrópica, que podem desempenhar um papel importante na formação da fauna e da flora (Addessi, 1994; Brosnan & Crumrine, 1994; Keough & Quinn, 1998; Brown & Taylor, 1999; Milazzo et al., 2004). Áreas rochosas da zona entre marés tornaram-se populares destinos de lazer para uma série de atividades, incluindo, por exemplo, exploração geral (Brosnan & Crumrine, 1994; Addessi, 1994; Keough & Quinn, 1998) e pesca recreativa (Murray et al., 1999). Efeitos diretos sobre as populações, devido a atividades como pisoteio (Schiel & Taylor, 1999; Milazzo et al., 2002, 2004) ou por remoção seletiva de espécies para iscas para pesca, alimento ou coleções

de conchas (Addessi, 1994), podem ter um impacto negativo na diversidade biológica de praias rochosas (Underwood & Kennelly, 1990; Kingsford, Underwood & Kennelly 1991).

O efeito do pisoteio humano em áreas rochosas costeiras é de interesse crescente (Brosnan & Crumrine, 1994; Keough & Quinn, 1998; Brown & Taylor, 1999; Milazzo et al., 2002, 2004). A maioria destes estudos revela que a vulnerabilidade ao pisoteio humano depende principalmente da natureza e da morfologia das comunidades locais e do nível da ação humana (Brosnan & Crumrine, 1994). Os efeitos do pisoteio parecem ser altamente dependentes da estrutura das comunidades ocorrentes na praia (Povey & Keough, 1991; Brosnan & Crumrine, 1994). Por exemplo, tufos de alga ou formas de frondes baixas são mais resistentes que formas folhosas (Schiel & Taylor, 1999; Milazzo et al., 2002) e cirrípedes são mais suscetíveis que densos aglomerados de bivalves (Brosnan & Crumrine, 1994).

A comunidade algal provê habitat para comunidades extremamente diversas de pequenos invertebrados crípticos. Estes organismos merecem atenção devido à sua abundância, riqueza de espécies, alta produtividade, diversidade trófica e importância como alimento para níveis tróficos superiores (Brown & Taylor, 1999).

Comunidades de ambientes rochosos da zona entre marés são particularmente sensíveis a distúrbios antropogênicos por agentes diretos como pisoteio (Duran & Castilla, 1989; Underwood & Kennelly, 1990; Povey & Keough, 1991; Murray et al., 1999). Alguns estudos têm documentado que estes impactos afetam as espécies por induzir mudanças na abundância, diminuindo sua riqueza e modificando a estrutura das comunidades (Siegfried, Hockey & Crowe, 1985; Keough, Quinn & King, 1993; Dye, Lasiak & Gabula, 1997; Fernandez & Castilla, 1997; Lasiak, 1998). Porém, a maioria dos estudos tem focado em organismos grandes e conspícuos (e.g. Povey & Keough, 1991; Brosnan & Crumrine, 1994; Keough & Quinn, 1998).

Alguns estudos desenvolvidos em ambientes rasos revelaram que a capacidade de cobertura de macroalgas pode ser severamente danificada pelo pisoteio humano, havendo um rápido decréscimo (Povey & Keough, 1991; Brosnan & Crumrine, 1994; Schiel & Taylor, 1999; Milazzo et al., 2002). A abundância da epifauna também é reduzida quando o pisoteio humano reduz a biomassa da alga hospedeira (Brown & Taylor, 1999).

Em ecossistemas costeiros o grande contingente de visitantes geram inúmeros distúrbios, sejam eles legais ou ilegais. São frequentes os relatos de impacto decorrentes do uso inadequado dos recursos disponíveis, tais como: coleta de animais para isca de pesca

(Castilla, 1999), poluição (Heip, 1980), modificações das linhas costeiras (Addessi, 1994) com o uso de substratos artificiais (Thompson, Crowe & Hawkins, 2002). Seguindo a mesma tendência, os efeitos do tráfego humano em praias rochosas geralmente influem negativamente na comunidade bentônica, causando considerável redução na densidade e cobertura tanto de invertebrados sésseis como de macroalgas (Povey & Keough, 1991; Adessi, 1994; Brosnan & Crumrine, 1994; Keough & Quinn, 1998; Schiel & Taylor, 1999; Milazzo et al., 2002). O pisoteio pode atuar na redução da espessura da alga e levar à perda dos apressórios, assim a fauna e flora associadas são esmagadas e o habitat disponível reduzido (Addessi, 1994; Brown & Taylor, 1999).

A praia de Porto de Galinhas localizada no litoral sul do estado de Pernambuco, próximo a cidade de Ipojuca, é um dos destinos turísticos mais importantes do Brasil. Por ocorrerem próximo à costa, jangadas levam diariamente centenas de turistas para caminharem sobre os recifes durante a maré baixa principalmente no verão (Alcantara et al., 2004). Sarmento e colaboradores (2011; 2012a) avaliando o impacto do pisoteio dos turistas sobre a comunidade meiofaunística como um todo e especificamente sobre os Copepoda Harpacticoida, constataram os efeitos negativos desta prática sobre o substrato fital e fauna bentônica. A partir de experimentos e avaliação *in loco* traçou um panorama das condições locais quanto ao impacto imediato e padrão de recuperação dos organismos, colaborando assim com a fundamentação científica para um plano de manejo para o ambiente recifal de Porto de Galinhas (Sarmento, Barreto & Santos, 2013).

Este capítulo aborda o efeito do pisoteio dos turistas sobre a comunidade de tardígrados associados às macroalgas *Chondrophicus papilosus* (Agardh) Garbary & Harper e *Gelidiella acerosa* (Forsskål) Feldmann & Hamel, presentes nos recifes da praia de Porto de Galinhas, de onde foram investigados previamente as comunidades meiofaunística e de Copepoda Harpacticoida (Sarmento, Barreto & Santos, 2011; 2013; Sarmento & Santos, 2012a; b).

2. OBJETIVO E HIPÓTESES

Avaliar o efeito do pisoteio humano decorrente do turismo sobre a estrutura da comunidade de tardígrados associada a macroalgas presente em ecossistema recifal na praia de Porto de Galinhas, Ipojuca (PE).

- H.1 – O pisoteio altera significativamente a estrutura da comunidade de tardígrados;
- H.2 – O pisoteio reduz significativamente a diversidade, riqueza e equitabilidade das espécies de tardígrados;
- H.3 – O pisoteio reduz significativamente a densidade das principais espécies de tardígrados.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coleta de dados

Para avaliar o efeito do pisoteio dos turistas sobre a comunidade meiofaunística associada às macroalgas do ambiente recifal, o material foi coletado em 25 de fevereiro de 2009 no recife mais visitado pelos jangadeiros na praia de Porto de Galinhas. Neste mesmo recife existem áreas que estão permanentemente protegidas desde 2004 (entre 2004 e 2009, 70% do total da área está com restrição ao acesso de pessoas não autorizadas).

Foram selecionados cinco (I a V) grupos pareados de estações localizadas ao longo do recife seguindo os limites entre área protegida e área pisoteada, com cada par tendo uma estação fora (I a V pisoteada) e outra dentro da área protegida (I a V protegida) (Fig.1). O desenho amostral pareado foi utilizado para minimizar a variação de estação para estação devido a outros fatores não diretamente relacionados ao pisoteio humano, tais como topografia do recife e heterogeneidade na distribuição algal. Três réplicas foram coletadas por estação. O material foi coletado segundo técnica descrita no item 4.2, na página 20.

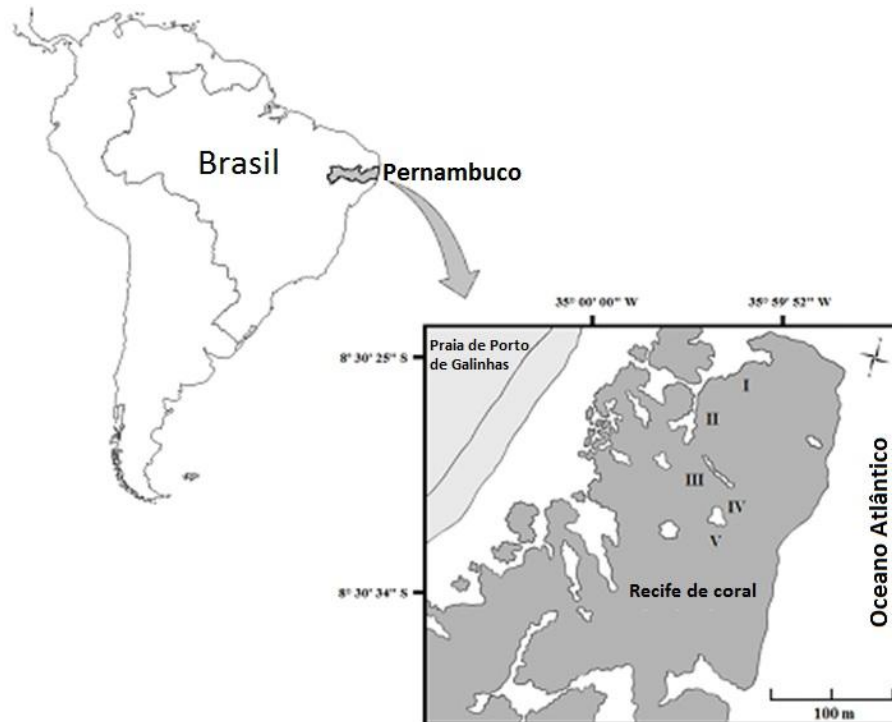


Fig.1 Área de estudo evidenciando o local das cinco estações de coleta (I a V) ao longo do recife mais visitado pelos jangadeiros em Porto de Galinhas (nordeste do Brasil). Modificado de Sarmento, Barreto & Santos, 2011.

Foram feitas fotografias das estações para obter a porcentagem de revestimento algal (cobertura) nas duas áreas de estudo.

3.2. Atividades laboratoriais

Os procedimentos laboratoriais estão descritos no item 4.2, na página 20.

3.3. Análises estatísticas

O índice de Bray- Curtis foi aplicado aos dados de densidade das espécies não transformados para calcular a similaridade entre as amostras. Multi-Dimensional Scaling (MDS) foi usado para representar a matriz de similaridade graficamente. A análise SIMPER foi aplicada para determinar quais espécies são responsáveis pelas dissimilaridades entre as áreas protegidas e pisoteadas.

Foi utilizada a análise de variância multivariada por permutação (PERMANOVA) (Anderson, 2001; Mcardle & Anderson, 2001) a partir da matriz de similaridade de Bray-Curtis com dados transformados em logaritmo de $(x+1)$ para verificar as diferenças significativas na estrutura da comunidade de Tardigrada entre as áreas pisoteadas, protegidas e entre os cinco pontos de coleta.

A análise de variância (ANOVA) de dois fatores foi usada para examinar os efeitos do pisoteio entre as duas áreas e entre as cinco estações de coleta sobre as características do substrato: Biomassa da alga, conteúdo de sedimento, comprimento e cobertura algal. Essa mesma análise foi usada para examinar os efeitos do pisoteio sobre a densidade de Tardigrada. A heterogeneidade de variâncias foi verificada com o teste de Bartlett. Previamente às análises a densidade de Tardigrada, conteúdo de sedimento e a altura do tapete foram transformados com logaritmo natural de $(X+1)$. Conforme a necessidade outras variáveis foram analisadas sem transformação. O teste LSD de Fisher foi usado para uma comparação *a posteriori* quando a interação entre os fatores for significativa.

Para detectar se as diferenças na densidade total dos tardígrados entre as áreas protegidas e pisoteadas poderiam estar relacionadas apenas a quantidade de substrato disponível, foi executada a análise de covariância (ANCOVA). Nessas análises, o pisoteio foi considerado como um único fator, a densidade total de tardígrados (em 10 cm²) como a variável dependente, e o peso total do substrato como a co-variável. O peso do substrato foi obtido do total do peso do sedimento seco mais peso úmido da alga. A heterogeneidade de variâncias das variáveis densidade total de tardígrados e peso do substrato foi verificada com teste de Bartlett. A significância do efeito peso total do substrato sobre a densidade de Tardigrada também foi calculada.

Para detectar distribuições não aleatórias das espécies (espécies indicadoras) entre as áreas pisoteadas e protegidas foi utilizada a análise desenvolvida por Dufrêne e Legendre (1997). Uma espécie é considerada indicadora quando caracteriza um grupo de pontos, verifica-se principalmente em um único grupo e nos pontos deste determinado grupo. O coeficiente IndVal combina tanto a abundância relativa de ocorrência (especificidade) como a frequência relativa de ocorrência (fidelidade) num grupo definido de áreas. A significância estatística dos valores do indicador de espécies foi avaliada através do teste de Monte Carlo (número de permutações = 1000).

As análises de MDS e SIMPER foram feitas usando o software Primer® v.6 (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Researches). As análises Two-way ANOVA e ANCOVA foram calculadas usando o software STATISTICA 7.0. As PERMANOVAs foram feitas utilizando o software PERMANOVA v.1.6. Os cálculos dos valores do IndVal foram executados utilizando o software PC-ORD 4.0. Teste t foram feitos utilizando o BIOESTAT 5.0. O nível de significância foi fixado em $p < 0.05$ para todas as análises. As

análises Multivariadas foram baseadas nos métodos propostos por Clarke e Warwick (1994), e para análises estatísticas paramétricas utilizou-se Zar (1996).

4. RESULTADOS

4.1 Ambiente fital

Os dados de biomassa, peso seco do sedimento associado, cobertura algal do ambiente recifal e substrato total (sedimento associado + peso úmido da alga) foram originalmente obtidos e analisados por Sarmiento, Barreto & Santos (2011) e estão aqui reapresentados com o objetivo de fornecer um melhor suporte à compreensão da sua interferência sobre a comunidade de Tardigrada, que será descrita na sequência. A tabela 1 apresenta estas variáveis e as unidades de medidas utilizadas:

As algas apresentaram distribuição irregular no ambiente recifal, tanto em local protegido como na parte exposta ao pisoteio, sendo o ponto 1 (protegido e pisoteado) dominado por *Chondrophicus papilosus* (Agardh) Garbary & Harper e os demais pontos (2-5 protegidos e pisoteados) por *Gelidiella acerosa* (Forsskål) Feldmann & Hamel com uma cobertura superior a 75% das áreas. Dentro das frondes algais a temperatura média foi de 35 °C, variando de 32,5 a 37 °C.

O efeito do pisoteio humano sobre as características do substrato fital são ilustradas na figura 2:

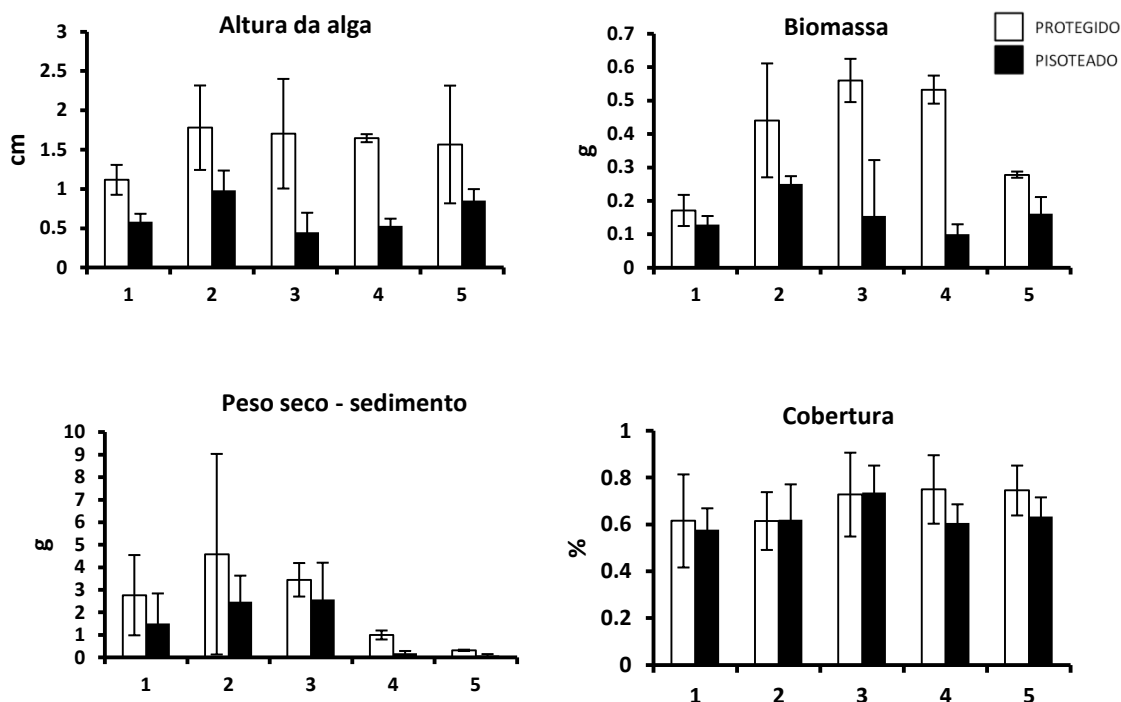


Figura 2. Características do substrato fital (peso seco do sedimento, altura do tapete e biomassa algal) nas áreas pisoteadas e protegidas das cinco estações de coleta (de 1 a 5) em Porto de Galinhas no nordeste do Brasil. As barras representam o intervalo de confiança das três réplicas \pm 95%. Fonte: Sarmento, Barreto & Santos, 2011.

Ainda de acordo com os dados obtidos por Sarmento, Barreto & Santos (2011), descritos na Tabela 1, verificou-se que a biomassa da alga foi afetada pelos fatores ponto ($F= 8.86$; $p<0.01$) e tratamento ($F= 77.6$; $p<0.01$) e interação entre os fatores ($F= 8.36$; $p<0.01$). Também foram evidenciadas diferenças significativas para a altura do tapete para o ponto ($F= 3.63$; $p= 0.02$), tratamento ($F= 79.4$; $p<0.01$) e interação entre estes fatores ($F= 2.90$; $p=0.04$). O peso seco do sedimento evidenciou diferenças significativas para ponto ($F= 27.0$; $p<0.01$) e tratamento ($F=19.0$; $p<0.01$), porém não houve interação entre os fatores.

Tabela 1. Resultado da análise de variância (ANOVA two-way) aplicada aos dados das características físicas do substrato fital dos recifes de Porto de Galinhas no nordeste do Brasil. (df= graus de liberdade; MS= quadrado médio). Fonte: Sarmento, Barreto & Santos, 2011. Valores de F significativos em negrito ($p < 0.05$).

Fator	Altura do tapete				Biomassa Alga		
	Df	MS	F	P	MS	F	p
Pisoteio	1	5.55	79.4	<0.001	0.42	77.6	<0.001
Ponto	4	0.25	3.63	0.02	0.05	8.86	<0.001
Pisoteio	4	0.20	2.90	0.04	0.04	8.36	<0.001
x Ponto							
Resíduo	20	0.07			0.005		
Fator	Peso sedimento				Cobertura Algal		
	Df	MS	F	P	MS	F	p
Pisoteio	1	7.29	19.0	<0.001	0.023	1.69	0.207
Ponto	4	10.3	27.0	<0.001	0.018	1.31	0.29
Pisoteio	4	0.58	1.53	0.23	0.007	0.51	0.73
x Ponto							
Resíduo	20	0.38			0.014		

A altura do tapete mostrou uma interação significativa entre os fatores, portanto procedeu-se ao teste *a posteriori* (LSD Fisher) que indicou que a altura destas na área pisoteada foi menor quando comparada às áreas protegidas em todas as cinco estações. Para a variável Biomassa, as estações 1 ($p = 0.49$) e 2 ($p = 0.06$) não mostraram reduções significativas entre as áreas pisoteadas e protegidas, enquanto para as outras estações a biomassa foi significativamente reduzida nas áreas pisoteadas ($p < 0.01$).

4.2. Comunidade de Tardigrada

4.2.1. Padrões Univariados

Foram encontrados 222 tardígrados, distribuídos em três famílias: Halechiniscidae Thulin, 1928 (*Archechiniscus minutus* Grimaldi de Zio & D'Addabbo Gallo, 1987; *Dipodarctus subterraneus* Renaud-Debyser, 1959; *Halechiniscus perfectus* Schulz, 1955 e *Styraconyx nanoqsunguak* Kristensen & Higgins, 1984), Echiniscoididae Kristensen & Hallas, 1980 (*Anisonyches diakidius* Pollock, 1975) e Stygarctidae Schulz, 1951 (Alterado por Bello & de Zio Grimaldi 1998; de Zio Grimaldi, D'Addabbo Gallo & Morone De Lucia 1998

> (*Pseudostygarctus intermedius* (Renaud-Mornant, 1979) <Alterado por Bello & De Zio Grimaldi 1998>)(Tabela 2).

Tabela 2. Lista de espécies de Tardigrada identificadas para o ambiente fital de Porto de Galinhas.

TARDIGRADA

ARTHROTARDIGRADA Marcus, 1927

Archechiniscidae Binda, 1978

Archechiniscinae Grimaldi de Zio & D'Addabbo Gallo, 1987 [Archechiniscidae Binda, 1978]

Archechiniscus minutus Grimaldi de Zio & D'Addabbo Gallo, 1987

Halechiniscidae Thulin, 1928

Dipodarctinae Pollock, 1995

Dipodarctus subterraneus (Renaud-Debyser, 1959)

Halechiniscinae (Thulin, 1928)

Halechiniscus perfectus Schulz, 1955

Styraconyxinae Kristensen & Renaud-Mornant, 1983

Styraconyx nanoqsunguak Kristensen & Higgins, 1984

Stygarctidae Schulz, 1951

Stygarctinae Schulz, 1951

Pseudostygarctus intermedius (Renaud-Mornant, 1979)

ECHINISCOIDEA Richters, 1926

Echiniscoididae Kristensen & Hallas, 1980

Anisonyches diakidius Pollock, 1975

A riqueza de espécies foi similar em ambas as áreas (protegidas e pisoteadas), porém *Anisonyches diakidius* e *Dipodarctus subterraneus* foram encontrados exclusivamente na área protegida. *Archechiniscus minutus* representou 75,2% da comunidade, sendo seguido por *Styraconyx nanoqsunguak* (16,2%), *Pseudostygarctus intermedius* (5,4%), *Halechiniscus perfectus* (2,2%), *Anisonyches diakidius* (0,4%) e *Dipodarctus subterraneus* (0,4%) (Fig. 2). Na área pisoteada *Archechiniscus minutus* dominou com 81,3% e *Styraconyx nanoqsunguak* foi o segundo mais abundante com 14,9% dos espécimes coletados. *Archechiniscus minutus* também dominou na área protegida 66,6%, seguido de *Styraconyx nanoqsunguak* com 17,4% (Fig. 3).

Halechiniscus perfectus foi mais abundante na área pisoteada, estando cerca 80% dos espécimes coletados na área exposta ao pisoteio, enquanto que 91,6% dos espécimes *Pseudostygartus intermedius* foram obtidos na área protegida (Fig.3).

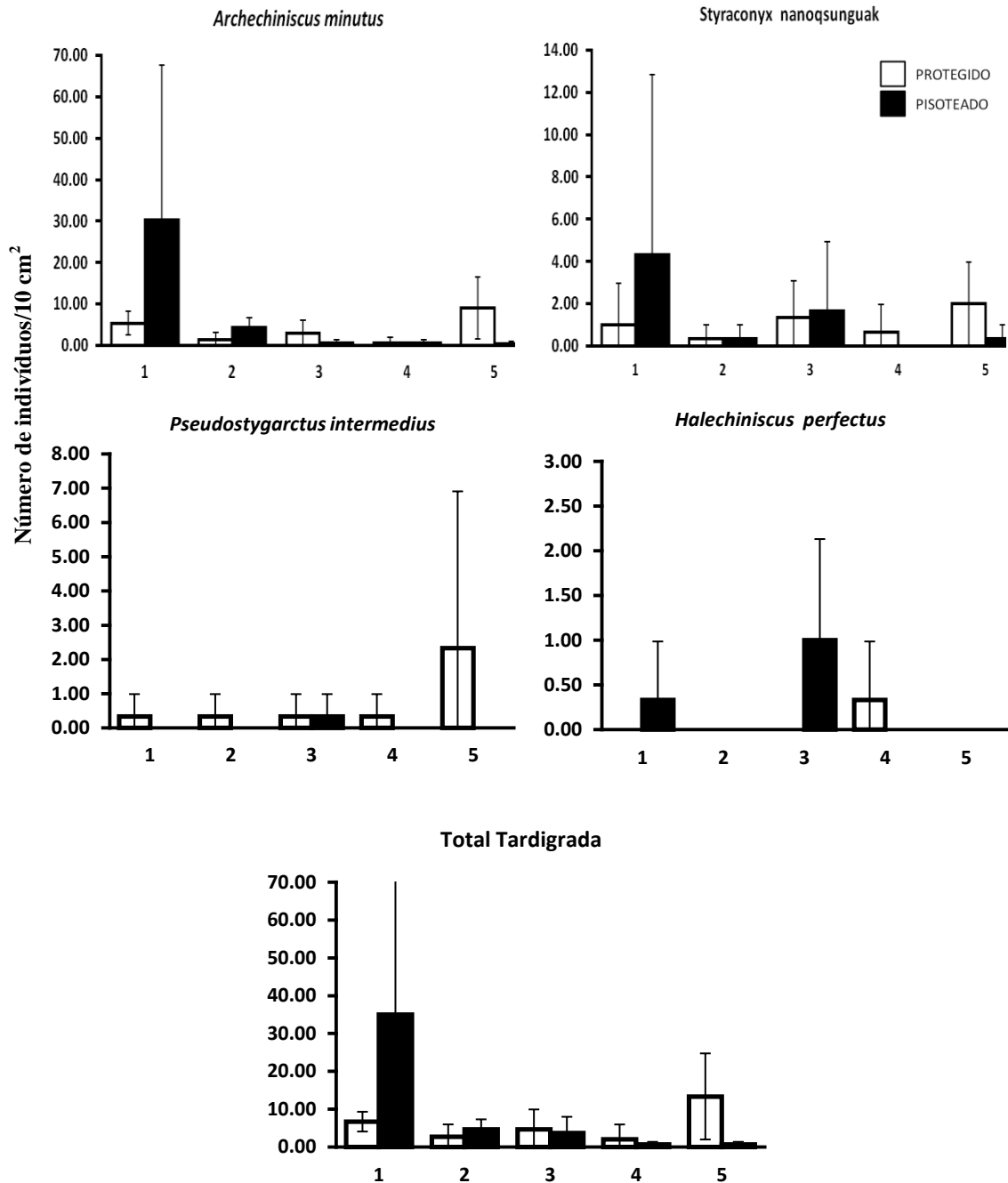


Fig.3.- Densidade das espécies mais representativas e do total de tardígrados (ind.10cm²) nas áreas protegidas (barras brancas) e pisoteadas (barras pretas) das cinco estações (1 a 5) em Porto de Galinhas no nordeste do Brasil. As barras representam a média de três réplicas, intervalos de confiança $\pm 95\%$.

Nas áreas pisoteadas (pontos 1-5) obteve-se um total de 134 espécimes coletados, enquanto na área protegida (pontos 1-5) foi um total de 88 indivíduos. O ponto 1 da área exposta ao pisoteio foi o local com a maior abundância de tardígrados, com 95 espécimes correspondendo a 42,7% do total de indivíduos coletados. Uma das réplicas apresentou densidade de 82 ind/10 cm², a maior encontrada nesse estudo. As menores abundâncias foram obtidas nos pontos 4 e 5 da área pisoteada, com apenas dois indivíduos para cada ponto (Fig. 3).

Para todos os pontos da área protegida foi observada uma média de 5,86 ind/10 cm², enquanto no setor exposto ao pisoteio obteve-se um valor médio de 8,93 ind/10 cm².

O teste ANOVA não mostrou diferenças significativas para a densidade de *Archechiniscus minutus* para o fator Pisoteio (F=0.13; p=0.7), por outro lado, mostrou resultados significativos para o fator Ponto dentro da mesma área (F=8.6; p<0.01), bem como para a interação desses dois fatores (F=6.4; p<0.01). Para a densidade total de tardígrados a análise mostrou diferenças significativas para o fator Ponto dentro da mesma área (F=5.3; p<0.01), e também para a interação desses dois fatores (F=3.6; p=0.02) (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados da análise de variância (ANOVA two-way) para os valores de densidade das principais espécies de Tardigrada do substrato fital dos recifes de Porto de Galinhas no nordeste do Brasil. (Graus de liberdade: Pisoteio 1; Ponto= 4; Interação= 4; Resíduo= 20). Valores de F significativos em negrito (p<0.05).

Espécies	Pisoteio		Ponto		Interação	
	F	p	F	P	F	P
<i>A. minutus</i>	0.13	0.71	8.65	<0.001	6.46	<0.01
<i>S. nanoqsunguak</i>	0.34	0.56	0.61	0.65	0.51	0.72
<i>P. intermedius</i>	2.57	0.12	0.28	0.88	0.42	0.78
<i>H. perfectus</i>	1.70	0.20	1.4	0.26	2.33	0.09
Tardigrada	0.27	0.60	5.31	<0.01	3.62	0.02

Para *Styraconyx nanoqsunguak*, *Pseudostygarcus intermedius* e *Halechiniscus perfectus* não foram encontradas diferenças significativas para todos os fatores ou interações, porém para esta última espécie a ANOVA evidenciou uma tendência para valor significativo (F=2.33; p= 0.09) (Tabela 3). O teste *a posteriori* (LSD Fisher) demonstrou que a densidade de *Archechiniscus minutus* foi maior na área pisoteada quando comparado com a área protegida (p=0.02) no ponto 1. Por outro lado, no ponto 5 este gênero teve menor densidade

na área pisoteada quando comparada com a área protegida ($p < 0.01$). Nos pontos 2, 3 e 4, para densidade, *Archechiniscus minutus* não apresentou diferenças entre as áreas pisadas e protegidas ($p > 0.05$) (Tabela 3).

O teste *a posteriori* para a densidade total de tardígrados indicou uma tendência de que esta tenha sido maior na área pisoteada quando comparada à área protegida ($p = 0.08$) no ponto 1. Por outro lado, no ponto 5 a densidade foi menor na área pisoteada quando comparada com a área protegida ($p < 0.01$). Nos pontos 2, 3 e 4 a densidade total não apresentou diferenças entre as áreas pisoteada e protegida ($p > 0.05$).

Foram observadas 6 espécies, duas das quais encontradas exclusivamente na área protegida. A maior riqueza também foi obtida em uma réplica deste tratamento no ponto 2, onde foram observadas quatro espécies (Fig. 4).

Apesar das diferenças absolutas de riqueza, os dados não foram significativos para tratamento ($F = 1.54$; $p = 0.22$), ponto ($F = 1.34$; $p = 0.28$) e interação entre os fatores ($F = 0.68$; $p = 0.61$). Para Diversidade (H') os dados também não mostraram diferenças significativas para os pontos e tratamentos. Para a equitabilidade os dados foram significativamente diferentes para Tratamento ($F = 7.07$; $p = 0.015$), possivelmente em consequência da maior dominância de *Archechiniscus minutus* na área pisoteada quando comparada com a área protegida (Tabela. 4).

A análise de covariância (ANCOVA) foi feita para avaliar se o aumento da densidade de tardígrados se deve às diferenças de peso dos substratos. Como resultado obtido, para o total de Tardigrada os dados foram significativos para o fator ponto dentro de uma mesma área ($F = 4.99$; $p = 0.006$) e para a interação entre os fatores ($F = 3.50$; $p = 0.02$). Para *Archechiniscus minutus* os resultados mostraram a mesma tendência, com dados significativos para ponto ($F = 8.15$; $p = 0.0005$) e interação entre os fatores ($F = 6.11$; $p = 0.002$).

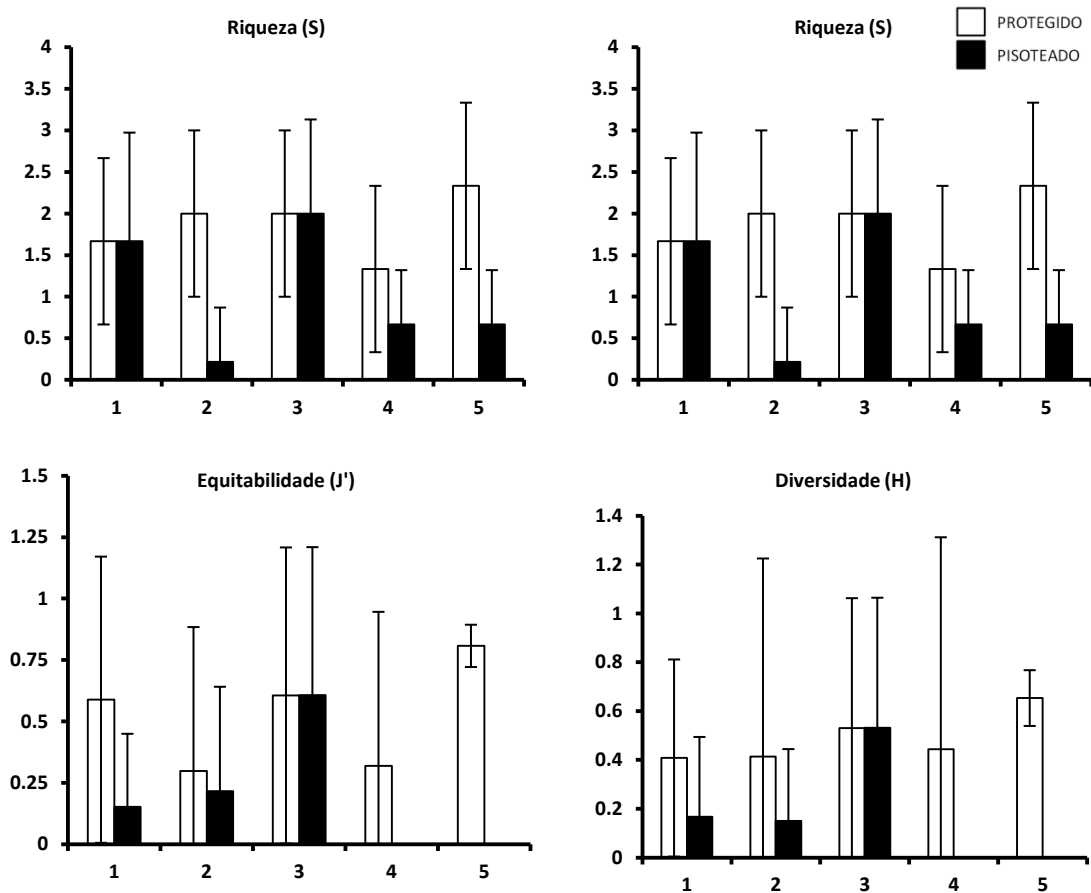


Figura 4. Riqueza (S), Equitabilidade (J') e Diversidade (H') dos tardígrados nas áreas pisoteadas e protegidas das cinco estações de coleta (de 1 a 5) em Porto de Galinhas no nordeste do Brasil. As barras representam o intervalo de confiança das três réplicas $\pm 95\%$.

Tabela 4. Riqueza (S), Equitabilidade (J') e Diversidade (H') dos tardígrados nas áreas pisoteadas e protegidas dos cinco pontos de coleta (de 1 a 5) em Porto de Galinhas no nordeste do Brasil. As barras representam o intervalo de confiança das três réplicas $\pm 95\%$.

Espécies	Pisoteio		Ponto		Interação	
	F	<i>p</i>	F	<i>p</i>	F	<i>P</i>
Riqueza	1.54	0.22	1.34	0.28	0.13	0.68
Equitabilidade	7.07	0.015	0.52	0.71	0.72	0.58
Diversidade	1.76	0.19	0.70	0.59	0.71	0.59

4.2.2. Padrões Multivariados

A análise de MDS (Fig. 5) indicou que a estrutura da comunidade dos tardígrados se mostrou mais homogênea nas réplicas da área protegida, enquanto na área pisoteada se dispuseram de forma mais dispersa. As réplicas do ponto 1 tanto da área protegida como da área pisoteada são bastante similares entre si, um padrão observável com auxílio do MDS. Houve algumas sobreposições entre os pontos das áreas protegida e pisoteada, como as réplicas do ponto pisoteado 5 que sobrepuseram as réplicas das áreas pisoteadas e protegidas do ponto 4, excetuando-se uma única réplica, evidenciando assim a semelhança entre esses pontos, o que provavelmente decorre da baixa abundância observada nestes.

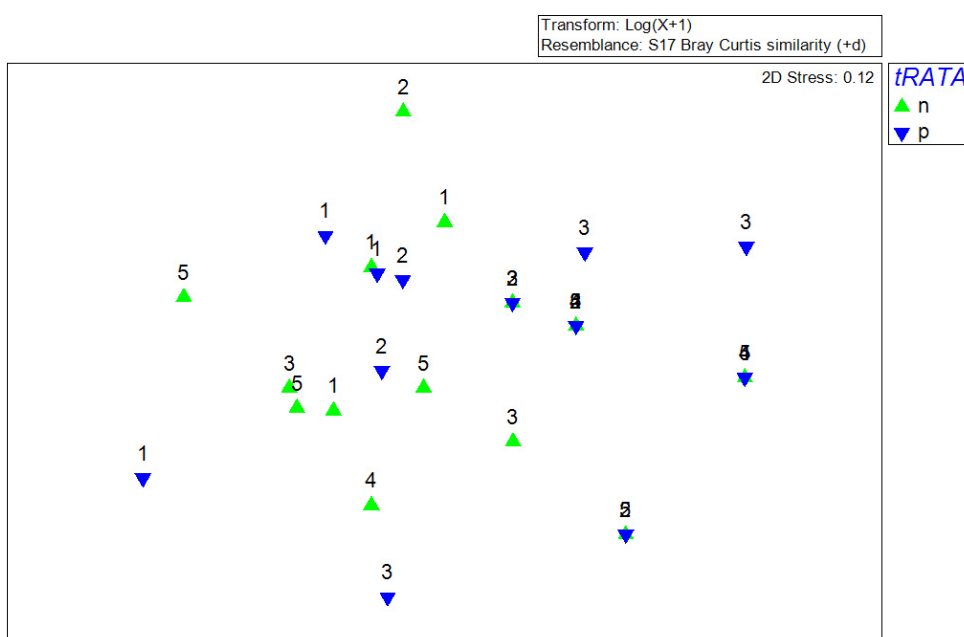


Fig. 5. Ordenação MDS para comunidade de Tardigrada coletados na área protegida (n) e pisoteada (p) ao longo dos cinco pontos (1, 2, 3, 4 e 5) nos Recifes de Porto de Galinhas, nordeste do Brasil.

Os resultados da PERMANOVA indicaram que a estrutura da comunidade de tardígrados não foi estatisticamente sensível ao fator Pisoteio ($F=1.3$; $p=0.28$), porém, esta análise indicou que a estrutura da comunidade foi significativamente diferente para o fator Ponto ($F=2.2$; $p=0.038$), mas não para interação entre esses dois fatores ($F=1.6$; $p=0.13$) (Tabela 5).

Tabela 5. Resultados da PERMANOVA para a estrutura da comunidade de tardígrados entre as duas áreas (protegida e pisoteada) e entre as cinco estações de coleta. (df= Graus de liberdade; SS= Soma dos quadrados; MS= Quadrado médio). Valores significativos ($p < 0.05$) em negrito.

Fator	df	SS	MS	F	P
Pisoteio	1	926.61	926.61	1.3	0.28
Estações	4	6370.4	1592.6	2.241	0.038
Pisoteio x estação	4	4575.1	1143.8	1.6095	0.1343
Resíduo	20	14213	710.65		
Total	29	26085			

Os dados da tabela 6 evidenciam as diferenças entre os pontos de ambos os tratamentos, pisoteado e protegido, sendo destacadas as diferenças significativas entre os pontos 1 e 4 ($p = 0.0083$), e 1 e 5 ($p = 0.042$).

Tabela 6. Resultados do teste pareado t para diferenças na estrutura da comunidade de tardígrados na comparação entre os pontos. Valores significativos em negrito.

Pontos	T	Monte Carlo P- value
1,2	1.5157	0.1176
1,3	1.7568	0.0621
1,4	2.7272	0.0083
1,5	1.896	0.042
2,3	0.8417	0.5667
2,4	1.2607	0.234
2,5	0.75968	0.5949
3,4	1.1086	0.3095
3,5	0.9164	0.4765
4,5	1.549	0.1326

A tabela 7 evidencia as diferenças decorrentes do impacto sobre a estrutura da comunidade de Tardigrada entre as áreas protegidas e pisoteadas. Houve diferenças significativas apenas para o ponto 5, sendo este o ponto onde a abundância total concentrou-se quase que por completo na área protegida (95%).

Tabela 7. Resultados do teste pareado *t* para diferenças na estrutura da comunidade de tardígrados na comparação entre as réplicas dos pontos pisoteados e protegidos de cada estação. Valor significativo em negrito.

Pontos	<i>T</i>	Monte Carlo P- value
1	1,08	0,3519
2	0,7013	0,4958
3	0,8843	0,5016
4	0,55008	0,6725
5	0,1011	0,0267

A tabela 8 exibe o resultado da Análise SIMPER, revelando quais espécies mais contribuíram para a dissimilaridade entre as réplicas das áreas protegida versus pisoteada: *Archechiniscus minutus*, *Halechiniscus perfectus* e *Pseudostygarctus intermedius*. *Archechiniscus minutus*, com ampla dominância em ambos os tratamentos, também foi responsável pela maior dissimilaridade entre as áreas com 66.73%, sendo seguido por *Styraconix nanoqsunguak* 18.43%.

Tabela 8. Resultados da análise SIMPER para dissimilaridade entre áreas protegida (N) e pisoteada (P). Ab.média - Abundância média; Diss.média - Dissimilaridade média; Contrib.% - porcentagem de espécies que contribuíram para a dissimilaridade média. Cum.% - Porcentagem acumulada da contribuição para dissimilaridade média.

Diss.média = 73.93	Ab.média	Ab.média	Diss.média	Contrib.%	Cum.%
Espécies	Protegida	Pisoteada	NxT		
<i>A. minutes</i>	3.87	7.27	49.33	66.73	66.73
<i>S. nanoqsunguak</i>	1,07	1,33	13,63	18,43	85,16
<i>P. intermedius</i>	0,73	0,07	5,94	8,03	93,19

Archechiniscus minutus foi considerada uma espécie indicadora para o ponto 1 da área pisoteada (IndVal=54.5%; $p= 0.0157$). Nenhuma das espécies foi considerada característica de áreas pisoteada ou protegida, apenas *Pseudostygarctus intermedius* (IndVal= 30.6 %; $p= 0.1$) apresentou uma tendência para dados significativos no ambiente sem o efeito do pisoteio e *Halechiniscus perfectus* (IndVal=40%; $p= 0.1$) exibiu uma tendência para caracterizar o ponto 3 da área pisoteada.

5. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mostram diferenças entre as áreas protegidas e pisoteadas para quase todos os fatores avaliados (biomassa, altura do tapete, peso seco do sedimento e substrato total), com exceção da cobertura algal, onde as porcentagens obtidas são similares nos pontos “2” e “3”, e com uma pequena diferença nos demais pontos. Apesar dos dados da área protegida mostrarem diferenças em valores absolutos em relação à área pisoteada, as reduções só foram estatisticamente significativas para biomassa e altura do tapete.

As áreas mostraram um padrão heterogêneo quanto à composição dos substratos fitais, sendo o ponto 1 dominado pela alga *C. papillosus* tanto na área protegida como na área pisoteada, enquanto os demais pontos apresentaram maior proporção de *G. acerosa*. Essa característica foi determinante para o comportamento da fauna associada, pois essas algas responderam de forma diferente ao impacto.

A altura do tapete foi considerada um sensível descritor de impacto, o teste LSD de Fisher evidenciou que para esse item, obtiveram-se diferenças claras entre as áreas pisoteadas e protegidas. Não foi detectada diferença para a biomassa algal no ponto 1 da área protegida e pisoteada, mas os demais pontos exibiram diferenças estatisticamente significativas.

A biomassa de *C. papillosus* exibiu menor sensibilidade ao efeito do pisoteio, com uma redução de 24% quando comparada com a área protegida, enquanto nos demais pontos dominados por *G. acerosa* a redução observada chegou a 59% em relação à área protegida. Dados sugerem que impactos moderados não afetam a cobertura da alga, mas estão associados à redução na altura do tapete e biomassa (Povey & Keough, 1991; Brown & Taylor, 1999).

A arquitetura da alga pode ter influência sobre a capacidade de suportar o estresse decorrente do pisoteio (Huff, 2011). Mesmo sendo ambas formadoras de tapetes, *C. papillosus* e *G. acerosa* exibem respostas diferentes ao estresse. Macroalgas eretas e prados de fanerógamas apresentam considerável sensibilidade ao pisoteio de origem antrópica (Liddle, 1991; Schiel & Taylor, 1999; Eckrich & Holmquist, 2000), enquanto algas formadoras de tapetes e coralináceas parecem ser mais resistentes ao impacto (Liddle, 1991; Brown & Taylor, 1999).

O pisoteio tem consequências diretas e indiretas, sobressaindo-se os efeitos diretos sobre a estrutura da comunidade algal (Schiel & Taylor, 1999; Huff, 2011), redução da complexidade estrutural das algas (Brown & Taylor, 1999), danos e exposição dos rizomas (Eckrich & Holmquist, 2000), a quebra dos talos (Schiel & Taylor, 1999), diminuição da área de cobertura sobre o substrato (Schiel & Taylor, 1999; Eckrich & Holmquist, 2000; Casu et al., 2006a; b; Casu, Ceccherelli & Castelli, 2006; Huff, 2011) e redução da altura do tapete (Brown & Taylor, 1999; Schiel & Taylor, 1999). Os efeitos indiretos atuam nos processos intrínsecos à comunidade, tais como competição e predação, que podem ser alterados como produto da exclusão/redução de espécies dominantes e outras espécies abundantes (Brosnan & Crumrine, 1994; Keough & Quinn, 1998).

Nas diversas abordagens encontradas na literatura acerca do pisoteio como forma de dano aos substratos fitais, salienta-se na maioria dos casos os efeitos agressivos do tráfego sobre a comunidade bentônica. Eckrich & Holmquist (2000) encontraram decréscimo dos prados, acompanhado do aumento na cobertura de areia e danos sobre os rizomas. Brown & Taylor (1999) constataram que sob efeito do pisoteio as variáveis associadas às algas coralíneas, como peso seco do sedimento, biomassa e altura das frondes, decaíam conforme o aumento do pisoteio, sendo para esta última observada uma redução de 50%. Já foi observada a resistência de *C. papillosus*, salientando a capacidade desta em suportar o impacto (Sarmiento & Santos, 2012a). Milazzo e colaboradores (2004) observaram que após o estresse as algas formadoras de tapetes exibiram um padrão oportunista, sobrepondo-se em desenvolvimento às algas talosas. Tais particularidades dos tapetes algais possivelmente determinam a sua presença em locais sob influência antrópica, como na região de Porto de Galinhas.

Existe uma ampla comunidade meiofaunal habitando a superfície dos ambientes fitais e estes organismos são reconhecidamente afetados por impactos que reflitam direta ou indiretamente sobre o substrato que lhes fornece abrigo e alimento. A pesquisa aqui descrita teve como objetivo a compreensão dos efeitos do pisoteio sobre a comunidade de tardígrados, frente aos dados diferenciais encontrados por Sarmiento, Barreto & Santos (2011) e também estabelecer uma abordagem descritiva sobre aspectos ecológicos de um grupo historicamente negligenciado.

Foram encontrados 6 espécies de tardígrados associados aos fitais de Porto de Galinhas. Destas, três (*Archechiniscuss minutus*, *Styraconyx nanoqsunguak* e *Anisonyches*

diakidius) têm aqui seu primeiro registro de ocorrência para o país, sendo, assim, atualizado o checklist de tardígrados da costa brasileira para 30 espécies.

Os dados aqui descritos não mostraram diferenças para riqueza e diversidade entre as áreas protegidas e pisoteadas. Foi observada ampla dominância (75%) de *Archechiniscus minutus* em ambas as áreas. A baixa abundância das outras espécies (*Pseudostygarctus intermedius*, *Dipodarctus subterraneus*, *Halechiniscus perfectus* e *Anisonyches diakidius*) não permitiu extrapolações quanto à sua presença, pois remetem a eventos ocasionais. Na área pisoteada *Archechiniscus minutus* correspondeu a aproximadamente 81% da comunidade, enquanto na área protegida foi de aproximadamente 66%, portanto, exibiu diferenças significativas entre os tratamentos para a equitabilidade.

Muitos trabalhos salientam o decréscimo da riqueza e densidade dos organismos em áreas afetadas pelo pisoteio (Keough & Quinn, 1998; Brown & Taylor, 1999; Schiel & Taylor, 1999; Jenkins et al., 2002; Milazzo et al., 2002, 2004; Casu et al., 2006a; b; Casu, Ceccherelli & Castelli, 2006; Huff, 2011; Sarmiento, Barreto & Santos, 2011; 2013; Sarmiento & Santos, 2012a). Huff (2011), através de pisoteio experimental em costões rochosos cobertos por algas no litoral da Califórnia (EUA) observou que após 9 meses de cessado o impacto a diversidade da meiofauna tinha aumentado em relação ao controle, e também não havia mudanças entre riqueza e equitabilidade. Beauchamp & Gowing (1982), avaliando os efeitos decorrentes do pisoteio em estudo observacional em costões rochosos que exibiam gradiente de tráfego humano, observaram que os pontos submetidos a estresse mediano, apresentaram a maior riqueza e diversidade entre os demais, corroborando com a hipótese do distúrbio intermediário de Connell (1978), cujo proponente sugere que perturbações intermediárias podem promover uma maior abundância e variabilidade de organismos. Esta inércia, onde os grupos parecem ter algum grau de impassibilidade frente ao impacto, pode sugerir também que em tais locais os organismos que compõem a comunidade são fruto de uma seleção determinada por um impacto prévio e recorrente, e isso pode ser aplicado a Porto de Galinhas e seu turismo ascendente (Mesquita & Xavier, 2013).

Alguns táxons parecem ser mais sensíveis ao pisoteio. Brown & Taylor (1999) observaram em seu trabalho experimental no litoral da Nova Zelândia que poliquetos são particularmente vulneráveis ao pisoteio, com substancial declínio na densidade, mesmo em níveis baixos de impacto. Sarmiento e colaboradores (2011; 2013), de forma similar, obtiveram menores densidades de Polychaeta em todas as estações da área cujo fluxo turístico

sobre os recifes é permitido, quando comparadas com os pontos de acesso restrito a população. A vulnerabilidade ao pisoteio já foi relatada para outros táxons como bivalves (Brown & Taylor, 1999) e cirrípedes (Brosnan & Crumrine, 1994; Ferreira & Rosso, 2009) cujas abundâncias foram claramente reduzidas após o pisoteio. Porém, existem respostas diferenciais dos organismos bentônicos, contrariando o senso comum, cuja idéia de impacto é acompanhada da perda de densidade. Espécies dominantes parecem sofrer menos o impacto do pisoteio (Beauchamp & Gowing, 1982). É comum que áreas sob distúrbio permanente sejam caracterizadas por grandes abundâncias de espécies tolerantes (Patrick, 1949 apud Beauchamp & Gowing, 1982). Sarmento e colaboradores (2011) encontraram um aumento na densidade de Tardigrada e Ostracoda nas áreas expostas ao pisoteio e Keough e Quinn (1998) avaliando o efeito do pisoteio experimental sobre costões rochosos cobertos por *Hormosira banksii*, observaram o aumento na abundância de herbívoros como efeito indireto do estresse. Portanto as diferenças podem não refletir apenas a intensidade do estresse, mas também se deve levar em consideração as diferenças de susceptibilidade das espécies, o tipo substrato e duração do impacto.

Sarmento e colaboradores (2011) relataram que na área pisoteada a baixa densidade de poliquetos, mesmo que não diretamente relacionadas, veio acompanhada de um aumento de Tardigrada e Ostracoda, quando comparadas com a área protegida. Dentre suas análises, observou que uma proporção considerável de poliquetas pertencia à família Syllidae (dado não publicado), entre estes muitos são predadores de infralitoral adaptados à associação alga/recife (Higgins & Thiel, 1988). Quando um predador de topo é removido pode gerar mudanças na estrutura da comunidade, causando a dominância de uma ou mais espécies de presas (Paine, 1994 apud Schiel & Taylor, 1999). Como o trabalho de Sarmento e colaboradores, a princípio, deteve-se a grandes grupos taxonômicos (Sarmento, Barreto & Santos, 2011) e Copepoda (Sarmento & Santos, 2012a), não foi constatado que em ambas as áreas a estrutura da comunidade foi similar para Tardigrada (fato confirmado pela PERMANOVA), sendo as diferenças relacionadas ao ponto de coleta e não ao tratamento (protegido/pisoteada). *Archechiniscus minutus* seguido de *Styraconyx nanoqsunguak* dominaram em ambas as áreas, apesar das diferenças em valores percentuais, portanto, é provável que a exclusão dos poliquetas não tenha afetado de forma distinguível a estrutura da comunidade de Tardigrada.

O ponto 1 de ambas as áreas dos recifes de Porto de Galinhas (protegida e pisoteada) foram caracterizados pela dominância de *C. papillosus*. Sendo contabilizados 95 espécimes de

tardígrados oriundos apenas da área pisoteada, portanto, com aproximadamente 42% da abundância de todos os cinco pontos. O teste *a posteriori* LSD de Fisher mostrou diferenças entre o ponto 1 e os demais pontos, tanto para Tardigrada geral, como para *Archechiniscus minutus*, dados que se repetem para ANOVA (diferenças significativas para ponto) corroborando com a singularidade neste ponto já detectada. A heterogeneidade espacial e a diversidade de ciclos de vida dos organismos, frequentemente levam a variações não esperadas, Eckrich & Holmquist (2000) encontraram, em seu experimento de pisoteio nos prados de fanerógamas de Porto Rico, oscilações não explicadas pelo impacto, obtendo redução de quase 50% na densidade de camarões no grupo controle. Casu e colaboradores (2006a) avaliando os efeitos experimentais do pisoteio sobre pequenos invertebrados em costões rochosos, encontraram grande variabilidade espacial, tanto entre as áreas estabelecidas como nos pontos dentro de cada área, com significativa heterogeneidade de variâncias, limitando assim as análises de alguns táxons.

A epifauna é bastante susceptível às variações de biomassa do substrato algal (Casu et al., 2006b). A complexidade estrutural da alga é um fator determinante para a diversidade associada, e dependente desta está o acúmulo de detritos do qual a meiofauna se abriga e utiliza como recurso alimentar (GIERE, 2009). Portanto, para verificar se as diferenças nas densidades de tardígrados eram consequência da quantidade de substrato procedeu-se à ANCOVA. Os dados obtidos foram significativos para ponto e interação. Durante as análises testamos excluir o ponto 1 (devido a não haver redução de substrato entre os tratamentos) para executar a ANCOVA, de modo que apenas os pontos 2 a 5 fossem analisados, mas não se obteve diferenças significativas entre estes, não sendo então considerada importante a inclusão destes dados entre os resultados. Portanto, não se obteve nenhum indicativo que a proporção do sedimento seja o fator que rege a densidade de Tardigrada.

O biofilme é uma associação ecológica entre bactérias, cianobactérias, diatomáceas e outros, tais como microalgas, protozoários e propágulos de macroalgas (Anderson, 1995), sendo um importante componente nas teias tróficas como recurso energético para os organismos bênticos e pelágicos (Nagarkar et al., 2004). O pisoteio, pode proporcionar um efeito sobre a comunidade de duas vias antagônicas, prevalecendo os organismos que melhor utilizarem os recursos. Após estresse, frequentemente há redução de comprimento e de tecido das algas, tendo como consequência uma menor oferta de habitats colonizáveis, o que implica no decréscimo da densidade dos organismos. A epifauna parece ser limitada pela disponibilidade dos recursos alimentares (detritos, microorganismos e diatomáceas)(Giere,

2009), mas como sugerido em trabalhos anteriores, o pisoteio, e a consequente danificação dos substratos fitais podem proporcionar um meio de cultura que favorece a proliferação de células microbianas (Sarmiento, Barreto & Santos, 2011; 2013; Sarmiento & Santos, 2012a). Armstrong, Rogerson & Leftley (2000), em seu trabalho avaliaram a densidade de protistas heterotróficos presentes nas das algas *Fucus* sp e *Laminaria* sp e obtiveram maiores valores sobre a superfície das algas com tecido danificado. Laycock (1974), que estudou as comunidades bacterianas associadas à alga *Laminaria longicuris*, obteve os maiores valores de densidade nos tecidos em decomposição.

Protozoa, algas e detritos orgânicos compõem parte substancial da dieta de tardígrados marinhos (Ramazzotti & Maucci, 1983; Kinchin, 1994). *Archechiniscus minutus* foi descrito a partir de material coletado no litoral italiano, em sedimento de origem coralina com detritos orgânicos (Grimaldi De Zio & D'Addabbo, 1987). Não existem atualmente trabalhos que relatem suas preferências alimentares, nem a respeito do seu ciclo de vida. A segunda espécie mais abundante, *Styraconyx nanoqsunguak*, está mais bem referenciada na literatura (Kristensen & Higgins, 1984), onde pode se encontrar ampla revisão sistemática e ecológica do grupo. Existem relatos do gênero se alimentando na superfície de briozoários e de diatomáceas, vivendo em areias coralinas, associados cracas, algas e até em água doce (Thulin, 1942 apud Kristensen & Higgins, 1984), evidenciando a versatilidade do grupo. *Styraconyx nanoqsunguak* parece estar bem adaptado à região, apresentando abundância bem acima do obtido por Kristensen & Higgins (1984), visto que os autores relatam ter analisado aproximadamente 50 kg de sedimento para encontrar 100 exemplares.

A disponibilidade de substrato fital atrelada à oferta de um recurso alimentar, pode ter sido o fator que condicionou o comportamento diferencial na densidade de Tardigrada (mais especificamente de *Archechiniscus minutus* e *Styraconyx nanoqsunguak*) associados à alga *C. papillosus*. Os dados aqui descritos mostram quão ampla pode ser a resposta de uma comunidade diversa como a meiofauna do substrato fital dos recifes de coral de Porto de Galinhas. Sarmiento & Santos (2012), em seu enfoque para Copepoda, observou que este grupo foi sensível ao impacto, com a redução de riqueza e com 12 espécies indicadoras das áreas protegidas. Para Tardigrada os resultados não foram tão claros, pois os organismos parecem ser menos sensíveis ao estresse, principalmente quando associados a *C. papillosus*, não evidenciando desta forma diferenças na estrutura da comunidade em ambas as áreas. Estudos abordando as preferências alimentares e de ciclo de vida dos tardígrados associados

aos fitais de Porto de Galinhas poderiam vir a contribuir com uma melhor compreensão dos processos ecológicos envolvidos na resposta desta comunidade ao pisoteio.

CAPÍTULO 2

Efeito do pisoteio experimental e capacidade de recuperação da comunidade de tardígrados associados às macroalgas *Chondrophicus papilosus* (Agardh) Garbary & Harper e *Gelidiella acerosa* (Forsskål) Feldmann & Hamel nos recifes da praia de Porto de Galinhas, Ipojuca (PE).

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, cerca de 60% dos recifes de coral estão ameaçados devido a impactos naturais e antropogênicos diversos (Burke et al., 2011). Um dos setores empresariais que cresce mais rapidamente no mundo, o turismo pode trazer impactos negativos na biodiversidade e funcionamento dos ecossistemas recifais (Saab, 1999; Barradas et al., 2010). No nordeste do Brasil, as linhas recifais, sejam consideradas *beach rocks* (Mabesoone, 1964) ou recifes de coral, se estendem em até 3.000 km (Chaves, 2000). Pela proximidade da praia estas linhas recifais despertam o interesse de pescadores, mergulhadores e banhistas, aumentando, sobretudo no verão, o trânsito de embarcações de pequeno porte, a exemplo de lanchas e jangadas. Este é o caso da praia de Porto de Galinhas, situada ao sul de Pernambuco, um dos principais destinos turísticos do país.

O fluxo turístico, no entanto, pode vir a causar perturbações e impactos sobre as comunidades biológicas dependentes dos recifes, como já foi observado em outras situações nas praias do litoral pernambucano (Nascimento-Vieira, 2000; Oliveira, 2000; Ferreira & Maida, 2006). As atividades turísticas/recreacionais que mais causam distúrbios aos ambientes marinhos costeiros são geralmente o pisoteio, a coleta de conchas para coleção, iscas para pesca recreativa, abalroamento dos recifes pelas embarcações e poluição por combustível ou alimentos para atração dos peixes recifais (Castilla, 1999; Melo, Crispim & Lima, 2005). O pisoteio das comunidades bênticas associadas aos recifes tem sido alvo de estudos recentes, tendo em vista a importância das comunidades macro e meiofaunísticas como fonte de alimento para os níveis tróficos superiores e para o equilíbrio desses ecossistemas (Liddle, 1991; Rodgers & Cox, 2003).

No Brasil, as regiões costeiras estão recebendo maior atenção, havendo um crescimento na demanda para o surgimento de áreas de proteção ambiental (Drummond,

Franco & Oliveira, 2010). Estas áreas necessitam de monitoramento permanente para que se identifique a origem das variações no sistema, podendo ser de ordem sazonal/natural ou decorrente do impacto antrópico. Pesquisas desenvolvidas em locais expostos ao tráfego humano sobre os costões rochosos (Huff, 2011), recifes de coral (Rodgers & Cox, 2003), planícies de maré (Chandrasekara & Frid, 1996) e prados de fanerógamas (Eckrich & Holmquist, 2000) são fundamentais para a compreensão da resposta da comunidade local ao estresse, servindo para fundamentar futuras práticas de manejo sustentável ou mesmo como argumento para pleitear mudanças na fiscalização e legislação ambiental.

Em um ambiente natural a restauração dos padrões de diversidade e densidade do momento pré-impacto ocorrem de formas diferentes entre os organismos, até para aqueles que habitam uma mesma área. A sensibilidade ao estresse decorrente do pisoteio é bastante variável, e isso se deve, entre outros fatores, aos tipos morfológicos (Casu et al., 2006a), preferências alimentares (Keough & Quinn, 1998), e capacidade de fuga dos organismos (Eckrich & Holmquist, 2000), que determinam a resposta ao pisoteio. Brown & Taylor (1999) demonstraram, no nordeste da Nova Zelândia, uma rápida recuperação da epifauna após pisoteio experimental, de modo que após 3 meses a densidade da macrofauna havia retornado aos valores originais do controle. De forma distinta, a recuperação da cobertura algal em áreas pisoteadas tende a ser um processo mais lento (Milazzo et al., 2002, 2004). De um modo geral, a recuperação dos organismos depende da ecologia da comunidade envolvida, do nível de impacto e da presença de “ilhas” estáveis, sendo estas os locais que abrigam e fornecem os potenciais recolonizadores para as áreas afetadas (Schiel & Taylor, 1999).

Recentemente alguns estudos avaliaram os efeitos imediatos do pisoteio sobre os principais grupos da macro e da meiofauna (Brown & Taylor, 1999; Casu et al., 2006a; b; Casu, Ceccherelli & Castelli, 2006; Huff, 2011; Sarmiento, Barreto & Santos, 2013). Casu e colaboradores (2006a; b) demonstraram o declínio imediato na densidade da maioria dos táxons das comunidades avaliadas. Sarmiento e colaboradores (2011; 2012a; 2013) em Porto de Galinhas observaram o declínio da comunidade meiofaunal, e em especial Copepoda Harpacticoida, que teve a densidade afetada tanto pelo pisoteio associado ao turismo como pelo experimental. Embora os resultados frequentemente não sejam claros, ou unânimes quanto ao efeito negativo decorrente do pisoteio, existem tantos ou mais que corroboram com entendimento do impacto como um prejuízo ambiental. Ao que tudo indica o declínio na diversidade e densidade dos organismos após o pisoteio está associado à redução do habitat e ao stress físico sobre a biota, sendo as duas vias complementares e influenciando diretamente no

nível do dano causado sobre a comunidade (Eckrich & Holmquist, 2000; Casu et al., 2006a; Huff, 2011; Sarmiento, Barreto & Santos, 2011; 2013; Sarmiento & Santos, 2012a).

Organismos vágéis, como parte da macrofauna, são capazes de empreender deslocamentos após iniciado o pisoteio, o que lhes proporciona a oportunidade de recolonização nas regiões adjacentes não afetadas pelo impacto, porém essa capacidade é limitada em organismos meiofaunais, o que frequentemente lhes impõe uma maior sensibilidade aos efeitos do pisoteio (Sherman & Coull, 1980; Billheimer & Coull, 1988; Casu et al., 2006a; b; Casu, Ceccherelli & Castelli, 2006).

Este capítulo aborda os efeitos do pisoteio sobre a comunidade de Tardigrada dos recifes de Porto de Galinhas, tendo sido para isto delineado um experimento onde foi simulado o tráfego humano sobre o substrato em dois níveis de intensidade (alto e baixo), com intuito de se compreender os efeitos na estrutura da comunidade, e avaliar a recuperação desta após até 3 meses de cessado o impacto.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESES

1. Avaliar o efeito experimental do pisoteio humano sobre a estrutura da comunidade de tardígrados.
 - H1.1 – O pisoteio experimental altera significativamente a estrutura da comunidade de tardígrados;
 - H1.2 – O pisoteio experimental reduz significativamente a diversidade, riqueza e equitabilidade das espécies de tardígrados;
 - H1.3 – O pisoteio experimental reduz significativamente a densidade das principais espécies de tardígrados.

2. Caso o impacto seja detectado, avaliar o padrão de recuperação da comunidade de tardígrados durante um, dois e três meses após o término do pisoteio experimental.
 - H2.1 – Três meses após o término do pisoteio experimental a estrutura da comunidade de tardígrados ainda não terá retornado à situação inicial ou àquela da área controle;
 - H2.2 – Três meses após o pisoteio experimental a diversidade, riqueza e equitabilidade das espécies de tardígrados ainda não terão retornado aos valores iniciais ou àqueles da área controle.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Coleta de dados

Para avaliar o efeito do pisoteio experimental sobre a comunidade meiofaunística associada às macroalgas do ambiente recifal e a capacidade de recuperação desta ao impacto sofrido, os dados foram obtidos entre os dias 02 de outubro e 31 de dezembro de 2009 em uma área sob proteção permanente desde 2004, (entre 2004 e 2009, cerca de 70% da área total do recife foi protegida). As áreas foram delimitadas com cordas e bóias determinando os limites entre os locais de acesso restrito ao público em geral.

As marés foram semi-diurnas durante os períodos de amostragem, com suas amplitudes oscilando entre 2,0 ou 2,1 m, o material foi coletado sempre durante as marés baixas (0,2 ou 0,3), período no qual os recifes estão totalmente expostos permitindo a locomoção sobre a superfície.

3.2. Desenho amostral

O experimento seguiu o desenho amostral BACI (Antes/Depois e Controle/ Impacto), no qual é avaliado o distúrbio antropogênico no local através da comparação de dados obtidos antes do impacto e depois do impacto, comparando o controle que deverá exibir a variação natural do local, com as variações decorrentes do efeito do tratamento. Deste modo, tendo em conta padrões naturais de flutuação da comunidade e a variabilidade induzida pela fonte de perturbação em investigação (Underwood, 1992). Além disso, as áreas experimentais foram monitoradas por um período superior (um, dois e três meses depois do fim do pisoteio experimental) para avaliar o comportamento de recuperação das comunidades faunais expostas ao tratamento, e desta forma tornar esses conhecimentos aplicáveis ao monitoramento e manejo de áreas recifais. A escolha deste período se deve às estimativas do ciclo de vida dos organismos da meiofauna (em média entre uma semana e um mês de acordo com Giere, 2009).

Foram estabelecidas randomicamente três áreas e determinados em cada uma três pontos com 900 cm² de área. Dentro das áreas estabeleceu-se um tratamento para cada ponto, correspondentes a três níveis de intensidade de pisoteio: 0 (controle), 32 (baixa intensidade) e 79 (alta intensidade) pisadas (Fig. 1). Os pontos receberam tais intensidades de pisoteio durante três dias (uma vez por dia), durante a maré baixa, com um total de 96 pisadas na baixa

intensidade e 237 na alta. O mesmo indivíduo executou o pisoteio durante os três dias. Este pesava aproximadamente 70 kg e calçava botas de solado de borracha.

Duas amostras com área de 10 cm² de alga foram extraídas de cada ponto antes do experimento começar (02 de outubro), e um dia depois (dois períodos de maré) do pisoteio ter terminado (05 outubro). A amostragem foi repetida um mês (03 de novembro), dois meses (1 de dezembro) e três meses (31 de dezembro) depois de terminar o pisoteio experimental para determinar o ritmo de recuperação das populações meiofaunais. O material foi coletado segundo técnica descrita no item 4.2, na página 20.

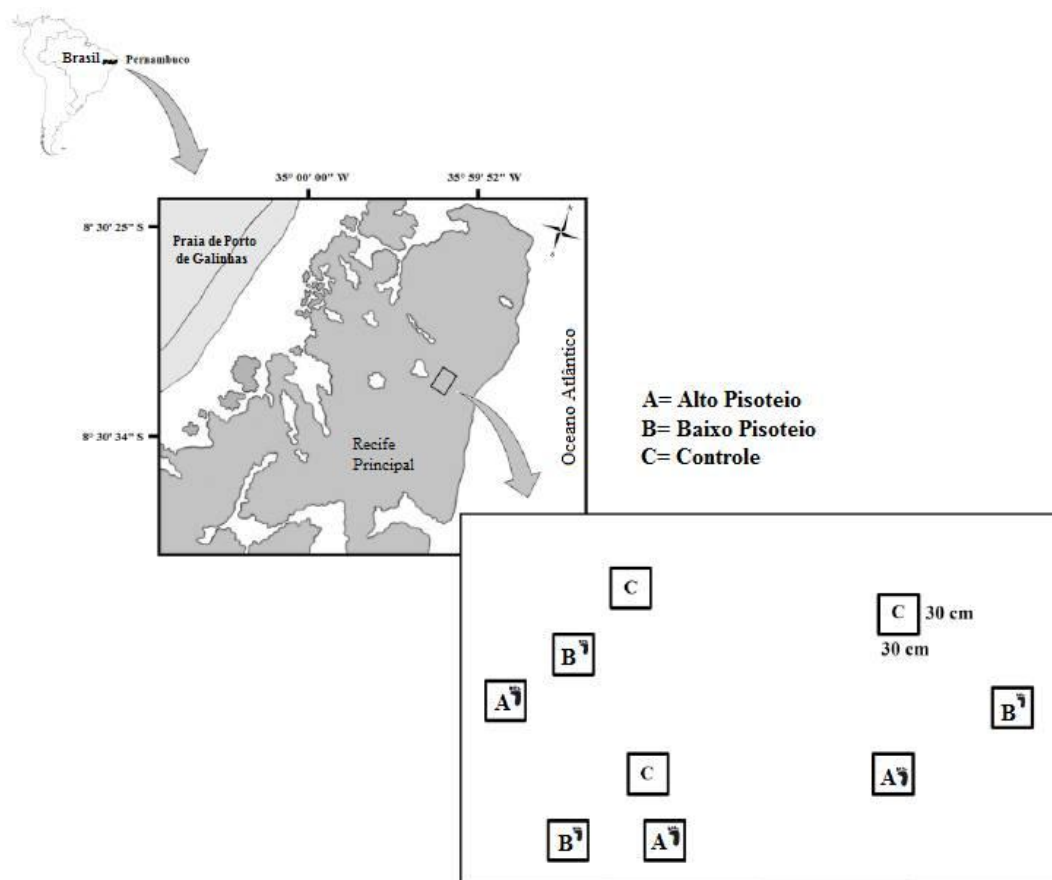


Fig. 1. – Área de estudo mostrando o local onde se desenvolveu o experimento e os pontos com os três tratamentos aplicados (C- Controle; B- Baixo pisoteio; A- Alto pisoteio) no recife de Porto de Galinhas (nordeste do Brasil). Modificado de Sarmiento, Barreto & Santos 2013.

Para avaliar a capacidade de recuperação da comunidade de Tardigrada apenas uma réplica foi avaliada para cada ponto.

3.3. Estimativas da intensidade do pisoteio

Foram estimadas por Sarmento, Barreto & Santos (2013) durante o auge da estação turística (Novembro- Março) as duas intensidades de pisoteio enquadradas nas categorias de valores máximo (Alto pisoteio) e mínimo de impacto (Baixo pisoteio). Para isso foram feitos vídeos de 5 minutos em quatro diferentes locais abertos à visitação (cada um com 4 m²) para se estimar o número de passos por metro quadrado em um período de duas horas, tempo em que o recife está completamente exposto ao ar devido a maré baixa (0.4m).

3.4. Atividades laboratoriais

Os procedimentos laboratoriais estão descritos no item 4.2 da página 20.

3.5. Análises estatísticas

Para examinar os efeitos imediatos das três intensidades de pisoteio sobre as características físicas das frondes algais e também sobre as densidades de Tardigrada foi utilizada Análise Multifatorial de Variância (ANOVA) um dia antes do pisoteio e um dia após o fim do pisoteio. Os fatores utilizados para a análise ANOVA foram: Área (1,2 e 3), Tempo (Antes e Depois) e intensidades dos tratamentos (Controle, Baixo e Alta pisoteio). O teste LSD Fisher foi utilizado para comparação *a posteriori* quando a interação entre os fatores tempo, tratamento e área foi significativa. O teste de Dunnett foi utilizado para comparações *a posteriori* entre as três intensidades de pisoteio em cada uma das três áreas de monitoramento e para os pontos controle. A heterogeneidade de variâncias foi avaliada com o teste de Bartlett, e os dados transformados para logaritmo natural de (x+1) antes das análises, quando necessário. A análise de variância multivariada por permutação (PERMANOVA) (Anderson, 2001; Mcardle & Anderson, 2001) foi baseada nas dissimilaridades de Bray-Curtis com dados transformados em logaritmo de (x+1) para acessar as diferenças significativas na estrutura da comunidade de Tardigrada entre tempos (Antes, e um dia depois do fim do pisoteio) e entre as três intensidades de tratamento. O teste de Monte Carlo foi usado.

Comparações *a posteriori* (versão multivariada da estatística- t) foram rodadas quando a interação entre os fatores foi significativa. Para todas as análises 9999 permutações aleatórias foram utilizadas quando disponíveis. A matriz de similaridade de Bray-Curtis para as amostras de Tardigrada foi representada graficamente nos dois eixos do espaço de ordenação do MDS.

Devido à natureza não balanceada das amostras coletadas para um, dois e três meses depois do fim do pisoteio, onde foi extraída apenas uma réplica, enquanto para Antes e Depois do pisoteio procedeu-se à extração de duas réplicas, portanto, outra PERMANOVA foi realizada para verificar a recuperação dos tardígrados.

A análise MDS foi aplicada usando o software Primer ® v.6 (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Researches), ANOVA foi calculada utilizando o software STATISTICA 7.0 e a PERMANOVA usando o software PERMANOVA v.1.6. O nível de significância usado foi entre 0,05 e 0,1 foi interpretado como uma tendência a resultados com diferenças significativas.

3. RESULTADOS

4.1. Ambiente fital

Duas espécies de algas foram dominantes nos recifes de corais onde o experimento foi executado: *Chondrophyucus papillosus* (Agardh) Garbary & Harper e *Gelidiella acerosa* (Forsskål) Feldmann & Hamel. As duas algas são formadoras de tapetes e se distribuem aleatoriamente nas três áreas experimentais, mas no geral *C. papillosus* foi a espécie dominante nas amostras obtidas.

Os dados de biomassa, peso seco do sedimento associado, biovolume do substrato fital e substrato total (sedimento associado + peso seco da alga) foram originalmente obtidos e analisados por Sarmiento, Barreto & Santos (2013) e estão aqui reapresentados com o objetivo de fornecer um melhor suporte à compreensão da sua interferência sobre a comunidade de Tardigrada, que será descrita na sequência.

O efeito do pisoteio experimental sobre as características do substrato fital são ilustradas na figura 2. A análise de variância nas três intensidades coletadas antes do início do experimento revelou que todas as características do substrato fital, exceto conteúdo de sedimento, não apresentou diferenças entre tratamentos ou áreas ($p > 0.05$ para tudo).

Antes do pisoteio experimental, as amostras do baixo ($p < 0.001$) e alto pisoteio ($p = 0.04$), já apresentavam mais sedimento associado quando comparadas aos pontos controle (Fig.2).

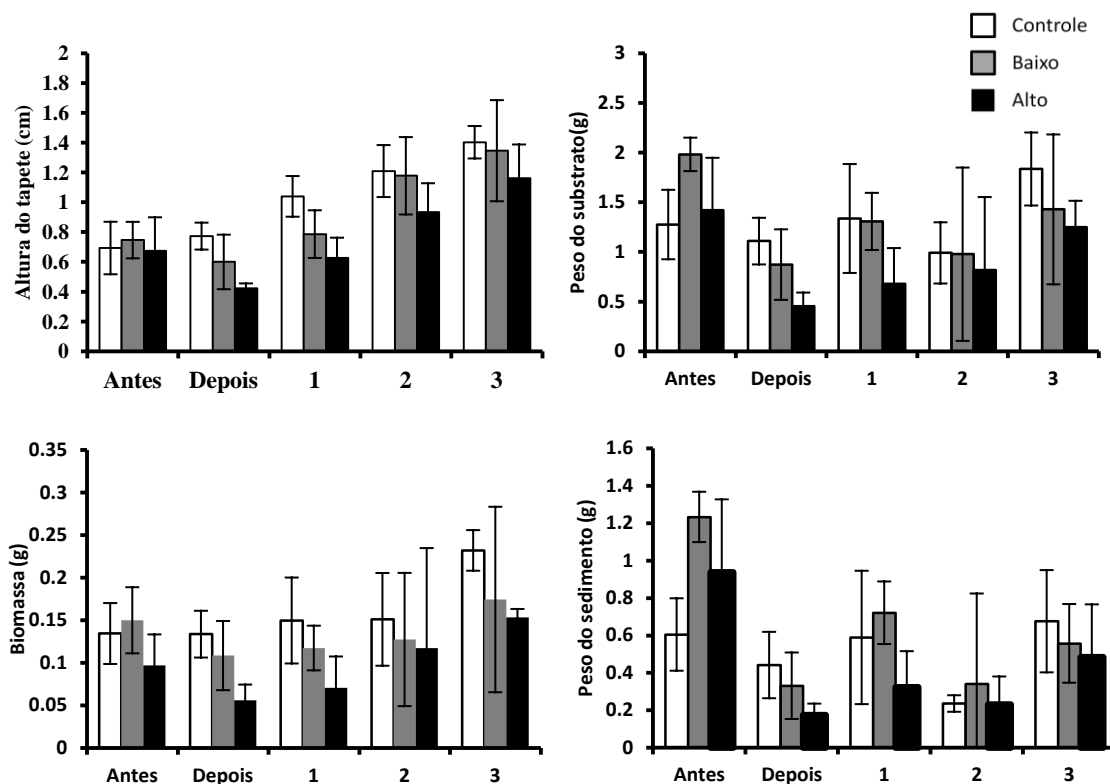


Fig. 2.- Resultados experimentais dos três tratamentos de pisoteio (Controle- Barras brancas; Baixa intensidade- Barras cinzas; Alta Intensidade- Barras pretas) sobre as características físicas do substrato, antes e imediatamente depois (um dia) e um, dois e três meses após o fim do pisoteio experimental sobre os recifes de Porto de Galinhas (Nordeste do Brasil). As barras representam intervalos de confiança $\pm 95\%$. Fonte: Sarmiento, Barreto & Santos, 2013.

Os efeitos imediatos (um dia depois de o experimento terminar) dos três tratamentos de pisoteio sobre as variáveis fitais estão disponíveis na tabela 1. Os resultados da ANOVA indicaram que o peso seco do sedimento associado com peso úmido da alga, aqui referido como peso total do substrato e a altura do tapete de algas mostraram resultados significativos para a interação entre os fatores Tempo (Antes/Depois) e Tratamento (intensidades do pisoteio). A biomassa foi fortemente significativa, apenas para o fator Tratamento (Tabela 1).

Tabela 1.- Resultado da análise de variância (ANOVA Multifatorial) para os efeitos imediatos do pisoteio experimental sobre ambiente fital dos recifes de Porto de Galinhas no nordeste do Brasil. (Graus de Liberdade: Tempo= 1; Tratamento= 2; Áreas = 2; Tempo x Áreas= 2; Tratamento x Áreas= 4/ Tempo x Tratamento= 4; resíduo= 18). Valores de F significativos em negrito ($p < 0.05$); Tendência para diferenças significativas ($0.05 < p < 0.1$) valores de F em itálico. Fonte: Sarmento, Barreto & Santos, 2013.

Fator	Altura da alga		Biomassa da alga	
	F	<i>p</i>	F	<i>p</i>
Tempo	<i>4.366</i>	0.051	<i>4.096</i>	0.058
Tratamento	5.105	0.018	7.363	0.005
Área	4.412	0.028	2.015	0.162
Tempo x tratamento	3.865	0.040	0.992	0.390
Tempo x área	4.320	0.029	1.067	0.365
Tratamento x área	1.402	0.273	1.513	0.240
Temp x trat x área	0.821	0.528	0.311	0.867

Fator	Peso do sedimento		Peso total do substrato	
	F	<i>p</i>	F	<i>p</i>
Tempo	52.13	<0.001	30.79	<0.001
Tratamento	<i>3.128</i>	0.068	5.110	0.017
Área	0.240	0.789	1.055	0.369
Tempo x tratamento	6.634	0.007	4.957	0.019
Tempo x área	0.033	0.968	0.126	0.882
Tratamento x área	1.881	0.158	1.475	0.251
Temp x trat x área	1.434	0.263	0.830	0.523

O teste *a posteriori* (LSD Fisher) indicou que o peso do sedimento foi significativamente reduzido em 73,2% para Baixo ($p < 0.001$) e em 81,3% para os pontos com Alto pisoteio ($p < 0.001$). Os controles não apresentaram alteração ($p = 0.24$).

Este teste também mostrou que um dia depois do pisoteio nos pontos de Alta intensidade, os dados foram diferentes em relação ao Controle ($p = 0.03$). Por outro lado, não houve diferenças para o Baixo pisoteio em relação aos controles ($p > 0.3$) ou entre as duas intensidades de pisoteio ($p = 0.2$) no primeiro dia após o pisoteio experimental. O peso do substrato total foi reduzido em 56% nos pontos do Baixo ($p < 0.001$) e em 68% nos do Alto pisoteio ($p < 0.001$) um dia depois do pisoteio experimental ter terminado, enquanto o Controle não foi alterado (0.53). Houve diferenças significativas entre Alto pisoteio e Controle

($p < 0.01$), mas não entre Baixo pisoteio e Controle ($p = 0.24$). Uma diferença significativa entre Baixo e Alto pisoteio foi observada ($p = 0.03$).

O mesmo teste mostrou que os resultados para altura do tapete indicaram que existe uma tendência para a redução de 19,2% nos pontos de Baixo pisoteio ($p = 0.09$) e uma redução significativa 37,4% nos pontos de Alto pisoteio ($p = 0.01$). Os controles não apresentaram alteração ($p = 0.34$). Os pontos de Alta intensidade e Controle foram diferentes ($p < 0.001$) e houve uma tendência para diferenças significativas entre o Baixo pisoteio e Controle ($p = 0.055$). Existiu também uma tendência para diferenças entre os pontos com Baixo e Alto pisoteio ($p = 0.053$) um dia após o pisoteio experimental terminar.

A tabela 2 ilustra os resultados do teste *a posteriori* (Dunnett) para os efeitos do pisoteio entre as diferentes intensidades para cada um dos períodos de monitoramento (um, dois e três meses) das variáveis físicas do substrato fital depois do fim do pisoteio experimental.

Os dados indicaram que depois de um mês todas as variáveis do substrato fital nos pontos de Alto pisoteio não retornaram para valores similares ao do controle. Contudo, este padrão foi confirmado estatisticamente apenas para altura do tapete de algas. A biomassa mostrou uma tendência neste sentido. Não foram encontradas diferenças entre as intensidades de pisoteio (Alto e Baixo) e o Controle para as variáveis do peso do sedimento e substrato total no primeiro mês de recuperação. Para todas as variáveis do ambiente fital não houve diferenças depois do segundo mês de experimento.

Tabela 2.- Resultados do teste *a posteriori* (Dunnett) entre as diferentes intensidades de pisoteio em cada uma das três áreas de monitoramento (um, dois e três meses) para as características do substrato fital. Valor significativo $p < 0.05$ em negrito; tendência para diferença $0.05 < p < 0.1$ em itálico. Fonte: Sarmento, Barreto & Santos, 2013.

Variáveis do substrato	1 mês	2 mês	3 mês
Altura tapete (cm)			
Controle x Alto	<0.01	0.14	0.26
Controle x Baixo	<i>0.06</i>	0.94	0.85
Biomassa (g)			
Controle x Alto	<i>0.054</i>	0.82	0.23
Controle x Baixo	0.45	0.90	0.41
Peso sedimento (g)			
Controle x Alto	0.31	0.99	0.51
Controle x Baixo	0.70	0.84	0.75
Substrato total (g)			
Controle x Alto	0.11	0.91	0.26
Controle x Baixo	0.99	0.99	0.47

4.2. Efeito do pisoteio experimental sobre a comunidade dos tardígrados

Foram encontrados 5.396 tardígrados, dos quais 2.002 foram identificados em nível de espécie. Aproximadamente 90% dos espécimes identificados pertenciam à espécie *Archechiniscus minutus* Grimaldi de Zio & D'Addabbo Gallo, 1987, sendo os demais distribuídos entre *Styraconyx nanoqsunguak* Kristensen & Higgins, 1984, (9%), *Pseudostygarctus* McKirdy, Schmidt & McGinty-Bayly, 1976 (1,04%), *Halechiniscus* Richters, 1908, (0,69%), *Dipodarctus subterraneus* (Renaud-Debyser, 1959), (0,04%), *Anisonyches diakidius* Pollock, 1975, (0,14%), *Florarctus hulingsi* Renaud-Mornant, 1976, (0,29%) e *Batillipes pennaki* Marcus, 1946, (0,04%).

Os tardígrados obtidos neste projeto pertenciam a 5 famílias e 8 gêneros e 11 espécies, das quais 4 são o primeiro registro de ocorrência para o país e 2 são espécies novas para

ciência (Tabela 3). As espécies: *Pseudostygarctus intermedius* (Renaud-Mornant, 1979), *Pseudostygarctus triangulatus* McKirdy, Schmidt & McGinty-Bayly, 1976 e *Pseudostygarctus* sp. nov foram agrupadas apenas por gênero, devido à baixa abundância das espécies, e com o propósito de gerar dados mais robustos para as análises estatísticas. Procedeu-se de forma semelhante com o gênero *Halechiniscus*, que foi representado por duas espécies: *Halechiniscus perfectus* Schulz, 1955 e *Halechiniscus* sp. nov.

Tabela 3.- Lista de espécies Tardigrada identificadas para o ambiente fital de Porto de Galinhas.

TARDIGRADA

ARTHROTARDIGRADA Marcus, 1927

Archechiniscidae Binda, 1978

Archechiniscinae Grimaldi de Zio & D'Addabbo Gallo, 1987 [Archechiniscidae Binda, 1978]

Archechiniscus minutus Grimaldi de Zio & D'Addabbo Gallo, 1987

Batillipedidae Ramazzotti, 1962

Batillipes pennaki Marcus, 1946

Halechiniscidae Thulin, 1928

Dipodarctinae Pollock, 1995

Dipodarctus subterraneus (Renaud-Debyser, 1959)

Florarctinae Renaud-Mornant, 1982

Florarctus hulingsi Renaud-Mornant, 1976

Halechiniscinae (Thulin, 1928)

Halechiniscus perfectus Schulz, 1955

Styraconyxinae Kristensen & Renaud-Mornant, 1983

Styraconyx nanoqsunguak Kristensen & Higgins, 1984

Stygarctidae Schulz, 1951

Stygarctinae Schulz, 1951

Pseudostygarctus triangulatus McKirdy, Schmidt & McGinty-Bayly, 1976

Pseudostygarctus intermedius (Renaud-Mornant, 1979)

ECHINISCOIDEA Richters, 1926

Echiniscoididae Kristensen & Hallas, 1980

Anisonyches diakidius Pollock, 1975

Antes do pisoteio experimental foram contabilizados 2031 espécimes. Após o pisoteio obteve-se um total de 1272 tardígrados (não incluído os dados de recuperação após 1, 2 e 3 meses), havendo, portanto, redução de 37,4% na densidade geral (Fig. 3).

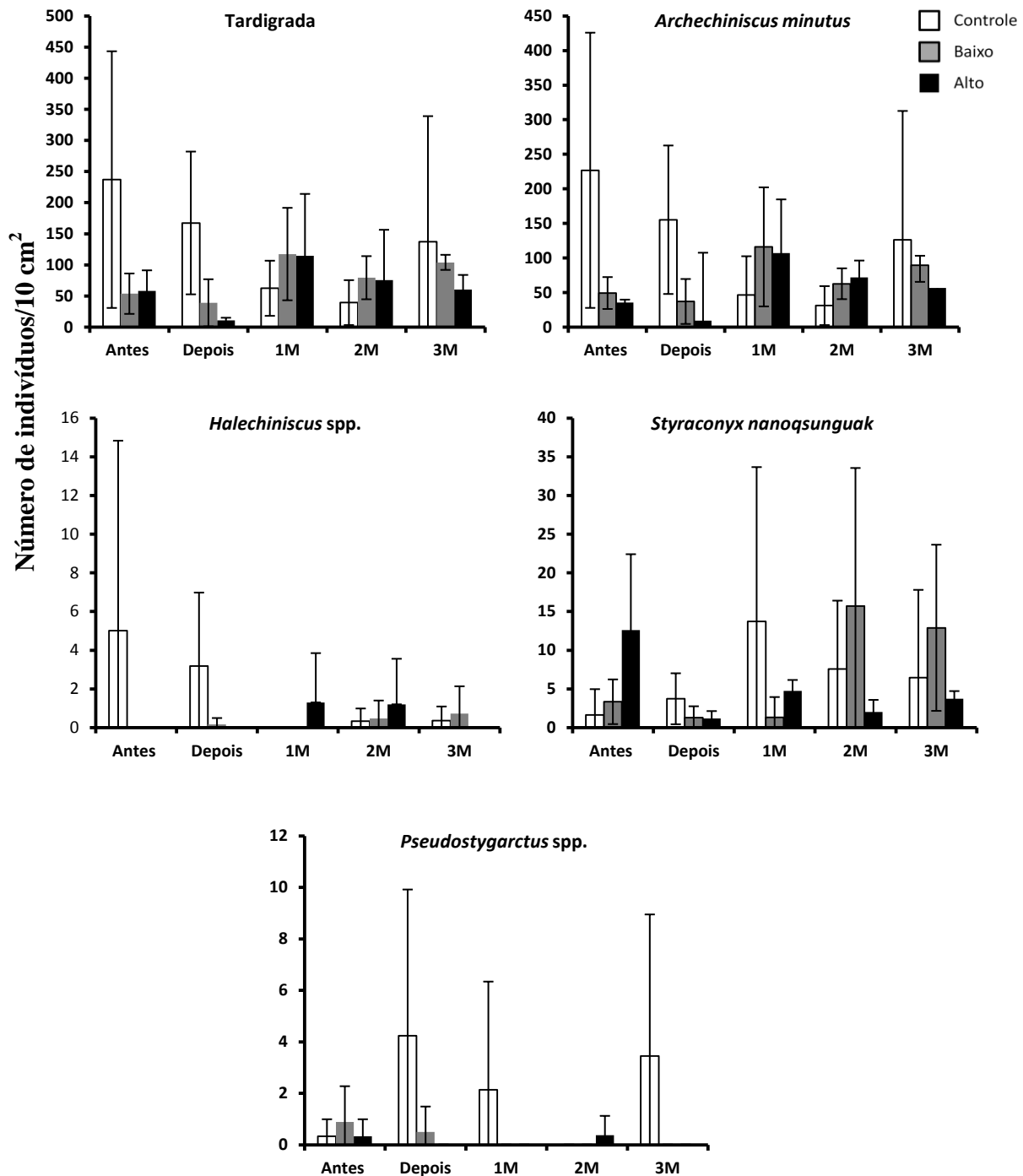


Fig.3. – Resultados do pisoteio experimental de três tratamentos sobre a densidade de tardígrados (Antes, um dia depois (Depois) e um (1M), dois (2M) e três meses (3M) depois do pisoteio experimental sobre os recifes de Porto de Galinhas no nordeste do Brasil. As barras representam significância e intervalos de confiança de $\pm 95\%$.

Os pontos Controle, antes do impacto, exibiram a maior densidade de tardígrados entre os tratamentos, 1422 espécimes. Em contrapartida, as áreas sujeitas ao pisoteio de alta intensidade no primeiro dia após o impacto somaram apenas 64 indivíduos, sendo esta a menor densidade entre os tratamentos comparados (Alto pisoteio, Baixo pisoteio e Controle) (Fig. 3).

A análise de MDS representou a matriz de similaridade entre as amostras (usando os valores de densidade das réplicas). As amostras do tratamento Controle foram as que mostraram maior similaridade (Antes/ Depois do pisoteio experimental), evidenciado por um agrupamento entre as réplicas (Fig. 4). As amostras sujeitas ao “Alto pisoteio” também mostraram um padrão similar para o nível “Depois” do fator tempo, características exibidas na matriz (Fig. 4). A recuperação dos tardígrados deu-se já no primeiro mês após o pisoteio, característica identificada com o auxílio da análise de MDS, com distribuição espacial agrupada, porém aleatória entre as amostras do primeiro mês e dos meses subsequentes (Fig. 5).

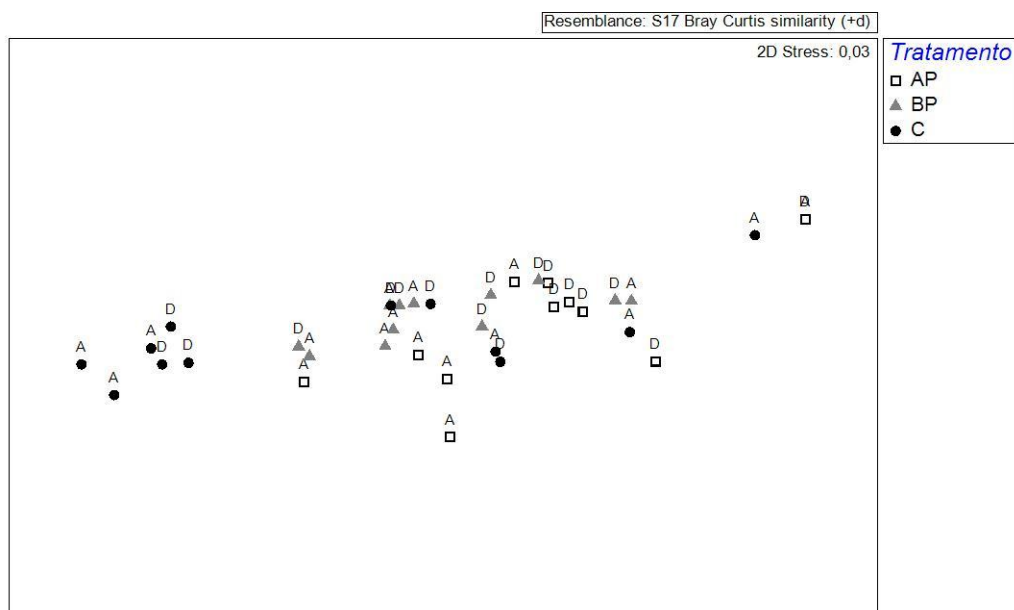


Fig. 4. – Ordenação MDS para a comunidade de tardígrados submetidos as três intensidades de pisoteio (AP- Alto pisoteio; BP – Baixo pisoteio; C- Controle) amostrados em dois tempos (A- Antes do pisoteio experimental; D- Depois do pisoteio experimental). Alto pisoteio- quadrado branco; Baixo pisoteio- Triângulo cinza; Controle- quadrado branco.

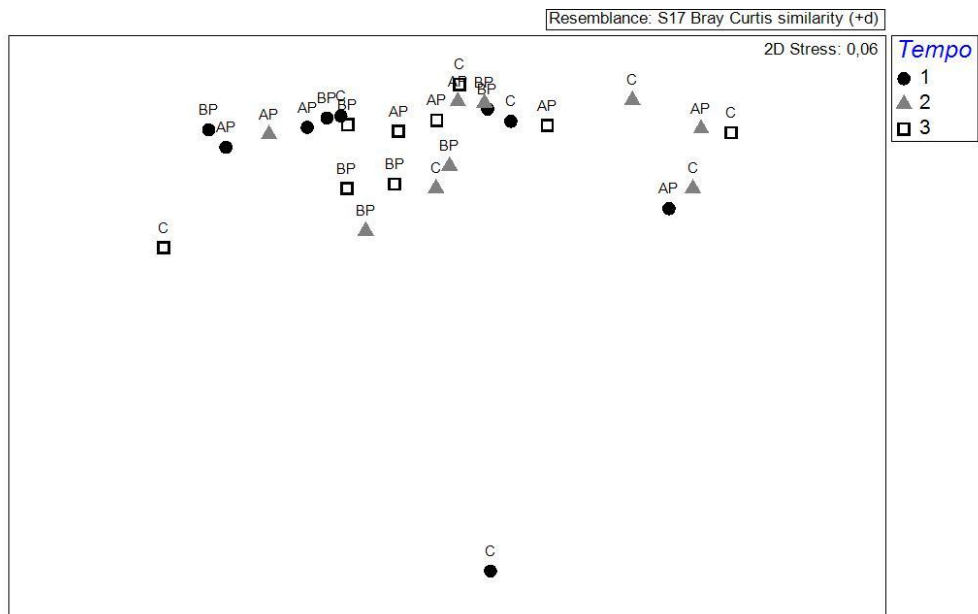


Fig. 5. – Ordenação MDS para a comunidade de tardígrados submetidos as três intensidades de pisoteio (AP- Alto pisoteio; BP – Baixo pisoteio; C- Controle) amostrados em três tempos (1- um mês após o pisoteio experimental; 2- Dois meses após do pisoteio experimental; 3- três meses após o pisoteio experimental). 1 mês- círculo preto; 2 meses- Triângulo cinza; 3 meses- quadrado branco.

Os resultados da PERMANOVA detectaram diferenças significativas para o fator “Tratamento” ($F= 3.58$; $p= 0.004$) e uma tendência para a interação entre os fatores Tempo/Tratamento ($F= 2.02$; $p= 0.06$) quando comparados os dados de “Antes/ Depois” do pisoteio experimental (Tabela 4). Não houve diferenças significativas na recuperação após um, dois e três meses na estrutura da comunidade de tardígrados.

Tabela 4. – Resultados da PERMANOVA para diferenças da estrutura da comunidade de tardígrados entre dois períodos de amostragem (um dia “Antes” e um dia “Depois” do fim do pisoteio experimental) e entre três intensidades de pisoteio (df = graus de liberdade; SS = soma dos quadrados; MS= quadrado médio). Valores significativos ($p < 0.05$) com o F em negrito; tendência para diferenças ($0.05 < p < 0.1$) F em itálico.

Fatores	df	SS	MS	F	p
Tratamento	2	12940	6470	3.58	0.004
Tempo	1	1826.4	1826.4	1.01	0.3806
Tempo*Tratamento	2	7319.1	3659.5	<i>2.02</i>	0.0685
Resíduo	30	54199	1806.6		
Total	35	76284			

Os resultados do teste pareado comparando a estrutura da comunidade de tardígrados para diferentes intensidades de pisoteio mostraram diferenças claras entre Alto pisoteio e o Controle para um dia depois do pisoteio experimental. Não foram detectadas diferenças entre os dados de densidade para tratamentos “Antes” do pisoteio experimental (Tabela 5).

Tabela 5. – Resultado do teste pareado para a estrutura da comunidade de tardígrados entre as três diferentes intensidades de pisoteio para cada uma das amostragens de monitoramento (um dia antes do pisoteio experimental, e um dia depois do pisoteio experimental) Valores significativos de t ($p < 0.05$) em negrito; tendência para diferenças ($0.05 < p < 0.1$) em itálico.

Tempo	Tratamento	T	P
Antes	Alto X Baixo	0,98	0.40
	Alto X Controle	1.35	0.15
	Baixo X Controle	<i>1.66</i>	0.06
Depois	Alto X Baixo	<i>1.66</i>	0.06
	Alto X Controle	2.59	<0.01
	Baixo X Controle	<i>1.55</i>	0.10

Com o resultado do teste pareado para recuperação (Tabela 6) obteve-se que a densidade dos tardígrados não foi significativamente diferente após 1, 2 e 3 meses entre os tratamentos (Alto pisoteio, Baixo pisoteio e Controle). Após três meses houve apenas uma tendência para diferenças significativas ($t = 1.10$; $P = 0.08$).

A tabela 7 evidencia que os resultados da ANOVA multifatorial para os efeitos imediatos após o pisoteio experimental sobre os Tardigrada. Os resultados indicaram que houve diferenças significativas para os fatores “Tratamento” ($F=8.05$; $p= 0.003$) e “Área” ($F=7.02$; $p= 0.005$) e interação entre os fatores Tempo e Área ($F=5.0$; $p=0.018$) para a densidade de Tardigrada.

Tabela 6. – Resultado do teste pareado para a estrutura da comunidade de tardígrados entre as três diferentes intensidades de pisoteio para cada uma das amostragens de monitoramento (1, 2 e 3 meses após o pisoteio experimental). Valores significativos de t ($p<0.05$) em negrito; tendência para diferenças ($0.05<p<0.1$) em itálico.

Tempo	Tratamento	T	P
1 mês	Alto X Baixo	0.56	0.69
	Alto X Controle	0.66	0.66
	Baixo X Controle	0.97	0.40
2 meses	Alto X Baixo	0.84	0.51
	Alto X Controle	0.72	0.58
	Baixo X Controle	1.45	0.19
3 meses	Alto X Baixo	2.04	0.08
	Alto X Controle	0.87	0.49
	Baixo X Controle	1.10	0.34

Em todo o experimento de pisoteio foi contabilizado um total de 1.816 espécimes de *Archechiniscus minutus*, sendo detectada uma redução de 27,5% entre os tempos de amostragem “Antes/ Depois”. Os dados da ANOVA identificaram diferenças significativas para os fatores “Tratamento” ($F= 9.01$; $p= 0.001$), “Área” ($F= 6.3$; $p= 0.008$) e para interação entre os fatores “Tempo*área” ($F= 4.54$; $p= 0.025$) e “Tratamento*área” ($F= 3.04$; $p= 0.044$).

Tabela 7. - ANOVA multifatorial para os efeitos imediatos do pisoteio experimental sobre a densidade dos tardígrados nos recifes de Porto de Galinhas no nordeste do Brasil. (Graus de liberdade: Tempo= 1; Tratamento = 2; Áreas = 2; Tempo x Tratamento= 2; Tempo x Áreas = 2; Tratamento X Áreas = 4; Tempo x Tratamento x Áreas = 4; Resíduo = 18. Valores significativos de F em negrito ($p < 0.05$); tendência para diferença ($0.05 < p < 0.1$) valores de F em itálico.

Fatores	Tardigrada		<i>A. minutus</i>		<i>S. nanoqsunguak</i>	
	F	p	F	P	F	p
Tempo	1.11	0.30	0.77	0.39	2.5	0.13
Tratamento	8.05	0.003	9.01	0.001	0.59	0.56
Área	7.02	0.005	6.3	0.008	1.21	0.31
Tempo*Tratame nto	2.0	0.16	1.69	0.21	1.43	0.26
Tempo*área	5.0	0.018	4.54	0.025	2.15	0.14
Tratamento* área	2.8	0.05	3.04	0.044	0.84	0.51
Temp*Trat* área	0.35	0.83	0.64	0.63	0.89	0.48

A abundância dos tardígrados entre os tratamentos não foi homogênea, sendo observadas distinções entre as densidades já na amostragem do período “Antes” do pisoteio experimental: para o “Controle” foram contabilizados 1.422 espécimes, enquanto para o “Baixo pisoteio” foram 321 e “Alto pisoteio”, 288. Esse padrão foi similar para a amostragem “Depois” do pisoteio experimental, porém aqui se soma os efeitos do impacto na redução da comunidade de tardígrados, sendo contabilizados para o “Controle” = 974, “Baixo pisoteio” = 234 e “Alto pisoteio” = 64 espécimes.

Entre os tempos “Antes/ Depois” observou-se reduções na densidade de tardígrados em 31,5% para as amostras do ponto “Controle”, de forma similar, houve redução em 27,1% para as amostras do “Baixo pisoteio”, sendo o impacto para Alto pisoteio o de maior relevância em valores proporcionais, com uma redução de 77,7% na densidade dos tardígrados. Os dados da recuperação dos tardígrados foram mais homogêneos, com o maior número de indivíduos contabilizados no primeiro mês na área exposta ao “Alto pisoteio” com 344 espécimes, e a menor densidade foi obtida para o segundo mês após o pisoteio, no tratamento “Controle” com 118 espécimes.

A ANOVA identificou diferenças para o fator “Área”, resposta decorrente das diferenças entre as densidades dos pontos 1, 2 e 3. A área 1 contabilizou a maior quantidade de tardígrados, 2014, enquanto que na área 3 foram observados 549 espécimes, portanto, área 1 obteve uma densidade 367% maior do que para área 3. Antes do pisoteio experimental, constatou-se para a área 1 um total de 1321 espécimes, enquanto que a área 3 exibiu a menor densidade entre os pontos avaliados, com 98 espécimes. Após o pisoteio experimental, os dados obtidos para os efeitos imediatos, constatou-se que a área 2 sofreu a maior redução na densidade de tardígrados (79%), de forma distinta, o ponto 3 aumentou sua densidade em 461,2%, passando de 98 espécimes antes do pisoteio experimental para 451 após o estresse.

A tabela 8 ilustra os resultados do teste *a posteriori* (Dunnett) para a amostragem feita antes do pisoteio experimental e logo após o pisoteio para avaliar os efeitos imediatos sobre a comunidade de tardígrados. O teste de Dunnett indicou que houve diferenças significativas entre “Controle” e “Alto pisoteio” para a abundância total de Tardigrada após o pisoteio experimental. Entre o “Controle” e o “Baixo pisoteio” houve indicativo de diferença nas densidades, sendo evidenciada pela tendência para dados significativos. O padrão se repetiu com *Archechiniscus minutus*, com as claras diferenças entre “Controle” e “Alto pisoteio”.

Tabela 8. – Resultados (p) do teste *a posteriori* (Dunnett) entre as diferentes intensidades de pisoteio para dois tempos de monitoramento (Antes e depois do pisoteio experimental) para a densidade dos tardígrados. Valores significativos em negrito ($p < 0.05$), tendência ($0.05 < p < 0.1$) em itálico.

Variáveis	Antes	Depois
Tardigrada		
Controle X Baixo	0.87	<i>0.057</i>
Controle X Alto	0.60	0.0009
<i>Archechiniscus minutus</i>		
Controle X Baixo	0.89	<i>0.07</i>
Controle X Alto	0.48	0.001
<i>Styraconyx nanoqsunguak</i>		
Controle X Baixo	0.95	0.55
Controle X Alto	0.28	0.62

O teste *a posteriori* (Dunnett) não revelou diferenças significativas para a recuperação dos tardígrados após o pisoteio experimental para nenhum dos meses amostrados (1, 2 e 3 meses) (Tabela 9).

O teste *a posteriori* LSD (Fisher) indicou que as amostras do tratamento “Controle” no ponto 1 são distintas em relação a maior parte dos demais “Controles”(2 e 3). Padrão semelhante foi observado para as réplicas do tratamento “Alto pisoteio” da “Área” 3, para os tempos de amostragem “ Antes do pisoteio experimental” e “Depois”, evidenciando diferenças entre este grupo de réplicas em relação os demais pontos.

Tabela 9. - Resultados (p) do teste *a posteriori* (Dunnett) entre as diferentes intensidades de pisoteio para os três meses de recuperação (1 mês, 2 meses e 3 meses)) para a densidade dos tardígrados. Valores significativos em negrito ($p < 0.05$), tendência ($0.05 < p < 0.1$) em itálico.

Variáveis	1 mês	2 meses	3 meses
Tardigrada			
Controle X Baixo	0.61	0.39	0.79
Controle X Alto	0.84	0.68	0.96

5. DISCUSSÃO

Poucas pesquisas foram direcionadas à avaliação do impacto do pisoteio sobre as comunidades fitais em áreas recifais. A comparação entre os estudos de pisoteio é bastante complexa, visto que utilizam diferentes parâmetros, metodologias, grupos taxonômicos e regiões geográficas. Parte considerável das pesquisas foi delineada em costões rochosos (Beauchamp & Gowing, 1982; Brosnan & Crumrine, 1994; Casu et al., 2006a; b; Casu, Ceccherelli & Castelli, 2006; Ferreira & Rosso, 2009; Huff, 2011), zonas temperadas (Brosnan & Crumrine, 1994; Chandrasekara & Frid, 1996; Brown & Taylor, 1999; Schiel & Taylor, 1999), abordando o efeito do pisoteio sobre a macrofauna (Brown & Taylor, 1999; Eckrich & Holmquist, 2000) e/ou substrato fital (Brosnan & Crumrine, 1994; Keough & Quinn, 1998; Brown & Taylor, 1999; Schiel & Taylor, 1999; Milazzo et al., 2002).

De forma presumível, as avaliações utilizaram o estresse local (fluxo turístico, pescadores e coletores...) como referencial para o delineamento experimental. Portanto, observa-se amplo espectro de variáveis que podem direcionar ou isolar o padrão de resultados obtidos em cada pesquisa. Fatores como o peso do pisoteador com valores a partir de 50 a até 80 kg (Woodland & Hooper, 1977); número mínimo de passos, a partir de 10 (Milazzo et al., 2002) até valores que superam 200 (Brosnan & Crumrine, 1994); tipo de substrato podendo ser consolidado (Casu et al., 2006a; b; Casu, Ceccherelli & Castelli, 2006;) ou incolidado (Chandrasekara & Frid, 1996); sazonalidade e exposição da área de estudo, com locais permanentemente submersos (Eckrich & Holmquist, 2000; Milazzo et al., 2002; Casu et al., 2006a; b; Casu, Ceccherelli & Castelli, 2006) ou semi-expostos, dependentes do ciclo das marés (Schiel & Taylor, 1999; Huff, 2011).

Nos dados obtidos no presente estudo quase todas as variáveis que caracterizavam o ambiente fital (altura do tapete, biomassa e peso do substrato) mostraram um padrão regular, em que antes do experimento ser executado não se detectou diferenças prévias entre os tratamentos. A exceção se deu na variável peso do sedimento, onde os tratamentos “alto pisoteio” e “baixo pisoteio” exibiam valores maiores em relação ao controle. Porém, após o pisoteio os dados são bastante convincentes quanto aos efeitos negativos do tráfego sobre as algas, onde as reduções no peso do sedimento ocorreram em ambos os tratamentos. Para o substrato total, apesar das reduções em valores percentuais, a diferença estatística só está evidente para o “alto pisoteio” em relação aos demais tratamentos. Quanto à altura do tapete,

apenas os pontos submetidos ao tratamento “alto pisoteio” apresentaram diferenças significativas.

No trabalho de Huff (2011) em costões rochosos da Califórnia, foi aplicado experimentalmente o pisoteio sobre a comunidade bentônica da região entremarés, em praias com gradiente quanto ao uso recreacional. A autora encontrou aumento de densidade e na distribuição espacial para a alga oportunista *Ulva californica*, mesmo em áreas impactadas. Os pontos não exibiram variação quanto à diversidade, sendo as oscilações de caráter negativo, como a redução da cobertura algal e menor riqueza na área pisoteada, consideradas como provável consequência da sazonalidade.

É comum no ambiente natural as flutuações populacionais de um lugar para o outro (Underwood, 1992), podendo ocorrer por vários fatores como a heterogeneidade espacial ou associadas a um evento estacional (Milazzo et al., 2002; Huff, 2011). Diferenças ou interação entre dois locais não necessariamente refletem um impacto, mas são utilizados como indicativos para tal (Underwood, 1992; Huff, 2011). Portanto, as distinções entre “controle” e “áreas alteradas” não sugerem *a priori* um impacto de origem antrópica, mas o delineamento experimental tem como objetivo minimizar os “artefatos” da variação natural para que a origem das diferenças seja discernível ao observador.

O impacto realizado sobre o fital de Porto de Galinhas exibiu uma tendência de redução das variáveis analisadas quanto maior o nível de estresse. A literatura é controversa, expondo a heterogeneidade de condições pelas quais os organismos foram expostos nos mais diversos experimentos. Para o trabalho aqui descrito a biomassa, substrato total e altura dos tapetes foram reduzidos após o pisoteio sobre os recifes, dados que corroboram outras pesquisas de mesmo escopo (Brown & Taylor, 1999; Schiel & Taylor, 1999; Eckrich & Holmquist, 2000). Porém contrapõem-se a resultados cujo pisoteio não interfere diretamente na comunidade algal (Bally & Griffiths, 1989; Jenkins et al., 2002) ou influenciam pouco, sendo as maiores mudanças de caráter sazonal (Huff, 2011; Milazzo et al., 2002) e até as que sugerem um aumento de determinado grupo de algas após o estresse (Brosnan & Crumrine, 1994).

Eckrich & Holmquist (2000) avaliaram os efeitos do pisoteio sobre prados de fanerógamas entremeados por zoantídeos e algas calcárias. Foram estabelecidos três níveis de intensidade de pisoteio sobre os transects, considerando alto pisoteio “50 passos”, baixo pisoteio “20 passos” e controle “0 passos”. Determinou-se como períodos de coleta antes

impacto e depois do impacto (2,4 e 7 meses). Foi observado que a abundância da alga foi inversamente proporcional ao nível do pisoteio, houve variações sazonais com possível correlação com a redução no tamanho do talo, decréscimo dos prados, acompanhado do aumento na cobertura de areia e danos sobre os rizomas para os dois tratamentos. Na recuperação, observou-se que a altura das frondes algais foi afetada negativamente, com diferenças entre a zona impactada e área não pisoteada até quatro meses depois do estresse decorrente do experimento. Brown & Taylor (1999) obtiveram dados similares em estudo desenvolvido com algas coralináceas sob efeito de pisoteio experimental de cinco dias de duração. As amostras foram obtidas dois dias após o pisoteio e três meses depois, para observar a recuperação da comunidade. Os autores constataram que houve um decréscimo para o peso seco do sedimento e biomassa da alga conforme aumentava o pisoteio (três níveis de impacto), de forma similar foi observado para altura dos tapetes, com redução de 50% em relação ao controle, com fraca recuperação após três meses.

Portanto, o pisoteio tende a afetar a estrutura da comunidade (Schiel & Taylor, 1999; Huff, 2011), reduzindo a complexidade estrutural das algas (Brown & Taylor, 1999), danificando os rizomas (Eckrich & Holmquist, 2000), quebrando os talos (Schiel & Taylor, 1999), diminuindo a área de cobertura sobre a superfície do substrato de adesão (Schiel & Taylor, 1999; Eckrich & Holmquist, 2000; Casu et al., 2006a; Huff, 2011), seja consolidado (Eckrich & Holmquist, 2000; Casu et al., 2006a, b; Huff, 2011) ou inconsolidado (Chandrasekara & Frid, 1996; Schiel & Taylor, 1999) e reduzindo a altura das algas (Brown & Taylor, 1999; Schiel & Taylor, 1999). Embora exista maior quantidade de dados para as consequências negativas, não raro os resultados remetem à plasticidade desses organismos e sua capacidade de recuperação.

Após dois meses do pisoteio experimental ter sido aplicado, as variáveis do substrato fital não apresentavam diferenças em relação aos grupos controle. Antes disso, um mês após o pisoteio, apesar dos valores absolutos serem diferentes, com aparente efeito negativo para “alto pisoteio”, apenas para altura do tapete as diferenças foram estatisticamente significativas. A recuperação do substrato fital é condicionada por uma série de fatores, dentre eles a espécie de alga (ou fanerógama) e a saturação do substrato. Eckrich & Holmquist (2000) observaram que *Thalassia testudinum* foi sensível ao pisoteio, mesmo em níveis de impacto moderado e com fatores que poderiam atenuar a pressão de pisoteio, como peso do indivíduo (57 kg) e os prados submersos a um metro de profundidade (o que dissipa parte do peso do pisoteador). Após 14 meses do estresse as comunidades de *T. testudinum* pareciam

afetadas negativamente em relação ao controle. Neste caso, o autor considera que a saturação do substrato com água (submerso) facilitaria os deslocamentos de sedimento, expondo os rizomas e facilitando desta forma o dano na estrutura da planta.

A recuperação do ambiente fital não depende apenas do nível e continuação do estresse, mas também da capacidade de disseminar seus propágulos, e tempo suficiente para o recrutamento energético em recuperação (Schiel & Taylor, 1999). A arquitetura da alga influencia a capacidade de suportar o impacto (Keough & Quinn, 1998; Milazzo et al., 2002). Algas eretas e folhosas parecem ser mais sensíveis do que as incrustantes e as formadoras de tapetes (Povey & Keough, 1991; Brosnan & Crumrine, 1994; Milazzo et al., 2002). *Chondrophyucus papillosus* domina o ambiente recifal aqui estudado, junto com *Gelidiella acerosa*, e estas algas têm como característica a formação de um tapete ramificado, com vários pontos de fixação espalhados pelo substrato. Sarmiento e colaboradores (2011; 2012a) relatam a resistência da alga, salientando a capacidade de suportar o impacto do pisoteio decorrente do tráfego de turistas. Essas particularidades das algas formadoras de tapetes possivelmente determinam a sua presença em locais sob influência antrópica. Milazzo e colaboradores (2004) observaram que após o estresse as algas formadoras de tapetes exibiram um padrão oportunista, sobrepondo-se em desenvolvimento às algas talosas. Porém após o período de recuperação há o restabelecimento da estrutura da comunidade original, retornando ao modelo de distribuição espacial pré-impacto, com menor proporção das algas formadoras de tapetes.

Os pontos selecionados no experimento aqui descrito eram próximos entre si, com poucas diferenças em relação aos componentes abióticos e bióticos do sistema, tais como topografia, radiação solar, exposição às ondas, composição e cobertura algal. Os dados das variáveis fitais nos recifes de Porto de Galinhas não apresentaram diferenças entre áreas, excetuando-se para a altura do tapete. Keough & Quinn (1998), em seu trabalho, escolheu três sítios em costões rochosos em uma mesma região e com padrões fisionômicos similares. Os autores identificaram variações quanto ao padrão de recuperação entre os sítios, em um ponto houve clara relação entre nível de pisoteio e a área de cobertura de *Hormosira banksii* (pressão negativa). Em outros, não se observou efeitos do tráfego humano sobre a abundância algal. Portanto, apesar da condição ambiental similar e do pisoteio exercido de forma padronizada, os resultados exibiram singularidades pontuais. Os autores sugerem a exposição às ondas como fator que pode ter determinado as diferenças observadas, pois influenciaria o grau de dessecação das algas.

Conforme já relatado, houve dominância da alga *C. papillosus* nos pontos onde foi executado o pisoteio experimental sobre os recifes em Porto de Galinhas, à diferença do resultado descrito no capítulo 1 deste trabalho, onde em 4 das 5 áreas amostrais foram dominadas pela alga *G. acerosa*. Essas diferenças na composição e dominância algal podem ter influenciado os padrões observados nas densidades de Tardigrada.

Foi encontrado um total de 11 espécies de Tardigrada, das quais *Archechiniscus minutus* e *Styraconyx nanoqsunguak* juntos representaram 99% da comunidade (90 + 9% respectivamente). Este trabalho proporcionou o primeiro registro de ocorrência de *Pseudostygarctus triangulatus*, *Archechiniscus minutus* e *Styraconyx nanoqsunguak* para o Brasil e o futuro relato de duas novas espécies para Ciência: *Halechiniscus* sp. nov. e *Pseudostygarctus* sp. nov.

Foi observada uma forte redução (77,7%) na densidade de Tardigrada imediatamente após o pisoteio em seu maior nível (alto pisoteio), seguido de menores reduções para “baixo pisoteio” (31%) e “controle” (27%). Diversos trabalhos relatam a diminuição dos organismos após o pisoteio (Brown & Taylor, 1999; Eckrich & Holmquist, 2000; Casu et al., 2006a; b; Casu, Ceccherelli & Castelli, 2006). Mas nem sempre a resposta ao impacto é clara, para Tardigrada o pisoteio parece ter afetado a comunidade negativamente, mas em níveis diferentes entre os diversos pontos. Casu e colaboradores (2006a) avaliaram o efeito do pisoteio experimental de três intensidades (0, 60 e 120) sobre invertebrados bentônicos em costões rochosos no mar Mediterrâneo e encontrou reduções significativas para o efeito do pisoteio para todas as intensidades em um dado transect (T1). Em contrapartida, em outro transect (T2) exposto à mesma metodologia de impacto, não evidenciou diferenças significativas em relação ao controle. Os autores consideram a heterogeneidade espacial como determinante para os resultados encontrados, e avaliam que o impacto do pisoteio existe, porém não é detectável até atingir um nível crítico.

Nos resultados aqui descritos, obtiveram-se valores de densidade discrepantes para o controle antes do pisoteio ser executado e imediatamente depois. Dados que podem ter encoberto parte dos efeitos do impacto sobre a comunidade, devido à interferência nas comparações entre os tratamentos (“alto” e “baixo” pisoteio) e grupo controle, com uma provável perda de sensibilidade da ferramenta estatística. Antes do pisoteio ser aplicado, o valor do controle já era duas ordens de grandeza superior ao do tratamento “alto pisoteio”. Essas variações provavelmente decorrem de oscilações naturais com pouca previsibilidade.

Eckrich & Holmquist (2000) obtiveram variações não explicadas pelo pisoteio experimental, como a redução de quase 50% na densidade de camarões no grupo controle, assim como Casu e colaboradores (2006b) obtiveram valores bastante discrepantes entre os grupos controle das duas áreas de coleta para Copepoda.

A estrutura da comunidade de Tardigrada mostrou-se afetada pelo pisoteio imediatamente após o impacto, sendo caracterizada pela redução da densidade do grupo quanto maior o nível de pisoteio. O teste pareado evidenciou que “alto pisoteio” é diferente do “controle” e com uma tendência para diferenças significativas em relação ao tratamento “baixo pisoteio”. Segundo Schiel & Taylor (1999) as reduções após o pisoteio não são consequência apenas do nível de impacto, mas também da sensibilidade espécie-específica. Beauchamp & Gowing (1982), encontraram diferenças negativas nas densidades dos organismos após pisoteio apenas para os tratamentos de maior impacto. Já a comunidade descrita por Eckrich & Holmquist (2000) se comportou de maneira mais sensível, onde se observou para o camarão *Processa bermudensis* alterações nas abundâncias em todos os tratamentos de pisoteio aplicados.

O pisoteio pode danificar de forma letal o corpo dos organismos bentônicos. Atribui-se uma maior sensibilidade aos animais de corpo macio em comparação com os de corpo rígido (Casu, et al., 2006a), mas os dados não têm corroborado com essa noção, sendo bastante frequente a inversão dos papéis quanto à sensibilidade nos diversos ambientes (Brown & Taylor, 1999). Para os organismos da meiofauna, qualquer dano oriundo do tráfego humano tem pressão suficiente para uma lesão irreversível ao animal, alegações sobre organismos de cutícula macia têm encontrado sustentação na literatura devido aos casos de redução na abundância de Polychaeta (Chandrasekara & Frid, 1996; Brown & Taylor, 1999), mas é possível que a probabilidade de dano esteja condicionada pelo comprimento do corpo e não necessariamente pela natureza da cutícula.

O tráfego humano sobre os substratos costeiros geram consequências imediatas sobre a comunidade (Schiel & Taylor, 1999; Huff, 2011), afetando o ambiente fital, reduzindo-o (Schiel & Taylor, 1999; Eckrich & Holmquist, 2000; Casu et al., 2006a; b; Casu, Ceccherelli & Castelli, 2006; Huff, 2011), e indiretamente atuam nos processos intrínsecos à comunidade, tais como competição e predação, que podem ser alterados como produto da exclusão/redução de espécies dominantes e outras espécies abundantes (Brosnan & Crumrine, 1994; Keough & Quinn, 1998).

As análises para avaliar a recuperação da comunidade de Tardigrada após o pisoteio experimental já no primeiro mês indicaram que não havia diferenças significativas em relação ao controle, dado que se repetiu para os meses seguintes (2 e 3 meses). Keough & Quinn (1998), procederam no sudeste da Austrália a um experimento de longo prazo (6 anos) de pisoteio (quatro níveis de intensidade) sobre substratos fitais associados a costões rochosos, e observaram que a recuperação variou conforme a intensidade de impacto e que demorou entre 6 a 8 meses para se completar. De um modo geral a restauração da estrutura da comunidade às condições naturais varia conforme o nível de estresse e atributos específicos do organismo avaliado, havendo relatos de recuperação com 1 mês (Casu, et al., 2006a), 3 meses (Brown & Taylor, 1999) e até processos cumulativos, que superam 9 meses para retornar a valores pré-impacto (Ferreira & Rosso, 2009).

A recuperação da estrutura da comunidade varia entre a macrofauna e a meiofauna. A macrofauna é composta por muitos organismos vágéis, que após a pressão do pisoteio podem se deslocar para regiões adjacentes (Eckrich & Holmquist, 2000). De forma distinta, a meiofauna tem íntima relação com o substrato, completando todo seu ciclo de vida nele (Heip, 1980; Kennedy & Jacoby, 1999). Salvo algumas exceções como as migrações noturnas de Copepoda para a coluna d'água (Giere, 2009), esses organismos tendem a permanecer no substrato após o stress. Tais fatores associados ao rápido ciclo de vida e a grande abundância são listados por Heip (1980) como alguns dos atributos pelos quais a meiofauna é considerada um bom descritor em avaliações de impacto ambiental. Sherman & Coull (1980), em experimento em uma planície lamosa na região entremarés afirmaram que a meiofauna só precisou de um ciclo de marés (12h) para recuperar os valores pré-impacto. Espaços disponíveis e as correntes de suspensão, decorrentes das mudanças de maré, são fatores aos quais se atribui a capacidade de rápida recuperação desta comunidade (Giere, 2009). A recolonização em áreas sob estresse antrópico necessita de regiões adjacentes não impactadas, quanto mais isolada das comunidades "saudáveis" está uma área mais lento tende a ser o processo de recuperação em densidade e diversidade dos organismos (Giere, 2009).

Os efeitos do pisoteio sobre a comunidade bentônica parecem ser determinados pelo intensidade do impacto (Brown & Taylor, 1999; Eckrich & Holmquist, 2000; Casu, et al., 2006a) e por características espécie-específicas (Eckrich & Holmquist, 2000). Os esforços empreendidos em pesquisas nos ambientes fitais e costões rochosos de zonas temperadas servem de modelo a ser seguido nos trópicos, porém, apesar de elucidativos nos aspectos ecológicos, ainda não descrevem de maneira fiel o que acontece em zonas tropicais e

ambientes recifais. Tal discrepância argumenta em favor da necessidade de trabalhos detalhados com objetivos mais específicos, que reflitam de fato as condições locais.

Assim, neste estudo observamos efeitos imediatos do pisoteio experimental sobre a comunidade algal e de Tardigrada nos recifes de Porto de Galinhas, com a densidade seguindo uma tendência de redução conforme o nível de estresse, ou seja, o alto pisoteio apresentou as maiores reduções nas densidades seguido do baixo pisoteio. Variações locais foram determinantes para os resultados obtidos, o grupo controle antes e imediatamente depois do pisoteio exibiu uma densidade de Tardigrada muito acima do observado para os demais tratamentos, sinalizando uma possível heterogeneidade espacial, e conseqüentemente dificultando a compreensão dos efeitos do impacto. O processo de recuperação foi independente da intensidade do distúrbio, alcançando os valores do grupo controle já no primeiro mês.

O manejo e gerenciamento de recifes em áreas com grande fluxo turístico têm sido considerados uma alternativa viável, tomando como prioridade o equilíbrio e manutenção da biodiversidade local. Dentre as várias possibilidades já sugeridas para outros ecossistemas algumas merecem destaque, como o proposto por Keough & Quinn (1998), as rotações das áreas de uso onde seriam estabelecidos períodos de acesso restrito, para viabilizar a recuperação dos organismos, intercalados com os de acesso permitido para uso recreacional, visando não exceder a capacidade de suporte em cada área. Outra opção seria a construção de passarelas evitando o tráfego direto sobre o substrato (Kelaher, Chapman & Underwood, 1998) ou mesmo as propostas de cunho preservacionista, que restringem totalmente o acesso às áreas visando a mínima interferência humana possível (Brown & Taylor, 1999).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADDESSI, L. Human disturbance and long-term changes on a rocky intertidal community. *Ecological Applications*, 4: 786–797.1994.
- ALCANTARA, R., FERREIRA, B. P. & TRAVASSOS, P. A pesca artesanal e o turismo em Porto de Galinhas, Pernambuco. *Bol. Téc. Cient. CEPENE*, 12 (1): 195 – 207. 2004.
- ALONGI, D. M. Microbes, meiofauna, and bacterial productivity on tubes constructed by the polychaete *Capitella capitata*. *Marine Ecology . Progress series*, 23: 207-208. 1985.
- ANDERSON, M. J. Variations in biofilms colonizing artificial surfaces: seasonal effects and effects of grazers. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 75: 705-714. 1995.
- ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecol.*, 26: 32 – 46. 2001.
- ARMSTRONG, E., ROGERSON, A. & LEFTLEY, J. W. The abundance of heterotrophic protists associated with intertidal seaweeds. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 50, 415–424. 2000.
- AUSTREGÉSILO, F. P. T. *Crustáceos, Estomatópodos e Decapodos dos Recifes da Praia de Porto de Galinhas. (Sistemática e Ecologia)*. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas). Universidade Federal Rural de Pernambuco. p.96. 1992.
- BALLY, R., GRIFFITHS, C. L. Effects of human trampling on an exposed rocky shore. *Inst. J. Environ. Stud.*, 34: 115 – 125.1989.
- BARRADAS, J. I., AMARAL, F. D., HERNÁNDEZ, M. I., FLORES-MONTES, M. J., STEINER, A. Q. Spatial distribution of benthic macroorganisms on reef flat at Porto de Galinhas Beach (northeastern Brazil), with special focus on corals and calcified hydroids. *Biotemas*, 23 (2): 61-67. 2010.
- BARRADAS, J. I., AMARAL, F. D., HERNÁNDEZ, M. I., FLORES-MONTES, M. J., STEINER, A. Q. Tourism impact on reef flats in Porto de Galinhas beach, Pernambuco, Brazil. *Arq. Ciên. Mar, Fortaleza*, 45(2): 81 – 88. 2012.
- BEAUCHAMP, K.A. & GOWING, M. M. A quantitative assessment of human trampling effects on a rocky intertidal community. *Mar. Environ*, 7: 279-283. 1982.
- BELL, S.S., WALTERS, K. & KERN, J.C. Meiofauna from seagrass habitats: a review and prospectus for future research. *Estuaries* 7: 331-338. 1984.
- BELL, S.S. & WESTOBY, M. Abundance of macrofauna in dense seagrass is due habitat preference, not predation. *Oecologia*, 68: 205-209. 1986.
- BILLHEIMER, L.E., COULL, B.C. Bioturbation and recolonization of meiobenthos in juvenile spot (Pisces) feeding pits. *Estuarine Coastal Shelf Sci.* 27, 335–340. 1988.
- BIRKELAND, C. *Life and death of coral reefs*. Chapman and Hall, New York. 1997.
- BRAINARD, R.; FRIEDLANDER, A.; GULKO, D.; HUNTER, C.; KELTY, R.; MARAGOS, J. Status of coral reefs in the Hawaiian Archipelago. In: Wilkinson, C. R. (Ed.). *Status of coral reefs of the world*. Chapter 13. GCRMN Report, Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia, p.237-250. 2002.
- BRAWLEY, S. H. & ADEY, W. H. The effect of micrograzers on algal community structure in a coral reef microcosm. *Marine Biology*, vol. 61, p 2-3. 1981.

- BROWN, P.J. & TAYLOR, R. B. Effects of trampling by humans on animals inhabiting coralline algal turf in the rocky intertidal. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 235: 45 – 53. 1999.
- BROSNAN, D. M. & CRUMRINE, L. L. Effects of human trampling on marine rocky shore communities. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 177 (1): 79–97. 1994.
- BRYANT, D., BURKE, L., MCMANUS, J., SPALDING, M. *Reefs at risk: A map-based indicator of threats to the world's coral reefs*. World Resources Intitute, Washington, USA, 66 pp. 1998.
- BURKE L, REYTAR K, SPALDING M, PERRY A. *Reefs at risk revisited*. Washington, DC: World Resources Institute. 2011.
- BUSSAU, C. New deep-sea Tardigrada (Arthrotardigrada, Halechiniscidae) from a manganese nodule area of the western South Pacific. *Zool. Scr.*21:79-91. 1992.
- CASTILLA, J.C. Coastal marine communities: trends and perspectives from human-exclusion experiments. *Trends in Ecology and Evolution*, 14, 280–283. 1999.
- CASTRO, C. B. & PIRES, D. O. Brazilian Coral Reefs: What we already know and what is still missing. *Bulletin of Marine Science* v. 68, p.1-15. 2001.
- CASU, D., CECCHERELLI G., CASTELLI, A. Immediate effects of experimental human trampling on mid-upper intertidal benthic invertebrates at the Asinara Island MPA (NW Mediterranean). *Hydrobiologia*, 555: 271–279. 2006.
- CASU, D., CECCHERELLI G., CURINI-GALLETTI, M., CASTELLI, A. Human exclusion from rocky shores in a Mediterranean marine protected area (MPA): An opportunity to investigate the effects of trampling. *Mar. Environ. Res.*, 62: 15–32. 2006a.
- CASU, D., CECCHERELLI G., CURINI-GALLETTI, M., CASTELLI, A. Short-term effects of experimental trampling on polychaetes of a rocky intertidal substratum (Asinara Island MPA, NW Mediterranean). *Scient. Mar.*, 70 (3): 179 – 186. 2006b.
- CHANDRASEKARA W.U., FRID C.L.J. Effects of human trampling on tidalflat infauna. *Aquatic Conservation of Marine and Freshwater Ecosystems*, 6, 299–311. 1996.
- CHAVES, N. S. *Mecanismo de cimentação em sedimentos marinhos recentes, exemplo beachrocks do litoral Pernambucano*. Tese. Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Universidade Estadual Paulista - Campos de Rio Claro, 194 p. 2000.
- CLARKE, K.R. & WARWICK, R. M. *Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Bourne Press, Bournemouth, 128 p. 1994.
- COBB, N. A. 1917. Note on nemas. *Contributions to Science of Nematology*, 5: 117-128.
- COELHO, P. A., SANTOS, M. O C. F. & FREITAS, A. E. T. S. Crescimento do aratu-da-pedra, *Plagusia depressa* (Fabricius, 1775) (Crustacea: Decapoda: Plagusiidae) em Tamandaré - Pernambuco. *Boletim técnico científico do CEPENE*, Tamandaré, v. 12, n. 1, p. 73-79. 2004.
- CONNELL, J. H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199, 1302-10. 1978.
- COULL, B. C. *Ecology of the marine meiofauna*. In: HIGGINS, R. P. & THIEL, H., eds *Introduction to the study of meiofauna*. Washington, D. C. Smithsonian Institution Press. p.18 - 38. 1988.

- CPRH . *Diagnóstico sócio-ambiental do litoral sul de Pernambuco*. Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Recife, Brasil, 122p. 2001.
- COUTINHO, P.N. & MORAIS, J.O. Problemas de gerenciamento de zonas úmidas. In: *Simpósio de Geologia do Nordeste*, 12. João Pessoa, SBG. Atas. p. 228-234. 1986.
- CURVÊLO, R.R. & CORBISIER, T.N. The meiofauna associated with *Sargassum cymosum* at Lázaro Beach, Ubatuba, São Paulo. *Rev. Bras. Oceanogr.*, 48 (2): 119-130. 2000.
- DANOVARO, R.; GAMBI, C.; MAZOLLA, A.; MIRTO, S. Influence of artificial reefs on the surrounding infauna: analysis of meiofauna. *Journal of Marine Science*, 59: S356-S362. 2002
- DAVIS, D. & TISDELL, C. Recreational scuba diving and carrying capacity in marine protected areas. *Ocean and Coastal Management*, v. 26, p.19-40. 1995.
- DEGMA, P.; BERTOLANI, R; GUIDETTI, R. Actual checklist of Tardigrada species (2009-2010), Ver.15:9-11-2010); [cited 2010 November 10]. Disponível em: <<http://www.tardigrada.modena.unimo.it/miscellanea/Actual%20checklist%20of%20Tardigrada.pdf>. > Acesso em: fev 2014. 2010.
- DE ZIO GRIMALDI, S.; GALLO D'ADDABBO, M., SANDULLI, R.; D'ADDABBO, R. Checklist of the Italian marine Tardigrada. *Meiofauna Marina*, 2: 97-131. 2003.
- DOMINGUEZ, J. M. L., BITTENCOURT, A. C. S. P., LEÃO, Z. M. S. N., AZEVEDO, A. E. G. Geologia do Quaternário Costeiro do Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 20, p. 208-215. 1990.
- DRUMMOND, J. A., FRANCO, J. L.A., OLIVEIRA, D. *Uma análise sobre a história e a situação das unidades de conservação no Brasil*. In: Conservação da Biodiversidade: Legislação e Políticas Públicas. GANEN, Roseli Senna (Org.). Brasília: Câmara dos Deputados.pp. 341-386. 2010.
- DUFRENE, M. & P. LEGENDRE. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol.Monogr.*, 67: 345–366. 1997.
- DURAN, L.R., CASTILLA, J.C. Variation and persistence of the middle rocky intertidal community of central Chile, with and without human harvesting. *Mar. Biol.* 103, 555–562. 1989.
- DYE, A.H., LASIAK, T. A. & GABULA, S. Recovery and recruitment of the brown mussel, *Perna perna*(L.), in Transkei: implications for management. *S. Afr. J. Zool.*, 32: 118-123. 1997.
- ELLIS, R.J., NEISH, B., TRETT, M.W., BEST, J.G., WEIGHTMAN, A.J., MORGAN, P., Fry, J.C. Comparison of microbial and meiofaunal community analyses for determining impact of heavy metal contamination. *Journal of Microbiological Methods* 45, 171–185. 2001.
- ECKRICH C.E., HOLMQUIST J.G. Trampling in a seagrass assemblage: direct effects, response of associated fauna, and the role of substrate characteristics. *Marine Ecology Progress Series*, 201, 199–209. 2000.
- FERNANDEZ, M. & J.C. CASTILLA. The Chilean artisanal stone crab (*Homalaspis plana*) fishery: catch trends in open access zones and the effect of management areas in Central Chile. *J. Shellfish Res.*, 16: 371-377. 1997.

- FERREIRA, B.P., MAIDA, M. *Monitoramento dos recifes de coral do Brasil: situação atual e perspectivas*. Série Biodiversidade, 18. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 120p. 2006.
- FERREIRA, M.N. & ROSSO, S. Effects of human trampling on a rocky shore fauna on the São Paulo coast, southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.*, 69 (4): 99 – 999. 2009.
- FONSECA-GENEVOIS, V., SOMERFIELD, P. J., NEVES, M. H.B., COUTINHO, R., MOENS, T. Colonization and early succession on artificial substrata by meiofauna. *Marine Biology*, 148: 1039-1050. 2006.
- GAREY, J.R., KROTEC M., NELSON D.R. & BROOKS J. Molecular analysis supports a tardigrade- arthropod association. *Invertebrate Biology*, 115, 79-88. 1996.
- GAREY, J.R., NELSON D.R. MACKAY L.Y. & LIJ. Tardigrade phylogeny: congruency of morphological and molecular evidence. *Zoologischer Anzeiger*, 238, 205-210. 1999.
- GEE, J. M. An ecological and economic review of meiofauna as food for fish. *Zool. J. Linn. Soc.*, v. 96, p. 243-261. 1989.
- GEE, J. M. & WARWICK, R. M. Body-size distribution in a marine metazoan community and fractal dimensions of macroalgae. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, v. 178, p. 247-259. 1994a.
- GEE, J. M. & WARWICK, R. M. Metazoan community structure in relation to the fractal dimensions of marine macroalgae. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, v. 103, p. 141-150. 1994b.
- GIBBONS, M. J. Rocky shore meiofauna: a brief overview. *Trans. R. Soc. Afr.*, v. 47, 595-603. 1991.
- GIERE, O. *Meiobenthology: The microscopic motile fauna of aquatic sediments*. 2 nd ed. Springer-Verlag, Berlin. 2009.
- GIRIBET G., CARRANZA S., BAGUÑÀ J., RIUTORT M. & RIBERA C. First molecular evidence for the existence of a tardigrade + arthropoda clade. *Molecular biology an evolution*, 13, 76-84.1996.
- GRIMALDI DE ZIO, S; D`ADDABBO, GALLO, M; MORONE DE LUCIA, M. R. Note sull'ecologia dei tardigradi marini (Heterotardigrada). *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova.*, 50: 223 – 227. 1982.
- GRIMALDI DE ZIO, S. & D`ADDABBO GALLO, M. *Archechiniscus minutus* n. sp. and its systematic position within Arthrotardigrada (Tardigrada: Heterotardigrada) **In: Biology of Tardigrades** (Ed. R. Bertolani). Selected Symposia and Monographs UZI, 1, Mucchi, Modena pp. 253 – 260. 1987.
- GUIDETTI, R. & BERTOLANI, R. Tardigrade taxonomy: an updated check list of the taxa and a list of characters for their identification. *Zootaxa* 845:1 – 46 p .2005.
- HEIP, C. Meiobenthos as a tool in the assessment of marine environmental quality. *Rapp P-V Réun. Cons. Int. Explor. Mer.* 179: 182–187. 1980.
- HICKS, G. R. F. Distribution and behavior of meiofaunal copepods inside and outside seagrass beds. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* vol. 31, p. 67-175. 1986.
- HIGGINS, R.P. & THIEL, H. *Introduction to the study of meiofauna*. Smithsonian Institution, Washington, 488p. 1988.
- HUFF, T.M. Effects of human trampling on macro- and meiofauna communities associated with intertidal algal turfs and implications for management of protected areas on rocky

- shores (Southern California). *Marine Ecology*. doi: 10.1111/j.1439-0485.2011.00467.x. 2011.
- JENKINS, C., HAAS, M. E., OLSON, A. & RUESINK, J. L.. Impacts of trampling on a rocky shoreline of San Juan Island, Washington, USA. *Nat. Areas J.*, 22: 260 – 269. 2002.
- JÖNSSON, K. I. Tardigrades as a potential model organism in space research. *Astrobiology*, 7: 757 – 766. 2007.
- JÖNSSON, K.I; RABOW, E; SCHIL, R.O; HARMS-RINGDAHL, M; RETTBERG, P; .2008. Tardigrades survive exposure to space in low Earth orbit. *Current Biology*; Volume 18, Issue 17:729-731 [cited 2008 September 9]. Disponível em: <<http://www.current-biology.com/cgi/content/full/18/17/R729/DC1> > Acesso em: Nov 2011. 2008.
- KELAHER B. P., CHAPMAN M. G. & UNDERWOOD A. J. Changes in benthic assemblages near boardwalks in temperate urban mangrove forests. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 228, 291–307.1998.
- KENNEDY, A. D., JACOBY, C. A. Biological indicators of marine environmental health: meiofauna—a neglected benthic component? *Environ. Monit. Assess.* 54: 47–68. 1999.
- KEOUGH, M.J., QUINN, G. P. & KING., A. Correlation between human collecting and intertidal mollusc populations on rocky shores. *Biol. Conserv.*, 7: 378-390. 1993.
- KEOUGH, M.J. & QUINN, G. P.. Effects of periodic disturbances from trampling on rocky intertidal algal beds. *Ecol. Appl.*, 8: 141–161. 1998.
- KINCHIN, I. M. *The Biology of Tardigrades*. London: Portland Press Ltd., 185 p. 1994.
- KINGSFORD, M. J., UNDERWOOD, A.J., KENNELLY, S.J. Humans as predators on rocky reefs in New South Wales, Australia. *Marine Ecology Progress Series* 72, 1–14. 1991.
- KRANTZ, S; BENOIT, T. G; BEASLEY, C. W. *Phytopathogenic bacteria associated with Tardigrada*. In: H. Greven (ed.) Proceedings of the seventh international symposium on the Tardigrada, August 1997, Düsseldorf, Germany. *Zool. Anz.*, 238: 259 – 260. 1999.
- KRISTENSEN, R.M; HALLAS, T.E. The tidal genus *Echiniscoides* and its variability, with erection of Echiniscoididae fam. n. (Tardigrada). *Zool. Scripta* 9:113-27.1980.
- KRISTENSEN, R.M. & HIGGINS, R.P. Revision of *Styraconyx* (Tardigrada: Halechiniscidae), with description of two new species from Disko Bay. *West Greenland. Smithsonian Contributions to Zoology*, 391, 1–40. 1984.
- LABOREL, J. L. Note préliminaire sur les récifs de grès et récifs de coraux dans le nord-est brésilien. *Bulletin* 37, n.53, p. 341-344. 1965.
- LABOREL, J. L. Les peuplements de madreporaires des côtes tropical du Brésil. Thèse Ao 1856. *Fac. Sci. Marseille*. 313 p. 1967.
- LASIAK, T. Multivariate comparisons on rocky intertidal macrofaunal assemblages from replicate exploited and nonexploited localities on the Transkei coast of South Africa. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 167: 15-23. 1998.
- LIDDLE, M. J. Recreation ecology: effects of trampling on plants and corals. *Trends in Ecology and Evolution*, 6, 13–17.1991.

- MABESOONE, J. M. Origin and age of the sandstone reefs of Pernambuco (Northeastern Brazil). *J. Sediment Petrol.*, Tulsa, Okla, v. 34, n. 4, p. 715-726. 1964.
- MABESOONE, J. M. & COUTINHO, P. N. Littoral and shallow marine Geology of Northern and Northeastern Brazil. *Trabalhos Oceanográficos UFPE*, Recife, v. 12, p. 1-214, 1970.
- MARANHÃO, G. M. B. *Distribuição espaço-temporal da Meiofauna e da Nematofauna no Ecossistema Recifal de Porto de Galinhas, Ipojuca, Pernambuco, Brasil*. Tese de Doutorado, Oceanografia – UFPE, 118pp. 2003.
- MARE, M. F. A study of marine benthic community with special reference to the microorganisms. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, v. 25, p. 517-554, 1942.
- MCARDLE, B.H. & ANDERSON M. J. Fitting multivariate models to community data: a comment on distancebased redundancy analysis. *Ecology*, 82: 290 – 297.2001.
- MELO, R. S., CRISPIM, M. C., LIMA, E. R. V. O turismo em ambientes recifais: em busca da transição para a sustentabilidade. ISSN: 1677-6976. Caderno Virtual de Turismo., Vol. 5, N° 4. 2005.
- MESQUITA, D., XAVIER, G. O turismo e a sua atuação na expansão do espaço urbano: o caso Porto de Galinhas – Ipojuca –PE. *Revista Turismo, visão e ação*. ISSN Eletrônico 1983-7151. p. 19. 2013.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente, SECTMA – Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. *Diagnóstico do turismo nos municípios do Cabo de Santo Agostinho, Ipojuca e São José da Coroa Grande – Relatório Final*. Recife, 76pp, 2003.
- MILAZZO, M., CHEMELLO, R., BADALAMENTI, F., RIGGIO S. Short-term effect of human trampling on the upper infralittoral macroalgae of Ustica Island MPA (western Mediterranean, Italy). *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 82: 745 – 748. 2002.
- MILAZZO, M., BADALAMENTI, F., RIGGIO, S., CHEMELLO, R. Patterns of algal recovery and small-scale effects of canopy removal as a result of human trampling on a Mediterranean rocky shallow assemblage. *Biol. Conserv.*, 117: 191–202. 2004.
- MIRANDA, G. K. *Urbanização turística e dinâmica sócio-espacial do trabalho em Porto de Galinhas – PE* Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 169 p. 2012.
- MONTAGNA, P. A. Rates of meiofaunal microbivory: a review. *Vie et Millieu*, 45: 1-10. 1995.
- MURRAY S.N., DENIS T.G., KIDO J.S., SMITH J.R. Human visitation and the frequency and potential effects of collecting on rocky intertidal populations in Southern California marine reserves. CalCOFI Report, 40, 100–106. 1999.
- NAGARKAR, S., WILLIAMS, G.A., SUBRAMANIAN, G., SAHA, S.K. Cyanobacteria dominated biofilms: a high quality food resource for intertidal grazers. *Hydrobiologia* 512, 89e95. 2004.
- NASCIMENTO-VIEIRA, D. A. *Macrozooplâncton Recifal da Baía de Tamandaré, Pernambuco - Brasil*. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 87f. Tese de Doutorado em Oceanografia Biológica. 2000.

- NELSON, D.R. *Developmental biology of the Tardigrada*. In: Harrison FW, Cowden RR, eds. *Developmental Biology of Freshwater Invertebrates*. New York: AA Liss. p 363-98. 1982.
- NOLASCO, M.C. & MARTIN, L. The effects of holocene sea level fluctuations on the morphology of Brazilian coral reefs. *Revista Brasileira de Geociências*, v.15, n.2, p.154-157, 1985.
- OLIVEIRA, C.R.F.; MATOS, C.H.C.; DA ROCHA, C.M.C. Aspectos da comunidade meiofaunística associada a *Hypnea musciformis* e *Padina gymnospora* na praia de Candeias, Jaboatão dos Guararapes, PE. In: V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: Conservação, Vitória (ES), p. 135-142. 2000.
- OLIVEIRA, P. C. *O Impacto do Turismo em Ambiente Recifal um Estudo de Caso em Tamandaré - Pernambuco*. Monografia apresentada ao curso de Especialização em Gestão de Ambientes Costeiros Tropicais, Departamento de Oceanografia da UFPE, Recife, 35p. 2000.
- PLATT, H. M., SHAW, K. M. & LAMBSHEAD, P. J. D. Nematode species abundance patterns and their use in the detection of environmental perturbations. *Hydrobiologia* 118, 59-66. 1984.
- POVEY, A. & KEOUGH M. J. Effects of trampling on plant and animal populations on rocky shores. *Oikos*, 61: 355–368. 1991.
- PRESTON, A. & MOORE, P. G. The flora and fauna associated with *Cladophora albida* Kutz. From rockpools on Great Gambiae Island, Scotland. *Ophelia*. 29: 169-186. 1988.
- RAMAZZOTTI, G. & MAUCCI, W. Il phylum Tardigrada (III edizione riveduta e aggiornata). *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 41:1-1012. 1983.
- REBECCHI L, CESARI M, ALTIERO T, FRIGIERI A, GUIDETTI R. Survival and DNA degradation in anhydrobiotic tardigrades. *The Journal of Experimental Biology*; 212: 4033 - 4039. 2009.
- RICHMOND, R. H. Coral reefs: presente problems and future concerns resulting from anthropogenic disturbance. *American Zoology*, v.33, p.524-536. 1993.
- RENAUD-DEBYSER, J. & SALVAT, B. Recherches ecologiques sur la faune interstitielle des sables. Bassin d'Arcachon. Île de Bikini, Bahamas. *Vie et milieu*, 14: 465-550. 1963.
- RODGERS K.S., COX E.F. The effects of trampling on Hawaiian corals along a gradient of human use. *Biological Conservation*, 112, 383–389. 2003.
- RODRIGUES, A. C. L. *Variação espacial da meiofauna com ênfase à nematofauna da Bacia do Pina, Pernambuco – Brasil*. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) – Centro de Ciências Biológicas – Departamento de Zoologia – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 75 p., 2002.
- SAAB, W.G.L. Considerações sobre o desenvolvimento do setor de turismo no Brasil. BNDES setorial, n.10, p. 285-312, set. 1999.
- SALVAT, B. Status of southeast and central pacific coral reefs “Polynesia mana node”: Cook islands, French Polynesia, Kiribaiti, Niue, Tokelau, Tonga, Wallis and Futuna. p.203-215, in Wilkinson, C. R. (Ed). *Status of coral reefs of the world*. Chapter 11. GCRMN Report, Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia. 2002.

- SARMENTO, V. C. *Efeito do pisoteio sobre a meiofauna e Copepoda Harpacticoida de fital nos recifes de Porto de Galinhas (Ipojuca, PE)*. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) – Centro de Ciências Biológicas – Departamento de Zoologia – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 108p. 2011.
- SARMENTO, V. C. ; BARRETO, A. F. S. ; SANTOS, P.J.P . The response of meiofauna to human trampling. *Scientia Marina*, v. 75, p. 559-570. 2011.
- SARMENTO, V. C. ; SANTOS, P. J. P. . Trampling on coral reefs: tourism effects on harpacticoid copepods. *Coral Reefs* (Print), v. 31, p. 135-146. 2012.
- SARMENTO, V. C. ; SANTOS, P.J.P. . Species of Harpacticoida (Crustacea, Copepoda) from the phytal of Porto de Galinhas coral reefs, northeastern Brazil. *Check List* (São Paulo. Online), v. 8, p. 936-939. 2012.
- SARMENTO, V. C. ; BARRETO, A.F. S. ; SANTOS, P. J. P. . Recovery of meiofauna following a short-term disturbance on coral reefs. *Biodiversity and Conservation*, v. 22, p. 2645-2663. 2013.
- SHERMAN K. M., COULL B. C. The response of meiofauna to sediment disturbance. *J Exp Mar Biol Ecol* 46: 59–71. 1980.
- SCHRATZBERGER, M., DINMORE T. A., JENNINGS, S. Impacts of trawling on the diversity, biomass and structure of meiofauna assemblages. *Mar. Biol.* 140(1):83-93. 2002.
- SCHIEL, D.R. & TAYLOR, D.I. Effects of trampling on a rocky intertidal algal assemblage in southern New Zealand. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 235: 213–235. 1999.
- SIEGFRIED, W.R., HOCKEY, P. A. R., CROWE, A. A. . Exploitation and conservation of brown mussel stocks by coastal people of Transkei. *Environ. Conserv.*, 12: 303-307. 1985.
- STEAD, T. K.. SCHIMID-ARAYA, J. M. & HILDREW, A. G. The contribution os surface to benthic density and biomass in a gravel stream. *Arch. Hydrobiol.* 160: 171-191. 2004.
- ST. JOHN, J., JONS, G. P. & SALE, R. F. Distribution and abundance of soft-sediment meiofauna and a predatory goby in a coral reef lagoon. *Coral Reefs*, v. 8 2:51-57. 1989.
- SUZUKI, A.C. Life history of *Milnesium tardigradum* Doyère(tardigrada) under a rearing environment. *Zoological Science*, v. 20, n. 1, p. 49-57, 2003
- TENORE, K. R., TIEJEN, J. H. & LEE, J. J. Effect of meiofauna in incorporation of aged eelegrass, *Zoostera marinha*, detritus by the polychaete *Nephtys incisa*. *Journal of Fish Research*. Bd Canada, 34: p.563 – 567. 1977.
- THIEL, H. Quantitative untersuchungen uber die meiofauna des tiefseebodens. Veroff Inst Meeresforsch Bremerh Sonderbd 2:131-47. 1966.
- THOMPSON, R.C., CROWE, T.P., HAWKINS S.J. Rocky intertidal communities: past environmental changes, present status and predictions for the next 25 years. *Environmental Conservation*, 29, 168–191.2002.
- UNDERWOOD, A.J., KENNELLY, S.J. Pilot studies for designs of surveys of human disturbance of intertidal habitats in New South Wales. *Australian Journal Marine Freshwater Research* 41, 165–173. 1990.

- UNDERWOOD, A.J. Beyond BACI: the detection of environmental impacts on populations in the real, but variable, world. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 161: 145-178. 1992.
- VAN DER LAND, J. The parasitic marine tardigrade *Tetrakentron synaptae*. *Mem Isp Ital Idrodiol* 32:413-23. 1975.
- VEENEKEY, V., FONSECA-GENEVOIS, V. G., DA ROCHA, C. M. C., SANTOS, P. J. P. Distribuição espaço-temporal da meiofauna em *Sargassum polyceratium* Montagne (FUCALES, SARGASSACEAE) de um costão rochoso do nordeste do Brasil. *Revista Atlântica*, Rio Grande, 30 (1) 53-67. 2008.
- VILLORA-MORENO, S. & GRIMALDI DE ZIO, S. New records of marine Tardigrada in the Mediterranean Sea. In S. McInnes and D. Normann (eds.), *Tardigrade biology. Proceedings of the sixth International symposium on Tardigrada, August 1994, Cambridge, England.* *Zool. J. Linn. Soc.*, 116: 149 – 166. 1996.
- WARWICK, R. M. The structure and seasonal fluctuations of phytal marine Nematoda associations of the Isles of Scilly. In: *Biology of Benthic Organisms, Proc. 11th Europ. Mar. Biol. Symp.* Oxford, Pergamon Press, p. 577-585. 1977.
- WARWICK, R. M. & GEE, J. M. Community structure of estuarine meiobenthos. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* v. 18, p. 97-111, 1984.
- WILKINSON, C. R. Coral reefs of the world are facing wide spread devastation: can we prevent this through sustainable management practices? *Proceedings of the 7th International Coral Reef Symposium*, v.1, p.11-21. 1992.
- WOODLAND, D.J. & HOOPER, J. N. The effects of human trampling on coral reefs. *Biol. Conserv.*, Vol. 11, pp. 1 - 4. 1977.
- ZAR, J.H. *Biostatistical Analysis*. 3rd ed., Prentice-Hall, New Jersey. 1996.