# REVISTA DE GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA

## Journal of Integrated Coastal Zone Management

VOL. 11(4): Dezembro December 2011

http://www.aprh.pt/rgci/

ISSN: 1646-8872

**Editor / Editors**
Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos / UNIVALI

**Formatação e paginação / Layout**
André Cardoso

**Design da capa / Cover design**
Flatland Design

ISSN 1646-8872

Esta revista está disponível em http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci_11-4.pdf.

GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA
Journal of Integrated Coastal Zone Management

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS
UNIVALI

# Revista de Gestão Costeira Integrada

## *Journal of Integrated Coastal Zone Management*

Volume 11, Número 4 / Volume 11, Number 4
Dezembro 2011 / December 2011

www.aprh.pt/rgci

## Corpo Editorial / Editorial Board

J. Antunes do Carmo
Editor delegado
(jsacarmo@dec.uc.pt)

J. Alveirinho Dias
Editor executivo
(rgci.editor@gmail.com)

Marcus Polette
Editor delegado
(mpolette@univali.br)

## Comissão Científica / Scientific Committee

**Adriano A. Bordalo**
(Universidade do Porto, Porto, PORTUGAL)

**Ana Vila-Concejo**
(University of Sydney, Sidney, AUSTRÁLIA)

**Cassiano Monteiro-Neto**
(Universidade Federal Fluminense, Niteroi, RJ, BRASIL)

**Fréderic Bertrand**
(Université de Paris 1 (Sorbonne) Paris, FRANÇA)

**João Alveirinho Dias**
(Universidade do Algarve, Faro, PORTUGAL)

**Lauro J. Calliari**
(Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Carreiros, RS, BRASIL)

**Marcus Polette**
(Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, SC, BRASIL)

**Óscar Ferreira**
(Universidade do Algarve, Faro, PORTUGAL)

**Rainer Wehrhahn**
(Universidade de Kiel Kiel, ALEMANHA)

**Alexander Turra**
(Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, BRASIL)

**André Bustorff Fortunato**
(Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, PORTUGAL)

**Dieter Muehe**
(Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, BRASIL)

**Helena Granja**
(Universidade do Minho, Braga, PORTUGAL)

**José A. Jiménez**
(Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, ESPANHA)

**Luís Cancela da Fonseca**
(Universidade do Algarve, Faro, PORTUGAL)

**Mônica Costa**
(Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, BRASIL)

**Paolo Ciavola**
(Università di Ferrara, Ferrara, ITÁLIA)

**Ramon Gonzalez**
(Universität Basel, Basel, SUIÇA)

**Walter M. Widmer**
(Universidade Federal do Paraná, Matinhos, PA, BRASIL)

**Alexandre Schiavetti**
(Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA, BRASIL)

**Antonio Klein**
(Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, SC, BRASIL)

**Fernando Veloso Gomes**
(Universidade do Porto, Porto, PORTUGAL)

**Ildeberto Mota-Oliveira**
(Instituto Superior Técnico, Lisboa, PORTUGAL)

**José Antunes do Carmo**
(Universidade de Coimbra, Coimbra, PORTUGAL)

**Manuel Afonso-Dias**
(Universidade do Algarve, Faro, PORTUGAL)

**Moyses G. Tessler**
(Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, BRASIL)

**Paulo Freire Vieira**
(Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, BRASIL)

**Sílvio Soares Macedo**
(Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, BRASIL)

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS
UNIVALI
GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA
Journal of Integrated Coastal Zone Management

# Avaliadores / Referees
## (Janeiro 2011 - Dezembro 2011)

**Abel Augusto Conceição**
Universidade Estadual de Feira de Santana
Feira de Santana, BA, BRASIL

**Ada Cristina Scudelari**
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal, RN, BRASIL

**Adélio Silva**
Hidromod
Lisboa, PORTUGAL

**Alberto C. O. Antunes de Azevedo**
Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Lisboa, PORTUGAL

**Alexandre Schiavetti**
Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus, BA, BRASIL

**Alice Monteiro**
Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental
Rio Grande, RS, BRASIL

**Ana Matias**
CIMA / Universidade do Algarve
Faro, PORTUGAL

**Ana Rosa da Rocha Araujo**
Universidade Federal de Sergipe
Aracaju, SE, BRASIL

**André Fortunato**
Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Lisboa, PORTUGAL

**André Pacheco**
CIMA / Universidade do Algarve
Faro, PORTUGAL

**Andre Silva Barreto**
Universidade do Vale do Itajaí
Itajaí, SC, BRASIL

**Ângela Spengler**
Petrobras
BRASIL

**Antonio Carlos Diegues**
Universidade de São Paulo
São Paulo, SP, BRASIL

**Antonio F. Härter Fetter Filho**
Universidade Federal de Pernambuco
Recife, PE, BRASIL

**António Pires Silva**
Instituto Superior Técnico
Lisboa, PORTUGAL

**António Trigo Teixeira**
Instituto Superior Técnico
Lisboa, PORTUGAL

**Arno Maschmann de Oliveira**
Universidade Federal de Alagoas
Maceió, AL, BRASIL

**Aurora Rodrigues**
Instituto Hidrográfico
Lisboa, PORTUGAL

**Carla Bernadete Madureira Cruz**
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL

**Carla de Abreu D'Aquino**
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, SC, BRASIL

**Carlos Pereira da Silva**
Universidade Nova de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL

**Celia Regina G. Souza**
Instituto Geológico do Estado de São Paulo
São Paulo, SP, BRASIL

**César Freire de Andrade**
Universidade de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL

**Claudia Regina dos Santos**
Ministério do Meio Ambiente e da Amazonia Legal
Brasilia, DF, BRASIL

**Cristina Bernardes**
Universidade de Aveiro
Aveiro, PORTUGAL

**Cyl Farney Catarino de Sá**
Jardim Botânico do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL

**Daniel A. Abraham**
Instituto Universitario Naval
Buenos Aires, ARGENTINA

**Daniela Trigueirinho Alarcon**
Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus, BA, BRASIL

**Daniele Casalbore**
Istituto di Geologia Applicata e Geoingegneria
Roma, ITALY

**Débora Peterson**
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, SC, BRASIL

**Dorothy Sue Dunn de Araujo**
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL

**Eduardo Manuel Ferreira Dias**
Universidade dos Açores
Angra do Heroísmo, Açores, PORTUGAL

**Eduardo Siegle**
Universidade de São Paulo
São Paulo, SP, BRASIL

**Elirio Toldo Jr**
UniversidadeFederal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, RS, BRASIL

**Elisa Helena Leão Fernandes**
UniversidadeFederal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, RS, BRASIL

**Erwan Garel**
CIMA / Universidade do Algarve
Faro, PORTUGAL

**Estibaliz Berecibar**
Estrutura de Missão Para a Extensão da Plataforma Continental
Lisboa, PORTUGAL

**Fátima Alves**
Universidade Aberta
Porto, PORTUGAL

**Fátima Lopes Alves**
Universidade de Aveiro
Aveiro, PORTUGAL

**Federico Isla**
Universidad Nacional de Mar del Plata
Buenos Aires, ARGENTINA

**Fernando Andres Peña Cortes**
Universidad Catolica de Temuco
Temuco, CHILE

**Fernando de Sousa**
CEPESE
Porto, PORTUGAL

**Fernando Magalhães**
Instituto da Água
Lisboa, PORTUGAL

**Fernando Rocha**
Universidade de Aveiro
Aveiro, PORTUGAL

**Filipa Oliveira**
Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Lisboa, PORTUGAL

**Flávio Martins**
Universidade do Algarve
Faro, PORTUGAL

**Francisco Barreto Caldas**
Universidade do Porto
Porto, PORTUGAL

**Francisco Sancho**
Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Lisboa, PORTUGAL

**Francisco Taveira Pinto**
Universidade do Porto
Porto, PORTUGAL

**Gecely Rodrigues Alves Rocha**
Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém, PA, BRASIL

**Gilberto Fonseca Barroso**
Universidade Federal do Espírito Santo
Vitoria, ES, BRASIL

**Helena Pato Granja**
Universidade do Minho
Braga, PORTUGAL

**Henk Bouwman**
North-West University
Potchefstroom, SOUTH AFRICA

**Ilana Rosental Zalmon**
Universidade Estadual do Norte Fluminense
Campos dos Goytacazes, RJ, BRASIL

**Iran Carlos Stalliviere Correa**
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Rio Grande, RS, BRASIL

**Isabel Ambar**
Universidade de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL

**J. A. Dias**
CIMA / Universidade do Algarve
Faro, PORTUGAL

**Jacobus Van de Kreeke**
University of Miami
Miami, Fl, U.S.A.

**Jacqueline S. Silva-Cavalcanti**
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Campus Serra Talhada, PE, BRASIL

**Jarbas Bonetti Filho**
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, SC, BRASIL

**João Lencart e Silva**
CESAM
Aveiro, PORTUGAL

**Joao Luiz B. de Carvalho**
Universidade do Vale do Itajaí
Itajaí, SC, BRASIL

**João Luiz Nicolodi**
Universidade Federal do Rio Grande
Rio Grande, RS, BRASIL

**João Miguel Dias**
Universidade de Aveiro
Aveiro, PORTUGAL

**João Thadeu de Menezes**
Universidade do Vale do Itajaí
Itajaí, SC, BRASIL

**João Wagner Alencar Castro**
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL

**Jorge Dinis**
Universidade de Coimbra
Coimbra, PORTUGAL

**José Castro Nunes**
Universidade Federal da Bahia
Salvador, BA, BRASIL

**José A. Jimenez**
Universitat Politècnica de Catalunya
Barcelona, ESPAÑA

**José Antunes do Carmo**
Universidade de Coimbra
Coimbra, PORTUGAL

**José Bonomi Barufi**
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, SC, BRASIL

**José Bonomi Barufi**
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, SC, BRASIL

**José Carlos Costa**
Universidade Técnica de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL

**José Lima de Azevedo**
Universidade Federal do Rio Grande
Rio Grande, RS, BRASIL

**Jose Maria Landim Dominguez**
Universidade Federal da Bahia
Salvador, BA, BRASIL

**Karl Stattegger**
Universität Kiel
Kiel, GERMANY

**Kátia Naomi Kuroshima**
Universidade do Vale do Itajaí
Itajaí, SC, BRASIL

**Lená Medeiros de Menezes**
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL

**Leonel Pereira**
Universidade de Coimbra
Coimbra, PORTUGAL

**Leticia Knechtel Procopiak**
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Curitiba, PR, BRASIL

**Lucia Guimaraes**
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL

**Luciana Slomp Esteves**
London Metropolitan University
London, U.K.

**Luciano Dalla Rosa**
Universidade Federal do Rio Grande
Rio Grande, RS, BRASIL

**Luís Cancela da Fonseca**
Universidade do Algarve / CTA
Faro, PORTUGAL

**Luís Ivens Portela**
Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Lisboa, PORTUGAL

**Luís Menezes Pinheiro**
Universidade de Aveiro
Aveiro, PORTUGAL

**Luísa Schmidt**
Universidade de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL

**Marcus Barroncas Fernandes**
Universidade Federal do Pará
Bragança, PA, BRASIL

**Marcus Polette**
Universidade do Vale do Itajaí
Itajaí, SC, BRASIL

**Margarida Almodôvar**
Instituto da Água
Lisboa, PORTUGAL

**Maria Assunção Araújo**
Universidade do Porto
Porto, PORTUGAL

**Maria Christina B. de Araújo**
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal, RS, BRASIL

**Maria da Conceição Freitas**
Universidade de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL

**Maria Dam**
Environment Agency Research
Traðagøta, FAROE ISLANDS, DENMARK

**Maria José Roxo**
Universidade Nova de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL

**Marinez Scherer**
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, SC, BRASIL

**Mario Cesar Ricci**
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
São José dos Campos, SP, BRASIL

**Mário Gomes Soares**
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL

**Mauricio Cetra**
Universidade Federal de São Carlos
Sorocaba, SP, BRASIL

**Michel Michaeolvitch de Mahiques**
Universidade de São Paulo
São Paulo, SP, BRASIL

**Miguel Henriques**
Instituto de Conservação da Natureza e Biodiversidade
Lisboa, PORTUGAL

**Miguel Lopes**
Wave Energy Centre
Lisboa, PORTUGAL

**Miguel Miranda**
Universidade de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL

**Milton Lafourcade Asmus**
Universidade Federal do Rio Grande
Rio Grande, RS, BRASIL

**Moacyr Cunha de Araujo Filho**
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Carreiros, RS, BRASIL

**Monica Ferreira da Costa**
Universidade Federal de Pernambuco
Recife, PE, BRASIL

**Moyses Gonsalez Tessler**
Universidade de São Paulo
São Paulo, SP, BRASIL

**Natasha Stanton**
Observatório Nacional
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL

**Neli Aparecida de Mello-Théry**
Universidade de São Paulo
São Paulo, SP, BRASIL

**Norberto Olmiro Horn Filho**
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, SC, BRASIL

**Paula Freire**
Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Lisboa, PORTUGAL

**Paulo Alves da Silva**
Universidade de Aveiro
Aveiro, PORTUGAL

**Paulo Antunes Horta Junior**
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, SC, BRASIL

**Paulo da Cunha Lana**
Universidade Federal do Paraná
Pontal do Paraná, PR, BRASIL

**Paulo dos Santos Pires**
Universidade do Vale do Itajaí
Itajaí, SC, BRASIL

**Paulo José Talhadas dos Santos**
Universidade do Porto
Porto, PORTUGAL

**Paulo Maranhão**
Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar
Peniche, PORTUGAL

**Paulo Renato Baganha Baptista**
CESAM
Aveiro, PORTUGAL

**Paulo Roberto Pagliosa Alves**
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, SC, BRASIL

**Pedro de Souza Pereira**
Universidade Federal de Pernambuco
Recife, PE, BRASIL

**Pedro Proença Cunha**
Universidade de Coimbra
Coimbra, PORTUGAL

**Philipe Larroude**
Laboratoire des Ecoulements Géophysiques et Industriels
Grenoble, FRANCE

**Rafael Medeiros Sperb**
Universidade do Vale do Itajaí
Itajaí, SC, BRASIL

**Raimundo A. Lobão de Souza**
Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém, PA, BRASIL

**Ramon Gonzalez**
Universidade de Basel
Basel, SWITZERLAND

**Ricardo Serrão Santos**
Universidade dos Açores
Horta, Açores, PORTUGAL

**Rodolfo José Angulo**
Universidade Federal do Paraná
Curitiba, PR, BRASIL

**Ronaldo Silveira Lobão**
Universidade Federal Fluminense
Niteroi, RJ, BRASIL

**Rosemeri Carvalho Marenzi**
Universidade do Vale do Itajaí
Itajaí, SC, BRASIL

**Rui Taborda**
Universidade de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL

**Sebastião Brás Teixeira**
ARH - Algarve
Faro, PORTUGAL

**Sidnei Raimundo**
Universidade de São Paulo
São Paulo, SP, BRASIL

**Tomasz Boski**
Universidade do Algarve
Faro, PORTUGAL

**Ulisses Miranda Azeiteiro**
Universidade Aberta
Porto, PORTUGAL

**Valeria Laneuville Teixeira**
Universidade Federal Fluminense
Niterói, RJ, BRASIL

**Victor Diaz del Rio**
Instituro Espanhol de Oceanografia
Madrid, ESPANA

**Wagner Costa Ribeiro**
Universidade de São Paulo
São Paulo, SP, BRASIL

**Walter Martin Widmer**
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina
Florianópolis, SC, BRASIL

**Zysman Neiman**
Universidade Federal de São Carlos
Sorocaba, SP, BRASIL

## Avaliadores / Referees
## (2007 - 2010)

**Adriano Bordalo e Sá**
Universidade do Porto - ICBAS
Porto, PORTUGAL

**Alexander Turra**
Universidade de São Paulo
São Paulo, SP, BRASIL

**Allan Williams**
University of Wales
Swansea, U.K.

**Amilcar Carvalho Mendes**
Museu Paraense Emílio Goeldi
Belem, PA, BRASIL

**Ana Vila Concejo**
University of Sydney
Sydney, AUSTRALIA

**Ângela Spengler**
Petrobrás
Macaé, RJ, BRASIL

**Antonio Fontoura Klein**
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, SC, BRASIL

**António Galopim de Carvalho**
Universidade de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL

**Antonio da Silva Luis**
Universidade de Aveiro
Aveiro, PORTUGAL

**Barbara Franz**
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL

**Bruno Miguel Vaz**
Universidade Nova de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL

**Carlos A. Cioce Sampaio**
Universidade Regional de Blumenau
Blumenau, SC, BRASIL

**Carlos A. França Schettini**
Universidade Federal do Ceará /
Fortaleza, CE, BRASIL

**Carlos H.e de Figueiredo Lacerda**
Universidade Federal de Pernambuco
Recife, PE, BRASIL

**Carlos Roberto Soares**
Universidade Federal do Paraná
Pontal do Paraná, PR, BRASIL

**Carlos Vale**
IPIMAR
Lisboa, PORTUGAL

**Charles Moore**
Algalita Marine Research Foundation
Long Beach, CA, USA

**Claudio Gonçalves Egler**
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL

**Clovis B. Castro**
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL

**David Tudor**
Bath Spa University College
Bath,U.K.

**David Valença Dantas**
Universidade Federal de Pernambuco
Recife, PE, BRASIL

**Davide Franco**
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianopolis, SC, BRASIL

**Dieter Muehe**
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL

**Ednilson Viana**
Universidade de São Paulo
São Paulo, SP, BRASIL

**Eduardo Soriano-Sierra**
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, SC, BRASIL

**Elmo Rodrigues da Silva**
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL

**Emanuel Gonçalves**
Instituto Superior de Psicologia Aplicada
Lisboa, PORTUGAL

**Fernando Perna**
Universidade do Algarve
Faro, PORTUGAL

**Fernando Veloso Gomes**
Universidade do Porto
Porto, PORTUGAL

**Filipe de Oliveira Chaves**
Universidade Federal do Espírito Santo
Vitória, ES, BRASIL

**Flávia Guebert**
Universidade Federal de Pernambuco
Recife, PE, BRASIL

**Francisco C. Rocha de Barros Jr**
Universidade Federal da Bahia
Salvador, BA, BRASIL

**Heiko Brunken**
University of Applied Sciences
Bremen, GERMANY

**Helena Freitas**
Universidade de Coimbra
Coimbra, PORTUGAL

**Ildeberto Mota-Oliveira**
Instituto Superior Técnico
Lisboa, PORTUGAL

**Isaac Rodrigues dos Santos**
Southern Cross University
Lismore, AUSTRALIA

**Isabel Neto da Silva Moreira**
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL

**Jáder Onofre de Morais**
Universidade Estadual do Ceará
Fortaleza, CE, BRASIL

**João Carlos Marques**
Universidade de Coimbra
Coimbra, PORTUGAL

**João Pradinho Honrado**
Universidade do Porto
Porto, PORTUGAL

**José Antonio Baptista Neto**
Universidade Federal Fluminense
Niterói, RJ, BRASIL

**José Manuel Pereira Vieira**
Universidade do Minho
Guimarães, PORTUGAL

**Jose Maria de La Rosa**
Instituto Tecnológico e Nuclear
Sacavém, PORTUGAL

**José Ribeiro**
Universidade Aberta
Porto, PORTUGAL

**José Rodolfo Scarati Martins**
Universidade de São Paulo
São Paulo, SP, BRASIL

**José Souto Rosa Filho**
Universidade Federal do Para
Belém, PA, BRASIL

**Juliana A. Ivar do Sul**
Universidade Federal de Pernambuco
Recife, PE, BRASIL

**Karim Erzini**
Universidade do Algarve
Faro, PORTUGAL

**Lauro Julio Calliari**
Universidade Federal do Rio Grande
Carreiros, RS, BRASIL

**Leonel Serrano Gordo**
Universidade de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL

**Luci Cajueiro C. Pereira**
Universidade Federal do Pará
Belém, PA, BRASIL

**Luciano Lorenzi**
Universidade da Região de Joinville
São Francisco do Sul, SC, BRASIL

**Manuel Afonso Dias**
Universidade do Algarve
Faro, PORTUGAL

**Manuel Neves Pereira**
Universidade do Algarve
Faro, PORTUGAL

**Marcelo Sperle Dias**
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL

**Marco Alves**
Wave Energy Centre (WavEC)
Lisboa, PORTUGAL

**Margarida Cardoso da Silva**
Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Lisboa, PORTUGAL

**Maria Ana F. Peixe Dias**
Universidade de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL

**Maria de Fátima Araújo**
Instituto Tecnológico e Nuclear
Lisboa, PORTUGAL

**Maria do Rosário Bastos**
Universidade Aberta
Porto, PORTUGAL

**Maria E. Bruck de Moraes**
Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus, BA, BRASIL

**Maria Inez Pagani**
Universidade Estadual Paulista
Rio Claro, SP, BRASIL

**Maria Jesus Irabien Gulias**
Euskal Herriko Unibertsitatea
Bilbao, ESPAÑA

**Maria José Costa**
Universidade de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL

**Maria Ozilea Bezerra Menezes**
Universidade Federal do Pará
Belém, PA, BRASIL

**Maria Teresa Dinis**
Universidade do Algarve
Faro, PORTUGAL

**Mariana Coutinho Hennemann**
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, SC, BRASIL

**Martin Thiel**
Universidad Catolica del Norte
Coquimbo, CHILE

**Mary J. Donohue**
University of Hawaii
Honolulu, U.S.A.

**Michele Tomoko Sato**
Universidade de São Paulo
São Paulo, SP, BRASIL

**Mônica Pereira Tognella**
Universidade Federal do Espírito Santo
São Mateus, ES, BRASIL

**Naína Pierri Estades**
Universidade Federal do Paraná
Curitiba, PR, BRASIL

**Natalia Hanazaki**
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, SC, BRASIL

**Nelson Gruber**
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, RS, BRASIL

**Óscar Ferreira**
Universidade do Algarve
Faro, PORTUGAL

**Paolo Ciavola**
Università di Ferrara
Ferrara, ITALY

**Paulo Avilez-Valente**
Universidade do Porto
Porto, PORTUGAL

**Paulo Catry**
Instituto Superior de Psicologia Aplicada
Lisboa, PORTUGAL

**Paulo J. Parreira dos Santos**
Universidade Federal do Pernambuco
Recife, PE, BRASIL

**Paulo Pereira**
Universidade Aberta
Porto, PORTUGAL

**Paulo R. Armanini Tagliani**
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Rio Grande, RS, BRASIL

**Pedro Walfir M. Souza Filho**
Universidade Federal do Pará
Belém, PA, BRASIL

**Philip Conrad Scott**
Universidade Santa Úrsula
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL

**Rainer Wehrhahn**
Universidade de Kiel
Kiel, ALEMANHA

**Ricardo Clapis Garla**
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal, RN, BRASIL

**Ricardo Melo**
Universidade de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL

**Richard Thompson**
University of Plymouth
Plymouth, U.K.

**Roberto Sassi**
Universidade Federal da Paraíba
João Pessoa, PB. BRASIL

**Ruy Kenji Papa de Kikuchi**
Universidade Federal da Bahia
Salvador, BA, BRASIL

**Sérgio R. da Silveira Barros**
Universidade Federal Fluminense
Niterói, RJ, BRASIL

**Silvio Soares Macedo**
Universidade de São Paulo
São Paulo, SP, BRASIL

**Yara Mattos**
Universidade Federal de Ouro Preto
Ouro Preto, MG, BRASIL

Revista da Gestão Costeira Integrada 11(4) (2011)
*Journal of Integrated Coastal Zone Management* 11(4) (2011)

# Índice / Index

**Artigos / *Papers***


| | | |
|---|---|---|
| J.S.J. Marques<br>T.P. Rangel<br>F.P. Brito<br>M.G. Almeida<br>M.S.M.B. Salomão<br>A.A.R. Gobo<br>L.P. Souza-Santos<br>C.M.V. Araújo-Castro<br>M.F. Costa<br>C.E. Rezende | 379 | Geoquímica de Metais em Sedimentos da Zona Estuarina do Complexo Industrial Porto de Suape, PE – Brasil<br>*Metal Geochesmistry in Sediments of the Industrial Complex Port of Suape, PE - Brazil* |
| Paulo G. V. Oliveira<br>Diogo Silva de Oliveira<br>Patrícia Barros Pinheiro<br>Fábio H. V. Hazin<br>Felipe C. Carvalho<br>Dráusio P. Veras<br>Maurizélia B. Silva | 389 | Population Structure and Growth of Young Lemon Shark, Negaprion brevirostris (Poey, 1868), at the Atol das Rocas Biological Reserve, Brazil<br>*Estrutura Populacional e Crescimento de Jovens de Tubarão-limão, Negaprion brevirostris (Poey, 1868), na Reserva Biológica do Atol das Rocas, Brasil* |
| M. Muler<br>A.F. Romero<br>P.S. Riedel<br>R.R.C. Perinotto | 397 | Ações de Resposta para Emergência em caso de Derrames de Óleo no Mar e Proposta de Implementação de Sistema de Informação voltado à Sensibilidade Ambiental para o Litoral Sul Paulista, Brasil<br>*Response Actions in Oil Spill Emergency and Implementation of a Geodatabase Focused on Environmental Sensibility - São Paulo's Southern Coast, Brazil* |
| Cristiano Leite Parente<br>Maria Elisabeth de Araújo | 409 | Effectiveness of Monitoring Marine Mammals during Marine Seismic Surveys off Northeast Brazil<br>*Efetividade do Monitoramento de Mamíferos Marinhos durante Prospecções Sísmicas no Nordeste do Brasil* |
| Ismália Cassandra Costa Maia Dias<br>Cristina de Almeida Rocha-Barreira | 421 | Comportamento Morfodinâmico da Praia da Taíba, Nordeste do Brasil<br>*Morphodynamic Behavior of Taíba Beach, Northeast Brazil* |
| Sara Carvalho<br>Ulisses M. Azeiteiro<br>Pablo A. Meira-Cartea | 433 | Equipamentos para a Educação Ambiental na zona costeira da Euroregião do Eixo Atlântico – Das práticas conservacionistas às sociocríticas<br>*Environmental Education Centres in coastal areas of the Euro region Eixo Atlântico – From conservational to socio-critical models and practices* |
| Goia de Mattos Lyra<br>José Marcos de Castro Nunes<br>Priscila Barreto de Jesus<br>Juliana Lima Lázaro<br>José Geraldo de Aquino Assis | 451 | Aspectos ecológicos de Gracilaria Grev. (Gracilariales, Rhodophyta) em uma praia tropical brasileira<br>*Ecological aspects of Gracilaria Grev. (Gracilariales, Rhodophyta) at a Brazilian tropical beach* |

| | | |
|---|---|---|
| L. Portz<br>R.P. Manzolli<br>I.C.S. Corrêa | 459 | Ferramentas de Gestão Ambiental Aplicadas na Zona Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil<br>*Tools for Environmental Management Applied to the Coastal Zone of Rio Grande do Sul, Brazil* |
| R.L. Barcellos<br>C. Coelho-Júnior S.R.R.M. Lins<br>M.S. Silva<br>P.B. Camargo<br>P.E.P.F. Travassos | 471 | Island beaches morphological and sedimentary short term variations – the case of SE Fernando de Noronha Island, South Atlantic, Brazil<br>*Variações sedimentológicas e morfológicas de curta prazo em praias insulares: o caso do SE da ilha de Fernando Noronha, Atlântico Sul, Brasil* |
| Ricardo O'Reilly Vasques<br>Erminda da Conceição Guerreiro Couto | 479 | Percepção dos Pescadores quanto ao estabelecimento do Período de Defeso da Pesca de Arrasto para a Região de Ilhéus (Bahia, Brasil)<br>*The Perception of the Ilhéus Shrimp Fishermen (Bahia, Brazil) Regarding the Shrimp Close Season Establishment* |
| **Nota técnica / *Technical note*** | | |
| Marco Antônio de Lyra Souza | 487 | Recuperação de Praias com o uso do Dissipador de Energia Bagwall no Litoral dos Estados de Alagoas e do Ceará, Brasil<br>*Beach Restoration with the use of Bagwall Energy Dissipators in Coastline the States of Alagoas and Ceará, Brazil* |
| **Comentários / *Comment*** | | |
| Ruy José Válka Alves<br>Nílber Gonçalves da Silva | 491 | Comentário ao livro *"Nos limites da Amazônia Azul – as Ilhas de São Pedro e São Paulo + Trindade"* de A. Marinho, R. Jansen e S. Marinho |
| Roberta Jansen | 493 | Resposta ao comentário ao livro "*Nos limites da Amazônia Azul – as Ilhas de São Pedro e São Paulo + Trindade*" de A. Marinho, R. Jansen e S. Marinho |

Revista da Gestão Costeira Integrada 11(4):379-387 (2011)
*Journal of Integrated Coastal Zone Management* 11(4):379-387 (2011)

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS
UNIVALI
http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-183_Marques.pdf
DOI:10.5894/rgci183
GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA
Journal of Integrated Coastal Zone Management

# Geoquímica de Metais em Sedimentos da Zona Estuarina do Complexo Industrial Porto de Suape, PE - Brasil *

## *Metal Geochesmistry in Sediments of the Industrial Complex Port of Suape, PE - Brazil*

J.S.J. Marques [@,1], T.P. Rangel [1], F.P. Brito [1]; M.G. Almeida [1], M.S.M.B. Salomão [1], A.A.R. Gobo [1], L.P. Souza-Santos [2], C.M.V. Araújo-Castro [2], M.F. Costa [2], C.E. Rezende [1]

**ABSTRACT**

In order to evaluate the spatial pattern for several metals (Fe, Cu, V, Zn, Pb, Cd and Cr) in bottom sediments from Industrial and Harbor Complex of Suape, Brazil, were selected nine sites within the estuarine area. Our work hypothesis is that the harbor's sediments will show the higher concentrations due anthropogenic activities when compared with other natural areas. The spatial variation was smaller than 45%, with no significant differences between stations. The highest heavy metals (Cr, Cu, Mn, Zn and Fe) concentrations were found at Ipojuca River sediments, being this the main river loading particulate metals to the Suape Harbor. The significant correlations observed between metals and, organic matter and Fe and Mn highlight the scavenging role of organic and inorganic (e.g. oxide and hydroxide) as the major geochemical supports for the metal dynamic in this studied area.

**Keywords**: metals, spatial variability, Suape Harbor

***RESUMO***

*Para avaliar o padrão espacial de metais (Fe, Cu, V, Zn, Pb, Cd e Cr) em sedimentos do fundo do Complexo Industrial porto de Suape, no Brasil, foram selecionados nove estações dentro da área estuarina. Nossa hipótese de trabalho é que os sedimentos do porto apresentarão concentrações mais elevadas de metais, devido atividades antrópicas, quando comparado com outras áreas naturais. A variação espacial foi menor do que 45%, sem diferenças significativas entre as estações. Os maiores valores dos metais (Cr, Cu, Mn, Zn e Fe) foram observados nos sedimentos do rio Ipojuca, sendo este o principal responsável pelo carreamento de partículas ricas em metais para o porto de Suape. As correlações significativas observadas entre os metais, matéria orgânica, Fe e Mn destacam o importante papel de arrasto de metais da coluda d`água para o sedimento pelos suportes geoquímicos orgânicos e inorgânicos (óxido e hidróxido), influenciando com isso a dinâmica de metais nesta área estudada.*

***Palavras Chave:*** *metais, variabilidade espacial, Porto de Suape.*

*@ - Autor correspondente: Jomar Marques da Silva Junior jomar.uenf@gmail.com*
*1 - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Biociências e Biotecnologia, Laboratório de Ciências Ambientais, Av. Alberto Lamego 2000, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro, 28.013-620, Brasil*
*2 - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Oceanografia, Av. Arquitetura s/n, Recife, Estado de Pernambuco, 50.670-901, Brasil.*

** Submissão – 5 Janeiro 2010; Avaliação – 20 Março 2010; Recepção da versão revista – 25 Julho 2011; Aceitação: 27 Julho 2011; Disponibilização on-line – 16 Agosto 2011*

## 1. INTRODUÇÃO

A liberação de elementos ou compostos químicos no ambiente como resultado da atividade humana, dependendo da sua forma química, concentrações e condições ambientais podem desempenhar efeitos negativos para os organismos causando problemas de ordem sanitária e desequilíbrio ecológico. Dentre os contaminantes que despertam preocupação estão os metais, já que os mesmos podem ser bioacumulados devido ao seu longo tempo de residência nos diversos ambientes aquáticos (Pellegrini *et al.*, 1999; Wang & Slack, 2000). A poluição por metais difere da poluição orgânica, pois os metais não estão sujeitos a nenhum processo de biodegradação (Clark, 2001). Os metais ocorrem no ambiente aquático sob diversas formas tais como dissolvidos na forma iônica ou ligados aos complexos orgânicos e inorgânicos; associados as partículas com diferentes tamanhos ou pesos moleculares (ex.: colóides inorgânicos ou orgânicos); retidos no sedimento ou incorporados a biota (Salomons & Forstner, 1984).

Muitos estudos em ecossistemas aquáticos têm utilizado os sedimentos de fundo como um compartimento de acumulação de poluentes a partir da coluna d'água (*e.g.*, Jesus *et al.*, 2004) e, portanto, propício para os monitoramentos ambientais, possibilitando ainda o conhecimento das principais fontes de poluição dentro do sistema aquático. Neste sentido, as regiões portuárias, onde existe uma complexa mistura de componentes provenientes das operações navais, industriais, operações de dragagem, e dos aportes fluviais, representam um desafio para estudos acadêmicos aplicados a identificação das possíveis fontes de poluição. Neste sentido, o conhecimento dos níveis de base da região passa a ser um componente fundamental para a gestão destes ambientes costeiros sobre forte pressão da ocupação humana e atividades industriais.

Associadas as características acima, estas regiões, de uma maneira geral, caracterizam-se freqüentemente por uma elevada taxa de sedimentação e, portanto, podem reter importante quantidade de metais nos sedimentos de fundo. Em estuários industrializados, assim como em áreas portuárias, o sedimento normalmente traz como herança um passivo ambiental de metais e outros contaminantes (Schintu & Degetto, 1999). O processo de retenção nesse meio é favorecido pelo ambiente de transição química, caracterizado pelas constantes mudanças de oxigênio dissolvido, pH, força iônica, formação de material particulado inorgânico rico em óxidos e hidróxidos de Fe e Mn e orgânico de diferentes origens (ex.: autóctone ou alóctone), bem como pela floculação da matéria orgânica dissolvida com aglutinação de partículas que promovem mudanças acentuadas na interface entre o continente e o oceano (Salomons & Forstner, 1984; Salomons *et al.*, 1988; Covelli *et al.,* 2007).

O porto de Suape é constituído por instalações portuárias terrestres que estão distribuídas nos municípios de Ipojuca e do Cabo de Santo Agostinho, que se estende desde a foz do rio Ipojuca um ramal ferroviário até a baía de Suape e o rio Massagana. A infraestrutura de proteção da entrada do porto interno corresponde a um molhe de pedras aberto no cordão de arrecifes. O cordão serve como limite entre as duas áreas portuárias, a externa e a interna, com movimentação de carga na faixa de bilhões de toneladas por ano (Chagas, 2003).

Este trabalho tem como objetivo caracterizar a distribuição espacial da concentração total de metais pesados (Al, Fe, Cu, V, Zn, Pb, Cd e Cr) na fração <63µm de sedimentos superficiais do Complexo Industrial Porto de Suape, visando identificar as possíveis zonas de acumulação destes contaminantes assim como oferecer os níveis de referência para os sedimentos superficiais da região, uma vez que, este complexo portuário possui um programa de expansão para suas atividades.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Área de Estudo

O Complexo Industrial Portuário de Suape está localizado no sistema estuarino-lagunar de Suape, entre as latitudes 8º15'00" S e 8º30'00" S e longitudes 34º55'00" W e 35º05'00" W, estendendo-se longitudinalmente a linha da costa, a cerca de 40 km da cidade de Recife, sul do estado de Pernambuco (Figura 1). Possui aproximadamente 135 $km^2$ de extensão e ocupa parte dos municípios de Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca. Apresenta clima tropical quente e úmido, com chuvas de outono-inverno distribuídas de março a agosto e o período seco compreendido entre setembro e fevereiro (Chagas, 2003).

### 2.2 Amostragem

Entre abril de 2005 e janeiro de 2006 foram realizadas 4 campanhas de coletas de sedimentos superficiais e amostradas nove estações situadas dentro da zona estuarina. Estes sedimentos foram coletados por meio de uma draga busca fundo e procurou-se retirar as camadas superficiais contidas entre 0 e 2 cm. Posteriormente, as amostras foram peneiradas, separando-se a fração <63µm, e secas em estufa a 80ºC por 72 horas. Na Figura 1 pode-se visualizar as noves estações de coleta e na Tabela 1 estão indicados os meses de amostragem em cada ponto e as respectivas localizações geográficas.

### 2.3 Carbonato Total

A análise de carbonato total foi realizada em 1g da amostra seca, colocada em tubos de polietileno com tampa em rosca de 50mL. Após esta etapa foi adicionado 20mL de HCl 1M, sendo a amostra homogeneizada e permanecendo em descanso por 12 horas, seguindo a metodologia adaptada de Morozova & Smith (2003). Posteriormente, a amostra foi centrifugada para separação e retirada do sobrenadante e uma nova adição do mesmo volume de HCl 1M foi realizada repetindo-se o mesmo procedimento. Após esta etapa houve adição de 20mL de $H_2O$ ultrapura. A amostra foi novamente homogeneizada e centrifugada, retirando-se o sobrenadante e levando-se à estufa a uma temperatura de 80°C por ~72h. Por fim, pesou-se o tubo e a parte sedimentada, onde a partir da diferença entre o peso inicial e final obteve-se a massa de carbonato. Esse procedimento foi realizado nas amostras referentes ao mês de janeiro de 2006, pois apenas essas possuíam massa suficiente para a realização do procedimento analítico descrito acima. A precisão analítica para este parâmetro esteve acima de 95% entre as triplicatas analíticas.

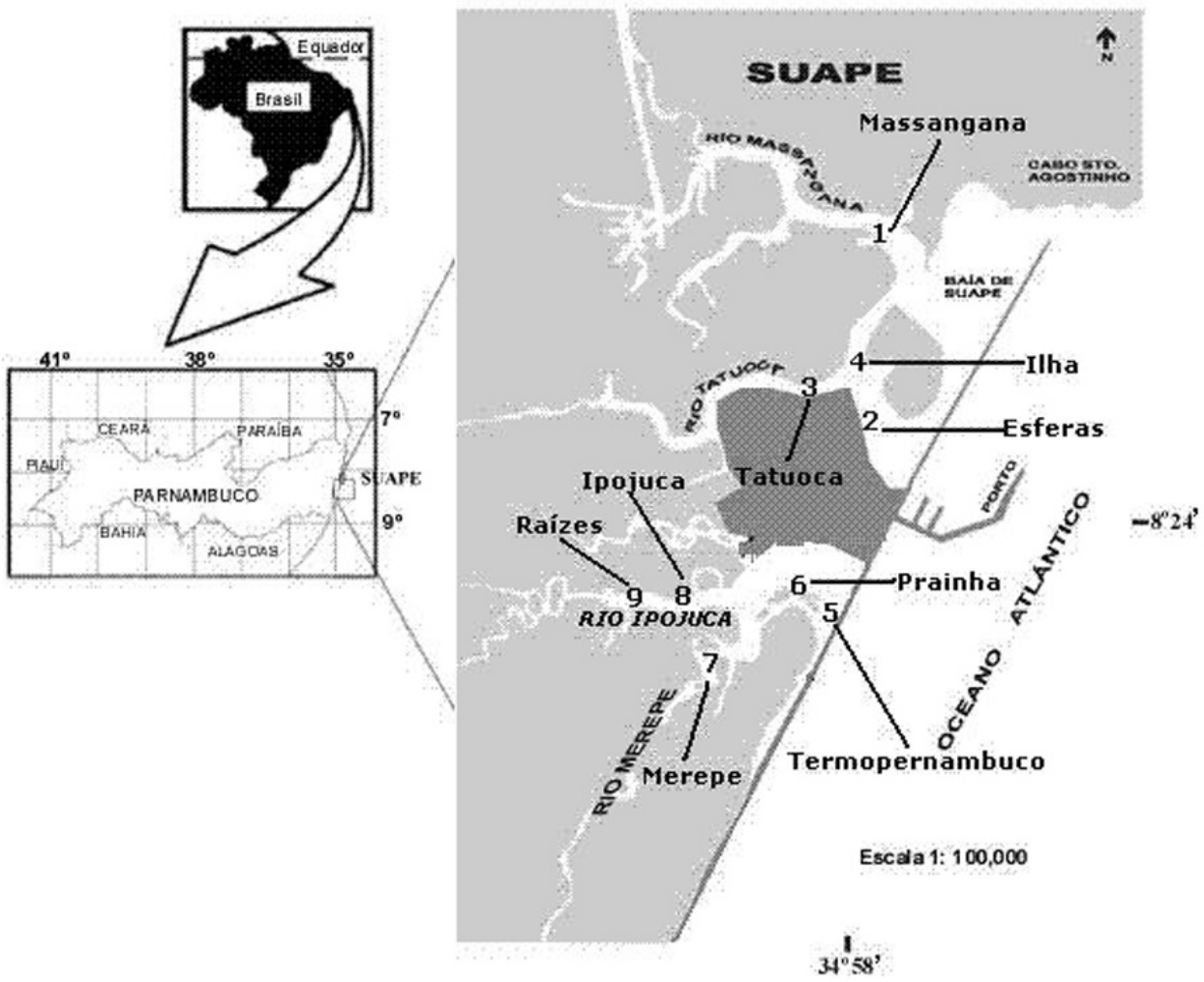


**Figura 1.** Pontos de coleta no Complexo Industrial Portuário de Suape, PE (Fonte: Universidade Federal de Pernambuco – UFPE).
***Figure 1.*** *Sediments sampling locations in the Industrial and Harbor Complex of Suape, PE (Source: Federal University of Pernambuco - UFPE).*

**Tabela 1.** Localização das estações de coleta no Complexo Industrial Porto de Suape e os meses amostrados.
***Table 1.*** *Sediments sampling locations in the Industrial and Harbor Complex of Suape and the sampling dates.*

| Estações de Amostragem | Meses amostrados | Latitude | Longitude |
|---|---|---|---|
| 01 - rio Massagana | Abril, agosto, setembro e janeiro | 8º21'38"S | 34º57'48"W |
| 02 – Esferas | Abril, agosto, setembro e janeiro | 8º23'15"S | 34º58'18"W |
| 03 - rio Tatuoca | Abril, agosto, setembro e janeiro | 8º22'57"S | 34º58'50"W |
| 04 – Ilha | Abril, agosto, setembro e janeiro | 8º22'48"S | 34º58'01"W |
| 05 – Termopernanbuco | Agosto, outubro e janeiro | 8º24'20"S | 34º58'20"W |
| 06 – Prainha | Abril, outubro e janeiro | 8º24'32"S | 34º58'36"W |
| 07 - rio Merepe | Abril, agosto, setembro e janeiro | 8º25'06"S | 34º59'05"W |
| 08 - rio Ipojuca | Abril, outubro e janeiro | 8º24'38"S | 34º59'04"W |
| 09 – Raízes | Agosto e janeiro | 8º24'37"S | 34º59'05"W |

## 2.4 Matéria Orgânica

A matéria orgânica (Morg) foi determinada por gravimetria a partir de 1g de amostra. As amostras foram levadas a mufla a 350ºC por 4 horas. A partir da subtração dos pesos iniciais pelos finais calculou-se o teor de matéria orgânica, sendo os resultados expressos em percentual, seguindo metodologia adaptada de Jolivet *et al.*, (1998). A precisão analítica para este parâmetro esteve acima de 95% entre as triplicatas.

## 2.5 Procedimento para Análises dos Metais

Cerca de 0,3 g de amostra seca foi pesada e transferida para bombas de teflon em mistura de ácido (7mL de $HNO_3$, 6 mL de HF e 3mL de HCl). As bombas de teflon foram levadas ao bloco digestor a 130ºC por 12 horas e após esta etapa foi adicionado 7mL de água régia (HCl:$HNO_3$, 3:1) sendo novamente fechadas e mantidas no bloco digestor por mais 12 horas a mesma temperatura (130ºC). As amostras tiveram seu volume reduzido quase a secura total e retomadas com 10mL de $HNO_3$ 0,5N. O extrato final foi filtrado em papel Whatman 42 e aferido a 25mL com $HNO_3$ 0,5N (Pozebon *et al.,* 2004). A determinação dos metais foi realizada no ICP – AES (Varian Liberty Series II).

Com o objetivo de monitorar a precisão do método analítico, as amostras foram analisadas em triplicata, considerando-se os valores médios aceitáveis, sendo o coeficiente de variação entre as réplicas inferior a 10%. A cada 12 triplicatas houve o acompanhamento de três controles analíticos, com a finalidade de detectar impurezas dos reagentes ou sinais de contaminação externa. Para exatidão da abertura das amostras foram analisadas alíquotas do padrão certificado Estuarine Sediment (NIST 1646), com os resultados indicando uma recuperação satisfatória (Al= 103%; Cu= 100%; Zn= 94%; Mn= 92%; Pb= 92%; Fe= 91%; Cr= 91%; Cd= 91%; e V= 90%).

As análises estatísticas foram realizadas através do programa *Statistica for Windows* 5.0. Como as amostras não são independentes entre si foi utilizada a análise de variância não paramétrica (teste de Kruskal-Wallis) com o intuito de verificar a variabilidade espacial dos metais no sedimento das estações, e correlação não paramétrica de Spearman ($r_s$), para verificar as possíveis relações entre os metais estudados e a matéria orgânica.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do teor de carbonato total nos sedimentos amostrados no mês de Janeiro de 2006 estão apresentados na Figura 2. Os teores mais baixos foram encontrados nas estações localizadas nos rios Merepe (14%), Ipojuca (17%) e Tatuoca (19%), estações 7, 3 e 9, respectivamente. Nas estações 2 e 4, localizadas no porto interno, os teores variaram entre 20 – 40%. Nas estações 5 e 6, localizadas no estuário externo dos rios Merepe e Ipojuca, os teores variaram entre 28 – 49%. A estação 8 localizada no rio Ipojuca mais próxima do estuário, apresentou 20%, enquanto a estação 1, localizada na desembocadura do rio Massagana, mostrou o maior teor de carbonato total (50).

As médias entre os meses na determinação do teor de matéria orgânica (Morg) estão apresentadas na Figura 3. A concentração média da Morg para a região estudada foi de

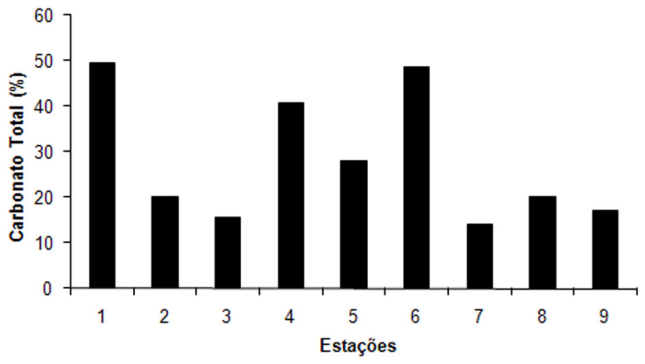


**Figura 2.** Teor de Carbonato nos sedimentos do Complexo industrial Portuário de Suape .
***Figure 2.*** *Carbonate concentrations in the sediments of the Industrial and Harbor Complex of Suape showed in January of 2006.*

~8±2%. As menores concentrações foram registrados nas estações 5 e 6, localizadas no estuário formado pelos rios Ipojuca e Merepe, enquanto as maiores concentrações da Morg ocorreram na estação 8 (15%), localizada próxima ao manguezal do rio Ipojuca. Na estação 9, também localizada próxima ao manguezal do rio Ipojuca foi encontrado 10% de Morg como resultado da influência do manguezal. Outra estação que chama atenção pelas suas concentrações de Morg (11%) é a estação 2. Esta estação está localizada no porto interno próximo a área industrial do Porto de Suape e esta concentração representa um reflexo das atividades locais relacionadas a área portuária como descargas de esgoto não tratado (Chagas 2003). As demais estações (1, 3, 4, 5, 6 e 7) apresentaram concentrações de Morg inferiores a 10%. A faixa de concentração de Morg do presente estudo (2 – 14%) foi inferior em relação a faixa observada por Chen *et al.* (2007) no porto de Kaohsiung, Taiwan (1 – 20%) e também inferior a faixa observado por Caplat *et al.* (2005) no porto de Bessin, França (5-10%).

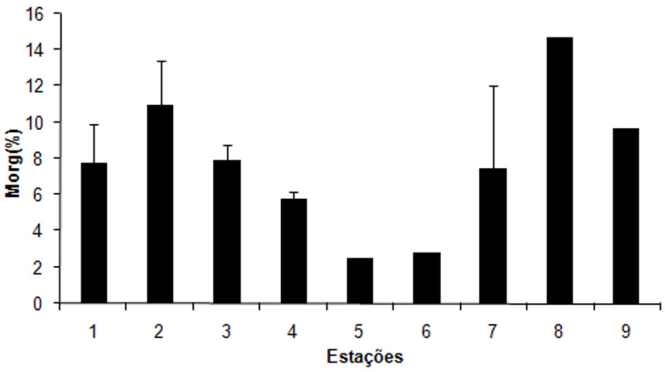


**Figura 3.** Teor de matéria orgânica nos sedimentos do Complexo Industrial Portuário de Suape.
***Figure 3.*** *Organic matter concentrations in the sediments of the Industrial and Harbor Complex of Suape.*

Os resultados apresentados das concentrações de metais são referentes às médias obtidas nos diferentes meses de amostragem (Tabela 2). Quando libertados do sedimento para água, Chumbo e Cádmio são metais com alto potencial de toxidez sobre os organismos de habitats poluídos (Schintu & Degetto, 1999). No entanto, as concentrações destes dois elementos nas amostras estudadas ficaram abaixo do limite de detecção do método (0,2 µg/g de peso seco) para ambos os metais. Já as concentrações médias para região seguem a seguinte tendência decrescente: Fe > Al > V > Mn > Zn > Cr > Cu > Pb ~ Cd (Tabela 2). Através da análise de variância (Kruskal-Wallis) pode-se observar que os metais analisados não apresentam diferenças espaciais significativas (p>0,05), apresentando uma baixa variabilidade espacial (CV < 45%) (Tabela 2).

Nas estações 8 e 9 observa-se as maiores concentrações de Cr, Cu, Mn, Zn, Fe e Al. Estas estações estão localizadas nas proximidades do manguezal do rio Ipojuca, que desemboca ao sul do Porto de Suape. Os sedimentos de manguezais possuem elevada capacidade de acumular metais por possuírem alto teor de matéria orgânica (15% na estação 8 e 10% na estação 9), sedimentos finos e ambiente anóxico ou sub-anóxico devido a sulfato redução (Silva *et al.*, 1990). Em seu percurso, o rio Ipojuca banha várias cidades dentre as quais se destacam Belo Jardim, São Caetano, Caruaru, Bezerros e Gravatá (no Agreste), Escada e Ipojuca (na Zona da Mata), recebendo elevada carga de poluentes de atividades agroindustriais que ocupam grande parte da sua bacia de drenagem, incrementando o aporte dos metais citados (CPRH, 2003). Segundo Carmo *et al.*, (2003), a ausência de mata ciliar é um fator importante na contaminação por metais em rios, uma vez que atua como barreira no escoamento superficial da água que arrasta elementos oriundos de áreas agrícolas e urbanas.

A estação 2, localizada no porto interno, apresentou a maior concentração de V (75µg/g). Este metal tem sido descrito em vários estudos por estar relacionado com a poluição ambiental oriunda da atividade petrolífera e, sendo encontrado em diferentes estados de oxidação (Hernádes-García & Fernándes-Ruiz, 2002). No entanto, a maior concentração de V observada no presente estudo se encontra dentro de teores normais para solos e sedimentos.

A estação 7, localizada no rio Merepe, foi a que apresentou maior concentração de Al (2,2%) e concentrações intermediárias dos outros metais. Esse rio não possui histórico de poluição oriunda da sua bacia de drenagem e, portanto, os elementos são oriundos de fontes alóctones naturais da região. Molisani *et al.* (1999) em estudos no rio Paraíba do Sul, norte do estado do Rio de Janeiro descrevem processo similar para algumas regiões da bacia de drenagem deste importante recurso hídrico regional. A maior parte do curso do rio Merepe apresenta-se paralela a linha da costa, até formar um extenso manguezal na desembocadura, onde se encontra com o rio Ipojuca, desaguando juntos ao Sul do

**Tabela 2.** Concentração total de metais (média±desvio padrão) em sedimentos do Complexo Industrial Portuário de Suape, sendo Al e Fe expressos em % e os demais metais em µg/g.
***Table 2.*** *Total concentration of metals (mean ± standard deviation) in sediments of the Industrial and Harbor Complex of Suape, being Al and Fe are expressed in% and other metals in µg/g.*

| Estações | Nº | Cr | Cu | Mn | V | Zn | Fe | Al |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **4** | 22±8,4 | 8±3,9 | 22±9,0 | 50±19,1 | 27±22,6 | 0,9±0,3 | 0,6±0,8 |
| **2** | **4** | 32±6,6 | 11±3,1 | 29±8,6 | 75±11,9 | 32±10,1 | 1,2±0,3 | 1,1±0,8 |
| **3** | **4** | 18±10,9 | 7±7,2 | 31±10,4 | 45±23,3 | 30±22,6 | 1,0±0,7 | 0,9±0,7 |
| **4** | **4** | 27±11,7 | 11±5,2 | 45±26,8 | 69±24,8 | 47±15,5 | 1,3±0,8 | 1,5±1,0 |
| **5** | **3** | 17±18,2 | 10±8,0 | 54±31,0 | 40±38,1 | 39±42,6 | 0,9±0,7 | 0,8±0,7 |
| **6** | **3** | 18±11,3 | 7±4,5 | 58±15,0 | 46±39,6 | 35±21,1 | 0,9±0,4 | 1,0±1,1 |
| **7** | **4** | 24±18,0 | 13±8,9 | 48±24,0 | 51±40,4 | 44±34,6 | 1,8±1,6 | 2,2±1,8 |
| **8** | **3** | 36±17,9 | 17±5,9 | 74±40,4 | 67±22,4 | 48±15,8 | 1,9±0,8 | 2,1±1,0 |
| **9** | **2** | 33±13,5 | 16±9,7 | 87±71,9 | 70±38,1 | 69±22,6 | 2,0±1,4 | 1,7±1,8 |
| **Média** | | 25 | 11 | 50 | 57 | 41 | 1,3 | 1,2 |
| **DP** | | 7,1 | 3,7 | 21 | 13 | 13 | 0,5 | 0,5 |
| **CV** | | 27 | 33 | 42 | 23 | 31 | 35 | 45 |
| **Máximo** | | 36 | 17 | 87 | 75 | 69 | 2 | 2,2 |
| **Mínimo** | | 17 | 7 | 22 | 40 | 27 | 0,9 | 0,6 |

DP= Desvio Padrão. CV= Coeficiente de Variação.

Porto de Suape (CPRH, 2003). Comparando-se os dados do presente estudo com os resultados obtidos por Jesus *et al.*, (2004) para o estuário dos rios Santa Maria e Bubu, que deságuam na baía de Vitória, estado do Espírito Santo, a concentração de Al apresentou-se inferior (8,6%), porém esta região é mais enriquecida em carbonatos o que promove uma diluição na concentração dos elementos analisados.

A estação 3 localizada na desembocadura do rio Tatuoca próxima a região industrial portuária, apresentou baixas concentrações de Cr: 18 µg/g; Cu: 7 µg/g e Zn: 30 µg/g, e valores intermediários para os demais metais analisados (Mn: 31 µg/g ; Fe: 1,0% e Al: 0,9%). Comparado com dados obtidos por DePaula & Mozeto, (2001) (Cr: 7-19 µg/g; Cu: 10-26 µg/g ; Mn: 96-196 µg/g; Zn: 100-142 µg/g; Fe: 4,3-6,9% e Al: 2,8-4,9%) em estudo realizado no rio Capivari (Ilha Grande, RJ), área utilizada como referência para estudos regionais, com exceção do Cr que apresentou valor próximo ao máximo obtido no mesmo estudo, os demais metais apresentaram concentrações abaixo do mínimo encontrado no rio Capivari. Com isso podemos dizer que o rio Tatuoca pode ser considerado, ainda, como um ambiente não contaminado para metais e visto como referência para estudos regionais.

A estação 4, localizada no porto interno próximo a baía de Suape, apresentou concentrações intermediárias dos metais estudados, indicando pouca influência industrial nas suas concentrações. Comparando-se os resultados obtidos neste estudo com o realizado por Jesus *et al.*, (2004), para a baía de Vitória, observa-se que este último apresenta valores superiores para Cr: 62 µg/g; Cu: 119 µg/g; Mn: 477 µg/g; Zn: 335 µg/g; Fe: 5,2% e Al: 9,4%. Houve grande diferença entre as concentrações dos metais, em especial Al e Fe, que se esperava serem mais elevadas na baía de Vitória devido à exportação de minério pelo Porto de Tubarão.

As estações 5 e 6, localizadas no estuário formado pelos rios Ipojuca e Merepe foram os limites mínimos para as concentrações de Fe, na estação 5 de Cr e V, e na estação 6 para o Cu. A diminuição entre as concentrações dos metais nas estações do rio Ipojuca e nas estações localizadas na região mais externa do seu estuário pode ser explicada pelo efeito da diluição por sedimentos marinhos enriquecidos em carbonato, principalmente quando comparados com sedimentos fluviais (DePaula & Mozeto, 2001). A estação 1, localizada na desembocadura do rio Massagana, baía de Suape, apresentou as menores concentrações de Mn, Zn e Al em relação aos outros pontos, e foi a estação que apresentou o maior teor de carbonato (50%).

No presente estudo, observou-se correlações positivas significativas entre a maioria dos metais (n= 9, $p$<0,01) exceto entre os elementos Cr e Mn ($r_s$= 0,285) e Mn e V ($r_s$= 0,050). Foram observadas também correlações positivas significativas entre a matéria orgânica com o Cr, Cu, V e o Fe (n= 9, $p$<0,05), (Tabela 3). Estas correlações são atribuídas às mesmas fontes, tais como aportes continentais da região conforme sugerido por Baptista Neto *et al.* (2000) para uma área dentro da Baía de Guanabara. A falta de correlação entre o Mn e a Morg é atribuída a mudanças do potencial redox do meio, que pode estar causando uma possível remobilização pós-deposicional devido a característica redox sensível do Mn (Salomons & Förstner, 1984).

A forte correlação do Fe com Cr, Cu, Mn, V e Zn também é atribuída a co-precipitação destes metais com óxidos-hidróxidos de Fe, apresentando este elemento como importante suporte geoquímico dos metais supracitados, mesmo o teste sendo realizado com as contrações dos metais normalizadas pelo Al, a maioria dos metais apresentaram correlação entre si. Esta associação tem sido descrita por outros autores para várias regiões marinhas que situam os óxidos-hidróxidos de Fe, Al e Mn como importantes suportes geoquímicos para estas regiões de interface entre o continente e o oceano, onde várias transformações ocorrem, como exemplo a formação de minerais autigênicos (ex. pirita), assim como alterações diárias nas condições físico-químicas do ambiente (ex. força iônica e potencial redox),

**Tabela 3.** Matriz de correlação (Spearman) entre os metais estudados e a matéria orgânica no Complexo Industrial Portuário de Suape.
***Table 3.*** *Matrix of correlation (Spearman) between studied metals and the organic matter in the Industrial and Harbor Complex of Suape.*

| | Cr | Cu | Mn | V | Zn | Fe | Al | MO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Cr** | 1,000 | | | | | | | |
| **Cu** | **0,750*** | 1,000 | | | | | | |
| **Mn** | 0,371 | **0,515*** | 1,000 | | | | | |
| **V** | **0,890*** | **0,721*** | 0,359 | 1,000 | | | | |
| **Zn** | **0,777*** | **0,764*** | **0,594*** | **0,747*** | 1,000 | | | |
| **Fe** | **0,816*** | **0,796*** | **0,544*** | **0,832*** | **0,778*** | 1,000 | | |
| **Al** | 0,317 | **0,563*** | **0,554*** | **0,446*** | **0,467*** | **0,587*** | 1,000 | |
| **MO** | **0,677#** | 0,365 | 0,184 | **0,609#** | 0,336 | **0,503#** | 0,440 | 1,000 |

*P<0,01 # P<0,05

(Carvalho & Lacerda, 1992; Jesus *et al.*, 2004). Da mesma forma, as correlações entre a matéria orgânica e Cr, Cu, V e Fe representam a importância dos compostos orgânicos como suportes geoquímicos para estes elementos (Salomons & Forstner, 1984; Baptista Neto *et al.*, 2000).

A Tabela 4 lista alguns portos brasileiros e de outros países. Na maioria das regiões estudadas usou-se a fração silte mais argila (<63µm) por questões de normalização granulométrica, e porque é a fração geoquimicamente importante na acumulação de metais e outros poluentes, devido a maior área superficial. O Porto de Suape apresentou as menores concentrações de metais em relação a todos os portos comparados (tabela 4), este fato pode ser atribuído ao menor tempo de funcionamento, tendo suas atividades portuárias iniciadas em 1986 e as suas atividades industriais por volta de 1991, e provavelmente devido ao tipo de material transportado por este porto como, por exemplo, cereais e combustíveis. Este porto é influenciado por industriais alimentícias, petroquímicas, beneficiamento de alumínio, embalagens plásticas, cimento, estaleiro, entre outros.

No Porto de Portovesme (Itália), ocorrem altos valores de Cu, Mn, V, Zn e Al (fração <74µm), tal fato pode ser atribuído a uma alta atividade de mineração, escoamento superficial de áreas de mineração, fundição de ligas de Zn e utilização do carvão para geração de energia. Tendo ainda como contribuinte a deposição de poeira atmosférica gerada no processo de embarcação e desembarcação de minérios. Neste porto as atividades industriais iniciaram-se a partir de 1960 (Schintu *et al.*, 1999).

No Porto de Kembla um porto localizado na costa leste da Austrália ocorrem altos valores de Cr, Cu e Zn (fração <63µm). Tais valores estão relacionados à proximidade com a maior indústria de aço da Austrália, sendo influenciado pela contribuição de indústrias de fundição de Cu e produção de fertilizantes. Nos anos 70 já havia indícios de poluição ambiental pelas indústrias localizadas ao redor deste porto. Este porto é considerado o nono maior porto do país com a média de 25 milhões de toneladas de cargas movidas anualmente, com fluxo de aproximadamente de 1300 embarcações (Zhijia *et al.*, 2001).

O Porto de Kaohsiung (Taiwan) apresentou altos valores de Cr, Cu e Zn (fração <63µm). Este é influenciado pela descarga de quatro grandes rios (Rio Lover, Rio Canon, Rio Jen-Gen e Rio Salt) que cortam a maior metrópole industrial de Taiwan, Kaohsiung. Atualmente mais de 70% das descargas domésticas sem tratamento são liberadas nos rios. Contribuindo com a alta carga de poluição estão incluídas indústrias químicas de tintas, fundição de metal, automotivas, entre outras, localizadas ao redor da cidade (Chen *et al.*, 2007).

Comparado ao Porto do Rio de Janeiro, o Porto de Suape apresentou menores concentrações de metais pesados (fração <2mm). Isso pode ser atribuído ao maior tempo de operação do Porto do Rio de Janeiro. Adicionado a este fato, a bacia de drenagem da baía de Guanabara se estende por 4.080km$^2$ e nela deságuam 45 rios sendo os mais importantes os rios Macacu, Guapimirim, Iguaçu, São João de Meriti e Irajá, sendo juntos responsáveis por mais de 85% do escoamento

**Tabela 4.** Comparação das concentrações dos elementos estudados na fração total com outros trabalhos relacionados na literatura. Al e Fe em % e os demais em µg/g.
***Table 4.*** *Comparison of the concentrations of the elements studied in the total fraction with other works related in literature. Al and Fe in % and the others metals in µg/g.*

| Áreas | Cr | Cu | Mn | V | Zn | Fe | Al | Autores |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Porto de Portovesme (Itália)** | x | x | 3770 | 700 | 219 | 6,9 | 20 | **Schintu, *et al.*, (1999)** |
| **Porto Kembla (Austrália/1993)** | 203 | 1468 | x | x | 1290 | x | X | **Zhijia *et al.*, (2001)** |
| **Porto de Kaohsiung, Taiwan** | 142 | 118 | x | x | 636 | x | 3,7 | **Chiu-Wen-Chen *et al.*, (2007)** |
| **Porto do Rio de Janeiro (BR)** | 51 | 129 | 173 | x | 442 | 2,9 | 4,5 | **Souza, (2006)** |
| **Vitória (Brasil)** | 89 | 61 | 246 | x | 180 | 4,8 | 8,4 | **Jesus *et al.*, (2004)** |
| **Porto de Suape** | 13 | 3 | 37 | x | 15 | x | X | **Chagas, (2003)** |
| **Porto de Suape** | 25 | 11 | 49 | 57 | 41 | 1,3 | 1,2 | **Este estudo (2008)** |

total (Kjerfve *et al.,* 1997). Além disso, a baía de Guanabara possui fontes que elevam sua concentração de metais por concentrar a segunda maior área industrial do país, com aproximadamente 14.000 estabelecimentos indústrias, diversos estaleiros, duas refinarias de petróleo, mais de mil postos de combustíveis, entre outros (Souza, 2006).

As concentrações dos metais do Porto de Suape se apresentaram inferiores em comparação com as do Porto de Vitória (fração <63µm). O aporte de metais para o sistema estuarino de Vitória é devido a diversas atividades industriais e ocupação habitacional da região da Grande Vitória. (Jesus *et al*., 2004). Segundo o mesmo autor, a inexistência de um cadastro industrial atualizado inviabiliza a determinação qualitativa e quantitativa das cargas, e a caracterização dos efluentes. Aliás, este é um aspecto corriqueiro nas mais variadas questões ambientais, onde observamos a ocorrência de vários acidentes sem que exista uma clara exposição da composição dos efluentes e, portanto, comprometendo ações imediatas para mitigação e monitoramento das áreas de influência direta e indireta destes despejos sejam acidentais ou não.

Chagas (2003), investigando o mesmo porto e utilizando também a fração <63um para determinação de metais totais, encontrou concentrações inferiores às registradas pelo presente estudo. Algumas hipóteses podem ser levantadas para explicar tal diferença: aumento das atividades industriais portuárias da ordem de 80% devido ao número de indústrias operantes nos últimos anos e, portanto, contribuindo com aumento da carga de poluentes; diferenças nas amostragens, já que as maiores concentrações médias das maiorias dos metais deste estudo ocorreram nas estações próximas ao manguezal do rio Ipojuca (Tabela 2, estações 8 e 9), região esta não estudada por Chagas (2003). Nos dois estudos foram utilizadas as concentrações totais de metais na fração <63µm, mas os resultados não foram similares e desta forma acreditamos que as mudanças nas características sedimentares, tais como precisão no posicionamento da estação assim como as atividades de dragagem que geralmente são realizadas em áreas portuárias, tenha afetado os resultados finais.

## CONCLUSÕES

Não existe uma distribuição espacial marcada onde possamos identificar áreas preferenciais de deposição e as concentrações médias dos metais estudados do Porto de Suape, quando comparadas com portos do mundo sujeitos a impactos semelhantes, são inferiores no presente estudo, o que atribuímos ao menor tempo de funcionamento do Porto de Suape em relação aos outros portos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Ciências Ambientais do Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense pela disponibilidade da infra-estrutura e aos revisores que contribuíram para a versão final deste artigo. C.E. Rezende recebe apoio financeiro CNPq (Nº 304.615/2010-2) e FAPERJ (Nº E-26/102.697/2008). Este estudo recebeu apoio financeiro do Projeto complementar da sub-rede RELINE da rede RECUPETRO, edital CTPETRO CNPq-FINEP 03/2001.

## BIBLIOGRAFIA

Baptista Neto, J.A.; Smith, B.J.; Mcallister, J.J. (2000) - Heavy metal concentrations in surface sediments in a nearshore environment, Jurujuba Sound, Southeast Brazil. *Environmental Pollution*, 109(1):1-9. DOI:10.1016/S0269-7491(99)00233-X.

Caplat, C.; Texier, H.; Barillier, D.; Lelievre, C. (2005). Heavy metals mobility in harbour contaminated sediments: The case of Port-en-Bessin. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 50(5):504-511. DOI:10.1016/j.marpolbul.2004.08.004.

Carmo, M.S.; Boaventura, G.R.; Angélica, R.S. (2003) - Estudo geoquímico de sedimentos de corrente da bacia hidrográfica do Rio Descoberto (BHRD), Brasília/DF. *Geochimica Brasiliensis* (ISSN: 0102-9800), 17:106-120. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Carvalho, C.E.V.; Lacerda, L.D. (1992) - Heavy Metals in Guanabara Bay biota: Why such low concentrations? *Ciência e Cultura* (ISSN 0009-6725), 44:148–186, Campinas, SP, Brasil.

Chagas, A.C.O. (2003) - *Níveis de metais pesados e hidrocarbonetos em sedimentos do Complexo Industrial Portuário de Suape – PE – Brasil*. Dissertação de Mestrado, 80 p., Universidade Federal de Pernambuco, Disponível em http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/niveis-metais-pesados-hidrocarbonetos-em-sedimentos-do-complexo-industrial-portuario/id/28788801.html.

Chen, Chiu-Wen; Kao, Chih Ming; Chen, Chih-Feng; Dong, Cheng-Di (2007) - Distribution and accumulation of heavy metals in the sediments of Kaohsiung Harbor, Taiwan. *Chemosphere,* 66(8):1431–1440. DOI:10.1016/j.chemosphere.2006.09.030.

Clark, R.B. (2001) - *Marine Pollution*. 248p., Oxford University Press, New York, NY, USA. ISBN: 0198542631.

Covelli, S.; Piani, R.; Acquavita, A.; Predonzani, S.; Faganeli, J. (2007) - Transport and dispersion of particulate Hg associated with a river plume in coastal Northern Adriatic environments. *Marine Pollution Bulletin*, 55(10-12):436-450. DOI:10.1016/j.marpolbul.2007.09.006.

CPRH (2003) - *Diagnóstico Socioambiental do Litoral Sul de Pernambuco*. 87p, Companhia Pernambucana do Meio Ambiente (CPRH), Recife, PE, Brasil.

DePaula, F.C.F; Mozeto, A.A. (2001) - Biochemical evaluation of trace elements in a pristine watershed in the Brazilian southeastern coastal region. *Applied Geochemistry,* 16(9-10):1139-1151. DOI:10.1016/S0883-2927(00)00084-6.

Hernández-García, M.E., Fernández-Ruiz, L. (2002) - Presencia de arsênico de origen natural en las aguas subterráneas del acuífero detrítico del Terciario de Madrid. *Boletín Geológico y Minero* (ISSN: 0366-0176), 113(2):119–129. http://www.igme.es/internet/Boletin/2002/113_2_2002/ARTICULO PRESENCIA DE ARSEN.pdf

Jesus, H.C.; Costa, E.A.; Mendonça, A.S.F.; Zandonade, E. (2004) - Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino de Vitória-ES. *Química Nova* (ISSN

0100-4042), 27(2):378-386, São Paulo, SP, Brasil. http://www.scielo.br/pdf/qn/v27n3/20162.pdf

Jolivet, C.; Arrouays, D. & Bernoux, M. (1998) - Comparison between analytical methods for organic carbon and organic matter determination in sandy spodosols of France. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 29(15-16):227-233. DOI:10.1080/00103629809370106.

Kjerfve, B.; Ribeiro, C.A.; Dias, G.T.M.; Filippo, A.; Quaresma, V.S. (1997) – Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. *Continental Shelf Reseach*, 17(13):1609–1643. DOI:10.1016/S0278-4343(97)00028-9.

Molisani, M.M.; Salomão, M.S.M.B.; Ovalle, A.R.C.; Rezende, C.E.; Lacerda, L.D.; Carvalho, C.E.V. (1999) – Heavy Metals in sediments of the low Paraíba do Sul River and Estuary, R.J., Brazil. *Bulletin of Environmental Contamination & Toxicology*, 63(5):682-690. DOI:10.1007/s001289901034.

Morozova, G.S.; Smith, N.D. (2003) - Organic matter deposition in the Saskatchewan river floodplain (Cumberland Marshes, Canadá): Effects of progradational avulsions. *Sedimentary Geology,* 157(1-2):15-29. DOI:10.1016/S0037-0738(02)00192-6.

Pellegrini, D.; Ausili, A.; Onorati, F.; Gabellini, M.; Bigongiari, N.; De Ranieri, S. (1999) - Characterisation of harbour and coastal sediments: specific destinations of dredged material. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 2(4):455-464. DOI:10.1016/S1463-4988(99)00044-5

Pozebon, D.; Lima, E. C.; Maia, S. M. & Fachel, J. M. G. (2004) - Heavy metals contribution of non-aquous fluids used in offshore oil drilling. *Fuel,* 84(1):53-61. DOI:10.1016/j.fuel.2004.08.002.

Salomons, W., Schwedhelm, E., Schoer, J., Knauth, H. (1988) - Natural tracers to determine the origin of sediments and suspended matter from the Elbe Estuary. *Water Science Technology*, 20(6-7):89-102. http://www.iwaponline.com/wst/02006/wst020060089.htm

Salomons, W.; Förstner, U. (1984) - *Metals in the Hydrocycle.* 349p., Spring Verlag, Berlin, Alemanha. ISBN: 0387127550.

Schintu, M.; Degetto, S. (1999) - Sedimentary records of heavy metal in the industrial harbor of Portovesme, Sardinia (Italy). *The Science of the Total Environment,* 241(1-3):129-141. DOI:10.1016/S0048-9697(99)00336-8.

Silva, C.A.R.; Lacerda, L.D.; Rezende, C.E., (1990) - Metals reservoir in a red mangrove forest. *Biotropica* (ISSN: 0006-3606), 22(4):339–345.

Souza, R.P. (2006) - Distribuição de metais pesados em sedimentos da Baía de Guanabara (Rio de Janeiro). Dissertação de Mestrado, 90 p., Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

Wang, J.J.; Slack, B. (2000) - The evolution of a regional container port system the Pearl River Delta. *Journal of Transport Geography*, 8(4):263-275. DOI:10.1016/S0966-6923(00)00013-2

Zhijia, H.E.; Morrison, R.J. (2001) - Changes in the Marine Environment of Port Kembla Harbour , NSW, Australia, 1975-1995. *Marine Pollution Bulletin,* 42(3):193-201. DOI:10.1016/S0025-326X(00)00142-9.

Revista da Gestão Costeira Integrada 11(4):389-395 (2011)
*Journal of Integrated Coastal Zone Management* 11(4):389-395 (2011)

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS
UNIVALI
http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-236_Oliveira.pdf
DOI:10.5894/rgci236
GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA
Journal of Integrated Coastal Zone Management

# Population Structure and Growth of Young Lemon Shark, Negaprion brevirostris (Poey, 1868), at the Atol das Rocas Biological Reserve, Brazil *

## *Estrutura Populacional e Crescimento de Jovens de Tubarão-limão, Negaprion brevirostris (Poey, 1868), na Reserva Biológica do Atol das Rocas, Brasil*

Paulo G. V. Oliveira [1], Diogo Silva de Oliveira [@, 2], Patrícia Barros Pinheiro [1], Fábio H. V. Hazin [1], Felipe C. Carvalho [3, 4], Dráusio P. Veras [1], Maurizélia B. Silva [5]

**ABSTRACT**

We conducted expeditions (N=16) to the Rocas Atoll Biological Reserve aiming study the lemon shark (Negaprion brevirostris) population. Young lemon sharks (N=239) were captured, without mortality, using drift gill nets. The frequency of occurrence was higher for males (N=127) than females (N=112) 1.0♂:0.9♀. Upon capture, sharks were sexed, measured (fork length, total length, and interdorsal length), and released alive. A subset of 73 young lemon sharks received an identification tag before being released. Recaptured females and males showed an increase in total length of 12.7 cm/ year and 12.4 cm/ year, respectively.

**Keywords:** lemon shark, Negaprion brevirostris, juveniles, population structure, growth, Atol das Rocas.

***RESUMO***

*Foram realizadas 16 expedições à Reserva Biológica do Atol das Rocas para o estudo populacional dos tubarões-limão (Negaprion brevirostris) juvenis. Um total de 239 indivíduos foram capturados utilizando-se rede de arrasto. A proporção sexual entre os tubarões capturados foi 1.0♂:0.9♀, com 127 machos e 112 fêmeas. Quando capturados, os tubarões eram sexados, mensurados (comprimentos furcal, total e interdorsal) e libertados com vida. Um subgrupo de 73 espécimes foram marcados e libertados. Machos e fêmeas recapturados demonstraram um aumento no comprimento de 12.7 cm/ano e 12.4 cm/ano, respectivamente.*

***Palavras-chave:*** *tubarão-limão, Negaprion brevirostris, juvenis, estrutura populacional, crescimento, Atol das Rocas.*

*@ - Corresponding Author: Diogo Oliveira <oliveirads@hotmail.com>*
*1 - Laboratório de Oceanografia Pesqueira, Departamento de Pesca e Aqüicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n. Dois Irmãos, 52171-900, Recife– PE.*
*2 - PPG- Recursos Pesqueiros e Aquicultura- Universidade Federal Rural de Pernambuco.*
*3 - Department of Fisheries and Aquatic Sciences University of Florida 7922 NW 71st Street Gainesville, Florida 32653.*
*4 - Florida Program for Shark Research Florida Museum of Natural History, Gainesville, Florida 32611.*
*5 - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio.*

** Submission: September 30, 2010; Evaluation: November 7, 2010; Reception of revised manuscript: July 25, 2011; Accepted: August 9, 2011; Available on-line: December 6, 2011*

## 1. INTRODUCTION

Elasmobranches (sharks and rays) are among the top predators in the marine environment. They therefore have a very important function in population control of fish as well as invertebrates at lower trophic levels (Ellis *et al.*, 1996; Camhi *et a*l., 1998). An adequate understanding of the intra and inter-specific relations involved in this balance requires further knowledge on biology, distribution, migration, behavior and population dynamics (McKibben & Nelson, 1986). A number of factors must be considered in the study of the population ecology, such as: the year-to-year fluctuations in population size, level of relative abundance, sex ratio and the life stages of the community in question (Morrissey & Gruber, 1993).

In studies on the population ecology of sharks, two methods of data collection are commonly used: the visual observation (visual census), using natural marks for the characterization of each unit, as carried out by Castro (2000) and Castro & Rosa (2005) in Atol das Rocas; or the capture, tagging, release and recapture method observed by Kato & Carvalho (1967) for sharks of the Pacific ocean, and Stevens (1976) and Casey & Kohler (1992) in the North Atlantic.

The lemon shark, *Negaprion brevirostris* (Poey, 1868), is distributed in the Western Atlantic Ocean, ranging from New Jersey (U.S.A.) to the southern part of the state of Bahia (Brazil) (Compagno, 1984). Within Brazil, its distribution ranges from the state of Pará to Rio de Janeiro, as well as the Atol das Rocas and Fernando de Noronha Archipelago (Soto, 2001).

Unique in the South Atlantic, the Rocas Atoll represents a singular ecosystem for the development of population studies, mainly for being a Marine Biological Reserve, in which the exploitation of its natural resources is forbidden.

Like other species of elasmobranch, the lemon shark presents a K-strategist life cycle, characterized by slow growth, high longevity, delayed sexual maturity and low fecundity (Hoenig & Gruber, 1990). Therefore, the lemon shark has been included on the list of animals threatened with extinction, issued by the Brazilian Ministry of the Environment through Normative Instruction N° 5, on May 21st, 2004 (MMA, 2004) and also exhibits life-history characteristics that make it vulnerable to overfishing (Gruber *et al.,* 2001). Freitas *et. al.* (2009) showed the comparatively lower population size and survival at Rocas than in Bimini Bahamas, and suggested that young lemon sharks are more fragile in this nursery.

The population study and to point out conservation are measures are of great importance for the management in marine protected area (MPA) as well as coastal environments.

The aim of the present study is to provide further information concerning the population size and growth increment rates in length of young lemon sharks in the Rocas Atoll Biological Reserve.

## 2. MATERIAL AND METHODS

### 2.1 Study Area

The Atol das Rocas (Fig. 1) is located 144 nautical miles (≈ 260 km) off Natal-RN in northeastern Brazil (Oliveira-Filho & Ugadim, 1976). The atoll has an elliptical shape, with an internal area of 7.2 km$^2$ (Kikuchi & Leão, 1994). Atol das Rocas has two islands, Farol Island and Cemitério Island. At low tide, both islands become connected and a group of isolated pools is formed. At high tide, the water in these pools is renewed, forming a Central Lagoon, with depths ranging from 0.3 to 2.0 m (Rosa & Moura, 1997) (Fig.1).

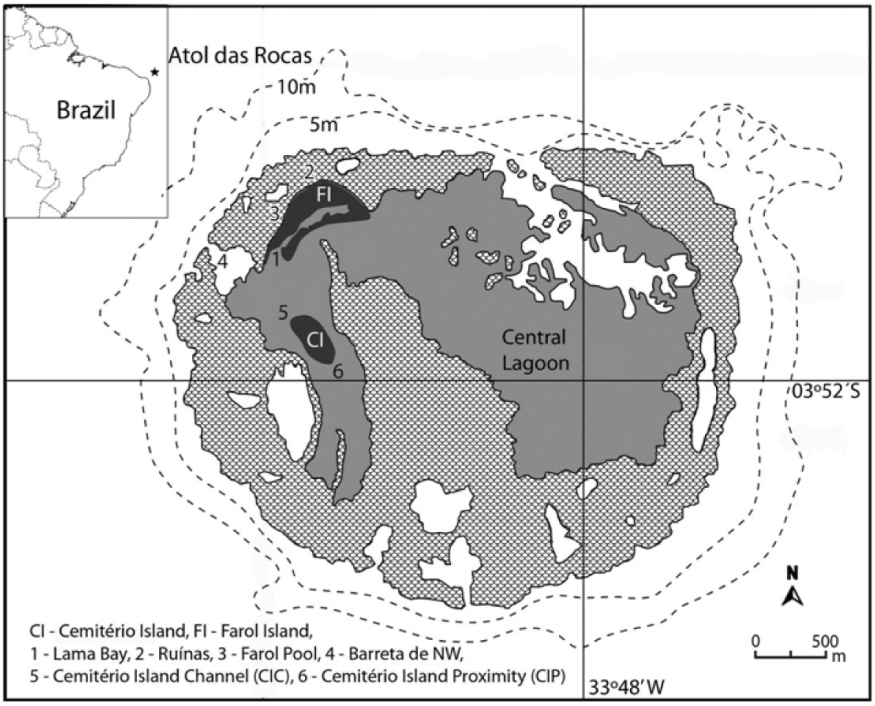


Figura 1. Localização do Atol das Rocas e indicação dos locais de captura e observações de indivíduos de tubarão limão

*Figure 1. Location of the Rocas Atoll Biological Reserve and indication of capture and observation sites of lemon sharks (Adapted from Castro e Rosa, 2005).*

### 2.2 Data Collection

In August, November and December 2000, and February and April 2001, 166 juvenile lemon sharks were captured alive with monofilament polyamide gillnet, with a mesh diameter of 15 mm and 100 mm between knots. During the first phase of study, the specimens captured received no identify tags. The second phase occurred in September and October 2001, and March, April, June, July, August and September 2002, in which 73 specimens was captured and tagged to determinate movements, habitat selection, the juvenile population and other important aspects of the life cycle in the atoll.

Data on the local environmental, such as water superficial temperature (C) and depth (cm) was collected throughout the tagging process. The tagging was performed in such a way as to cause the minimum stress possible, using numbered plastic color tags. The tags ('Rotatag', Allflex brand, rectangular shape, 4.0 x 1.5 cm) were attached with an applicator to the end of first dorsal fin, as this region has a low rate of rejection, good scarring and contains no nerve endings. In both collection phases, lemon sharks were captured at the following locations: Lama Bay, Ruínas, Piscinas do Farol, the Central Lagoon, Barreta de NW, Cemitério Island Channel (CIC) and proximities (CIP). The total length (TL), fork length (FL) and interdorsal length (ID) were measured, sex was determined and the presence of scars or other marks was observed. The sharks were released after the data collection. From the biometric data of recaptured lemon sharks, growth increment rates were determined.

### 2.3 Data Analysis

The Schnabel method was used to determine the estimated population size, following Sutherland (1996). This analysis is similar to Petersen's and is more appropriate for situations in which an animal was captured more than once. Population size was estimated by the following formulas:

$$A = \Sigma n_i M_i^2$$
$$B = \Sigma m_i M_i$$
$$C = \Sigma m_i^2 / n_i$$

where:

$n_i$= number of animals in the $i^{th}$ sample; $m_i$= number of animals in the $i^{th}$ sample that were tagged; $M_i$= number of animals previously tagged in the $i^{th}$ sample given by:

$$M_i = \Sigma$$

The population size (N) is equal to:

$$N = A/B$$

The 95% limits of confidence for the estimate are determined by:

$$A/\ [\ B \pm t\ \sqrt{(AC - B^2)/(S-2)}\ \ ]$$

where:

$t$ = Student's $t$ test, with S-2 degrees of freedom and 5% significance level; and **S=** number of samples. To test the reliability of the model, the expected values of m and u were used, as calculate by the following formulas:

$$Exp\ (m_i) = M_i n_i / N$$
$$Exp\ (u_i) = n_i - Exp\ (m_i)$$

where:

$u_i = n_i - m_i$: number of untagged animals in the $i^{th}$ sample.

To determine whether the method is adequate for application to the proposed data, the reliability test for the G calculation was used, where the value of G was compared to the listed values of, with S-2 degrees of freedom.

$$G = 2\Sigma O_i \log_e (O_i/E_i)$$

where:

$O_i$= observed values in i, including both values of $m_i$ and $u_i$.
$E_i$= expected values in i, including both values of $m_i$ and $u_i$.

## 3. RESULTS

Two hundred and thirty nine lemon sharks were captured alive, with no mortalities. The lowest values for average estimated TL were observed in specimens captured between March and April – mean 65.8 cm and 65.9 cm, respectively. The average estimated TL increased throughout the year, reaching a maximum of 95.0 cm in November and decreasing in December (81.0 cm) (Fig. 2).

Most lemon sharks of both sexes were captured in Lama Bay (Fig. 3) at a depth of 48.0 cm and average water temperature of 27.0º C (Table I).

**Tabela 1.** Profundidade e temperatura média da água de captura de tubarões limão, no Atol das Rocas.
***Table 1.*** *Mean capture depth and water temperature of lemon sharks at time capture in Rocas Atoll.*

| Local | Temperature (°C) | | | Depth (cm) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Max | Min | Mean | Max | Min | Mean |
| Lama Bay | 27,5° | 26,5° | 27,0° | 60 | 20 | 48 |
| NW Barreta | 28,5° | 28,0° | 28,2° | 40 | 25 | 32,5 |
| Lagoon | 27,5° | 27,0° | 27,2° | 55 | 45 | 50 |
| Ruínas | 28,0° | 26,0° | 27,0° | 55 | 45 | 50 |

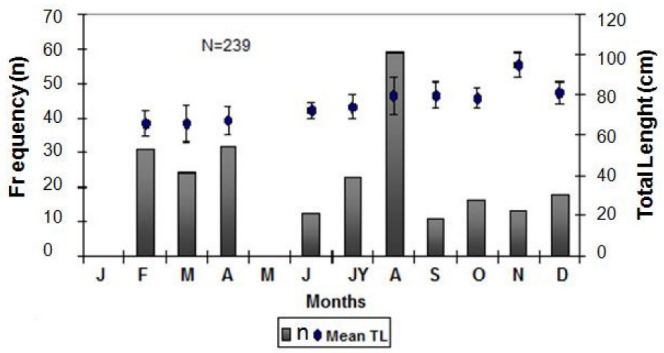


**Figura 2.** Comprimento total médio dos tubarões limão capturados, nos diferentes meses.
***Figure 2.*** *Mean total length of captured lemon sharks by month.*

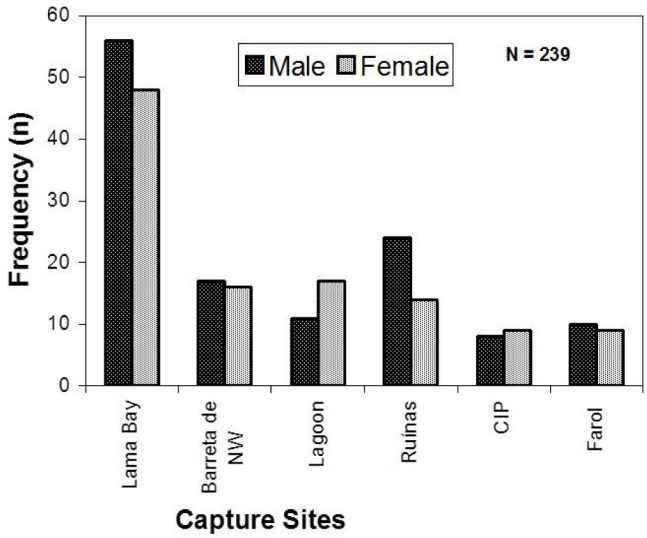


**Figura 3.** Freqüência absoluta, por sexo, de tubarão limão, em diferentes locais de captura.
***Figure 3.*** *Absolute frequency of lemon sharks by sex, at different sites.*

Throughout all length classes and capture sites, the gender ratio of the specimens captured was almost *1.0♂:0.9♀* (127 males and 112 females). The highest catch index for females was observed in the class ranging from 60.0 to 70.0 cm TL. For males, the highest catch rate occurred in the class ranging from 70.0 to 80.0 cm TL (Fig .4).

Among the total of 73 captured and tagged sharks, 17 were recaptured once and 3 were recapture more than once. Only 4 recaptures (23.4%) occurred in different places where the tagging was performed. (Table II).

Lama Bay was the site where the highest capture and recapture rates occurred, corresponding to 52.9% of tagged specimens, 58.8% of sharks recaptured for the first time and 66.6% recaptured a second time.

According to the capture and tagging data, the estimated size of the juvenile lemon shark population in the Rocas Atoll Biological Reserve for the period studied indicate that the method used was not adequate in estimating population size.

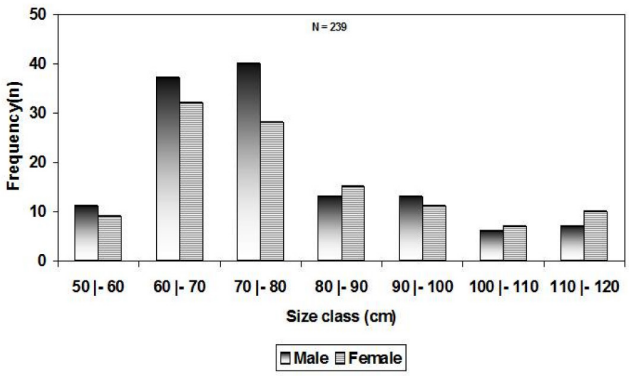


**Figura 4.** Freqüência absoluta de tubarões limão, por sexo, em diferentes classes de comprimento.
***Figure 4.*** *Absolute frequency of lemon shark by sex in different size class.*

## 4. DISCUSSION

Gruber *et al* (1988) captured and tagged 333 young lemon sharks between 1981 and 1987 in the Bimini Atoll, Bahamas, with a 35.8% recapture rate over the 7 years. The recapture rate in the present study was 23.3% in just one year. This percentage was larger than that found by Kato & Carvalho (1967) for *Carcharhinus limbatus* off the Mexican Coast, which was 12% of 155 sharks tagged in one year. At the Revillagigedo Islands in the Pacific Ocean, the same author found a slightly larger recapture rate of 14% for *Carcharhinus albimarginatus,* with 138 sharks tagged also in one year.

A high degree of reliability was verified at sites where the sharks were captured and tagged. This seems to be related to tidal rhythms and current directions, as the juvenile lemon sharks swim toward Lama Bay always from inner portion of the atoll (eastern side) at the high tide. Also was observed the current on Barreta de NW is strong in the ocean-atoll direction during the high tide, being the inverse on low tide, coinciding, with the entrance and exit of lemon sharks.

The presence of groups of juvenile lemon sharks swimming with the current in the proximities of Farol Island toward in NW Barreta at low tide, suggests the shark uses the tidal currents of the atoll for locomotion, entering with the high tide front and exiting with the low tide movement. A similar fact also was observed by researchers in other regions (Medved & Marshall, 19**8**3; Stevens, 1984).

Some young lemon sharks were observed swimming in circles in groups, at times with more than 15 specimens. Gruber *et al.*, (1988) made the same observation in Bimini, where were groups ranged from 4 to 7 specimens. McKibben & Nelson (1986) suggest that the formation of juvenile groups of *Carcharhinus amblyrhynchos* or other species of shark has the function of protection, defending themselves from predation by larger sharks from other species.

There appears to be segregation by TL in the formation of juvenile groups, which present considerable homogeneity regarding size.

The segregation of spatial distribution among juvenile individuals is widely cited in the literature for both teleosts

**Tabela 2.** Principais características dos tubarões marcados e recapturados, no Atol das Rocas.
***Table 2.*** *Main characteristics of tagged and recaptured sharks in Rocas Atoll.*

| MARKING | | | | 1st RECAPTURE | | | | 2nd RECAPTURE | | | | 3rd RECAPTURE | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TL (cm) | Mark | Sex | Local Month | TL (cm) | Mark | Sex | Local Month | TL (cm) | Mark | Sex | Local Month | TL (Cm) | Mark | Sex | Local Month |
| 75.0 | 099 | ♀ | Br 09/99 | 77.0 | 099 | ♀ | BL 10/99 | | | | | | | | |
| 77.0 | 068 | ♂ | BL 10/99 | 77.0 | 068 | ♂ | BL 10/99 | | | | | | | | |
| 71.0 | 094 | ♀ | BL 03/00 | 79.0 | 094 | ♀ | BL 08/00 | 79.0 | 094 | ♀ | Lg 08/00 | | | | |
| 67.0 | 073 | ♂ | BL 03/00 | 72.0 | 073 | ♂ | BL 06/00 | | | | | | | | |
| 67.5 | 074 | ♂ | BL 03/00 | 68.0 | 074 | ♂ | B 03/00 | | | | | | | | |
| 67.0 | 086 | ♀ | R 03/00 | 69.0 | 086 | ♀ | R 04/00 | | | | | | | | |
| 66.0 | 057 | ♂ | R 03/00 | 67.0 | 057 | ♂ | R 04/00 | | | | | | | | |
| 58.0 | 058 | ♂ | R 03/00 | 60.5 | 058 | ♂ | R 04/00 | | | | | | | | |
| 59.0 | 059 | ♂ | R 03/00 | 62.0 | 059 | ♂ | R 04/00 | 68.0 | 059 | ♂ | BL 08/00 | 68.0 | 059 | ♂ | Lg08/00 |
| 67.0 | 089 | ♀ | BL 04/00 | 71.0 | 089 | ♀ | BL 07/00 | | | | | | | | |
| 85.0 | 066 | ♂ | BL 04/00 | 88.0 | 066 | ♂ | BL 08/00 | 92.0 | 066 | ♂ | BL 08/00 | | | | |
| 65.0 | 054 | ♂ | R 04/00 | 66.0 | 054 | ♂ | R 04/00 | | | | | | | | |
| 71.0 | 085 | ♀ | R 04/00 | 77.0 | 085 | ♀ | Lg 08/00 | | | | | | | | |
| 113.0 | 037 | ♂ | BL 08/00 | 113.0 | 037 | ♂ | BL 08/00 | | | | | | | | |
| 112.0 | 083 | ♀ | BL 08/00 | 112.0 | 083 | ♀ | BL 08/00 | | | | | | | | |
| 98.0 | 038 | ♂ | BL 08/00 | 98.0 | 038 | ♂ | BL 08/00 | | | | | | | | |
| 68.0 | 060 | ♂ | R 08/00 | 68.0 | 060 | ♂ | BL 08/00 | | | | | | | | |

BL = Lama Bay; R = Ruínas; B = NW Barreta; Lg = Central Lagoon.

as well as elasmobranches (Luckhurst & Luckhurst, 1978; Branstetter, 1990; Wetherbee *et al.*, 1990; Castro, 1993; Hixon & Beets, 1993; Morrissey & Gruber, 1993; Simpfendorfer & Milward, 1993; Jones & McCormick, 2002).

Small, young fish seek out protected areas to escape from predation, which are commonly called nurseries. Under conditions of strong pressure from predation, the availability of these environments can influence species abundance (Nagelkerken *et al*, 2000; Jones & Mccormick, 2002). Furthermore, protected environments appear to be related to assisting in the capture of prey (Morrissey & Gruber 1993).

Lama Bay seems to be a primary and secondary nursery area for most of the specimens captured with a TL close to size-at-birth (60.0 to 65.0 cm). Juvenile lemon sharks around 120.0 TL were observed throughout the year, and adults over 250.0 TL were observed in December and February. Similar results were observed by Castro (1993) and Simpfendorfer & Milward (1993), who state that several species from the Carcharhinidae and Sphyrnidae families use the same area to give birth to pups, which remain loyal to the area until reaching adult age.

The annual growth increments observed for juvenile lemon sharks in the Atol das Rocas Biological Reserve was 12.7 cm per year for males and 12.4 cm per year for females. Morrissey & Gruber (1993) found smaller values for juvenile lemon sharks in the Bahamas, reporting growth increments between 6.4 and 9.9 cm per year, regardless of gender.

Such difference may be related to temperature. The atoll is located in a region close to equator (03°52` S) and is hotter than the Bahamas, which is located at 25º N. on metabolic processes includes the growth and reproduction of sharks (Gruber *et al*, 2001; Cortés, 2003).

Other species of large sharks from this family also show differences in growth rates between sexes, such as *Carcharhinus obscurus* (Simpfendorfer, 2000).

The concomitant presence of juvenile sharks, neonates and adults with bite marks at the same time of year (December, February and March) indicates the birth of lemon sharks occurs at the beginning of the year, with copulation occurring at the same time and gestation period of 10 to 12 months in the Atol das Rocas. For the Western North Atlantic, Compagno (1984) suggests the copulation

and parturition period occurs at the end of the spring and in summer, with the peak between the two seasons, resulting in one gestation period of approximately 11 months, which is similar to the results obtained in the present work.

## CONCLUSION

The results show that the Rocas is an important nursery area for Negaprion brevirostris. The annual growth greater than that observed in Bimini in the Bahamas, and is influenced by the difference in water temperature also occurs as a result of greater availability of food that the young individuals have the Atol das Rocas. Besides being the only atoll in the South Atlantic Ocean and is a biological reserve, taking no fishing pressure or environmental degradation. Unlike the observations made in Bimini, developers have been dredging e removing mangroves in and around the North Sound nursery area since 1999. Though the resort's development is still in its early stages, there is already evidence that Bimini is being subjected to intolerable environmental degradation (Gruber *et al*, 2002; Jennings *et al*, 2006). The results of the study in Bimini, suggest that the ongoing development of the Bimini Bay Resort will affect the lemon shark population and that scaling down the development while it is still possible will prevent the collapse of the population (Bekker, 2007).

## ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to thank the IBAMA/ICMBio and CNPq for the financial support. Alessandra Fischer for helping in the data collection, and Mariana Coxey for edit the figure.

## REFERENCES

Branstetter, S. (1990) - Early life- history implications of selected carcharhinid and lamnoid sharks of the Northwestern Atlantic. *In:* H.-L. Pratt Jr., S.H. Gruber & T. Taniuchi (eds), *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries*, NOAA Technical Report 90, pp.17-28. NOAA / National Marine Fisheries Service, Silver Spring, MD, U.S.A.

Camhi, M.; Fowler, S.; Musick, J.; Bräutigan, A.; Fordhan, S. (1998) - *Sharks and their relatives. Ecology and Conservation*. Occasional Paper of the IUCN (International Union for Conservation of Nature) Species Survival Commission No. 20, iv + 39 pp., IUCN Publications Services Unit, Gland, Switzerland / Cambridge, U.K. ISBN: 2-8317-0460-X. Disponível em http://data.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/SSC-OP-020.pdf

Casey, J.G.; Kohler, N.E. (1992) - Tagging studies on the shortfin Mako shark (*Isurus oxyrinchus*) in the Western North Altantic. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 43(1):45-60. DOI: 10.1071/MF9920045.

Castro, A.L.F. (2000) - *Ecologia populacional do tubarão-lixa (Ginglymostoma cirratum) (Condrichthyes: Ginglymostomatidae) na reserva biológica do Atol das Rocas, Brasil*. Dissertação de Mestrado em Zoologia, 91f., Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil.

Castro, A.L.F.; Rosa, R.S. (2005) - Use of natural marks on population estimates of the nurse shark, *Ginglymostoma cirratum,* at Atol das Rocas Biological Reserve, Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 72(2):213–221. DOI: 10.1007/s10641-004-1479-7.

CASTRO, J. I. (1993) - The shark nursery of Bulls Bay, South Carolina, with a review of the shark nurseries of the southeastern coast of the United States. *Environmental Biology of Fishes*, 38(1-3):37-48. DOI: 10.1007/BF00842902.

Compagno, L.J.V. (1984) - *FAO species catalogue. Sharks of the world. An annotated and ilustrated catalogue of shark species known to date.* FAO Fisheries Synopsis nº 125, vol.4, Part 1, 655p., United Nations Development Programme / Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Cortés, E. (2003) - *Updated Catches of Atlantic Sharks.* NOAA Fisheries, Southeast Fisheries Science Center, SFD Contribution SFD-2003-0031, 75p., Panama City, FL. U.S.A.

Ellis, J.R.; Pawson, M.G.; Shackley, S.E. (1996) - The comparative feeding ecology of six species of sharks and four species of ray (Elasmobranchii) in the north-east Atlantic, *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 76:89-106. DOI: 10.1017/S0025315400029039.

Freitas, R.H.A.; Rosa, R.S.; Wetherbee, B.M.; Gruber, S.H. (2009) - Population size and survivorship for juvenile lemon sharks (*Negaprion brevirostris*) on their nursery grounds at a marine protected area in Brazil. *Neotropical Ichthyology,* 7(2):205-212. DOI: 10.1590/S1679-62252009000200011.

Gruber, S.H.; de Marignac, J.R.C.; HOENIG, J.M. (2001) -. Survival of juvenile lemon sharks at Bimini, Bahamas, estimated by mark-depletion experiments. *Transaction of the American Fisheries Society,* 130(3):376-384. DOI: 10.1577/1548-8659(2001)130<0376:SOJLSA>2.0.CO;2.

Gruber, S.H.; Grant, A.T.; Newman, S.P. (2002) - Actual and probable effects of large-scale seafloor excavation in Bimini lagoon with special reference to the lemon shark (*Negaprion brevirostris*). *Bahamas Journal of Science* (ISSN: 1022-2189), 9:36-40.

Gruber, S.H.; Nelson, D.R.; Morrissey, J.F. (1988) - Patterns of activity and space utilization of lemon sharks, *Negaprion Brevirostris*, in a shallow Bahamian lagoon. *Bulletin of Marine Science* (ISSN 0007-4977), 43(1):61-76, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami, Key Biscayne, Fl, U.S.A.

Hixon, M.A.; Beets, J.P. (1993) - Pre- dation, prey refuges and the structure of coral-reef fish assemblages. *Ecological Monographs*, 63(1):77–101. DOI:10.2307/2937124.

Hoenig, J.M.; Gruber, S.H. (1990) - Life-History Patterns in the Elasmobranchs: Implications for Fisheries Management. *In:* H.-L. Pratt Jr., S.H. Gruber & T. Taniuchi (eds), *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries*, NOAA Technical Report 90, pp.1-16, NOAA / National Marine Fisheries Service, Silver Spring, MD, U.S.A. Disponível em http://www.fisheries.vims.edu/hoenig/pdfs/Hoenig_Gruber_LifeHistoryPatternsInElasmnobranch.pdf

Jennings, D.E; Gruber, S.H.; Franks, B.R.; Kessel, S.T.; Robertson, A.L. (2008) - Effects of large-scale

anthropogenic development on nursery-bound juvenile lemon shark (*Negaprion brevirostris*) populations of Bimini, Bahamas. *Environmental Biology of Fishes*, 83(4):369-377. DOI: 10.1007/S10641-008-9357-3.

Jones, G.P.; McCormick, M.I. (2002) - Numerical and energetic processes in the ecology of fish populations on coral reefs. *In:* Sale, P.F. (ed.), *Coral reef fishes - dynamics and diversity in a complex ecosystem*, pp. 221-238, Academic Press, New York, NY, U.S.A. ISBN: 978-0126151855. DOI: 10.1111/j.0022-1112.2004.00504b.x.

Kato, S.; Carvalho, A. H. (1967) - Shark tagging in the eastern pacific ocean, 1962-65. *In:* Gilbert, P.W., Mathewson, R.F. & Rall, D.P. (eds.), *Sharks, Skates and Rays*, pp.93-209, American Institute of Biological Sciences, Johns Hopkins University Press, MD, U.S.A.

Kikuchi, R.K.P.; Leão, Z.M.A.N. (1994) - Atol Das Rocas: The Only Atoll In Southwestern Atlantic. *14th International Sedimentological Congress*, *Abstracts*, p.63-64, Recife, PE, Brasil.

Luckhurst, B.E; Luckhurst, K. (1978) - Analysis of the influence of substrate variables on coral reef fish communities. *Marine Biology,* 49(4):317–323. DOI: 10.1007/BF00455026.

McKibben, J.N.; Nelson, D.R. (1986) - Patterns of movement and grouping of gray reef sharks, *Carcharhinus amblyrhynchos*, at Enewetak, Marshall islands. *Bulletin of Marine Science* (ISSN: 0007-4977), 38(1):89-110, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami, Miami, Fl, U.S.A.

Medved, R.J.; Marshall, J.A. (1983) - Short-term movements of young sandbar shark, *Carcharhinus pumbleus* (Pisces Carcharhinidae). *Bulletin of Marine Science* (ISSN 0007-4977), 33(1):87-93, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami, Key Biscayne, Fl, U.S.A.

MMA (2004) - Lista Nacional das Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes ameaçados de Extinção. Instrução Normativa nº 5, de 21 de maio de 2004. Ministério do Meio Ambiente (MMA), *Diário Oficial da União*, nº 102, Seção 1, pp.136-142, Brasília, DF, Brasil. Disponível em http://www.jusbrasil.com.br/diarios/290995/dou-secao-3-28-05-2004-pg-136/pdf

Morrissey, J.F.; Gruber, S.H. (1993) - Habitat selection by juvenile lemon sharks, *Negaprion brevirostris*. Environmental Biology of Fishes, 38(4):311-319. DOI: 10.1007/BF00007524.

Nagelkerken, I; Dorenbosch, M; Verberk , W.C.E.P; Cocheret de la Morinière, E; van der Velde, G. (2000) - Day-night shifts of fishes between shallow-water biotopes of a Caribbean bay, with emphasis on the nocturnal feeding of Haemulidae and Lutjanidae. *Marine Ecology Progress Series*, 194:55-64. Disponível em http://www.int-res.com/articles/meps/194/m194p055.pdf.

Oliveira-Filho, E.C; Ugadim, Y. (1976) - A survey of the marine algae of Atol das Rocas (Brazil). *Phycologia* (ISSN: 0031-8884), 15(1): 41-44. DOI: 10.2216/i0031-8884-15-1-41.1.

Rosa, R.S.; Moura, R.L. (1997) - Visual assessment of reef fish community structure in Atol das Rocas Biological Reserve, off northeastern Brazil. *In:* Lessios, H.A. & Macintyre, I.G. (eds.), *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium*, Vol. 1, p.p.983-986, Smithsonian Tropical Research Institute, Panama.

Simpfendorfer, C.A. (2000) - Growth rates of juvenile dusky sharks, *Carcharhinus obscurus* (Lesueur, 1818), from southwestern Australia estimated from tag-recapture data. *Fishery Bulletin*, 98:811-822. Disponível em: http://fishbull.noaa.gov/984/14.pdf.

Simpfendorfer, C.A.; Milward, N.E. (1993) - Utilisation of tropical bay as mursery area by sharks of the families Carcharhinidae e Sphyrnidae. *Environmental Biology of Fishes*, 37(4):337-345. DOI: 10.1007/BF00005200.

Soto, J.M.R. (2001) - Annotated systematic checklist and bibliography of the coastal and oceanic fauna of Brazil. I. Sharks. *Mare Magnum* (ISSN: 1676-5788), 1(1):51-119, Museu Oceanográfico do Vale do Itajaí, Itajaí, SC, Brasil.

Stevens, J.D. (1976) - First results of shark tagging in the north-east Atlantic, 1972-1975. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 56:929-937. DOI:10.1017/S002531540002097X.

Stevens, J.D. (1984) - Life-history and ecology of sharks at Aldabra Atoll, Indian Ocean. *Proceedings of the Royal of Society of London*, 222:79-106. DOI: 10.1098/rspb.1984.0050.

Sutherland, W.J. (1996) - *Ecological census techniques: a handbook*. Cambridge University Press, 336 p. ISBN: 9780521478151.

Wetherbee, B.M.; Gruber, S.H.; Cortés, E. (1990) - Diet, feeding habits, digestion, and consumption in sharks, with special reference to the lemon shark, *Negaprion brevirostris*. *In:* H.-L. Pratt Jr., S.H. Gruber & T. Taniuchi (eds), *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries*, NOAA Technical Report 90, pp.29-47, NOAA / National Marine Fisheries Service, Silver Spring, MD, U.S.A. Disponível em: http://www.uri.edu/cels/bio/wetherbee/pubs_files/NMFS Review 1990.pdf

Revista da Gestão Costeira Integrada 11(4):397-407 (2011)
*Journal of Integrated Coastal Zone Management* 11(4):397-407 (2011)

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS
UNIVALI
http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-250_Muler.pdf
DOI:10.5894/rgci250
GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA
Journal of Integrated Coastal Zone Management

# Ações de Resposta para Emergência em caso de Derrames de Óleo no Mar e Proposta de Implementação de Sistema de Informação voltado à Sensibilidade Ambiental para o Litoral Sul Paulista, Brasil *

## *Response Actions in Oil Spill Emergency and Implementation of a Geodatabase Focused on Environmental Sensibility - São Paulo's Southern Coast, Brazil*

M. Muler [@, 1], A.F. Romero [2], P.S. Riedel [3], R.R.C. Perinotto [4]

**RESUMO**

Os vazamentos de óleo no mar causam enormes impactos sobre os ambientes costeiros e sobre a vida marinha, atingindo esferas ecológicas e socioeconômicas. Nesse contexto, as ações de resposta têm como objetivos a remoção do contaminante com mínimos impactos adicionais e o favorecimento da recuperação do ambiente no menor tempo possível. Este trabalho propõe-se a contribuir para a gestão ambiental de emergência em casos de derrames de óleo, por meio da sistematização e organização da informação referente às cartas de sensibilidade ambiental ao óleo e de sua inserção num banco de dados geográfico. Além disto, são sugeridas recomendações de métodos de limpeza mais adequados para os ecossistemas da área de estudo, que compreende os municípios de Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe, pertencentes à Região Metropolitana da Baixada Santista; e Iguape, Cananéia e Ilha Comprida, Litoral Sul do estado de São Paulo. Essa área se localiza entre dois importantes portos brasileiros, Santos e Paranaguá, o que a torna exposta a riscos de acidente com vazamento de óleo no mar. Como resultado, os dados foram organizados para compor o Atlas e também foram inseridos num banco de dados no Sistema de Informação Geográfica ArcGIS 9.3.1. Por último, os procedimentos de combate recomendados e não-recomendados foram indicados; e espera-se que, desta forma, poder contribuir para a gestão de emergência da região.

**Palavras-chave:** Sensibilidade ambiental ao óleo, procedimentos de limpeza, ações de resposta, banco de dados geográfico, litoral sul (SP), Baixada Santista (SP).

*@ - Autora correspondente: muler.mariela@gmail.com*
*1 - UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina, LOC - Laboratório de Oceanografia Costeira, Beco dos Coroas, (fundos) - CEP -88062-601. Barra da Lagoa - Florianópolis - Santa Catarina - Brasil. muler.mariela@gmail.com*
*2 - UNESP - Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro, Pós Graduação em Geociências e Meio Ambiente. Av. 24A, 1515, CEP: 13.506-900, Rio Claro, São Paulo, Brasil. agatafr@gmail.com*
*3 - UNESP - Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro, Departamento de Geologia Aplicada. Av. 24A, 1515, CEP: 13.506-900, Rio Claro, São Paulo, Brasil. psriedel@rc.unesp.br*
*4 - Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro, Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente. Av. 24-A, 1515, CEP: 13.506-900, Rio Claro, São Paulo, Brasil. rafa.riani@gmail.com*

** Submissão: 29 Janeiro 2011; Avaliação: 9 Março 2011; Recepção da versão revista: 30 Junho 2011; Aceitação: 19 Julho 2011; Disponibilização on-line: 5 Agosto 2011*

**ABSTRACT**

*Oil spills cause serious damage to the coast life and environments, which impacts affect ecologic and socio-economic resources, such as fishing and tourism. Within this background, response actions have two main objectives: the contaminant removal, with the less additional impacts, and to enhance the environmental restoration in the shortest time as possible. This paper proposes to contribute for the emergency environmental management in cases of oil spills by systematization of relevant information for oil spill environmental sensitivity maps. The next stage was to insert all these data on a geographic database, for example data related to sensitivity of the coastal environment and data related to the access (by the sea or land) to the area, waste disposal suitable place, visual resources (photos), presence of cultural resources, presence of economic activities (fishing, aquiculture) etc. Besides, this paper aimed to recommend suitable clean-up techniques for the ecosystems located on the study area, which embraces the municipalities of Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém and Peruíbe (Baixada Santista Metropolitan Region), and Iguape, Cananéia and Ilha Comprida (Southern Littoral of São Paulo State). This paper brings the recommended clean-up methods and the non-recommended ones for the reason that some methods are more harmful than the oil contamination. The study area is prone to oil spill accidents, since it is located between two important Brazilian ports, Santos and Paranaguá. The results were inserted on the geodatabase. This paper wishes to contribute to emergencies into the management planning for oil spill of the region. For the Southern Coast (Iguape, Cananéia e Ilha Comprida), the coastal environment is classified in high sensibilities indexes, mainly because of the presence of mangroves, so it is recommended methods of oil contention. If the oil reaches the environment, the response actions become reduced. For the Baixada Santista's area, the choice of the clean-up methods may be influenced by political forces due to economic activities (tourism), especially on the summer. However, it is important to emphasize that the clean-up methods should prioritize the ecosystem's protection and provide the best possible conditions to the area's recovery. Thus, considering the predomination of the beach ecosystem and the specific characteristics of the region, the main recommended clean-up method is the manual removal of the oil spilled and use of the oil spill cleanup sorbents. Response actions don't end with the oil removal, it is necessary to have suitable procedures to removal, handling and destination of this waste. This paper brings suggestions to these procedures aiming to protect contaminated environment and cleaning agents.*

***Keywords:*** *oil spill environmental sensibility, clean-up methods, response action, Geographic Information System, São Paulo's southern coast, Baixada Santista (SP).*

## 1. INTRODUÇÃO

A zona costeira é formada por um mosaico de ecossistemas de alta relevância ambiental. A transição do ambiente marinho para o terrestre com suas interações é fundamental para a composição da alta diversidade biológica e de ecossistemas, além de conferir-lhe um caráter de fragilidade (CIRM, 1997). Esta zona desempenha importantes funções como a proteção da costa (incluindo a população e seus bens) contra eventos climáticos extremos, a absorção de nutrientes e poluentes provenientes da drenagem terrestre, hábitat para diversos grupos faunísticos (MMA, 2008); e serve ainda como grande motivo turístico e recreacional.

O rápido crescimento da população humana e a expansão da urbanização e de atividades econômicas nas áreas costeiras estão intensificando as pressões nos ecossistemas litorâneos, sobretudo nas praias (Brown & McLachlan, 2002; Clarck, 1996). Isso vem ocorrendo principalmente através do setor industrial e suas atividades portuárias, mineração, manejos dos terminais e refinarias de petróleo; da especulação imobiliária; das atividades turísticas e recreativas intensas e desordenadas.

Além dessa pressão de usos múltiplos, muitas vezes conflitantes entre si, os ambientes costeiros vêm sendo seriamente ameaçados por acidentes de derrames de óleo no mar. Esses acidentes causam enormes impactos sobre a vida marinha, atingindo esferas ecológicas e atividades socioeconômicas, como a pesca e o turismo. Como exemplo relevante pode-se citar o acidente com o petroleiro Exxon Valdez que encalhou no Alasca em 1989 e derramou 41 milhões de litros de óleo no mar, e por ter ocorrido em área abrigada e sensível, com importantes recursos biológicos e atividades de importância socioeconômica, foi considerado um dos piores eventos da história (Wiens *et al.*, 1996). No Brasil, o evento que marcou a história dos acidentes nacionais, segundo panorama geral da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, foi o ocorrido na Baía de Guanabara - RJ, em janeiro de 2000, em que o rompimento de um oleoduto ocasionou o vazamento de 1,3 milhão de litros de óleo, contaminando extensas áreas de praias, costões rochosos, manguezais, ilhas, pontos turísticos e materiais de pesca (CETESB, 2011). Vale ainda mencionar o acidente provocado pela explosão da plataforma "*Deepwater Horizon*", da petrolífera britânica "*British Petroleum*" em 2010, que derramou, aproximadamente, 4,4 milhões de barris de petróleo (equivalente a 700 milhões de litros de óleo) no Golfo do México, constituindo-se num dos maiores acidentes ambientais do qual se tem registro na história da indústria petrolífera (Crone & Tolstoy, 2010).

Como signatário da Convenção Internacional sobre Preparo, Responsabilidade e Cooperação em caso de Poluição por Óleo - OPRC 90, o Brasil se comprometeu a estabelecer um Plano Nacional de Contingência (PNC), a partir de planos individuais de emergência (PEI). O PNC será consolidado juntamente com o órgão ambiental federal (Ministério do Meio Ambiente) de acordo com o disposto na Lei n° 9.966 de 2000 (Lei do Óleo), e na Resolução CONAMA n° 398 de 2008 (CONAMA, 2008).

Segundo a Lei do Óleo, portos organizados, instalações portuárias, plataformas e instalações de apoio necessitam de um Plano de Emergência Individual (PEI), que deve conter informações e descrição dos procedimentos de resposta da respectiva instalação a um incidente de poluição por óleo

decorrente de suas atividades. O conteúdo desse plano é especificado na resolução acima citada.

Essas preocupações vêm com o avanço expressivo do Brasil na produção e no processamento do petróleo, o que provoca significativo aumento na movimentação de embarcações ao longo da costa brasileira com transporte de petróleo e derivados e, assim, aumentando a susceptibilidade a derramamentos de óleo. Destaca-se, ainda, um futuro aumento dessas atividades devido às novas jazidas descobertas nas regiões de pré-sal da Bacia de Santos (PETROBRAS, s/d).

A etapa do transporte do petróleo e de seus derivados é fundamental para o funcionamento da cadeia produtiva do petróleo e é a grande responsável pelos altos riscos de acidentes. Entretanto, esses riscos não são apenas devido aos grandes navios petroleiros, navios e embarcações menores também podem ser responsáveis por acidentes de derramamento de óleo.

Neste contexto, insere-se o projeto de docentes e discentes do Programa de Formação de Recursos Humanos (PRH-05) da UNESP de Rio Claro intitulado: "Concepção, desenvolvimento e implementação de um sistema de informação aplicado à elaboração de cartas de sensibilidade ambiental a derrames de petróleo: litoral paulista" (CT-PETRO/MCT/CNPQ 16/2005). O referido projeto apresenta uma proposta de coleta e organização das informações sobre a sensibilidade ambiental ao óleo de áreas do litoral paulista, divulgadas posteriormente por meio da criação de um Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo do Litoral Paulista e em banco de dados geográfico via *web*. Além da visualização, recuperação e consulta de dados relativos à sensibilidade ao óleo, são inseridas informações referentes aos procedimentos de limpeza recomendados e não-recomendados para cada segmento de linha de costa da área em estudo.

O presente trabalho apresenta parte dos resultados obtidos no projeto citado, especificamente para o trecho do estado de São Paulo entre Praia Grande (Região Metropolitana da Baixada Santista - RMBS) e Ilha Comprida (Litoral Sul).

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende parte da Região Metropolitana da Baixada Santista - municípios de Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe, e os municípios do Litoral Sul do Estado de São Paulo - Iguape, Cananéia e Ilha Comprida. Figura 1.

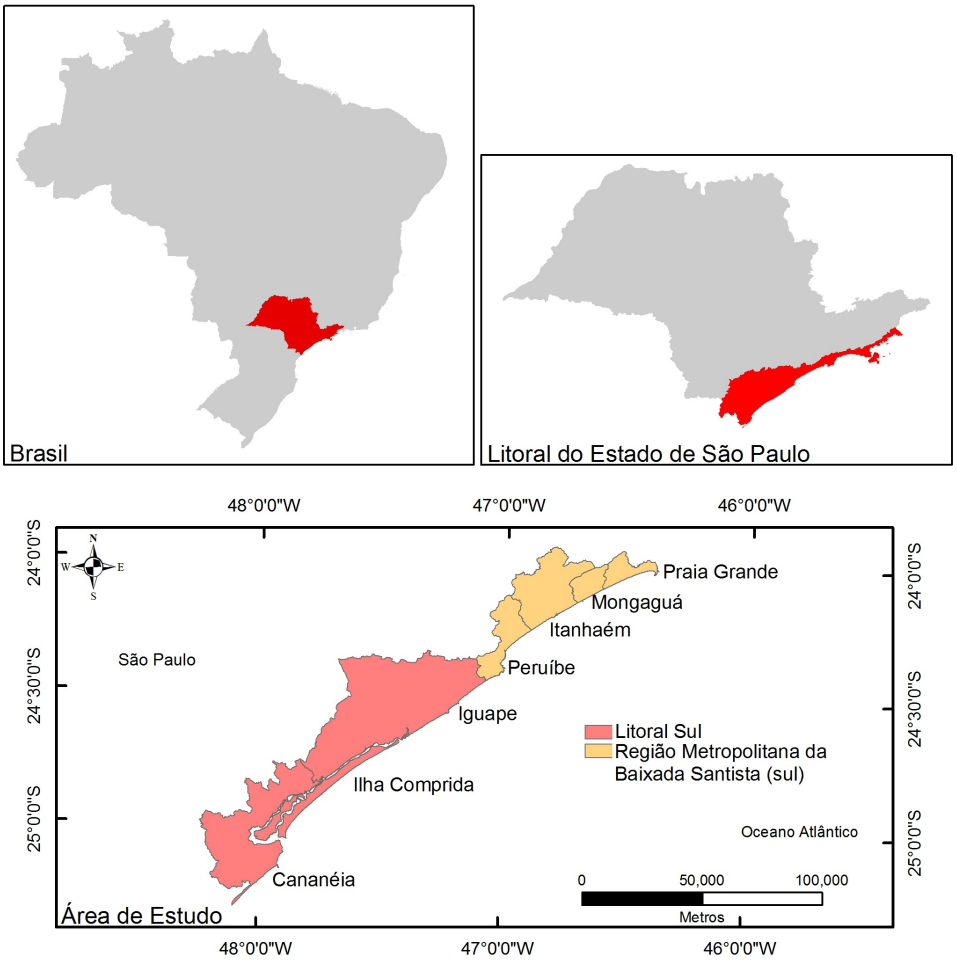


**Figura1**. Localização da área de estudo.
*Figure 1. Study area localization.*

A relevância ambiental da área é evidenciada pela presença de 14 Unidades de Conservação (A.P.A. Cananéia-Iguape-Peruíbe; P.E. Ilha do Cardoso; A.P.A. Ilha Comprida; A.P.A. Marinha Litoral Sul; ARIE do Guará; E.E. Juréia-Itatins; R.D.S. do Despraiado; P.E. do Prelado; R.D.S. Barra do Una; P.E. Itinguçu; R.V.S. do Abrigo e Guaritama; A.P.A. Estadual Marinha do Litoral Centro Setor Carijó; A.M.E. Ilha da Laje da Conceição; P. E. Xixová-Japuí).

A Região Metropolitana da Baixada Santista localiza-se na região central do litoral de São Paulo, tem extensão aproximada de 160km e compreende os municípios de Bertioga, Santos, Guarujá, Cubatão, São Vicente, Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe. Este trabalho trata da parte sul desta faixa litorânea, entre os municípios de Praia Grande e Peruíbe, área que representa aproximadamente 50% do território dessa Região. Esses municípios estudados têm como ambiente costeiro predominante a praia, com extensas faixas de areia. Em geral, as praias são predominantemente de areia fina, com grãos bem selecionados, grau médio de arredondamento e baixa declividade da zona entremarés (Farinaccio, 2000; Souza & Souza, 2004).

De Praia Grande à Peruíbe, os costões rochosos estão presentes em apenas 16% da linha de costa. Em sua grande maioria são costões fragmentados (heterogêneos) e expostos à ação das ondas (Romero, 2009).

Os municípios da área de estudo pertencentes à Região Metropolitana da Baixada Santista (Peruíbe, Mongaguá, Itanhaém e Praia Grande), em geral, são altamente urbanizados, apresentam bairros constituídos de casas de veraneio e outros tipicamente de residências fixas (Menquini, 2004). Nas áreas que fazem parte da Estação Ecológica Juréia-Itatins, como as praias da Barra do Una e do Guaraú no município de Peruíbe, não há urbanização intensa, as comunidades caiçaras desses locais praticam a pesca artesanal e, particularmente, a Barra do Una tem sua principal fonte de renda no turismo (Ramires & Barrela, 2003).

Os municípios de Iguape, Cananéia e Ilha Comprida compreendem o sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape, composto por um complexo sistema de canais entre quatro grandes ilhas: Ilha do Cardoso, Ilha de Cananéia, Ilha Comprida e Ilha de Iguape. Este setor do litoral também apresenta extensas faixas de areia, como por exemplo, a face oceânica de Ilha Comprida que apresenta uma praia dissipativa com aproximadamente 70km de extensão; em Iguape, a Praia da Juréia chega a 20km, sendo classificada como praia exposta, de baixa declividade e de areias finas a muito finas (Souza & Souza, 2004). Nesse mesmo município há também a presença de praias (Praias do Una e do Rio Verde) de areias médias e finas, com declividade média a alta (Romero, 2009).

Na área estudada do Litoral Sul paulista, os costões rochosos também são pouco expressivos, presentes em apenas 4% da linha de costa, localizados na Estação Ecológica de Juréia-Itatins (Romero, 2009).

Os manguezais estão presentes na região do Mar Pequeno, Mar de Dentro e Mar de Cananéia, formando a maior área de manguezal do estado de São Paulo (Romero *et al.*, 2010), trazendo ainda mais relevância ecológica para a área em questão, já que manguezais são classificados com Índice de Sensibilidade do Litoral máximo (ISL 10).

A pesca artesanal, o comércio de iscas vivas e o turismo são importantes fontes de renda para os moradores da região do sistema estuarino Cananéia-Iguape (Chabaribery *et al.*, 2004; Souza, 2004).

A área de estudo como um todo é bastante exposta ao risco de acidentes com vazamento de óleo no mar por localizar-se entre os portos de Santos e Paranaguá, compreendendo, portanto, áreas de fundeio e rota de navios. Segundo o panorama nacional de acidentes da CETESB (CETESB, 2011), nos anos de 2001 e 2004 ocorreram dois grandes acidentes relacionados ao Porto de Paranaguá. O primeiro foi um acidente de navegação com o navio Norma que transportava nafta; e o segundo foi uma explosão com o navio Vicuña, que derramou 1 milhão de litros de metanol e 5 milhões de litros de óleo, contaminando manguezais, marismas, praias e costões rochosos da região próxima (CETESB, 2011).

## 3. CARTAS SAO E AÇÕES DE RESPOSTA

Cartas SAO (Sensibilidade Ambiental ao Óleo) são ferramentas importantes para a tomada de decisões durante a situação de emergência, por apresentarem, por meio de documentos cartográficos, diversas informações como a localização dos recursos costeiros e áreas mais sensíveis.

Essas cartas são elaboradas segundo documento oficial denominado "Especificações e Normas Técnicas para a Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derrames de Óleo" (MMA, 2004). A sensibilidade é classificada por meio do Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL), que leva em conta as características geomorfológicas, considerando principalmente o grau de exposição à energia de ondas e marés, a declividade do litoral e o tipo do substrato, podendo variar de 1 a 10, em uma escala crescente de sensibilidade.

Com base no ISL e em informações complementares apresentadas nas Cartas SAO como recursos bióticos e socioeconômicos presentes nos ambientes costeiros, pode-se planejar as ações de resposta e definir os procedimentos de limpeza mais adequados a cada tipo de ambiente. As ações de resposta se iniciam com a contenção do óleo no mar, que se feita eficientemente, evita a contaminação da costa. Em casos mais graves, quando já ocorreu a contaminação dos ambientes costeiros, devem ser utilizadas as cartas SAO para a escolha dos ambientes a serem limpos prioritariamente.

Em 2007, o Ministério do Meio Ambiente publicou o "Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Bacia Marítima de Santos", com o mapeamento de toda a área costeira da Bacia de Santos. O trecho entre Praia Grande e Ilha Comprida, no litoral paulista, apresenta cartas SAO em escala 1:150.000 (MMA, 2007).

A resposta a acidentes com óleo visa primordialmente proteger a vida humana, reduzir as conseqüências ambientais e tornar eficientes os esforços de contenção, limpeza e remoção. Segundo a CETESB, um procedimento de limpeza é considerado eficiente quando possibilita a remoção do contaminante com mínimos impactos adicionais e quando favorece a recuperação do ambiente no menor tempo possível. No entanto, alguns métodos de limpeza mostram-se prejudiciais devido aos impactos que acarretam por vezes

maiores que a própria ação do óleo (CETESB, 2006). Por isso, além da indicação de procedimentos recomendados, este trabalho traz também a indicação dos procedimentos não-recomendados.

Durante a emergência, são necessárias ações de resposta rápidas para que os danos ao meio ambiente possam ser reduzidos e perdas materiais possam ser evitadas. Portanto, o planejamento e a disponibilidade de um banco de dados organizado são de grande valor para as regiões expostas a esses riscos, contribuindo para o planejamento costeiro da área em questão.

A gestão de resíduos também faz parte das ações de resposta e deve ser previamente planejada visando detalhar os procedimentos para coleta, acondicionamento, transporte, classificação, descontaminação e disposição provisória (*in loco*) e definitiva dos resíduos.

## 4. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivos:

- Apresentar e divulgar a proposta de organização e sistematização dos dados referentes às cartas SAO obtidos por Romero (2009) para o Litoral Sul paulista e parte da Região Metropolitana da Baixada Santista.
- A partir dos dados organizados, sugerir métodos de limpeza recomendados e não-recomendados para a área de estudo em caso de derrames de óleo, baseado em CETESB (2006).

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

Grande parte dos dados foi obtida em trabalhos de campo por Romero (2009) e complementada através de pesquisa bibliográfica a bases de dados sobre os municípios, como por exemplo, no Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e em publicações científicas.

O desenvolvimento do sistema de informação na área de estudo iniciou-se com a aquisição e a organização dos dados relevantes para situações de emergências com derrames de óleo. Essa organização se deu por meio da elaboração de planilhas separadas por município e por seus respectivos ambientes, como por exemplo, uma planilha de Praia Grande contém os ambientes costeiros presentes neste município, que são "praia" e "costão rochoso", já a de Cananéia contém "banco de lama", "praia", "manguezal" e "estrutura artificial".

A elaboração das planilhas foi realizada por meio da análise de fatores relevantes para as emergências com derrames de óleo para cada ambiente, baseados em MMA (2004). Por exemplo, para costões rochosos existem campos relacionados à morfologia e heterogeneidade do substrato, enquanto que para as praias, os campos se referem à granulometria dos sedimentos, declividade da faixa entremarés, etc (Tabela1).

Além das informações sobre cada ambiente estudado, as planilhas contêm também informações sobre acessibilidade, infra-estrutura existente, atividades socioeconômicas (envolvendo turismo e serviços), recursos visuais (fotos) da área, além dos procedimentos de limpeza recomendados e

**Tabela 1**. Atributos considerados para cada ambiente na elaboração das planilhas.
***Table 1.*** *Attribute included for each coastal environment for sheet elaboration.*

| Ambientes | Atributos considerados |
|---|---|
| Praia | ISL (verão/inverno), granulometria (verão/inverno), área (verão/inverno), exposição às ondas (verão/inverno), descrição (verão/inverno), declividade (verão/inverno). |
| Costão rochoso | descrição, exposição às ondas, declividade, morfologia, litologia, heterogeneidade. |
| Manguezal | área, tipo de substrato, tipo fisiográfico. |
| Estrutura artificial | descrição, declividade, orientação, fendas, extensão. |
| Banco de lama | área, tipo de substrato, tipo fisiográfico. |
| Barranco | extensão, descrição, tipo de substrato. |

**Tabela 2**: Atributos comuns (a todos os ambientes) considerados na elaboração das planilhas.
***Table 2.*** *Common attribute included for sheet elaboration.*

| | |
|---|---|
| **Atributos comuns a todos os ambientes** | ISL, procedimentos de combate recomendados, procedimentos de combate não-recomendados, local para disposição de resíduos, existência de acesso de embarcação, tipo de acesso para embarcações, tamanho da embarcação, possibilidades de aproximação da área, restrições de acesso, tipo de acesso por terra, existência de área de manobra, existência de área de estacionamento, existência de um ponto logístico na área, possibilidade de desembarque de veículos leves, possibilidade de desembarque de veículos pesados, recursos visuais, informações adicionais relevantes, classe e tipo de extração de recursos naturais, existência de estrutura de apoio, existência de recursos culturais, classe e tipo de serviços prestados na área, existência prévia de impactos ambientais na área, tipo e nome de infraestrutura náutica, tipo e classe de recreação. |

não-recomendados. A Tabela 1 mostra os atributos específicos de cada um dos ambientes costeiros analisados e a Tabela 2 os atributos comuns a todos eles.

Essas planilhas foram construídas no *software* Excel e depois importadas para o *shape* (extensão de dado geoespacial do Sistema de Informação Geográfico ArcGIS) do município no ArcGIS 9.3, utilizando a ferramenta *join*, que vinculou as informações aos segmentos de costa espacializados. Foram utilizados aqui os segmentos de linha de costa definidos nas cartas SAO de Romero (2009). Assim, integrando informações relevantes para conhecimento da área e dos recursos em risco, essas planilhas de cada ambiente costeiro se tornam de grande utilidade para o momento da emergência.

A etapa que contemplou a proposição das ações de resposta para situações de emergência foi realizada através de análise dos dados da região, da pesquisa e análise dos métodos de limpeza existentes, baseado em CETESB (2006) e das características relevantes para momentos de urgência durante um acidente com óleo. Isso subsidiou a decisão para a recomendação ou a não-recomendação dos diferentes métodos.

Para a escolha dos métodos para cada um dos segmentos da área de estudo foram considerados principalmente: o ambiente atingido, os recursos bióticos e socioeconômicos da região e a infra-estrutura de apoio às ações de resposta. Por exemplo, para uma praia com fácil acesso e de grande importância turística, é possível recomendar procedimentos de limpeza que necessitam de uma equipe de agentes, como o recolhimento manual da areia contaminada com utilização de rodos de madeira. Já para uma praia de difícil acesso, exposta a ação das ondas e de pouca importância turística, recomenda-se a limpeza natural, procedimento em que a própria energia das ondas retira gradativamente o óleo do ambiente praial.

A indicação de informações relevantes para a disposição de resíduos no momento de emergência foi feita com base nas características físicas do ambiente, e nas ações de limpeza recomendadas para cada tipo de ambiente costeiro, com o objetivo principal de evitar a recontaminação do ambiente e maiores prejuízos à biota local.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se aqui a tabela de atributos de um dos segmentos de Praia Grande com intuito de ilustrar a implementação do banco de dados (Tabela 3), considerando que o banco constitui ferramenta importante para atualização e prática divulgação desses dados.

Os principais procedimentos de limpeza empregados em casos de acidente com derrame de óleo no mar foram descritos em Muler (2008), assim como foram detalhados os ambientes em que podem ser aplicados, a ação de cada procedimento no ambiente, equipamentos necessários, danos que podem causar ao ambiente e restrições. A Tabela 4 apresenta um resumo dos principais métodos de limpeza recomendados e não-recomendados para cada tipo de ambiente estudado. Deste modo, com o conhecimento das características do ambiente em risco (dados organizados e inseridos no banco de dados) e dos procedimentos de limpeza existentes, pôde-se recomendar ou não-recomendar (desaconselhar) as ações de resposta.

A seguir são apresentadas as técnicas de limpeza recomendadas e as não-recomendadas para os principais ambientes estudados.

As praias da Região Metropolitana da Baixada Santista por apresentarem predominantemente areia fina são classificadas como menos sensíveis (ISL 3, isto é, praias dissipativas de areias médias a finas, expostas à ação das ondas), comparando-as com praias de areias mais grossas (maior permeabilidade do óleo). No entanto, vale ressaltar que essas praias abrigam uma fauna bastante rica, e portanto, do ponto de vista biológico, apresentam maior sensibilidade quando comparadas às de areia grossa (Borzone *et al.*, 1996; Defeo *et al.* 1992; Brazeiro, 2001). Para essas praias estudadas, localizadas na RMBS, são recomendadas técnicas de remoção juntamente com a limpeza natural, principalmente por causa da importância econômica deste ambiente. As técnicas de remoção disponíveis são: absorção, remoção manual, bombeamento a vácuo, remoção mecânica, dispersão química, queima e jateamento. Na opção pela limpeza natural, deve-se considerar que ela é mais eficiente para óleos mais leves (NOAA, 2000). Para as praias de Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém, Peruíbe e Ilha Comprida deve-se considerar a variação entre os períodos de verão e inverno, devido ao intenso uso turístico que ocorre principalmente nos meses de verão, exercendo maior pressão quanto à estética da limpeza. Logo, para esses ambientes durante o verão recomenda-se: recolhimento manual e absorventes, respeitadas as diretrizes de procedimento (CETESB, 2006); já durante o inverno recomenda-se além dessas já mencionadas a limpeza natural, pois o aspecto estético da praia passa a não ser tão relevante nessa época. Devido à sua importância ecológica e por estarem integradas à Estação Ecológica da Juréia-Itatins, a praia do Una (ISL 3) e as praias do Rio Verde e Itacolomi (classificadas como intermediárias, de areia média a fina, expostas, ISL 4) no município de Peruíbe e Iguape, merecem atenção prioritária para proteção na hora da emergência, visando evitar a aproximação do óleo. E tanto para essas praias quanto às de Iguape e Cananéia recomenda-se a limpeza natural.

Por fim, não são recomendados para as praias procedimentos de limpeza com tráfego de máquinas e veículos na zona entremarés e infralitoral e remoção de grande quantidade de areia, considerando que essas zonas são as mais sensíveis principalmente quanto à fauna, bastante rica e abundante (CETESB, 2006; Amaral *et al.*, 1999).

Os costões rochosos apresentam uma rica e complexa comunidade, são locais de alimentação, crescimento e reprodução de um grande número de espécies (Milanelli, 2003), pois o substrato duro favorece a fixação de diversas espécies de invertebrados (CETESB, 2006). Assim, os costões rochosos de Itanhaém e Praia Grande foram classificados com ISL's altos; os fragmentados, heterogêneos, compostos de matacões, com declividade média e expostos receberam ISL 6, e o costão rochoso de mesmas características, porém, abrigado da ação das ondas recebeu ISL 8. Essa maior sensibilidade se dá considerando que fendas, fissuras e poças constituem tanto um abrigo para a fauna quanto para o óleo em caso de contaminação.

Os costões rochosos dos municípios de Praia Grande e

**Tabela 3.** Exemplo de tabela do banco de dados para um segmento do município de Praia Grande.
***Table 3.*** *Example of a geodatabase's table. Coast line segment of Praia Grande.*

| | |
|---|---|
| **Código do Segmento** | SPPG002-S |
| **Nome** | Praia Grande |
| **ISL verão** | 3 |
| **ISL inverno** | 3 |
| **utm_inicio e fim** | 357725,98; 7342957,00 e 335473,88; 7334247,25 |
| **Extensão** | 22.7km |
| **Área da praia no verão** | 2914545 |
| **Área da praia no inverno** | 2914545 |
| **Descrição Verão** | praias dissipativas de areia média a fina, expostas |
| **Descrição Inverno** | praias dissipativas de areia média a fina, expostas |
| **Granulometria Verão** | média a fina |
| **Granulometria Inverno** | média a fina |
| **Hidrodinamismo Verão** | exposta |
| **Hidrodinamismo Inverno** | exposta |
| **Declividade Verão** | Baixa |
| **Declividade Inverno** | Baixa |
| **Processos de limpeza Recomendados** | recolhimento manual e absorventes (verão), recolhimento manual, absorventes e limpeza natural (inverno) |
| **Processos de limpeza Não-recomendados** | esteiras recolhedoras, *skimmers*, lavagem com água corrente, jateamento, corte da vegetação, queima in situ, remoção de sedimentos, dispersantes. |
| **Disposição de resíduos** | Armazenamento em tambores lacrados, sacos plásticos fortes ou *bigbags* em área impermeabilizada e retirados posteriormente por caminhões ou tratores. Atentar para o tráfego fora da zona entremarés e infralitoral. |
| **Acesso de embarcações** | Sim |
| **Acesso aquático** | Pela praia |
| **Possibilidade de aproximação** | Sim |
| **Tamanho da embarcação** | |
| **Restrições** | Baixas profundidades |
| **Acesso por terra** | Carro |
| **Área de manobra** | Estacionamento da praia |
| **Área para estacionamento** | Sim |
| **Desembarque de veículos leves** | Sim |
| **Desembarque de veículos pesados** | Sim |
| **Recursos visuais** | SPPG002-S_RV166, SPPG002-S_RV167, SPPG002-S_RV168, |
| **Informações relevantes** | ao norte: presença de área militar e de emissário submarino. |
| **Classe de extração de recurso natural** | Pesca |
| **Tipo de extração de recursos naturais** | pesca artesanal; pesca recreativa |
| **Recursos culturais** | Não |
| **Classe de serviço** | Comércio |
| **Tipo de serviço** | Quiosques |
| **Tipo de impacto** | esgoto na praia |
| **Classe de recreação** | esportes náuticos, pista de skate, parque de diversões |

**Tabela 4.** Principais métodos de limpeza para ambientes da área em estudo. Baseado em São Paulo (2006).
***Table 4.*** *Main clean methods recommended and non-recommended for oil spills accidents for study area. Based on São Paulo (2006).*

| Tipo de Ambiente | Procedimentos de limpeza | |
|---|---|---|
| | **Recomendados** | **Não recomendados** |
| Praias | Limpeza natural, recolhimento manual, absorventes naturais granulados. | Procedimentos com tráfego de máquinas e veículos na zona entremarés e infralitoral e remoção de grande quantidade de areia. |
| Manguezais | Contenção do óleo no mar. Se o ambiente for atingido, recomenda-se limpeza natural. | Todos os métodos de limpeza que precisem entrar no ambiente. |
| Costão rochoso | Jateamento a baixa pressão, lavagem com água corrente, bombeamento a vácuo, remoção manual, limpeza natural | Jateamentos a alta pressão. |
| Estruturas artificiais | Bombeamento a vácuo, remoção manual, absorventes, barreiras absorventes, jateamentos (alta e baixa pressão), limpeza natural. | - |
| Bancos de lama | Absorventes na maré alta, barreiras de contenção e removedores e barreiras absorventes. | Deve-se evitar procedimentos dentro dos bancos de lama. |

**Tabela 5.** Disposição dos resíduos durante a emergência – Informações Relevantes.
***Table 5.*** *Waste disposal during oil spill emergency – relevant consideration.*

| Ambientes | Informações Relevantes |
|---|---|
| Praia | Armazenamento em tambores lacrados, sacos plásticos fortes ou *bigbags* em área impermeabilizada e retirados posteriormente por caminhões ou tratores. Atentar para o tráfego fora da zona entremarés e infralitoral e fora de áreas de vegetação. |
| Costão rochoso | • Para os de média/alta declividade ou média/alta heterogeneidade: o armazenamento deve ser feito em embarcações.<br>• Para os de baixa declividade ou baixa heterogeneidade: o armazenamento deve estar fora do alcance da maré alta.<br>Atentar para não perfurar os *bags* nas pontas vivas. |
| Estrutura artificial | Armazenamento em área impermeabilizada, preferencialmente coberta e retirar posteriormente por caminhões ou tratores. Atentar para não perfurar os *bags* nas pontas vivas. |
| Manguezal | Armazenamento nas embarcações (de baixo calado, durante maré alta).<br>Em hipótese alguma armazenar sobre substrato ou vegetação. |
| Banco de lama | Armazenamento nas embarcações (de baixo calado, durante maré alta).<br>Em hipótese alguma armazenar sobre substrato ou vegetação. |
| Barranco | Armazenamento em tambores lacrados, sacos plásticos fortes ou *bigbags* em área impermeabilizada e retirados por caminhões ou tratores ou em embarcações. |

Itanhaém receberam ISL 6 e 8 principalmente por serem compostos por matacões e apresentarem alta heterogeneidade do substrato e os de Peruíbe foram classificados com ISL 1, 2 e 6, devido principalmente a baixa heterogeneidade de seu substrato e a exposição às ondas. Para esses ambientes, considerando o mesmo fator econômico (estético), no verão podem ser recomendados os métodos: bombeamento a vácuo, remoção manual, absorventes granulados na água adjacente, barreiras absorventes e pompons, lavagem sem pressão e jateamento a baixa pressão, respeitando as limitações e cuidados de cada um deles; para as outras estações do ano recomenda-se a limpeza natural. Esses métodos são recomendados também para os costões abrigados, nos quais a energia da onda não realiza limpeza efetiva, encontrados em Peruíbe, Iguape e Ilha Comprida. É importante ressaltar que as recomendações de limpeza aqui descritas são sugestões, mas a decisão final é do órgão ambiental competente.

Para os manguezais da área de estudo, localizados principalmente na região de Ilha Comprida e Cananéia, (Litoral Sul), é recomendada a limpeza natural, pois qualquer outra técnica poderá agravar os impactos do acidente (IPIECA, 1993; Gundlach & Hayes, 1978). Esses ambientes recebem ISL máximo (10), principalmente devido ao fato de constituírem importantes áreas para reprodução, proteção e alimentação de diversas espécies de animais (Schaeffer-Novelli, 1991) e ainda por apresentarem recuperação bastante lenta (baixa disponibilidade de oxigênio para a biodegradação do óleo, baixa ação hidrodinâmica, inúmeras estruturas como raízes, caules para impregnação do óleo etc.). Portanto, para a proteção dos manguezais, se torna imprescindível evitar a aproximação e o contato do óleo com os bosques.

As informações relevantes para a disposição de resíduos no momento de emergência estão dispostas na Tabela 5.

## CONCLUSÃO

Conclui-se com a implementação do banco de dados, que este proporciona o armazenamento organizado, de fácil atualização e recuperação instantânea de dados relevantes para momentos de emergência em caso de derrames de óleo, permitindo uma análise rápida, abrangente e direta dos dados. Considerando que nem todos os aspectos relevantes à sensibilidade ao óleo podem ser representados graficamente nas cartas SAO, o banco de dados assume um papel fundamental, pois comporta dados necessários para o planejamento eficiente das ações de resposta. Sugere-se que o banco de dados seja adotado de forma integrada com as cartas, como instrumento de gestão de emergências.

Em síntese, para o Litoral Sul os esforços devem ocorrer no sentido de evitar o contato do óleo com os ambientes costeiros, devido à grande área de manguezais e à presença da Ilha Comprida (que abriga os ambientes costeiros da ação das ondas em Iguape e Cananéia), aumentando ainda mais a sensibilidade da região a derrames de óleo. São recomendadas, portanto, técnicas de contenção do óleo no mar, como as barreiras de contenção e removedores e barreiras absorventes, já que se a mancha de óleo atingir o interior dos ecossistemas, as ações de resposta se tornam reduzidas.

Na porção da área de estudo localizada na Região Metropolitana da Baixada Santista, a escolha dos procedimentos de limpeza pode, muitas vezes, ser influenciada pela preocupação com a estética dos ambientes, especialmente em alta temporada (verão), devido à importância econômica da atividade turística, no entanto, vale enfatizar que as técnicas utilizadas devem priorizar a proteção dos ecossistemas e proporcionar as melhores condições para a recuperação da área. Assim, a principal técnica recomendada, considerando a predominância do ambiente de praia e as características específicas da região, é o recolhimento manual e o uso de absorventes.

Por fim, as ações de resposta não terminam com a retirada do óleo do ambiente costeiro, as recomendações para o processo de remoção, manuseio e destinação dos resíduos feitas neste trabalho são de grande utilidade para uma ação de reposta de sucesso, protegendo o ambiente contaminado e os agentes de limpeza.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP – Rio Claro, ao Professor João Carlos Carvalho Milanelli e ao Programa de Formação de Recursos Humanos em Geologia do Petróleo e Ciências Ambientais Aplicadas ao Setor do Petróleo e Gás: PRH-05, todos essenciais para esta pesquisa.

## BIBLIOGRAFIA

Amaral, A.C.Z.; Amaral, E.H.M. do; Leite, F.P.P.; Gianuca, N.M. (1999) - Diagnósticos sobre praias arenosas: avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha. *In:* Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia André Tosello. *Base de Dados Tropical*, Campinas, São Paulo, Brasil. Disponível em http://www.anp.gov.br/brasil-rounds/round8/round8/guias_r8/perfuracao_r8/Áreas_Prioritárias/Praias arenosas.pdf.

Borzone, C.A.; Souza, J.R.B.; Soares, A.G. (1996) - Morphodynamic influence on the structure of inter and subtidal macrofaunal communities of subtropical sandy beaches. *Revista Chilena de Historia Natural (*ISSN 0716-078X), 69, 565-577, Sociedad de Biología de Chile, Santiago, Chile.

Brazeiro, A. (2001) - Relationship between species richness and morphodynamics in sandy beaches: What are the underlying factors? *Marine Ecology Progress Series (MAPS),* 224:35-44. http://www.int-res.com/articles/meps/224/m224p035.pdf.

Brown, A.C.; McLachlan, A. (2002) - Sandy shore ecosystems and the threats facing them: some predictions for the year 2025. *Environmental Conservation*, 29:62–77. DOI:10.1017/S037689290200005X.

CETESB (2006) - *Ambientes costeiros contaminados por óleo. Procedimentos de Limpeza. Manual de Orientação*. 120p., Secretaria do Estado do Meio Ambiente. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), São Paulo, SP, Brasil. ISBN 85-86624-51-9. Disponível em http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/emergencias-quimicas/acidentes/ambientes-costeiros.pdf.

CETESB (2011) - *Panorama Geral – Principais acidentes no Brasil.* Secretaria do Estado do Meio Ambiente. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo –

(CETESB), São Paulo, SP, Brasil. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/emergencias-quimicas/panorama-geral/Principais-Acidentes-Brasil.pdf.

CIRM - Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (1997) - *Resolução nº 005 de 03 de dezembro de 1997*: Aprova o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II (PNGC II). Publicado no Diário Oficial da República Federativa do Brasil (DOU) de 14/01/1998, seção 1, pg. 46-49, Brasília, DF, Brasil. http://www.jusbrasil.com.br/diarios/961625/dou-secao-1-14-01-1998-pg-47/pdfView

Chabaribery, D.; Romão, D.A.; Burnier, D.M.F.; Pereira, L.B.; Matsumoto, M.; Carvalho, M.; Roth, M. (2004) - Desenvolvimento sustentável da Bacia do Ribeira de Iguape: diagnóstico das condições socioeconômicas e tipificação dos municípios. *Informações Econômicas* (ISSN: 1678-832X), 34(9):57-89, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em http://www.iea.sp.gov.br/out/publicacoes/pdf/espec1-0904.pdf

Clarck, J.R. (1996) - *Coastal zone management handbook*. CRC Press, 694 p., Boca Raton, Florida, U.S.A. ISBN/ISSN: 9781566700924.

Crone, J.T.; Tolstoy, M. (2010) - Magnitude of the 2010 Gulf of Mexico Oil Leak. *Science,* 330(6004):634. DOI:10.1126/science.1195840.

Defeo, O.; Jaramillo, E.; Lyonnet, A. (1992) - Community structure and intertidal zonation of the macroinfauna in the Atlantic coast of Uruguay. *Journal of Coastal Research*, 8(4):830-839.

Farinaccio, A. (2000) - *Alterações relacionadas à ação antrópica na dinâmica dos processos costeiros nas planícies da Praia Grande/ Moganguá e enseada de Caraguatatuba, SP.* Dissertação de Mestrado em Oceanografia Química e Geologia, 150p., Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. Não publicado.

Gundlach, E.R.; Hayes, M.O. (1978) - Vulnerability of coastal environments to oil spill impacts. *Marine Technology Society Journal (*ISSN 0025-3324*),* 2(4):18-27, Columbia, MD, U.S.A.

IPIECA (1993) - *Biological impacts of oil pollution: mangroves.* IPIECA Reports Series, 4, 20p., International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (IPIECA), London, United Kingdom. Disponível em: http://www.ipieca.org/sites/default/files/publications/Vol4_Mangroves_0.pdf.

IPIECA. (2000) *Guía para la planificación de contingencias ante derrames de hidrocarburos de água.* Series de informes. V. 2. (disponível em: http://www.ipieca.org/).

http://www.ipieca.org/publication/biological-impacts-oil-pollution-mangroves-volume-4

Menquini, A. (2004) - *Análise geoambiental da Baixada Santista da Ponta de Itaipu ao Maciço de Itatins (SP).* Dissertação de Mestrado em Geociências e Meio Ambiente, 166p., Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, Brasil. Disponível em: http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/brc/33004137036P9/2004/menquini_a_me_rcla.pdf.

MMA (2004) - *Especificações e Normas Técnicas para a Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para derramamentos de óleo.* 107p., Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos. Programa de Gerenciamento Ambiental Territorial. Projeto de Gestão Integrada dos Ambientes Costeiro e Marinho. Brasília, DF, Brasil. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/projeto/_publicacao/especificacoes_normas_tecnicas_cartas_sao.pdf.

MMA (2007) - *Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Bacia Marítima de Santos.* 116p., Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Brasília, DF, Brasil. Disponível em: http://www.dsr.inpe.br/projeto_saosantos.

MMA (2008) - *Documento síntese do I Simpósio Nacional sobre Erosão Costeira.* 25p., Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Departamento de Qualidade Ambiental na Indústria. Gerência de Qualidade Costeira e do Ar. Brasília, DF, Brasil. Disponível em: http://www.remaatlantico.org/Members/suassuna/artigos/documento-sintese-do-i-simposio-nacional-sobre-erosao-costeira?set_language=en&cl=en.

Milanelli, J.C.C. (2003) - *Biomonitoramento de costões rochosos instrumento para avaliação de impactos gerados por vazamentos de óleo na região do Canal de São Sebastião - São Paulo.* Tese de Doutorado em Oceanografia Biológica, 293p., Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, SP, Brasil. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/21/21131/tde-03042007-215200/pt-br.php.

Muler, M. (2008) - *Implementação de um sistema de informação voltado à sensibilidade ambiental ao óleo do litoral sul paulista e avaliação das ações de resposta a derramamentos de óleo.* Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental), 63p., Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP, Brasil. Disponível em: http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/tcc/brc/67051/2008/muler_m_tcc_rcla.pdf.

NOAA. (2000) - *Characteristic Coastal Habitats*: *Choosing Spill Response Alternatives*. 85p., U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Office of Response and Restoration, Emergency Response Division. Disponível em: http://response.restoration.noaa.gov/book_shelf/911_coastal.pdf.

PETROBRAS (s/d) - *Atuação no Pré-Sal.* Portal da PETROBRAS: Energia e Tecnologia. Disponível em: http://www.petrobras.com.br/pt/energia-e-tecnologia/fontes-de-energia/petroleo/presal APARENTEMENTE NÃO TEM DATA

Ramires, M.; Barrela, W. (2003) - Ecologia da pesca artesanal em populações caiçaras da Estação Ecológica de Juréia-Itatins, São Paulo, Brasil. *Interciência,* 28(4):208-213. ISSN 0378-1844.

CONAMA (2008) - *Resolução n° 398* de 11 de junho de 2008: *Dispõe sobre o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, originados em portos organizados, instalações portuárias, terminais, dutos, sondas terrestres, plataformas e suas instalações de apoio, refinarias, estaleiros, marinas, clubes náuticos e instalações similares, e orienta a sua elaboração*. Ministério do Meio Ambiente, Conselho

Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Publicado no diário Oficial da União (DOU), Ano CXLV, nº- 111, Seção 1, pp.101-105. Disponível em *http://www.jusbrasil.com.br/diarios/621822/dou-secao-1-12-06-2008-pg-101/pdfView*

Romero, A.F. (2009) - *Mapa de vulnerabilidade ambiental ao óleo e cartas SAO: trecho Praia Grande – Ilha Comprida, litoral paulista*. Tese de Doutorado em Geociências e Meio Ambiente, 125p., Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, SP, Brasil. Disponível em: http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/brc/33004137036P9/2009/romero_af_dr_rcla.pdf.

Romero, A.F.; Riedel, P.S.; Milanelli, J.C.C. (2010) - Carta de sensibilidade ambiental ao óleo do Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape, Litoral Sul de São Paulo. *Revista Brasileira de Cartografia*, n.62, edição especial 01, 229-238p. ISSN 0560-4613.

Schaeffer-Novelli, Y. (1991) - *Manguezais brasileiros*. 42f. Tese de Livre Docência. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. 2 vols. Não publicado.

Souza, M.R. (2004) - *Etnoconhecimento caiçara e uso de recursos pesqueiros por pescadores artesanais e esportivos no Vale do Ribeira*. Dissertação de Mestrado em Ecologia de Agrossistemas, 102p., Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/91/91131/tde-13092004-143414/pt-br.php.

Souza, C.R.G.; Souza, A.P. (2004) - Geologia e Geomorfologia da área da Estação Ecológica Juréia-Itatins. In: MARQUES, O.A.V; DULEBA, W. (Editores). *Estação Ecológica Juréia-Itatins – Ambiente Físico, Flora e Fauna.* Ed. Holos, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, p.16- 31. ISBN 8586699373.

Wiens, J.A.; Thomas, O.C.; Robert, H.D.; Stephen M.M.; Gregory D.H. (1996) - Effects of the Exxon Valdez Oil Spill on Marine Bird Communities in Prince William Sound, Alaska. *Ecological Applications* 6(3):828–841. DOI:10.2307/2269488.

Revista da Gestão Costeira Integrada 11(4):409-419 (2011)
*Journal of Integrated Coastal Zone Management* 11(4):409-419 (2011)

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS
UNIVALI
http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-251_Parente.pdf
DOI:10.5894/rgci251
GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA
Journal of Integrated Coastal Zone Management

# Effectiveness of Monitoring Marine Mammals during Marine Seismic Surveys off Northeast Brazil *

## *Efetividade do Monitoramento de Mamíferos Marinhos durante Prospecções Sísmicas no Nordeste do Brasil*

Cristiano Leite Parente [@, 1], Maria Elisabeth de Araújo [1]

**ABSTRACT**

The possible behavioral and physical problems involving marine mammals and marine seismic surveys have attracted the interest and concern of several authors. The Brazilian government has required Geophysical Companies to monitor marine mammals in order to: 1) avoid colisions with cetaceans and manatees; 2) record the effects of noise sources on the temporal and spatial distribution and abundance of marine mammals in the area of seismic survey; and 3) record the individual behavior response of cetaceans and manatees to seismic air-gun shots. As a consequence of this requirement, the effectiveness of monitoring marine mammals was evaluated during ocean-bottom-cable seismic surveys carried out during 2002 and 2003 of the northeastern coast of Brazil. This evaluation was based on the analysis of results from visual surveys and applied methodology considering the monitoring effort, visibility conditions, observers' experience, and observed marine mammal behaviors as indicator of its effectiveness. The monitoring procedures were not effective in addressing the concerns of the Brazilian government, and the following adaptations are recommended: more intensive training of marine mammal observers; development of a rigorous quantitative survey protocol; evaluate the functionality of acoustic monitoring techniques as an alternative for the night period; and independent baseline studies and analyses of marine mammal population distribution, density and behavior.

**Keywords**: Marine mammals; marine seismic survey; effectiveness of visual surveys; environmental management; South America; Northeast Brazil

***RESUMO***

*Muitos autores têm apresentado interesse e preocupação com os possíveis efeitos das prospecções sísmicas no comportamento e fisiologia dos mamíferos marinhos. Por esse motivo o Governo brasileiro tem exigido às Empresas de Geofísica a realização de monitoramento das espécies para: 1) evitar colisões de embarcações com cetáceos e sirênios; 2) registrar os efeitos dos sons na distribuição espaço-temporal e abundância relativa de mamíferos marinhos na área de prospecção e 3) registrar a resposta comportamental individual de cetáceos e sirênios em relação aos disparos dos canhões de ar. Como conseqüência dessas exigências, foi realizada uma avaliação da efetividade do monitoramento de mamíferos marinhos ocorridos durante prospecções sísmicas no nordeste do Brasil entre 2002 e 2003. Esta avaliação foi baseada nos resultados das observações visuais e metodologia aplicada. O esforço de monitoramento, as condições de visibilidade, a experiência dos observadores e as avistagens e comportamentos*

*@ - Corresponding author: cristiano.parente@gmail.com*
*1 - Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Oceanografia, Recife, PE, Brazil. Correspondence address: Av. Poeta Vinícius Moraes, 1029 - Bairro Atalaia CEP 49037-490. Aracaju/SE, Brazil*

** Submission: February 18, 2011; Evaluation: April, 11, 2011; Reception of revised version: June 17, 2011; Accepted: August 15, 2011; Available on-line: October 19, 2011*

*registrados foram considerados como indicadores. Os resultados indicam que os procedimentos adotados para o monitoramento não foram efetivos para responder aos questionamentos do Governo brasileiro, sendo necessárias as seguintes adaptações: intensificar o treinamento das equipes de observadores, desenvolver protocolo de monitoramento, avaliar técnicas acústicas de monitoramento como alternativa para o período noturno, assim como a realização de estudos independentes para o conhecimento das densidades populacionais e análises do comportamento das espécies.*

***Palavras-chave:*** *mamíferos marinhos; sísmica marítima; monitoramentos visuais; gerenciamento ambiental; Nordeste do Brasil; América do Sul.*

## 1. INTRODUCTION

Seismic surveys are a fundamental process used to recognize and map geological structures that may yield oil or gas in amounts that can be economically extracted. Seismic surveys involve the emission of high-energy sound pulses through the water column to analyze geophysical features of the sea sub-surface (Jones 1999). Seismic pulses are generated through the collapse of air bubbles produced by one or more air guns. These air-gun pulses are captured after reflection or refraction either by arrangements of floating hydrophones when streamers are used or hydrophones arranged on the seafloor when ocean-bottom cables (OBC) are used. Seismic surveys can also vary according to the technology used i.e. 2-dimensional (2D) when conducted in single lines and 3-dimensional (3D) when conducted in net-lines that cover a patch of the ocean floor (Jones 1999).

The possible behavioral and physical problems in marine mammals caused by emissions of sound pulses during seismic surveys have been investigated by several authors. Except for the study carried out by Madsen *et al.* (2002), many pieces of research have documented the negative effects of loud anthropogenic noises on cetaceans (*e.g.* Evans *et al.,* 1993, Goold, 1994, Mate et al., 1994, McCauley *et al.,* 2000, Mallakoff 2002, Gordon *et al.,* 2004). Regarding manatees, there is no report of seismic survey impacts on this group of marine mammals (Richardson *et al.,* 1995), but the movements of boats in extremely shallow waters, characteristic of OBC seismic surveys, is a possible source of collision risk for these slow-moving animals (Gerstein 2002).

Governments of several countries have adopted measures to monitor and mitigate the impacts of seismic surveys on marine mammals. Seismic surveys on the Brazilian continental shelf were intensified in 1999 when the Brazilian government allowed private petroleum companies to explore for oil and gas. However, because of concern about the possible negative effects of noise generated by seismic air guns on marine mammals, the Brazilian government has required geophysical companies to minimize the impacts of seismic surveys. These requirements include the use of marine mammal observers during seismic surveys to ensure that: 1) accidents (collisions, entanglements) with cetaceans and manatees are avoided; 2) the effects of noise sources on the temporal and spatial distribution and relative abundance of marine mammals in the seismic survey area; and 3) the individual behavior response of cetaceans and manatees to air-gun shots are recorded (Brazilian Institute of the Environment and the Renewable Natural Resources – IBAMA 2003).

Some recent studies have focused on a possible methodological bias in the monitoring of marine mammals (*e.g.:* Gómez de Segura *et al.,* 2006, Mann 1999, MacLeod *et al.,* 2004), but evaluating the effectiveness of monitoring techniques is an uncommon scientific field with respect to seismic surveys. An important measure of the effectiveness of scientific research is the capacity of a study and its methods to address the study objective. In the case of monitoring procedures adopted during seismic surveys, effectiveness would be measured by the capacity of these procedures to meet the three objectives outlined above. This paper evaluates the effectiveness of monitoring cetaceans and manatees during OBC seismic surveys off northeastern Brazil in 2002 and 2003.

## 2. MATERIALS AND METHOD

This study was based on the results of marine mammal observations during seismic surveys in the following states: Sergipe (10°S - 37°W), Rio Grande do Norte (05°S - 35°W) and Ceará (03°S - 38°W), all in Northeast Brazil, between July 2002 and August 2003 (Table 1 and Figure 1). The characteristics of the seismic surveys and observations of marine mammals are described as follows:

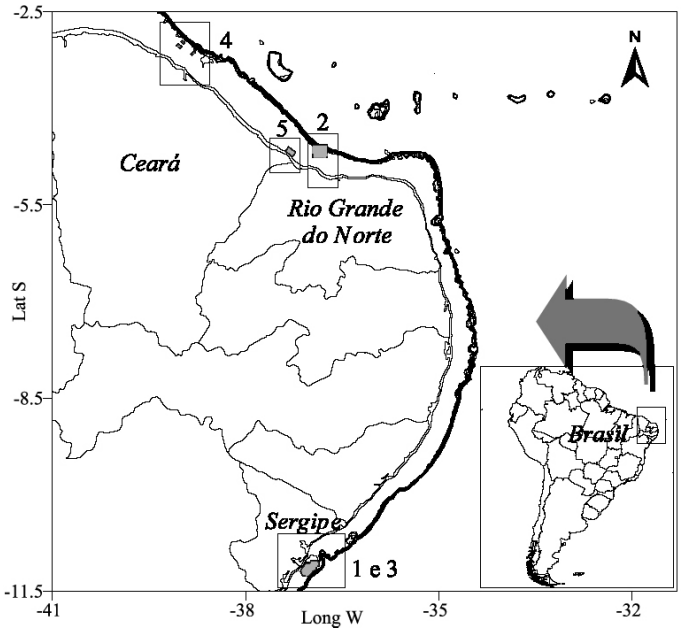


Figure 1. Brazilian northeastern region with distinction for the states and studied areas (1.Caioba-Camurim, 2. RNS-144, 3. Guaricema-Dourado, 4. Atum-Xaréu-Espada-Curimã e 5. CES-134).

*Figura 1. Região nordeste do Brasil com destaque para os Estados e áreas de estudo (1.Caioba-Camurim, 2. RNS-144, 3. Guaricema-Dourado, 4. Atum-Xaréu-Espada-Curimã e 5. CES-134).*

Table 1. Main characteristics of the OBC seismic surveys carried out in the northeast of Brazil between 2002 and 2003.
*Tabela 1. Principais características da sísmica com cabos de fundo realizadas no nordeste do Brasil entre 2002 e 2003.*

| Project | Technology | Time | Duration (days) | Distance from coast Minimum – Maximum (Km) | Depth Minimum – Maximum (meter) | No. *air-guns* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Caioba – Camurim | 3D | June to August, 2002 | 52 | 4,1 - 21,0 | 6 – 30 | 8 |
| RNS-144 | 2D | August to October, 2002 | 42 | 25,4 - 45,1 | 15 - 50 | 4 |
| Guaricema – Dourado | 3D | October, 2002 to February, 2003 | 105 | 4,8 - 24,7 | 20 - 50 | 8 |
| Atum-Xaréu-Curimã-Espada (AXEC) | 3D | March to July, 2003 | 107 | 32,8 - 42,5 | 25 - 58 | 8 |
| CES-134 | 2D | July to August, 2003 | 14 | 0,0 - 9,3 | 2 - 10 | 4 |

## 2.1 Seismic surveys

The OBC seismic survey method used 4 to 6 boats (lengths: 6m) to lay the cables. The boats were responsible for the deployment and withdrawal of the bottom cables with hydrophones. These cables were connected to the Record Boat and the Gunboat (lengths: 35m), to which the air guns were connected. The sound pulse generation system used by the Gunboat consisted of four to eight Generator-Injector (GI) air-guns with a capacity of 1,410psi each. Air was supplied by a compressor generating 2,000psi.

## 2.2 Marine mammal observations

Marine mammals were monitored during the seismic surveys through visual survey by on board marine mammal observers. Species occurrence and behavior were recorded on "Biota Records and Occurrence Forms" proposed by the geophysical company and approved by IBAMA. The information presented on the forms was as follows: Boat (identification, activity, geographical position and direction); Seismic survey [date, time, depth , sea state, weather conditions visibility and wind direction and strength - and observer´s name]; Animal [species, anatomical description, number of specimens (total, adult and calves), identification level (definite, probable and possible), behavior (swimming, feeding, courting, stationary, playing, other) and distance from the air-guns]; air-gun state (turned on or off) and other comments. The visibility was classified according to sea conditions associated with the Beaufort scale and luminosity as follows: Good – intense brightness with Beaufort 0 or 1;

Moderate – little brightness with Beaufort 1 or intense brightness associated with Beaufort 2;Poor – Beaufort 3 or little brightness with Beaufort 2.

There were no seismic surveys or marine mammal monitoring when sea conditions reached or exceeded Beaufort 4 because it was difficult to spread the hydrophone cables and to observe marine mammals.

During the *Caioba-Camurim* Project (Table 1), there was only one observer on the Gunboat. In the next three projects there was one observer on the Gunboat and another on the Monitoring Boat. In the last project (*CES-134*), conducted off *Ceará*, there were seven observers distributed among all the boats involved in the seismic survey (Gunboat, Monitoring Boat and the five Lay-Out Boats).

## 2.3 Data analysis

The information from the "Biota Records and Occurrence Forms" was analyzed to evaluate whether the objectives of the Environmental Management Plan, as proposed by the geophysical company responsible for the monitoring of marine mammals, had been achieved. The following indicators were used to measure the effectiveness of monitoring regarding each objective:

*To avoid boat collisions with marine mammals*

Records of collisions between boats and marine mammals in the five environmental reports and its forms were reviewed and analyzed. The number of animals was categorized by effort to establish a sighting index (marine mammal/hour), and these records were organized in class intervals of two hours. This procedure helped in evaluating the influence of time on the ability to record marine mammals as well as verifying the synchronicity of observation and seismic survey efforts. The Kruskal-Wallis statistical test was used to determine whether there was a significant difference among the class intervals.

*To measure the effects of noise sources on the relative-abundance and distribution of marine mammals*

Visual surveys were used to quantify the effects of the noise sources on marine mammal behavior. As well as the synchronicity analyzed above, these surveys verified the distance between marine mammals and boats; the effect of the observer's experience (classified as: beginner, capable and expert) on the sighting indices; the identification level

(definite, probable and possible) and the effect of visibility conditions (good, moderate or poor) on the marine mammal records.

A Principal Component Analysis (PCA) using the Bray-Curtis coefficient, following data normalization with a double-center post-transformation procedure, was used to verify the relationship between visibility conditions and number of marine mammals recorded by the seismic survey. The Kruskal-Wallis statistical test was also applied to evaluate the influence of visibility conditions on the sighting indices during the seismic surveys.

*To record the behavioral responses of cetaceans and manatees to air-gun shots*

The behaviors recorded during the surveys were analyzed in confrontation with those published in previous studies concerning behavioral responses of marine mammals to anthropogenic noises. The Mann-Whitney non-parametric statistical test was used to detect any significant difference between the record indices of the main behaviors during the different states of functionality of the air-guns (switched on or switched off). A probability of (p) < 0.05 was considered statistically significant.

## 3. RESULTS

A total of 2,028 hours of marine mammal monitoring was carried out during 4,263.75 hours of seismic surveys. This marine mammal monitoring corresponded to 47.6% of the total duration of the seismic surveys and was not synchronized with the operation of the air-guns. The air-guns were not shooting continuously, but were switched on and off at different intervals throughout the projects, generally starting around midday and stopping at night (Figure 2). Despite this, accidents between boats and marine mammals were not recorded during the seismic surveys. The only "accident" recorded by the observers was a collision of the Gunboat during project CES-134 (Ceará State) with some fixed wood used to build fishing traps.

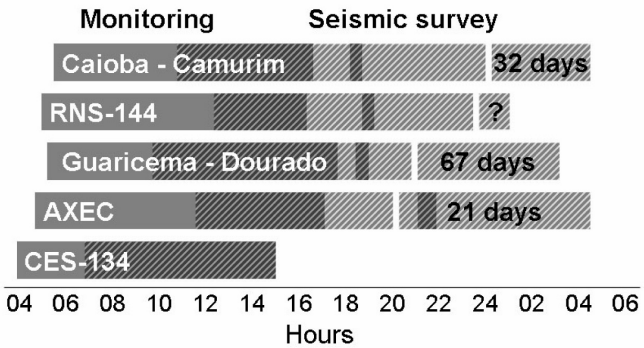


Figure 2. Effort of the monitoring of marine mammals and seismic survey with the limits representing the average of hour of the beginning and final of the activities.
*Figura 2. Horário médio de início e final do monitoramento de mamíferos marinhos e dos disparos dos canhões de ar nos projetos sísmicos.*

The marine mammal monitoring programs recorded 83 sightings of 311 specimens of cetaceans and manatees, including *Megaptera novaeangliae*, *Tursiops truncatus*, *Sotalia guianensis*, *Stenella frontalis*, *Stenella* sp., *Steno bredanensis* and *Trichechus manatus*. Thirty-four sightings were of Odontoceti (toothed whales). Information on the diversity, occurrence and distribution of species are discussed in a separate study (Parente 2005).

All sightings of marine mammals occurred between 04:00 and 18:00 hours, which correspond to the daylight period on northeastern off Brazil (Figure 3). The Kruskal-Wallis non-parametric test ($H$=19.36) relating sightings of marine mammals to the hour class interval was highly significant (p=0.0036). There was a significantly higher probability of observing marine mammals between 0800 and 1600 hours i.e. during daylight hours.

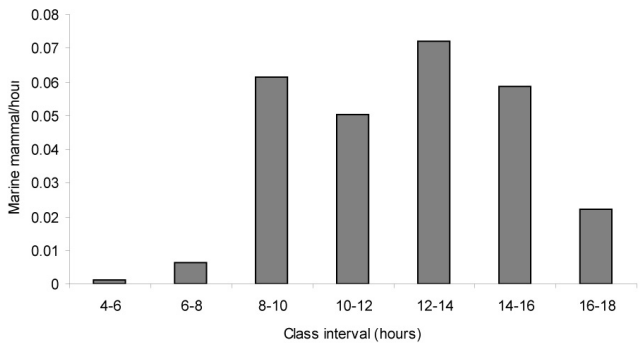


Figure 3. Marine mammals sighted according to class interval of hour.
*Figura 3. Mamíferos marinhos observados conforme intervalos de horário.*

The Operation Licenses demanded that marine mammal monitoring should be carried out during the entire period of air-gun activity. Considering this requirement, and considering that air-gun operations extended through the period of night in four of the five projects (except for project *CES-134)*, night vision binoculars (model Gen 1 Pathfinder®) were used to help observers at night. Nevertheless, there was no regular frequency of night monitoring due to the risk of accident with the observers and no marine mammal was recorded during these periods of darkness. According to observers, during good sea conditions (Beaufort 0 or 1), with a cloudless sky and full moon, the night vision binoculars offered satisfactory visual accuracy, although they caused discomfort when used for long periods.

### 3.1 Marine mammal observers

The number of marine mammal observers, their degree of experience and level of monitoring effort varied throughout the seismic surveys. During the *Caioba-Camorim* Project (which consisted of 356 hours of monitoring effort), there was only one observer and he was classified as a "Beginner" due to his lack of experience with marine mammals

sightings. This observer underwent a training program that included sighting methodology, safety procedures and the most likely species to been seen in the area. The training program lasted eight hours, after which the observer was able to remain active in the project until its conclusion. During the subsequent two projects, *RNS-144* (255 hours of monitoring) and *Guaricema-Dourado* (803.25 hours), two other observers were contracted and neither had previous experience in monitoring marine mammals, both being classified at the end of the study as "Beginners". As with the first observer, both were marine science professionals and both participated in the same training program. In summary, the geophysical company used three "Beginners" that rotated between two boats (Gunboat and Monitoring boat). During the *AXEC* seismic survey (450 hours), a new observer with more than ten years of experience and classified in this study as an "Expert" was contracted. This observer also rotated between the same boats with two other observers classified as "Capable" during this work due to their two previously experience in monitoring marine mammals. Finally, on the *CES-134* Project (163.75 hours) four new observers with previous experience and classified as "Experts" and three new observers classified as "Capable" were distributed among seven boats (Gunboat, Monitoring boat and five Lay-out boats).

Considering all the seismic surveys together, the "Beginners" observed more marine mammals than the "Capable" and "Expert" observers (Figure 4). This result could be consequence of the difference in the abundance of cetaceans between the areas or as consequence of higher levels of false-positive observations by the "Beginners" working on the first three seismic projects. Additionally, a higher frequency of "definite" vs. "possible" identifications was noted among the "Capable" and "Expert" observers when compared with the "Beginners".

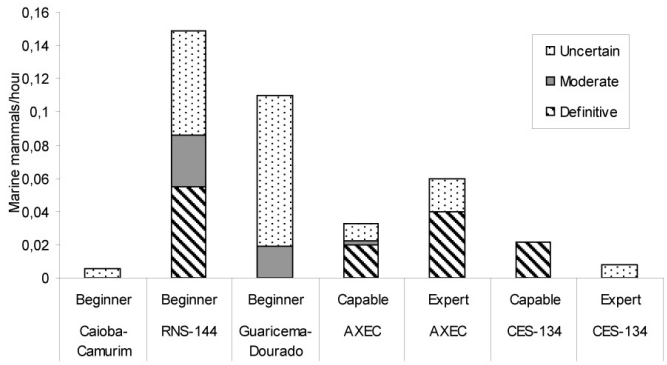


Figure 4. Quality of the sightings of marine mammals (Definitive, Moderate, Uncertain) according to the observers' experience (Beginner, Capable, Expert) during the seismic surveys.
*Figura 4. Qualidade dos registros de mamíferos marinhos (Definitiva, Moderada, Ruim) conforme experiência dos observadores (Iniciante, Apto, Experiente) durante todos os estudos sísmicos.*

### 3.2 Effects of visibility conditions on marine mammal sightings

Marine mammals sightings were more frequent when visibility conditions were considered "good". This was confirmed by the results of the Kruskal-Wallis non-parametric test, which showed a highly significant value ($H$=10.88; p=0.0043,) confirming the influence of visibility conditions on recording rate among the seismic surveys. It is important to emphasize that the observers only recorded the visibility conditions during the monitoring effort when marine mammals were observed.

The PCA using the Bray-Curtis dissimilarity index provided excellent adjustment and addressed 97.4% of the variables. It showed a direct and statistically significant relationship between "moderate" and "good" visibility conditions and the number of marine mammals observed (Figure 5).

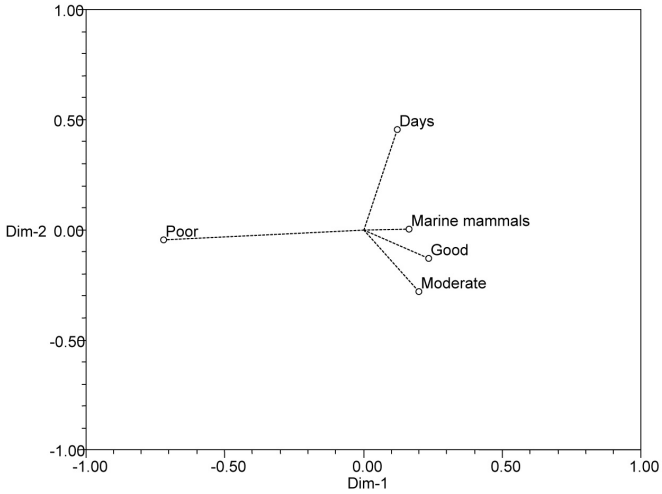


Figure 5. Relationship among visibility condition (Good, Moderate, Bad), days of monitoring and the total number of marine mammals sighted in the projects (Animal).
*Figura 5. Relação entre condição de visibilidade (Bom, Moderado, Ruim), dias de monitoramento e o número total de mamíferos marinhos observados nos projetos (Animais).*

### 3.3 Marine mammal distance from boats

According to the Environmental Management Plans presented by the Geophysical Company to IBAMA (which is responsible for authorizing seismic surveys), the air-guns should be switched off every time a marine mammal was observed within a radius of 500 meters from the Gunboat. In fact, only 34 of 83 forms analyzed (40.9%) actually showed information regarding the distance of the marine mammal in relation to the corresponding air-guns. Among these 34, 28 documented observations within a radius of 500 meters, 5 between 500 and 1,000 meters and only one beyond 1,000 meters. According to the forms and reports analyzed, the air guns were switched off in all cases when marine mammals were recorded within a radius of 500 meters.

### 3.4 Observed marine mammal behaviors

The observed behaviors were: swimming (83.3%), playing (13.2%), feeding (1.5%) and stationary (1.5%) (Figure 6). Behavior observations only exceeded 10 minutes when the marine mammals were seen within a distance of 500 meters from the Gunboat, whilst observations longer than 15 minutes were never recorded by observers.

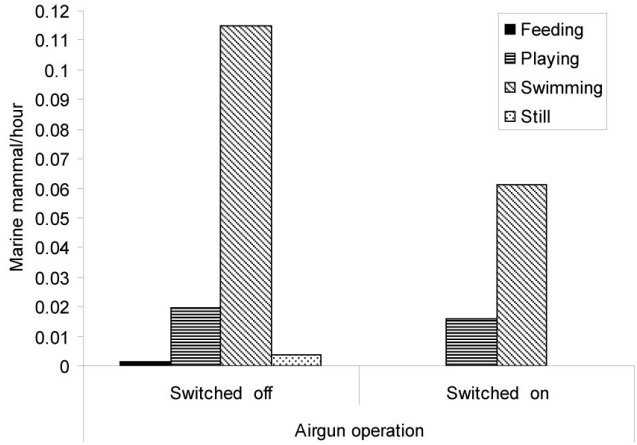


Figure 6. Observation frequency of behaviors according to air-guns operation state.
*Figura 6. Freqüência de comportamentos observados conforme funcionamento dos* airguns.

During the periods when air-guns were "switched on", only swimming (0.061 marine mammal/hour) and playing (0.015) behaviors were recorded. The frequency of swimming behavior was greater when the air-guns were "switched off" (0.115), however the Mann-Whitney statistical test showed that this difference regarding the air-gun operational state was not statistically significant [$U$=16.50; $Z(U)$=1.022; p=0.3067]. This result suggests that swimming behavior was independent of air-gun operational state.

## 4. DISCUSSION

The monitoring of marine mammals showed a great variation among the number and degree of experience of marine mammal observers, as well as sighting effort and air gun operation time. However, the visual survey methodology was constant in all projects, thus allowing us to analyze the effectiveness of marine mammal monitoring according to the indicators used in this study.

### 4.1 Avoiding accidents with marine mammals

Because of their inability to detect or possibly recognize certain moving vessels, cetaceans and manatees can be struck by boats. Collisions between marine mammals and boats, which were defined in this study as "accidents", are the main cause of death of some marine mammals, such as North Atlantic Right Whales (*Eubalaena glacialis*) and West Indian Manatees (*Trichechus manatus*); vessel collisions with odontocetes are less common (Klinowska, 1991; Wells & Scott, 1997; Clapham *et al.,* 1999; Gerstein, 2002), presumably because these animals can better heard vessels due to its sensitivity to high frequency noise. This study did not record any accidents involving boats and marine mammals, although this absence could not be attributed to the mitigation and monitoring procedures. Marine mammal observers did not make observations during the entire period when seismic surveys were occurring in all projects, due to environmental conditions or night time. However, there was no evidence of collision risk between boats and sighted species.

### 4.2 To attenuate the effects of noise sources on the temporal and spatial distribution and abundance of marine mammals

The possible effects of noise from seismic air-gun pulses on marine mammals are numerous, including physiological impacts (i.e. alteration of hearing sensitivity and stabilization of gas bubbles in body tissue), plus behavior impacts and changes in vocal patterns, breathing and avoidance of certain areas (Jepson *et al.,* 2003, N.R.C, 2003). Changes in physiology and vocal behavior were not possible to detect using the monitoring method adopted in this study. Studies to identify physiological changes caused by noise from air guns should be conducted continuously and systematically by researchers with in-depth knowledge of marine mammal anatomy and physiology, and independent from Geophysical Companies.

Monitoring from either fixed or mobile observation platforms has been widely used to study populations and behaviors of marine mammals (*e.g.* Santos *et al.,* 2000, Carretta *et al.,* 2001). The utilization of visual techniques to study the potential effects of anthropogenic activities on behavioral changes and habitat use by whales is now commonplace (Ng & Leung, 2003). These studies generally compare observations made before, during and after the anthropogenic activity to detect changes in marine mammals (*e.g.* Goold, 1996; McCauley *et al.,* 2000; Monteiro-Neto *et al.,* 2004). Some researchers observe marine mammals only during the anthropogenic activity and measure the distance and direction of movement patterns to identify changes (Harris et al., 2001).

The monitoring effort during this study occurred only during seismic surveys, no prior or subsequent observations being made. In addition, the sighting effort covered less than 50% of the seismic survey period and was focused on the daylight period due to the low efficacy of night sightings. For these reasons, factors such as the distance of animals from the noise source and behaviors during seismic surveys were the only possible indicators of any anthropogenic effects on the marine mammals.

*Sighting distance*

The West Australian Department of Mineral Resources and Petroleum demands the interruption of air-gun shots when whales are observed within 3 km for female/calf pairs and 1.5 km for other cases not involving females and calves. The Australians impose no restrictions for odontocetes

(DoIR, 1998). On the other hand, during seal observations carried out from a Gunboat working in the Beaufort Sea, Alaska, 79% of seals were within the "risk zone" defined as a radius of 250 meters (Harris *et al.,* 2001). Studies off the west coast of the British Isles have shown that dolphins responded to air-gun noise at distances greater than 1 km from the source (Goold & Fish, 1998).

For seismic surveys conducted in Brazilian waters, the "risk zone" adopted for marine mammals is 500 meters from the noise source (Gunboat). This distance was applied according to theoretical models of sound diffusion presented by Geophysical Companies during the licensing process: They are based on the assumption that at this distance the noise is less than 180dB re 1 µPa (RMS) and, according to previous studies (Richardson *et al.,* 1995; McCauley *et al.,* 2000), this level would not cause lethal damage to marine mammals. Although sightings of marine mammals close to vessels might be interpreted as zero or minimal impact on their populations (Harris *et al.,* 2001), some researchers have associated cetacean stranding with seismic surveys (*e.g.* Malakoff, 2002; Engel *et al.,* 2004) and others have documented alterations in behavior due to noise from air-guns (*e.g.* Richadson et al., 1995, Goold, 1996). In this study, the more frequent sightings of marine mammals within 500 meters of the seismic source suggests that the visual surveys may not have been effective in detecting species before they reached the "risk zone" defined for seismic surveys in Brazilian waters. Likewise, the absence of information about the distance of whales from the sound source in more than 50% of the records suggests that the marine mammal observers may have had difficulty estimating distances. The small proportion of sightings may also have been associated with the height of the observation point on the boats, which was no greater than five meters. These difficulties may have reduced the effectiveness of the monitoring method in answering key questions concerning the effects of seismic surveys on marine mammals. Theoretical models from previous works presented the possibility that sound may stabilize micro-bubbles in the tissues of marine mammals, which can block capillary and blood vessels when the animals are exposed to a sound intensity of 150-220 dB re 1 µPa (Crum & Mao, 1999). Lesions similar to these were found in cetaceans stranded during military tests of low-frequency sonar (Jepson *et al.,* 2003). Based on this information, it is possible that although whales sighted at short distances from air-guns may not feel ear pain, other body tissues may be affected. In such circumstances, visual observation may be ineffective in avoiding impact on whales. One suggestion to improve the current surveys would be to conduct bioacoustic monitoring studies simultaneously with marine mammal observation on seismic surveys to generate a database and evaluate alterations in the vocal repertoires of manatees and cetaceans when under the influence of air-gun impulses.

*Visibility conditions*

It was expected that reflection or glare and sea state would interfere in sighting marine mammals. However, there is little information on this subject relative to seismic surveys. Regarding glare, reflection of light on the sea surface is greater during the first and final hours of the day (Thurman, 1997). It was therefore expected that sightings of cetaceans and manatees would be reduced during these hours. Sightings of seals during seismic surveys in the Alaskan Beaufort Sea were not effective during the night and most sightings were near the Gunboat (Harris *et al.,* 2001). Similar results were observed during the current research; sightings of marine mammals were more frequent between 08:00 and 16:00 hours, corresponding to the time interval of highest solar light intensity in Northeast Brazil. Considering this, the effectiveness of visual surveys may have been reduced during the early hours of the morning and the final hours of the afternoon. Visual surveys were ineffective during the night, even when night-vision binoculars were used.

Regarding sea state, during aerial surveys of beluga whales (*Delphinapterus leucas*) in Alaska, researchers observed that the highest densities were recorded when the sea state was BF 1 (DeMaster *et al.,* 2001). In the present research, the Principal Components Analysis correlated the number of sightings with visibility conditions classified as "moderate" and "good", associated with BF 0-2. Similar to the Alaska results, the result of our statistical analysis showed that the effectiveness of visual surveys was reduced when conditions were classified as "moderate" and "poor". When considering reflectance (glare) and sea state together as "visibility", both factors influenced the effectiveness of the mitigation and monitoring studies of marine mammals.

The possibility of detecting marine mammals by hydrophone arrays linked to special software (Passive Acoustic Monitoring – PAM) has shown promise as a monitoring tool for some species of marine mammal with frequent vocalization (*e.g.* Swartz *et al.,* 2002; Mellinger, 2004). PAM has been suggested as an alternative or additional technique to improve the effectiveness of monitoring marine mammals (Lewis *et al.,* 1998). This acoustic technique has been used to complement visual surveys during periods of darkness and may have advantages over the visual technique in areas with strong wind and poor visibility (Swartz *et al.,* 2003). Considering all of these factors, it is recommended to start experiments with PAM in Brazilian waters as an auxiliary tool to document the presence of marine mammals during seismic surveys.

*Experience of the observers*

The experience of marine mammal observers is a very important factor in the detection and identification of marine mammals. During previous visual surveys of marine mammals off Northeast Brazil, in which all the observers were experts, they had been extensively trained and had conducted simulations of marine mammal sightings (Zerbini *et al.,* 2004).

In the present research, most observation effort during the first three seismic surveys was by "Beginner" observers. "Expert" and "Capable" observers were present only during the two last projects. It is noteworthy that a higher sighting index was generated by the "Beginners" compared to the "Expert" and "Capable" observers. Another important result was that the highest number of cetaceans recorded during project RNS-144 in Rio Grande do Norte State was when only "Beginners" were observing and the lowest number of marine mammals recorded was during the last two projects

in the State of Ceará when only "Experts" and "Capable" observers were recording. Although it was not possible to statistically distinguish the effects of observers' level of experience on the sighting indexes, it is evident that there was a positive effect in the quality of identification of species when the observers were "Experts". This result indicates the importance of training observers in sighting and identifying marine mammals. Another factor that indicates the need for training was the high index of "possible" records by all observers, despite the known influences of visibility conditions. Therefore, one major recommendation of this paper that would be likely to improve the effectiveness of marine mammal mitigation and monitoring programs during seismic surveys in Brazilian seawaters is that all marine mammal observers have sufficient training and experience before going to sea.

### 4.3 To register the behavioral response of cetaceans and manatees to air-gun shots

The interpretation of behavioral responses of marine mammals during seismic surveys is complex and little studied. Nevertheless, quantitative behavioral studies are an important tool used to investigate potential human impacts on the marine environment (*e.g.* Richardson *et al.,* 1995, Ng & Leung, 2003). It is also essential to observe and evaluate the methodologies used to investigate these potential human impacts.

A critical analysis of the methodologies applied in marine mammal behavior research concluded that they can be classified according to the "follow protocol" and "sampling method". The first refers to how long an observation extends and to whether researchers follow a group or an individual animal, whilst the second refers to the procedures used to sample the behavior of the individuals or groups (Mann, 1999).

The protocol used in this study can be classified as a "survey", in which individuals or groups are observed for 30 min or less. Surveys provide only a "snapshot" of animal life, and are used mainly to address population-level questions such as density and distribution (Mann, 1999). In other words, surveys are not recommended for observations of behavioral response unless they are conducted before, during and after the anthropogenic event being investigated.

The sampling methods used in this research could be classified as "incident sampling" because of the short duration of sightings when only the behavior presented at the instant of detection is recorded (Mann, 1999). Therefore, without previous experience and knowledge of the behavioral repertoire of the species exhibited during a seismic survey, it could be argued that it is not possible to infer an accurate response to human activity during that instantaneous observation.

Considering the above, we suggest that the methodology used to identify behavioral responses of marine mammals during marine seismic surveys off Northeast Brazil was inadequate to meet the stated objectives. To adequately document real changes in the density and distribution of marine mammals during seismic surveys, it would have been necessary to compare results of marine mammal surveys conducted before, during and after the seismic surveys, following established protocols used in previous studies (Richardson *et al.,* 1995, Goold, 1996, McCauley *et al.,* 2000).

Another recommendation that should be considered is the adoption of an established behavioral repertoire classification scheme to be used during observations. Studies of the potential effects of boat traffic on the behavior of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) used eight behavior categories and applied the focal group following protocol (Constantine *et al.*, 2004). Similarly, the United Kingdom Joint Nature Conservation Committee (JNCC) recommends the use of the *ad libitum* sampling method and suggests that twelve behavioral categories plus the direction of movement be used for surveys of marine mammals during seismic surveys (JNCC 2004).

The behaviors recorded on the forms used during this research include only five general characteristics and there is no consideration of movement direction. These shortcomings preclude accurate inferences about the effects of air-gun noise on marine mammals and do not allow useful comparisons of this study with previous similar studies (*e.g.* Goold, 1996; McCauley *et al.,* 2000). For example, "swimming" behavior, which was the behavior observed most often during the seismic surveys, is the most common behavior among all marine mammals and may be categorized according to speed as "slow", "normal", and "fast", depending on whether the animal is resting, feeding, migrating or escaping (Frohoff, 2000). Because no information was recorded regarding swimming speed and direction during the sightings, it was not possible to relate this important behavioral criterion to information about air-gun operations and possible effects on cetaceans and manatees. We recommend revisions to the monitoring protocol, including the structure of the data recording forms, so that detailed information about marine mammal behavior can be recorded, which may then allow an assessment of the effects of air-gun operations on marine mammals.

In addition, it is important to understand that the use of visual techniques to observe the behavior of marine mammals, which may only be visible for a fraction of total daylight hours, is complicated because the animals are only observed when they are on the surface and not when they are underwater (Mann, 1999). Accurate interpretation of marine mammal behavior therefore depends greatly on the previous experience and knowledge of the observer regarding expected behaviors of cetaceans or manatees. Considering that most of the observers from this study were not experts, the accuracy of marine mammal behaviors recorded during the seismic surveys and the effectiveness of the monitoring and mitigation programs could be questioned.

### 4.4 Final considerations

This analysis of methods used to monitor marine mammals during seismic surveys off Northeast Brazil seeks to provide a better understanding of the effectiveness of such work. It is our opinion that the monitoring programs reviewed in this paper were ineffective and would not answer the key questions about the effects of seismic surveys on marine mammals.

This was mainly due to the fact that the methodologies implemented, although appropriate to the measurement of density and distribution, were not conducted before, during and after the seismic surveys. Similarly, the monitoring was not implemented continuously during the seismic surveys and was strongly influenced by visibility conditions, as well as by the level of experience of the observers. We conclude that the methodology used to observe marine mammals during the OBC seismic surveys in marine waters off Northeast Brazil was not effective in addressing the following issues: measuring the effects of seismic survey noise sources on the presence and distribution of marine mammals; and assessing the behavioral response of cetaceans and manatees to air-gun shots. Furthermore, the absence of records of collisions between boats and marine mammals during the monitoring program could have been a result of difficulties in recording data at night or during poor visibility conditions.

We recommend several lines of action to improve the effectiveness of marine mammal monitoring programs, starting with a review of the monitoring protocol, including observations before and/or after the seismic effort to allow analysis of changes in distribution. Other actions include revising the data collection forms focused mainly in the group behavior such as swimming speed, approach or avoidance behavior and abrupt changes in direction. Since 2005 some of these suggestions was incorporated by the Brazilian Environmental Agency but this form should have include space for a complete description of sighted species. A final important action is to establish a training program for observers before the surveys, which would enable them to correctly identify species and behaviors. We feel that these recommendations would better prepare the marine mammal observers from the Geophysical Companies and greatly improve the protocol for monitoring marine mammals during marine seismic surveys. Even these analyses have been done on the scope of the monitoring of seismic survey impacts, its results and concepts could be extended to all monitoring programs of marine mammals developed on coastal zone contributing to its improvement.

We also recommend that different monitoring techniques *(e.g.* acoustic monitoring, aerial surveys and telemetry) should be conducted by researchers independent of the Geophysical Companies regarding the effects of seismic surveys on the density, distribution and behavior of cetaceans and manatees. This independent acoustic monitoring should be conducted mainly during seismic surveys carried out at night or when visibility conditions are not favorable.

Finally, we strongly recommend that a comprehensive assessment should be made of all marine mammal monitoring programs conducted during seismic surveys in Brazilian waters since 1997. This more comprehensive analysis would further support the preparation of a protocol and assist in the licensing and fiscal processes for petroleum exploration in marine areas of Brazil. The adoption of these recommendations will increase knowledge of the occurrence and distribution of marine mammals on the Brazilian continental shelf, as well as help address concerns regarding the effects of seismic surveys on these animals.

## ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES-MEC) and grants from The Cetacean Society International. The authors would like to thank Antonio Albuquerque, Douglas Araújo, Francisco Ávila, Guilherme Amado, Leo Bruno, Rommel Feitosa, Rose Emília, Tito Tsuji, Gisele Soares and all the 636 crew members and managers from Grant Geophysical for their fellowship and documentation needed in carrying out this study. The seismic surveys were authorized by the Petroleum and Nuclear Licensing Office (ELPN, in Portuguese) through Operation License (LO) Nº 224/2002 for the areas of *Caioba-Camurim-Guaricema-Dourado*, LO Nº 252/2002 for the area *RNS-144*, LO Nº 301/2003 for the areas of *Atum-Xaréu-Espada-Curimã* (AXEC) and LO Nº 243/2002 (Technical Opinion Nº 051/2003) for the area *CES-134*. The authors thanks also Luciano Dalla Rosa and other anonymous reviser for your valuable suggestions in this article.

## BIBLIOGRAPHY

Carretta, J.V.; Taylor, B.L.; Chivers, S. J. (2001) - Abundance and depth distribution of harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) in northern California determined from a 1995 ship survey. *Fishery Bulletin,* 99(1):29–39. http://fishbull.noaa.gov/991/3.pdf

Clapham, P.J.; Young, S.B.; Brownell Jr, R.L. (1999) - Baleen whales: conservation issues and the status of the most endangered populations. *Mammal Review*, 29(1):37–62. DOI: 10.1046/j.1365-2907.1999.00035.x.

Constantine, R.; Bruton, D.H.; Dennis, T. (2004) - Dolphin-watching tour boats change bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) behaviour. *Biological Conservation*, 117(3):299–307. DOI: 10.1016/j.biocon.2003.12.009

Crum, L.A.; Mao, Y. (1996) - Acoustically enhanced bubble growth at low frequencies and its implications for human diver and marine mammal safety. *Journal of the Acoustical Society of America* (ISSN:0001-4966), 99(5):2898-2907, Melville, NY, U.S.A. DOI: 10.1121/1.414859.

DeMaster, D.P.; Lowry, L.F.; Frost, K.J.; Bengtson, R.A. (2001) - The effect of sea state on estimates of abundance for beluga whales (*Delphinapterus leucas*) in Norton Sound. Alaska. *Fishery Bulletin,* 99(1):197-201. http://fishbull.noaa.gov/991/17.pdf

DoIR - Department of Industry and Resources (1998) - *Guidelines on Minimizing Acoustic Disturbance to Marine Fauna.* 6p., East Perth, Western Australia, Australia.

Engel, M.H.; Marcondes, M.C.C.; Martins, C.C.A.; Luna, F.O.; Lima, R.P.; Campos, A. (2004) - Are seismic surveys responsible for cetacean strandings? An unusual mortality of adult Humpback whales on the Abrolhos Bank, northeastern coast of Brazil. 7p., Paper SC/56/E28 presented to Scientific Committee of the 56th International Whaling Commission, Sorento, Italy. http://www.marineconnection.org/docs/humpback_stranding.pdf

Evans, P.G.H.; Lewis, E.J.; Fisher, P. (1993) - *A study of the possible effects of seismic testing upon cetaceans in the Irish Sea*. 36p., Report from Sea Watch Foundation to Marathon Oil, Oxford, U.K.

Frohoff, T.G. (2000) - Behavioral indicators of stress in odontocetes during interactions with humans: a preliminary review and discussion. 23p., Paper SC/52/WW2 presented to Scientific Committee of the 52nd International Whaling Commission, Adelaide, Australia.

Gerstein, E.R. (2002) - Manatees, bioacoustics and boats: Hearing tests, environmental measurements and acoustic phenomena may together explain why boats and animals collide. *American Scientist,* 90(2):154-163. DOI: 10.1511/2002.2.154. http://www.americanscientist.org/issues/feature/2002/2/manatees-bioacoustics-and-boats/1

Gómez de Segura, A., Crespo, E., Pedraza, S., Hammond, P. & Raga, J. (2006) - Abundance of small cetaceans in waters of the central Spanish Mediterranean. *Marine Biology*, 150(1):149-160. DOI: 10.1007/s00227-006-0334-0. http://www.springerlink.com/content/q7477k814223w7h5/fulltext.pdf.

Goold, J. C. (1996) - Acoustic assessment of populations of common dolphin *Delphinus delphis* in conjunction with seismic surveying. *Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom*, 76(3):811-820. DOI: 10.1017/S0025315400031477.

Goold, J.C.; Fish, P.J. (1998) - Broadband spectra of seismic survey air-gun emissions, with reference to dolphin auditory thresholds. *Journal of the Acoustical Society of America* (ISSN:0001-4966), 103(4):2177-2184, Melville, NY, U.S.A. DOI: 10.1121/1.421363.

Gordon, J.; Gillespie, D.; Potter, J.; Frantzis, A.; Simmonds, A.P.; Swift, R.; Thompson, D. (2004) - A review of the effects of seismic surveys on marine mammals. *Marine Technology Society Journal* (ISSN: 0025-3324), 37(4):16-34, Columbia, MD, U.S.A. DOI: 10.4031/002533203787536998.

Harris, R.E.; Miller, G.W.; Richardson, W.J. (2001) - Seal responses to airgun sounds during summer seismic surveys in the Alaskan Beaufort sea. *Marine Mammal Science,* 17(4):795-812. DOI: 10.1111/j.1748-7692.2001.tb01299.x.

IBAMA (2003) - Guia para o licenciamento ambiental das atividades marítimas de exploração e produção de petróleo e gás natural. 28p., IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasília, DF, Brasil.

Jepson, P.D.; Arbelo, M.,; Deaville, R.; Patterson, I.A.P.; Castro, P.; Baker, J.R.; Degollada, E.; Ross, H.M.; Herráez, P.; Pocknell, A.M.; Rodríguez, F.; Howie, F.E.; Espinosa, A.; Reid, R.J.; Jaber, J.R.; Martin, V.; Cunningham, A.A.; Fernández, A. (2003) - Gas-bubble lesions in stranded cetaceans: Was sonar responsible for a spate of whale deaths after an Atlantic military exercise? *Nature*, 425:575-576. DOI: 10.1038/425575a.

JNCC (2004) - Guidelines for minimizing acoustic disturbance to marine mammals from seismic surveys. JNCC - Joint Nature Conservation Committee, Aberdeen, U.K.. http://www.jncc.gov.uk/pdf/Seismic_survey_guidelines_200404.pdf.

Jones, E.J.W. (1999) - *Marine geophysics*. 474p., John Wiley and Sons Ltd., Chichester, England, U.K.. ISBN-13: 978-0471986942.

Klinowska, M. (compiler) (1991) - Dolphins, Porpoises and Whales of the World. The IUCN Red Data Book. 438p., IUCN, Cambridge, U.K. ISBN: 2880329361.

Lewis, T.P.; Swift, R.; Gonzalbes, P.; Butler, J.; Gordon, J. G. (1998) - *Passive Accoustic Monitoring of Cetacean Distribution North-west of the Hebrides*. 75p., Hebridean Whale and Dolphin Trust, Isle of Mull, Scotland, U.K. http://www.whaledolphintrust.co.uk/cust_images/research%20publications/Cetacean-survey98.pdf

MacLeod, C. D., Hauser, N. & Peckham, H. (2004) - Diversity, relative density and structure of the cetacean community in summer months east of Great Abaco, Bahamas. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 84(2):469-474 DOI: 10.1017/S0025315404009476h.

Madsen, P.T.,; Møhl, B.; Nielsen, B.K.; Wahlberg, M. (2002) - Male sperm whale behaviour during exposures to distant seismic survey pulses. *Aquatic Mammals*, 28(3):231-240. http://www.aquaticmammalsjournal.org/share/AquaticMammalsIssueArchives/2002/AquaticMammals_28-03/28-03_Madsen.pdf

Malakoff, D. (2002) - Suit ties whale death to research cruise, *Science*, 298(5594):722-723. DOI: 10.1126/science.298.5594.722.

Mann, J. (1999) - Behavioral sampling methods for cetaceans: a review and critique. *Marine Mammal Science,* 15 (1):102-122. DOI: 10.1111/j.1748-7692.1999.tb00784.x.

Mate, B.R.; Stafford, K.M.; Ljungblad, D.K. (1994) - A change in sperm whale (*Physeter macroephalus*) distribution correlated to seismic surveys in the Gulf of Mexico. *Journal of the Acoustical Society of America* (ISSN:0001-4966), 96(5):3268-3269, Melville, NY, U.S.A. DOI: 10.1121/1.410971.

McCauley, R.D.; Fewtrell, J.; Duncan, A.J.; Jenner, C.; Jenner, M.-N.; Penrose, J.D.; Prince, R.I.T.; Adhitya, A.; Murdoch, J.; Mccabe, K. (2000) - Marine seismic surveys: a study of environmental implications. *APPEA Journal* (ISSN: 1326-4966), 40: 692-708, Australian Petroleum Production and Exploration Association, Camberra, Australia.

Mellinger, D.K. (2004) - A comparison of methods for detecting right whale calls. *Canadian Acoustics* (ISSN: 0711-6659), 32(2):55-65, Canadian Acoustical Assocition, Toronto, Ontário, Canada.

Monteiro-Neto, C.; Ávila, F.J.C.; Alves Jr., T.T.; Araújo, D.S.; Campos, A.A.; Martins, A.M.A.; Parente, C.L.; Furtado-Neto, M.A.A.; Lien, J. (2004) - Behavioral responses of *Sotalia fluviatilis* (Cetacea, Delphinidae) to acoustic pingers, Fortaleza, Brazil. *Marine Mammal Science,* 20(1):145-151. DOI: 10.1111/j.1748-7692.2004.tb01145.x.

N.R.C (National Research Council) (2003) - *Ocean noise and marine mammals*. 204p., National Research Council of the National Academies,_Committee on Potential Impacts of Ambient Noise in the Ocean on Marine Mammals, Ocean Studies Board (OSB) & Earth and Life Studies (DELS), National Academies Press, Washington, DC, U.S.A. ISBN-13: 978-0309085366. http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=10564&page=R1

Ng, S.L.; Leung, S. (2003) - Behavioral response of Indo-Pacific humpback dolphin (*Sousa chinensis*) to vessel traffic. *Marine Environmental Research*, 56(5):555–567. DOI: 10.1016/S0141-1136(03)00041-2.

Parente, C.L. (2005) - *Monitoramento de mamíferos marinhos durante estudos sísmicos no nordeste do Brasil*. 72p., Tese de Mestrado (Masters Thesis), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brazil.

Richardson, W.J.; Greene-Jr, C.R.; Malme, C.I.; Thomson, D.H. (1995) - *Marine Mammals and Noise*. 576p., Academic Press, San Diego, CA, U.S.A. ISBN: 0125884400.

Santos, M.C.O.; Rosso, S.; Siciliano, S.; Zerbini, A.; Zampirolli, E.; Vicente, A.; Alvarenga, F. (2000) - Behavioral observations on the marine tucuxi dolphin (*Sotalia fluviatilis*) in São Paulo estuarine waters, southeastern Brazil. *Aquatic Mammals*, 26(**3**):260-267. http://www.aquaticmammalsjournal.org/share/AquaticMammalsIssueArchives/2000/AquaticMammals_26-03/26-03_Santos.pdf

Swartz, S.L.; Cole, T.; Mcdonald, M.A.; Hildebrand, J.A.; Oleson, E.M.; Martinez, A.; Clapham, P.J.; Barlow, J.; Jones, M. L. (2003) - Acoustic and visual survey of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) distribution in the eastern and southeastern Caribbean Sea. *Caribbean Journal of Science* (ISSN: 0008-6452), 39(2):195–208, College of Arts and Sciences of the University of Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico.

Swartz, S.L.; Martinez, A.; Stamates, J.; Burks, C.; Mignucci-Giannoni, A. A. (2002) - *Acoustic and visual survey of cetaceans in the waters of Puerto Rico and the Virgin Islands: February-March 2001*. 62 p., volume 463 of NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC, Miami, Fl, U.S.A. http://manatipr.org/wp-content/uploads/2010/01/Swartz2001NOAA.pdf

Thurman, H.V. (1997) - *Introductory oceanography*. 544p., Prentice-Hall. Englewood Cliffs, NJ, U.S.A. ISBN: 0132620723.

Wells, R.S.; Scott, M.D. (1997) - Seasonal incidence of boat strikes on bottlenose dolphins near Sarasota, Florida. *Marine Mammal Science*, 13(3):475-480. DOI: 10.1111/j.1748-7692.1997.tb00654.x.

Zerbini, A.N.; Andriolo, A.; da Rocha, J.M.; Simões-Lopes, P.C.; Siciliano, S.; Pizzorno, J.L.; Waite, J.M.; DeMaster, D.P.; Vanblaricom, G.R. (2004) - Winter distribution and abundance of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) off Northeastern Brazil. *Journal of the Cetacean Research and Management* (ISSN: 1561-0713), 6(1):101–107, International Whaling Commission, Cambridge, U.K.

Revista da Gestão Costeira Integrada 11(4):421-431 (2011)
*Journal of Integrated Coastal Zone Management* 11(4):421-431 (2011)

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS
UNIVALI
http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-256_Dias.pdf
DOI:10.5894/rgci256
GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA
Journal of Integrated Coastal Zone Management

# Comportamento Morfodinâmico da Praia da Taíba, Nordeste do Brasil *

## *Morphodynamic Behavior of Taíba Beach, Northeast Brazil*

**Ismália Cassandra Costa Maia Dias [@, 1], Cristina de Almeida Rocha-Barreira[1]**

**RESUMO**

Aspectos morfodinâmicos da praia da Taíba foram caracterizados durante o período de junho/2006 a agosto/2007. A altura, período das ondas e granulometria foram registrados. Perfis de praia, parâmetros adimensional de Dean (Ω) e escalar da arrebentação (∑), Índices da Praia (BI) e da Extensão Relativa da Maré (RTR) foram calculados com o objetivo de comparar diferentes classificações para descrição da morfodinâmica praial. As amostras de sedimento foram coletadas em duas zonas: 1 (0-30m) e 2 (30-60m) de distância da zona de varrido das ondas. A altura das ondas variou entre 0,40m a 0,60m e o período de 5,93s a 8,31s, classificando a praia como de energia de onda moderada. A classificação média do sedimento foi composta por areia fina ou muito fina, apresentando, porém, em alguns meses, amostras de areia média na zona 2 de coleta. Os valores do parâmetro de Dean (Ω) e do BI classificaram a praia como intermediária, apresentando, porém, em alguns meses características do modo refletivo. Os valores do parâmetro escalar da arrebentação indicaram dissipação das ondas, e o RTR indicou a ação das marés como principal modificadora dos perfis de praia. O estado morfodinâmico intermediário da praia da Taíba pode ser comprovado a partir de dois diferentes índices, tendo uma completa descrição pelo uso em conjunto do Índice da Praia e pelo Parâmetro Relativo da Maré. O entendimento dos processos responsáveis pela morfodinâmica dos ambientes costeiros é necessário, tendo em vista que tais processos assumem um importante papel na conformação e estabilização do ambiente praial.

**Palavras-chave:** estado morfodinâmico, perfil de praia, variáveis ambientais.

***ABSTRACT***

*Beach morphodynamics is a study method that integrates morphological and dynamic in a more complete description of the beach and surf zone. Morphodynamic aspects of Taiba beach were characterized from June 2006 to August 2007. Wave height and period and beach particle size were recorded. Beach profiles, dimensionless parameters of Dean (Ω), surf-scalling parameter (Σ), Beach Index (BI) and Relative Tide Range Parameter (RTR) were calculated in order to compare different classifications that describe the beach morphodynamics. Sediment samples were collected in two beach zones: 1 (0-30m) and 2 (30-60m) from the swash zone. Wave heights ranged from 0.40 m to 0.60 m and the period of 5.93 s to 8.31 s, classifying Taíba as moderate wave energy beach. The average rating of the sediment was composed of fine or very fine sand, presenting, however, in some months, samples of medium sand in zone 2, probably due to wave action that breaks the selected area*

*@ - Autor correspondente: ismaliabio@gmail.com*
*1 - Laboratório de Zoobentos, Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR. Universidade Federal do Ceará, Avenida Abolição, 3207. Meireles, Fortaleza, CE, Brazil. CEP: 60.165-080.*

** Submissão: 14 Fevereiro 2011; Avaliação: 25 Março 2011; Recepção da versão revista: 1 Agosto 2011; Aceitação: 26 Agosto 2011; Disponibilização on-line: 16 Dezembro 2011*

*of the sediment, moving finer particles. The parameter values of Dean (Ω) and BI ranked Taíba as intermediate beach, providing, however, a few months in reflective mode characteristics. The surf-scaling parameter indicated wave dissipation, with spilling waves by the coefficient of surf, RTR and indicated that the tidal action is principal modifier of beach profiles. The beach had moderate wave energy, with low variability in height and wave period in the surf zone. In most months there were large tidal ranges, with more than 80m in length. The profiles presented angles between 1/16 to 1/35 and could be characterized as a low tide terrace. The surf zone was well-defined, relatively long, between 50 and 100m, with frequent occurrence of more than one line break waves. There are different proposals for the classification morphodynamics but for meso and macrotidal environments, such as the Taíba beach, the application of Dean parameter is not enough to characterize the morphodynamic behavior, it is necessary to incorporate factor variation of tidal range to obtain a more satisfactory classification. Therefore, the intermediate morphodynamic state of Taiba beach can be considering from two different indexes, with a complete description by use of the Beach Index and the Relative Tide Range Parameter. Understanding of the processes responsible for the morphodynamics of coastal environments is necessary, given that such processes play an important role in the formation and stabilization of the beach environment, and is the first step towards a management of these spaces in a sustainable manner.*

***Keywords:*** *morphodynamic state, beach profile, environmental variables.*

## 1. INTRODUÇÃO

As praias arenosas são ecossistemas dinâmicos que consistem de depósitos de sedimentos, continuamente retrabalhados, e se estendem desde a base de sua atividade até o limite da zona de varrido das ondas (Short & Wright, 1983).

Os processos responsáveis pelo comportamento das praias começam a atuar na base da antepraia; dependendo do clima de ondas, esta camada se estende a profundidades de uma a duas dezenas de metros e tem a praia como limite mais interno. As modificações na praia são, em parte, causadas pela troca bidirecional de sedimentos entre estes dois limites, através da zona de arrebentação. O regime da zona de arrebentação, por sua vez, depende do clima de ondas de águas profundas e do grau de modificação que as mesmas sofrem (diminuição ou aumento) antes de atingir o ponto de quebra. Variações temporais do estado da praia dependem fundamentalmente do regime ondulatório de águas profundas, ao passo que mudanças espaciais dependem principalmente das variações na modificação das ondas à medida que as mesmas se propagam para águas rasas. Estas modificações são controladas pela geologia e pela configuração da costa. Tanto a variabilidade temporal como a espacial são dependentes do tipo e da disponibilidade do material que compõe a praia (Calliari *et al.*, 2003).

No estudo da morfodinâmica praial integram-se observações morfológicas e dinâmicas numa descrição mais completa da praia e da zona de arrebentação. Segundo Wright & Short (1984) a hidrodinâmica que existe ao longo da praia é o resultado da interação de ondas incidentes, refletidas ou parcialmente refletidas na face da praia, modos ressonantes de oscilações (ondas de borda, estacionárias ou progressivas), fluxos permanentes e aperiódicos, que resultam da arrebentação e dos fluxos gerados por ondas e marés. Estes movimentos da água exercem atrito sobre os sedimentos móveis da praia, causando gradientes espaciais e temporais em seu transporte. São estes gradientes que ocasionam mudanças na morfologia, as quais, por sua vez, induzem modificações no padrão hidrodinâmico atuante. À medida que a hidrodinâmica produz determinadas morfologias, as mesmas induzem mudanças no padrão hidrodinâmico atuante, ou seja, morfologia e hidrodinâmica evoluem conjuntamente.

Wright *et al.*, (1982) observaram aspectos importantes relacionados também com o efeito da variação de maré na morfodinâmica praial. Atribuiram às ondas (vagas e ondulações) a maior parte do trabalho realizado nas porções intermaré e submaré do perfil praial, sendo responsáveis primárias pela remobilização e suspensão de sedimentos. Porém, embora a morfologia das praias do tipo micromaré seja determinada basicamente por processos da zona de espraiamento e da zona de surfe, somente na zona de maré alta de praias do tipo meso e macromarés estes processos são dominantes. Mesmo assim, sua atuação é sujeita à ciclicidade das variações de maré; ou seja, é intermitente porquanto sujeita ao regime de marés.

Têm sido propostos e aplicados diferentes modelos conceituais de praias, entre os quais se destacam os modelos das escolas americana (Davis & Fox, 1972; Sonu, 1973; Fox & Davis, 1974; Owens, 1977) e australiana de Geomorfologia Costeira (Wrigth & Short, 1984; Short, 1991), com o intuito de estabelecer uma classificação universal para praias submetidas a diferentes regimes de marés.

Para caracterizar a morfodinâmica praial, vários índices são utilizados, como o parâmetro adimensional de Dean (Ω), o BSI, Índice do Estado Praial (Short, 1996) e o BDI, Índice do Depósito Praial (McLachlan & Dorvlo, 2005). Masselink & Short (1993) apresentaram um modelo conceitual baseado no parâmetro ômega (Ω) e no parâmetro de variação relativa da maré (RTR) para classificação de praias arenosas dos tipos micro, meso e macromaré. McLachlan & Dorvlo (2005) também testaram novos índices: a Área e o Índice da Praia, BI.

O objetivo principal deste trabalho foi o de caracterizar e acompanhar aspectos da morfodinâmica da praia da Taíba (Estado do Ceará), utilizando diferentes classificações propostas por Wright & Short (1984), Masselink & Short (1993) e McLachlan & Dorvlo (2005).

Segundo Amaro & Araújo (2008), estudos de análise evolutiva da morfodinâmica costeira têm sido utilizados como subsídio às decisões político-governamentais. Este fato denota que apenas entendendo e quantificando os processos morfodinâmicos relacionados com a dinâmica geoambiental se pode contribuir consistentemente para o conhecimento e planejamento de uso e ocupação do solo adequado a

determinada região, principalmente quando se trata de uma região relevante no aspecto econômico e ambientalmente sensível.

Para Coriolano (2008), o troço litorâneo cearense é um dos segmentos turísticos mais dinâmicos e tem causado impactos nesse frágil ecossistema fortemente agredido, explorado e ocupado. Juntamente a esta informação, segundo Farias & Maia (2010), há uma tendência quase geral de avanço do mar no litoral do estado do Ceará que vem promovendo a destruição de casas e estruturas de defesa do litoral. Espera-se, portanto, que este trabalho sirva de base e suporte a vários outros que venham a ser realizados na área, com ênfase nos riscos, atividades e gerenciamento costeiro.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

O litoral do Estado do Ceará possui aproximadamente 570Km de extensão, com uma plataforma continental estreita e de natureza arenosa. É caracterizado por grandes extensões de praias arenosas e planícies de acumulação de sedimentos (Matthews-Cascon & Lotufo, 2006).

Esta região encontra-se imersa na contínua circulação atmosférica subequatorial dos ventos alísios, provenientes de uma extensa área oceânica livre de obstáculos, o que lhes confere notável intensidade, constância e baixa-turbulência. Adicionalmente, os gradientes térmicos terra-oceano induzem as brisas marinhas que contribuem para aumentar sua intensidade (SEINFRA, 2001).

Segundo Branco *et al.* (2005), o estado sofre influências da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), região de concentração das correntes de ventos alísios provenientes dos hemisférios norte e sul, verificados ao longo do Equador Térmico da Terra, responsáveis pela pronunciada sazonalidade dos regimes pluviométricos e de ventos. De acordo com a migração da ZCIT, o clima cearense caracteriza-se por períodos de chuvas intensas ou estiagem. Entre os meses de agosto a dezembro, estiagem, a temperatura tende a aumentar, causando redução da umidade, aumento da insolação e maior velocidade dos ventos, dando origem a ondas mais altas e de maior poder erosivo. Nos meses de janeiro a junho, em geral, essa condição climática se inverte, com ocorrência de ventos mais amenos e mais suaves e de menor poder erosivo, restaurando a morfodinâmica das praias (Magalhães & Maia, 2003). A temperatura não varia significativamente ao longo do ano, fato característico das áreas tropicais.

Segundo Freire & Cavalcanti (1998), as correntes longitudinais na plataforma interna cearense apresentam velocidade em torno de 0,27 m/s, sendo responsáveis por parte do transporte sedimentar litorâneo de direção SE-NW. Os processos hidrodinâmicos atuantes na faixa litorânea do estado do Ceará resultam da ação contínua dos ventos alísios, gerando *trens* de ondas oriundos do quadrante NE (45º a 80º), que atingem a linha de costa obliquamente.

O regime de maré é do tipo mesomaré semi-diurno.

A praia da Taíba está localizada no litoral oeste no Município de São Gonçalo do Amarante (03º30,125'S; 038º54,469'W) (Figura 1). Apresenta 10 km de extensão, com uma faixa larga de areia, dunas e recifes de arenitos, possuindo muitas falésias com reentrâncias formadas pelo hidrodinamismo das marés (Paiva & Macedo, 1997).

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Procedimentos de campo e laboratório

A variação sazonal da morfologia de praia foi obtida pela realização de perfis topográficos abrangendo toda a região entremarés e o início da zona de arrebentação, em marés de sizígias. Realizaram-se 8 campanhas entre junho/2006 e agosto/2007. Os perfis foram obtidos durante a maré baixa de sizígia, por meio do método de nivelamento expedito descrito por Birkemeier (1985), utilizando-se aparelho de leitura topográfica (nível) e régua de leitura.

A altura e o período médio das ondas foram registrados mensalmente, no período entre fevereiro e agosto de 2007, nos dias em que foram realizados os perfis praiais, utilizando-se um cronômetro para a contagem da quebra das ondas, contando o número de ondas que chegavam à praia em 3 minutos; e uma régua de alumínio para medir a altura da onda, obtida através da colocação da régua no ponto de máximo recuo, realizando a leitura alinhando-se a crista da onda com a linha do horizonte, buscando-se aprimorar o método de observação visual, de acordo com Gomes (2004) e Albuquerque *et al.* (2009).

Amostras de sedimento foram também coletadas mensalmente em duas faixas na zona de surfe, de 0-30m e 30-60m de distância do limite inferior da zona de varrido das ondas. Um cilindro de PVC com 10 cm de diâmetro foi utilizado como amostrador. As amostras seguiram processamento de rotina, sendo secas, quarteadas, peneiradas e classificadas de acordo com a escala de Wentworth (1922). Os dados foram tratados por um programa de cálculo automático (ANASED 5j) e os sedimentos foram descritos através da média e da mediana, obtendo-se ainda o grau de seleção (desvio padrão), grau de assimetria e curtose.

### 3.2 Análise dos dados

Foram utilizados três índices para a descrição do estado morfodinâmico da praia a partir dos dados de ondas, marés, de sedimento e dos perfis topográficos, como mostra a Tabela 1.

Também foi determinado o parâmetro escalar da arrebentação ("surf-scalling parameter") $\mathbf{\Sigma = ab.\omega^2 / g.\tan^2\beta}$, o qual considera a amplitude da onda na zona de arrebentação (ab), a freqüência da onda incidente em radianos ($\omega = 2\pi/T$), a aceleração da gravidade (g) e o gradiente da zona de arrebentação ($\beta$). Este índice indica as características da arrebentação, existindo alta reflexão com $\Sigma<2,5$, dissipação quando $2>\Sigma<20$ ou alta dissipação com $\Sigma>20$ (Wright *et al.*, 1985).

Para confirmar o parâmetro escalar da arrebentação foi também determinado o coeficiente de arrebentação proposto por Galvin Jr. (1968), $\mathbf{\beta = gmT^2/Hb}$ , onde *g* é a aceleração da gravidade, *m* é a declividade do perfil, *T* o período em segundos e *Hb* a altura da onda na zona de arrebentação. Valores de $\beta<0,068$ caracterizam ondas deslizantes e $0,068<\beta<0,09$ ondas mergulhantes.

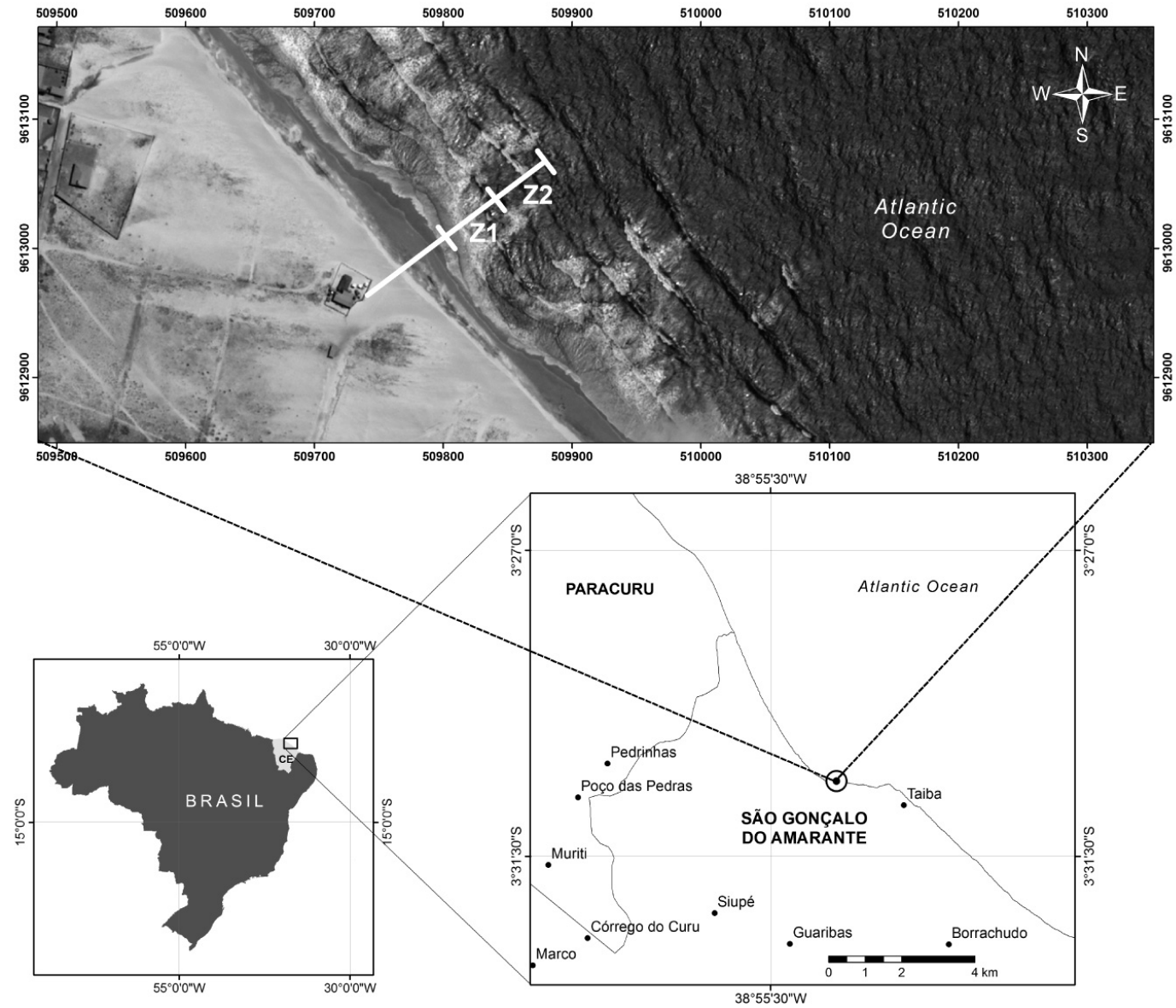


**Figura 1.** Localização da área de estudo (Praia da Taíba) e perfil de praia no litoral do Brasil e do estado do Ceará. Z1(0-30m), Z2 (30-60m).
***Figure 1****. Location of study Area (Taíba beach) and beach profile in the coast of Brazil and Ceará State. Z1(0-30m), Z2 (30-60m).*

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Granulometria

Verificou-se que a média do sedimento correspondeu quase sempre a areia fina ou muito fina, com valores médios do grão entre 1,80Φ e 3,09Φ (Tabela 2). Para ambas as faixas de coleta foram observadas pequenas frações de cascalho, que variaram de 0,02% a 2,69% das amostras analisadas.

Na faixa 1 (0-30m de distância da zona de varrido) o sedimento apresentou-se moderadamente selecionado em 73,4% das amostras, com grau de seleção variando entre 0,48 a 1,21. Os valores de assimetria, variaram de 0,01 a -0,46, com 40% das amostras muito negativa. Segundo os valores de curtose, 53,3% das amostras apresentaram sedimentos leptocúrticos (Tabela 2).

Para a faixa 2 (30 – 60m da zona de varrido), a areia média correspondeu a cerca de 20% das amostras e a areia muito fina a cerca de 6,6%. Os valores da assimetria variaram de -0,03 a -0,47, correspondendo 46,6% a muito negativa, 46,6% a negativa e apenas 6,6% a aproximadamente simétrica. O grau de selecionamento variou de 0,60 a 1,27, apresentando 60% do sedimento moderadamente selecionado. A maior parte das amostras desta faixa corresponderam a sedimentos leptocúrticos (40%) e platicúrticos (26,6%) (Tabela 2).

As curvas granulométricas em frequência acumulada das zonas analisadas podem ser visualizadas na Figura 2. Pode-se observar que as amostras têm características relativamente semelhantes dentro de cada zona. A partir das curvas também pode-se comprovar a composição de areia fina ou muito fina para a zona 1 e uma tendência (aumento de frequência) ao aumento do grão para areia média na zona 2; também é possível observar que a assimetria é em sua maioria negativa, particularmente na zona 2, além de visualizar amostras caracterizadas como leptocúrticas.

**Tabela 1.** Índices morfodinâmicos utilizados para caracterizar a praia da Taíba, Ceará, Brasil, período de fevereiro a agosto de 2007.
*: utilizou-se o tamanho médio do grão (faixas de 30 e 60 metros), de acordo com Gomes (2004) e Grossi-Hijo (2007), sendo os valores de velocidade média extraídos da tabela de Raudkivi (1990).
***Table 1.*** *Indexes used to characterize the morphodynamic Taiba beach, Ceará, Brazil, February to August/ 2007.*
**: the average grain size (30 and 60 m)was used according to Gomes (2004) and Grossi-Hijo (2007), and the average velocity values were extracted from the Raudkivi (1990) table.*

| ÍNDICE MORFODINÂMICO | EQUAÇÃO | CARACTERÍSTICA DA PRAIA | OBSERVAÇÕES |
|---|---|---|---|
| **Parâmetro de Dean** | Ω= Hb/Ws.T | Ω=2 reflectiva | Hb: altura da onda na arrebentação (m) |
| (Wrigth e Short, 1984) | | 2<Ω<5 intermediária | Ws*: velocidade média de decantação dos sedimentos ($ms^{-1}$) |
| | | Ω>5 dissipativa | T: período da onda (s) |
| **Índice da Praia** | BI=log10 (sedimento x maré/perfil) | BI<1,5: reflectiva | tamanho do sedimento: phi+1 |
| (McLachlan e Dorvlo, 2005) | | 1,5<BI<3: intermediária | maré: máxima amplitude |
| | | BI>3: dissipativa | perfil: declividade |
| | | | dimensões log (phi.m) |
| **Parâmetro Relativo da Maré** | RTR= amplitude da maré/altura da onda | RTR <3: determinada por ondas | maré: máxima amplitude |
| (Masselink e Short, 1993) | | 3<RTR<12: modificada por marés | altura da onda (m) |
| | | RTR >15: determinada por marés | |

*: utilizou-se o tamanho médio do grão (faixas de 30 e 60 metros), de acordo com Gomes (2004) e Grossi-Hijo (2007), sendo os valores de velocidade média extraídos da tabela de Raudkivi (1990).

**Tabela 2.** Classificação granulométrica do sedimento na zona de surfe na praia da Taíba, no período de junho/2006 a agosto/2007. Valores de média e mediana apresentados em "phi" ($-\log_2$ diâmetro do grão em mm). Z1(0-30m), Z2 (30-60m).
***Table 2.*** *Particle size classification of sediment in the surf zone on the Taíba beach, June/2006 to August/2007. Mean and median values presented in "phi" ($-\log_2$ grain diameter in mm). Z1 (0-30m), Z2 (30-60m).*

| Amostra | Média | Classificação | Seleção | Classificação | Curtose | Classificação | Assimetria | Classificação | Areia(%) | Finos (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **260606 Z1** | 3,02 | Areia Muito Fina | 0,52 | Moderadamente selecionado | 1,10 | mesocúrtica | -0,21 | negativa | 98,12 | 1,85 |
| **260606 Z2** | 2,18 | Areia Fina | 1,27 | Pobremente selecionado | 0,71 | platicúrtica | -0,35 | muito negativa | 98,24 | 0,83 |
| **130706 Z1** | 3,03 | Areia Muito Fina | 0,73 | Moderadamente selecionado | 1,22 | leptocúrtica | -0,26 | negativa | 97,56 | 1,71 |
| **130706 Z2** | 1,85 | Areia Média | 1,18 | Pobremente selecionado | 0,83 | platicúrtica | -0,37 | muito negativa | 99,56 | 0,14 |
| **110806 Z1** | 2,77 | Areia Fina | 0,64 | Moderadamente selecionado | 1,01 | mesocúrtica | -0,13 | negativa | 99,32 | 0,58 |
| **110806 Z2** | 2,93 | Areia Fina | 0,71 | Moderadamente selecionado | 1,46 | leptocúrtica | -0,36 | muito negativa | 98,14 | 1,50 |
| **070906 Z1** | 2,81 | Areia Fina | 0,48 | Bem selecionado | 0,99 | mesocúrtica | 0,01 | aproximadamente simétrica | 98,83 | 1,17 |
| **070906 Z2** | 2,77 | Areia Fina | 0,60 | Moderadamente selecionado | 0,97 | mesocúrtica | -0,03 | aproximadamente simétrica | 98,19 | 1,81 |
| **061006 Z1** | 2,50 | Areia Fina | 0,60 | Moderadamente selecionado | 1,38 | leptocúrtica | -0,05 | aproximadamente simétrica | 99,09 | 0,88 |
| **061006 Z2** | 2,11 | Areia Fina | 0,85 | Moderadamente selecionado | 1,24 | leptocúrtica | -0,26 | negativa | 99,74 | 0,07 |
| **061106 Z1** | 2,80 | Areia Fina | 0,66 | Moderadamente selecionado | 1,26 | leptocúrtica | -0,09 | aproximadamente simétrica | 96,55 | 3,37 |
| **061106 Z2** | 2,80 | Areia Fina | 0,68 | Moderadamente selecionado | 1,28 | leptocúrtica | -0,19 | negativa | 98,43 | 1,52 |
| **051206 Z1** | 2,36 | Areia Fina | 1,09 | Pobremente selecionado | 1,56 | muito leptocúrtica | -0,42 | muito negativa | 96,09 | 1,22 |
| **051206 Z2** | 2,10 | Areia Fina | 0,85 | Moderadamente selecionado | 1,01 | mesocúrtica | -0,23 | negativa | 99,67 | 0,24 |
| **220107 Z1** | 2,87 | Areia Fina | 0,54 | Moderadamente selecionado | 1,09 | mesocúrtica | -0,01 | aproximadamente simétrica | 98,43 | 1,56 |
| **220107 Z2** | 2,05 | Areia Fina | 1,08 | Pobremente selecionado | 0,85 | platicúrtica | -0,32 | muito negativa | 99,63 | 0 |
| **160207 Z1** | 2,35 | Areia Fina | 0,64 | Moderadamente selecionado | 1,40 | leptocúrtica | -0,03 | aproximadamente simétrica | 99,21 | 0,76 |
| **160207 Z2** | 2,56 | Areia Fina | 0,98 | Moderadamente selecionado | 1,46 | leptocúrtica | -0,24 | negativa | 97,88 | 1,54 |
| **070307 Z1** | 2,30 | Areia Fina | 1,13 | Pobremente selecionado | 1,69 | muito leptocúrtica | -0,46 | muito negativa | 97,81 | 1,22 |
| **070307 Z2** | 2,95 | Areia Fina | 0,78 | Moderadamente selecionado | 1,92 | muito leptocúrtica | -0,45 | muito negativa | 98,75 | 0,73 |
| **030407 Z1** | 2,95 | Areia Fina | 0,64 | Moderadamente selecionado | 1,13 | leptocúrtica | -0,28 | muito negativa | 98,32 | 1,60 |
| **030407 Z2** | 2,25 | Areia Fina | 1,22 | Pobremente selecionado | 1,17 | leptocúrtica | -0,47 | muito negativa | 99,52 | 0,03 |
| **030507 Z1** | 3,09 | Areia Muito Fina | 0,50 | Moderadamente selecionado | 1,43 | leptocúrtica | -0,3 | muito negativa | 99,05 | 0,75 |
| **030507 Z2** | 1,83 | Areia Média | 1,39 | Pobremente selecionado | 0,67 | muito platicúrtica | -0,1 | negativa | 97,57 | 1,60 |
| **130607 Z1** | 2,89 | Areia Fina | 0,77 | Moderadamente selecionado | 1,37 | leptocúrtica | -0,37 | muito negativa | 96,9 | 3,09 |
| **130607 Z2** | 3,05 | Areia Muito Fina | 0,86 | Moderadamente selecionado | 1,75 | muito leptocúrtica | -0,39 | muito negativa | 95,38 | 4,12 |
| **160707 Z1** | 2,69 | Areia Fina | 0,72 | Moderadamente selecionado | 1,27 | leptocúrtica | -0,15 | negativa | 99,13 | 0,84 |
| **160707 Z2** | 1,93 | Areia Média | 1,14 | Pobremente selecionado | 0,84 | platicúrtica | -0,24 | negativa | 97,02 | 2,69 |
| **130807 Z1** | 1,80 | Areia Média | 1,21 | Pobremente selecionado | 0,79 | platicúrtica | -0,36 | muito negativa | 97,64 | 0,77 |
| **130807 Z2** | 2,42 | Areia Fina | 0,74 | Moderadamente selecionado | 1,22 | leptocúrtica | -0,15 | negativa | 99,45 | 0,47 |

A análise de variância não paramétrica dos valores do sedimento não apresentou diferenças significativas entre os meses de coleta, nem entre as faixas dentro da zona de surfe (N=90, p=1).

### 4.2 Índices morfodinâmicos

A Tabela 3 sumariza os dados utilizados para caracterizar a morfodinâmica da praia, registrados entre fevereiro e agosto de 2007. A altura das ondas variou entre 0,40m e 0,60m e o período entre 5,93s a 8,31s. Os valores do parâmetro de Dean (Ω) variaram de 1,71 a 2,55, classificando a praia como predominantemente intermediária, apresentando, porém, em fevereiro, março e maio de 2007, valores característicos do modo refletivo (Ω<2). O Índice de Praia, BI, apresentou valores entre 2,15 a 2,50, indicativos de estados intermediários.

O parâmetro escalar da arrebentação variou entre 3,16 e 11,40, indicando que a arrebentação apresenta um estado de dissipação das ondas, confirmado pelo coeficiente de arrebentação (β) (0,01 a 0,03) com ocorrência de ondas deslizantes. Já os valores de RTR variaram de 4,5 a 6,5, indicando que a praia sofre modificações pelas marés, sob um regime de mesomarés, confirmado pelos valores de amplitude das marés (Tabela 3).

### 4.3 Perfis Praiais

Os perfis topográficos realizados na praia da Taíba podem ser visualizados na Figura 3.

Na maior parte dos meses observaram-se faixas entremarés extensas, com mais de 80m de comprimento. Os perfis apresentaram angulações entre 1/16 (julho/2007) e 1/35 (março/2007) e puderam ser caracterizados como Terraço de baixa-mar, com exceção de junho/2006, classificado como crista/canal.

O perfil observado em setembro/2006 parece ser resultado de um processo sequencial de erosão do perfil de junho/2006, com declividade de 1/24. Já os perfis de fevereiro e março de 2007 apresentaram visualmente as mesmas características, com a aparência de constituírem-se perfis de erosão quando comparados aos meses anteriores, principalmente devido ao desaparecimento do pequeno banco antes formado na porção emersa e a diminuição da zona entremarés (declividades de 1/33 e 1/35, respectivamente). Quando comparados ao perfil de setembro/2006, a porção abaixo do nível do mar apresentou uma declividade mais suave (Figura 3).

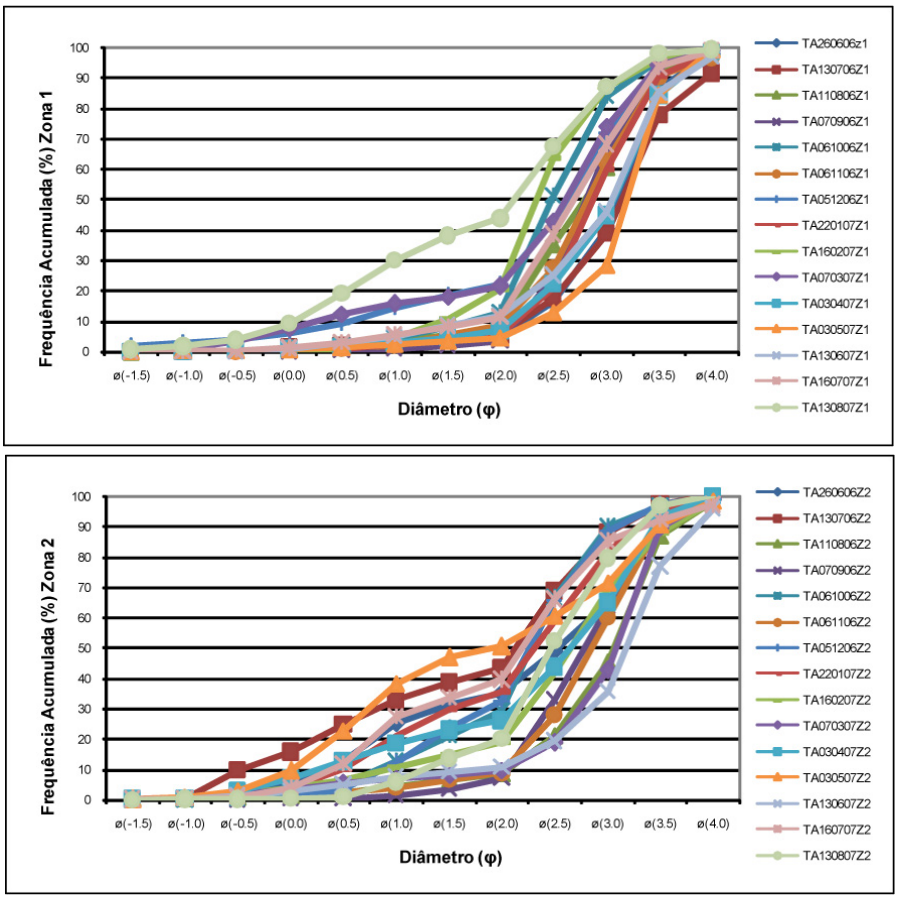


**Figura 2.** Curvas granulométricas com os dados de frequência acumulada das Zonas 1 e 2, praia da Taíba, Ceará, junho de 2006 a agosto de 2007. Legenda: TA: Taíba, data, e zona amostrada (1 ou 2).

***Figure 2.*** *Granulometric curves with acumulate frequency data of the Zones 1 and 2, Taiba beach, Ceará, from June 2006 to August 2007. Legend: TA: Taiba, date, and sampled zone (1 or 2).*

**Tabela 3.** Dados utilizados para o cálculo do parâmetro de Dean, valores do Índice da Praia (BI), Parâmetro de Variação Relativa da Maré (RTR), Parâmetro escalar da arrebentação (∑) e o coeficiente de arrebentação (β), obtidos na praia da Taíba, período de fevereiro a agosto/2007.
* valores em "phi", correpondentes as duas faixas de coleta.
** valores em segundos (s).
*** amplitude da maré.
***Table 3.*** *Data used to calculate the Dean parameter, Beach Index (BI), Relative Tide Range Parameter (RTR), the surf-scalling parameter (∑) and surf coefficient (β) on Taiba beach, February to August 2007.*
**values in phi, corresponding to the two tracks of data collection.*
*** values in seconds (s).*
**** tidal range.*

| Mês (dia) 2007 | Média do sedimento* | Ws** | Altura da onda (m) | Período da onda (s) | Dean (Ω) | Classificação | BI | Classificação | Maré*** | RTR | ∑ | β |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fevreiro (16) | 2,46 | 3,50 | 0,50 | 7,26 | 1,97 | Refflectiva | 2,5 | Intermediária | 2,80 | 5,60 | 4,62 | 0,03 |
| Março (07) | 2,62 | 3,00 | 0,41 | 7,86 | 1,73 | Reflectiva | 2,5 | Intermediária | 2,50 | 6,09 | 3,16 | 0,02 |
| Abril (03) | 2,60 | 3,00 | 0,40 | 6,00 | 2,22 | Intermediária | --- | --- | --- | 6,50 | --- | --- |
| Maio (03) | 2,46 | 3,50 | 0,50 | 8,31 | 1,71 | Reflectiva | 2,27 | Intermediária | 2,60 | 5,20 | 4,61 | 0,01 |
| Junho (13) | 2,97 | 2,50 | 0,50 | 7,83 | 2,55 | Intermediária | 2,33 | Intermediária | 2,70 | 5,40 | 5,33 | 0,01 |
| Julho (16) | 2,31 | 3,80 | 0,50 | 6,37 | 2,06 | Intermediária | 2,15 | Intermediária | 2,70 | 5,40 | 9,06 | 0,01 |
| Agosto (13) | 2,11 | 4,00 | 0,60 | 5,93 | 2,52 | Intermediária | 2,2 | Intermediária | 2,70 | 4,50 | 11,40 | 0,03 |

Em maio/2007, o perfil apresentado parece ter recuperado sedimento, com um aumento na extensão da zona entremarés e através da formação de um pequeno banco e uma pequena cava, com declividade de 1/21. Em junho/2007, o perfil parece ser uma continuação do existente no mês anterior, sendo que o perfil de julho/2007 realçou ainda mais o processo de acresção de sedimento verificado a partir de maio/2007; as declividades foram de 1/20 e 1/16 em junho e julho de 2007. O perfil realizado em agosto/2007 demonstrou tendência à erosão, já que visualmente houve a formação de cavas não muito pronunciadas, com uma diminuição na quantidade de material emerso, com declividade de 1/19 (Figura 3).

Em todos os perfis realizados, a porção submersa, abaixo do nível do mar, foi observada até no máximo 2 metros de profundidade, apresentando quase sempre um declive contínuo acompanhando o perfil emerso como em setembro/2006 ou mais suave com a formação de pequenos bancos / cavas como nos meses de fevereiro e março de 2007 (Figura 3).

No período de estudo, a zona de surfe caracterizou-se como bem definida, relativamente extensa (50 a 100m), sendo frequente a ocorrência de mais de uma linha de quebra de ondas e uma zona de espraiamento de ondas que chegou a se deslocar bastante ao longo do perfil praial (observação visual).

## 5. DISCUSSÃO

A altura e o período das ondas pode ser muito variável, dependendo de fatores como velocidade dos ventos e declividade do perfil praial. Branco *et al.* (2005) ao estudarem a morfodinâmica de praias arenosas do Ceará definiram que os meses marcados pelas maiores alturas das ondas corresponderam ao início do período de estiagem, que apresenta maior velocidade dos ventos, semelhante aos resultados encontrados na praia de Taíba, onde ondas maiores também apresentaram maiores períodos.

O sedimento caracteristicamente composto por areia fina na praia da Taíba reflete o grau de seleção do sedimento na zona de surfe, produzido pela turbulência que impede a deposição de material fino. Apesar da porção de areia fina ter sido a mais representativa nas duas zonas amostradas, na zona 2 da praia da Taíba foram evidenciadas amostras de areia média, provavelmente devido a ação das ondas da zona de quebra que selecionou o sedimento, movendo as partículas mais finas.

Segundo Rocha-Barreira (2001), a assimetria negativa caracteriza as condições de dinâmica deposicional, isto é, as partículas finas da carga sedimentar são selecionadas pela turbulência gerada na arrebentação, fazendo com que tais diâmetros de grão estejam praticamente ausentes no sedimento interno da zona de surfe.

Também para Passos (2004) o diâmetro do sedimento reflete a topografia de fundo e a intensidade local da turbulência e da energia de dissipação das ondas. Bittencourt (1992) constatou uma baixa intensidade e variabilidade das ondas observando uma baixa variabilidade nos valores da assimetria.

Segundo a classificação proposta por McLachlan (1980) a praia da Taíba apresenta energia de onda leve a moderada, com valores de assimetria quase sempre negativos, ou seja, também pouco variáveis. Além disso, a maior parte das amostras apresentou sedimentos moderadamente selecionados. No sistema proposto por McLachlan (1980), as praias são classificadas quanto ao seu grau de exposição em praias muito protegidas, protegidas, expostas ou muito

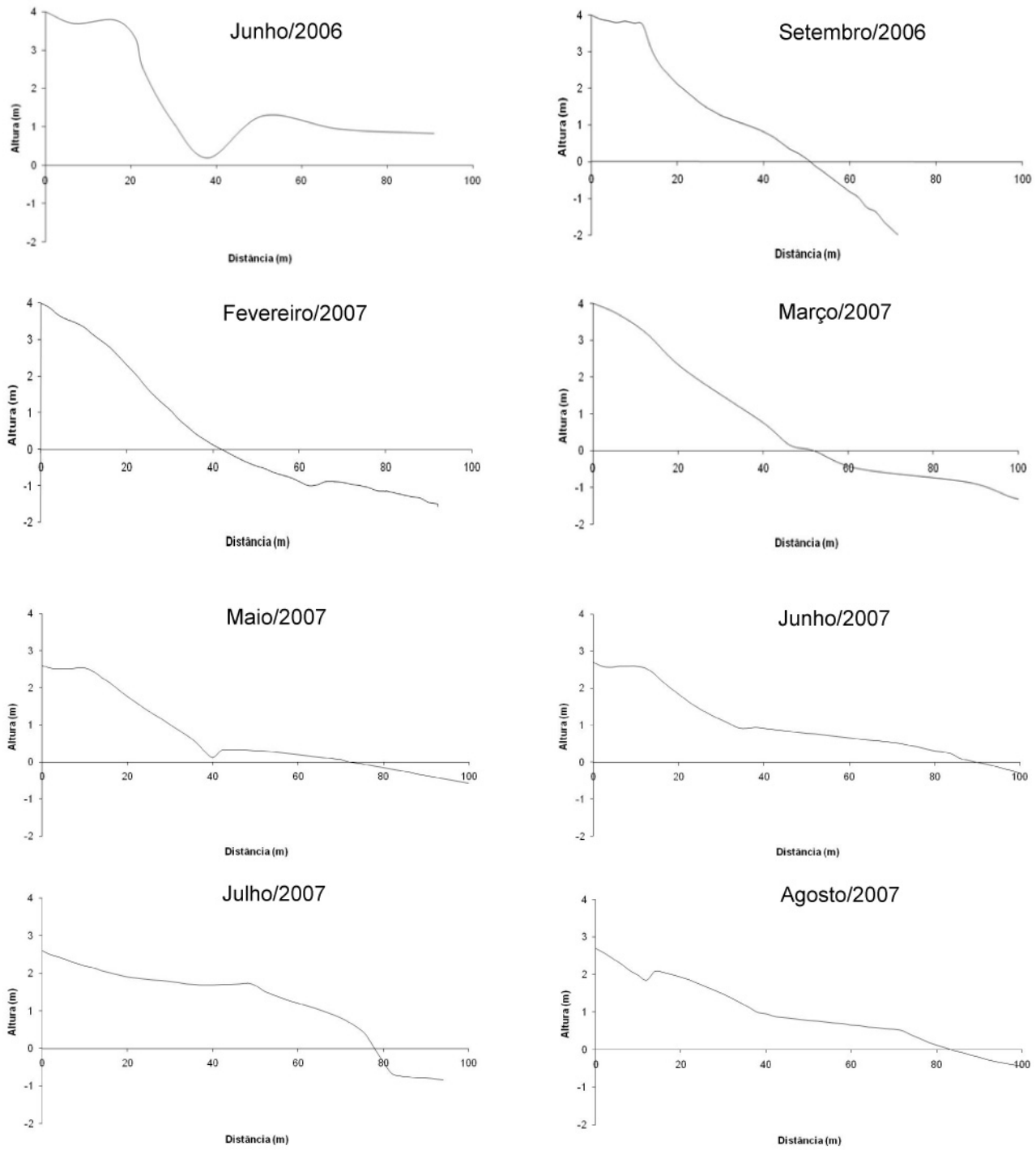


**Figura 3.** Perfis topográficos da região entremarés e zona de surfe da Praia da Taíba, junho/2006 a agosto/2007. O eixo representativo da distância (m) também marca o nível do mar.
***Figure 3.*** *Topographic profiles of the intertidal zone and the surf zone, Taiba beach, June 2006 to August 2007. The axis representing the distance (m) also mark the sea level.*

expostas, considerando a largura da zona de arrebentação, porcentagem de areia muito fina, diâmetro médio das partículas, incluindo, também, características biológicas, como presença de animais em galerias estáveis.

Segundo Branco *et al.* (2005), a interpretação dos parâmetros texturais das amostras de sedimento revelam uma relação com os estádios morfodinâmicos. As amostras dos perfis intermediários assumiriam uma gradação de areia média a fina em direção a antepraia, fato confirmado na Taíba. Para estes mesmos autores, a morfologia da face de praia, em determinado momento, é uma resposta às condições de ondas modais, ao regime de marés e à ação eólica. Manso *et al.* (2003) acrescentam que o declive praial está também relacionado com o diâmetro médio da areia.

Marcondes (2005) fez a correlação entre a inclinação da face praial e a característica granulométrica dos sedimentos da praia, através da plotagem dos dados no gráfico proposto por Wiegel (1964) e obteve a classificação do grau de exposição da praia segundo a exposição às ondas. Considerando este autor, a praia da Taíba é do tipo protegida, caracterizada por areia fina, ação moderada das ondas e moderada inclinação praial (ângulos de 1/16 a 1/35).

Ainda segundo Marcondes (2005), foram reconhecidos estados de transição entre perfis ou estados intermediários. Quando a altura modal das ondas é inferior a 1m, como observado na praia da Taíba, sob baixa energia, o tipo crista canal ou terraço de maré baixa prevalece. Estas são praias de maior variabilidade tanto temporal, devido as variações energéticas, quanto espacial, devido à forma das cúspides e dos bancos, fato definido por Wright & Short (1984).

Os valores do parâmetro de Dean (Ω), durante os meses de coleta, indicam que a praia é intermediária, apresentando, porém, em alguns meses características do modo reflectivo. Os valores obtidos estavam bem próximos do valor limite intermediário. Além disto, as características dos perfis praiais e o Índice da Praia classificaram a praia como intermediária.

De fato, segundo Maia & Meireles (2003), as praias cearenses correspondem, no geral, a praias no estágio morfodinâmico intermediário, caracterizado por barras e sulcos (classificação de Short & Wright, 1983).

Segundo McLachlan & Dorvlo (2005), o parâmetro de Dean é capaz de expressar a habilidade das ondas em mover sedimento. Comprovadamente, nos meses com características reflectivas, a altura das ondas apresentou baixos valores, indicando uma limitada habilidade das mesmas em erodir a superfície praial, tornando-a mais acrescional, ou seja, acumulando sedimento na porção subaérea. O acréscimo de sedimento foi detetado durante os meses de maio, junho e julho de 2007, enquanto que em fevereiro, março e agosto de 2007 houve uma visível erosão.

De acordo com Passos (2004), os tipos de ondas na arrebentação indicam o modo de dispersão de energia da onda. Nas ondas deslizantes, como evidenciado na Taíba, a turbulência começa na crista e envolve a frente da onda e segue por distâncias de até vários comprimentos de onda, indicando que a influência da quebra das ondas é um processo gradual e extenso.

Segundo McLachlan & Dorvlo (2005), outro importante processo é a maré, que causa mudanças cíclicas nas praias, podendo atuar passivamente ou ativamente no transporte de sedimento. A área de atuação da maré depende fortemente de sua amplitude, pois esta define a quantidade de energia presente em um sistema. A sua influência pode ser tão grande que, nos casos em que supera a das ondas, estabelecem-se "terraços de maré". Os valores de RTR, observados na praia da Taiba, indicaram que a influência das marés é a principal ação modificadora dos perfis praiais.

Para Gaze (2005), além da importância hidrodinâmica, as marés são fundamentais a respeito da ecologia e qualidade de água de um ambiente. Segundo Masselink & Short (1993), apenas em praias com RTR<2 a maré não é uma forte componente modificadora da morfologia praial.

Segundo Weschenfelder & Zouain (2002) o estado morfodinâmico praial depende de fatores interdependentes que condicionam o "equilíbrio morfológico-dinâmico" do sistema. A evolução da linha de costa é resultante dos processos morfodinâmicos, que ocorrem em resposta às mudanças nas condições externas. Essa evolução ocorre em função do ajuste entre a topografia, a hidrodinâmica e o volume de sedimentos que chega ao litoral, repercutindo no transporte sedimentar e gerando mudanças nas formas costeiras numa ampla escala temporal e espacial.

Short (1999) já discutia que a aplicação do parâmetro de Dean não é suficiente para caracterizar o comportamento morfodinâmico. O autor aponta que as condições apresentadas pelo ambiente a partir do parâmetro de Dean, em localidades com grande amplitude de maré, não condizem com as que demonstram as reais condições morfodinâmicas, sendo necessário incorporar o fator variação da amplitude da maré para se obter uma classificação mais satisfatória.

A partir do exposto, é coerente classificar a praia segundo o Parâmetro Relativo da Maré, relevando-se a ação modificadora das marés sobre o perfil praial; verificou-se que o Índice da Praia também é um bom modelo para caracterizar a praia, confirmando o resultado obtido pelo Parâmetro Relativo da Maré. É necessário observar que estes índices utilizam importantes agentes morfodinâmicos em suas fórmulas, como sedimento, amplitude da maré, declividade do perfil e altura das ondas, fatores de extrema importância para caracterizar uma praia arenosa. É importante ainda destacar que todos os agentes morfodinâmicos são interrelacionados, até certo ponto co-dependentes e em conjunto definem a hidrodinâmica local.

Para Suguio (2003), os estudos morfodinâmicos das praias podem fornecer subsídios significativos para a gestão ambiental das regiões costeiras, auxiliando na tomada de decisões dos setores públicos e privados e na elaboração de políticas públicas voltadas para a contenção de eventos como erosão costeira.

Na praia da Taíba é possível observar uma crescente ocupação por casas de veraneio ou segunda moradia. Este fato já é observado ao longo do litoral cearense, onde o turismo adquiriu um papel fundamental no desenvolvimento costeiro nos últimos 50 anos (Coriolano, 2008).

A gestão e o uso adequado da zona costeira implicam, necessariamente, o conhecimento dos agentes que atuam sobre ela e que determinam os processos dinâmicos que, em último lugar, controlam a sua evolução ao longo do tempo, bem como a capacidade de se determinarem as taxas de progradação ou recuo a que se encontram submetidas.

Este requerimento básico, uma vez logrado, permite prever o comportamento da costa, tanto em condições naturais como sob a influência humana. Conhecer o ambiente praial é, portanto, o primeiro passo para uma gestão costeira sustentável.

## 6. CONCLUSÕES

A praia de Taíba pode ser considerada como uma praia de energia de onda leve a moderada, com baixa variabilidade na altura e período das ondas na zona de surfe. O sedimento foi caracteristicamente composto por areia fina, sendo pouco selecionado a partir das ondas atuantes na área. O estado morfodinâmico intermediário da praia da Taíba pode ser comprovado a partir de dois diferentes índices, tendo uma completa descrição pelo uso em conjunto do Índice da Praia e pelo Parâmetro Relativo da Maré. Este último revelou que os perfis praiais variáveis são dependentes principalmente da ação modificadora das marés.

Sugere-se, portanto, que os dois parâmetros sejam utilizados para classificar a morfodinâmica praial e que os mesmos possam ser testados em outros ambientes praiais com diferentes regimes mareais.

É necessário conhecer e entender os processos responsáveis pela morfodinâmica dos ambientes costeiros, tendo em vista que tais processos assumem um importante papel na conformação e estabilização do ambiente praial. Este trabalho foi realizado com base em uma abordagem simples, mas de extrema relevância, por ser a área desprovida de estudos, além de servir como base para futuros trabalhos que relacionem riscos costeiros, atividade turística e processos de erosão/progradação da linha de Costa.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado concedida à primeira autora e à equipe do Laboratório de Zoobentos (LABOMAR), por sua colaboração na realização desta pesquisa; e ao geólogo Francisco Gleidson da Costa Gastão, pela confecção do mapa da área estudada. Aos revisores da RGCI pelas sugestões e contribuições.

## BIBLIOGRAFIA

Albuquerque, M. da G.; Calliari, L.J.; Corrêa, I.C.S.; Pinheiro, L.de S. (2009) - Morfodinâmica da praia do Futuro, Fortaleza-CE: uma síntese de dois anos de estudo. *Quaternary and Environmental Geosciences* (ISSN 2176-6142) 1(2):49-57. http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/abequa/article/viewFile/14092/11046

Amaro, V.E.; Araújo, A.B. (2008) - Análise Multitemporal da morfodinâmica da região costeira setentrional do Nordeste do Brasil entre os municípios de Grossos e Tibau, Estado do Rio Grande do Norte. *Revista da Gestão Costeira Integrada,* 8(2):77-100. http://www.aprh.pt/rgci/pdf/RGCI-140_Amaro.pdf.

Birkemeier, W.A. (1985) - *A User's guide to ISRP: The interactive survey reduction program.* Instructions Report 114p.,CERC 84-11. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Stations, Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, MS, U.S.A.

Bittencourt, A.C.S.P. (1992) - A questão da predominância ou não de valores negativos de assimetria das distribuições granulométricas para os depósitos da face da praia - uma polêmica revisitada. *Revista Brasileira de Geociências* (ISSN: 21774382), 22(1):107-111. http://sbgeo.org.br/pub_sbg/rbg/vol22_down/2201/2201107.pdf

Branco, M.P.N.C.; Lehugeur, L.G.O.; Campos, J.E.G.; Nogueira, S.R.P. (2005) - Morfodinâmica das Praias Arenosas à Barlamar e à Sotamar do Promontório Ponta do Iguape – Estado do Ceará – Brasil. *Revista de Geologia* (0103-2410), 18 (2): 215-229. http://www.revistadegeologia.ufc.br/documents/revista/2005/19_2005.pdf

Calliari, L.J.; Muehe, D.; Hoefel, F.G.; Toldo Jr.,E. (2003) - Morfodinâmica praial: uma breve revisão. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 51:63-78. http://www.scielo.br/pdf/bjoce/v51nunico/07.pdf.

Coriolano, L.N.M. (2008) - Litoral do Ceará: espaço de poder, conflito e lazer. *Revista da Gestão Costeira Integrada,* 8(2):277-287. http://www.aprh.pt/rgci/pdf/RGCI-131_coriolano.pdf.

Davis Jr., R.A.; Fox W.T. (1972) - Coastal processes and nearshore sand bars. *Journal of Sedimenary Petrology*, 42(2):401-412. (doi: 10.1306/74D72568-2B21-11D7-8648000102C1865D)

Farias, E.G.G.; Maia, L.P. (2010) - Uso de técnicas de geoprocessamento para a análise da evolução da linha de costa em ambientes litorâneos do Estado do Ceará, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 10(4):521-544. http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-224_Farias_small.pdf.

Fox, W.T.; Davis, R.A. (1974) - Simulation model for storm cycles and beach erosion on lake Michigan. *Geological Society of America Bulletin*, 84(5):1769-1790. DOI: 10.1130/0016-7606(1973)84<1769:SMFSCA>2.0.CO;2 .

Freire, G.S.S.; Cavalcanti, V.M.M. (1998) - *A cobertura sedimentar quaternária da plataforma continental do estado do Ceará.* Fortaleza. 40p., Departamento Nacional de Produção Mineral, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, Ceará, Brasil.

Galvin Jr, C.J. (1968) - Breaker type classification on three laboratory beaches. *Journal of Geophysical Research*, 73 (12): 3651-3659. DOI: 10.1029/JB073I012P03651

Gaze, F.N. (2005) - *Tempo de residência na baía do Espírito Santo*. 59p., Monografia de Graduação, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil. Disponível em http://www.dern.ufes.br/oceano/link/monografias/2004/monog12_2004.pdf.

Gomes, R. C. (2004) - Perfil Praial de Equilíbrio da Paia de Meaípe – Espírito Santo. 64p., Monografia de Graduação, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil. Disponível em http://www.dern.ufes.br/oceano/link/monografias/2003/monog9_2003.pdf.

Grossi-Hijo, C.A. (2007) - *Macrofauna bentônica da zona de arrebentação da praia da Lagoinha, município de Paraipaba, Ceará, Brasil*. 56p., Monografia de Graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil. Não publicado.

Magalhães, S.H.O.; Maia, L.P. (2003)- Short-term morphological chatacterization of beaches in Caucaia and São Gonçalo do Amarante counties, Ceará State, Brasil. *Arquivos de Ciências do Mar* (ISSN 0374-5686), Fortaleza, 36: 77-87.

Maia, L.P.; Meireles, A.J.A. (2003) - Oceanografia e

dinâmica costeira. *In:* Campos, A.A.; Monteiro-Neto, C. & Polette, M. (eds), *A zona costeira do Ceará: diagnóstico para a gestão integrada,* pp.191-207, Aquasis (Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos), Fortaleza, CE, Brasil.

Manso, V.A.V.; Corrêa, I.C.S.; Guerra, N.C. (2003)- Morfologia e Sedimentologia da Plataforma Continental Interna entre as Praias Porto de Galinhas e Campos - Litoral Sul de Pernambuco, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, 30(2):17-25. http://www.pesquisasemgeociencias.ufrgs.br/3002/02-3002.pdf.

Marcondes, A.C.J. (2005) - *Vulnerabilidade erosiva da praia do Nenel, Ilha Bela (Ilha do Bio), Vitória- ES*. 76p., Monografia de Graduação, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil. Disponível em http://www.dern.ufes.br/oceano/link/monografias/2004/monog10_2004.PDF.

Masselink, G.; Short, A.D. (1993) - The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. *Journal of Coastal Research*, 9(3):785-800.

Matthews-Cascon, H.; Lotufo, T.M. da C. (2006) - *Biota Marinha da Costa Oeste do Ceará: 24*. 248 p., Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF, Brasil. ISBN: 85-7738-036-X. (disponível em: http://homolog-.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=14&idConteudo=5447).

McLachlan, A. (1980) - Exposed sandy beaches as semi-closed ecosystems. *Marine Environmental Research*, 4(1):59-63. DOI:10.1016/0141-1136(80)90059-8.

McLachlan, A.; Dorvlo, A. (2005) - Global Patterns in Sandy Beach Macrobenthic Communities. *Journal of Coastal Research*, 4(21): 674–687. DOI: 10.2112/03-0114.1

Owens, E.H. (1977) - Temporal variation in beach and nearshore dynamics. *Journal of Sedimentary Petrology*, 47(1):168-190.

Paiva, F.; Macedo, M. (1997) - *Ceará. Guia de Praias.* 108p. Edições Fundação Demócrito Rocha, Fortaleza, CE, Brasil. ISBN: 8586375039.

Passos, R.C.S. (2004) - *Variação Morfotextural da praia de Camburi, Vitória – Es, após engordamento artificial*. 90p., Monografia de Graduação, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Brasil. Não publicado.

Raudkivi, A. J. (1990) - *Loose boundary hidraulics*. 3ª ed., 538p., Ed. Pergamon – UK. ISBN: ISBN: 0080340741.

Rocha-Barreira, C.A. (2001) - Biologia de *Olivancillaria vesica auricularia* (Lamarck, 1810) (Mollusca:Gastropoda:Olividae) na Praia do Cassino, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. 343p., Tese de Doutorado, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, RS, Brasil. Não publicado.

SEINFRA (2001) - *Atlas do Potencial Eólico do Estado do Ceará.* 94p., Secretaria da Infraestrutura (SEINFRA), Governo do Estado do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil. Disponível em http://www.seinfra.ce.gov.br/index.php/downloads/category/6-energia?download=16%3Ap

Short, A.D. (1991) - Macro – meso tidal beach morphodynamics – An overview. *Journal of Coastal Research* (ISSN 0749-0208), 7:417-436.

Short, A.D. (1996) - The role of wave height, slope, tide range and embaymentisation in beach classification: a review. *Revista Chilena de Historia Natural,* 69:589–604. http://rchn.biologiachile.cl/pdfs/1996/4/Short_1996.pdf.

Short, A.D. (1999) - Beach hazards and safety. *In:* Short A.D. (ed), *Handbook of Beach Shoreface Morphodynamics*, pp.293-303, John Wiley & Sons. John Wiley & Sons. New York, NY, U.S.A. ISBN: 9780471965701.

Short, A.D.; Wright, L.D. (1983) - Physical variability of sandy beaches. *In:* McLachlan, A. & Erasmus, T. (eds.), *Sandy beaches as ecosystems: 1st International Symposium on Sandy Beaches*, pp. 17-21, South Africa.

Sonu, C.J. (1973). Three – dimensional beach changes. *Journal of Geology*, 87(5):42-64. Disponível em: http://www.jstor.org/stable/30070742.

Suguio, K. (2003) - Tópicos em Geociências para o desenvolvimento sustentável: as regiões litorâneas. *Revista do Instituto de Geociências* (ISSN 1517-1256), 1:1-40, USP, São Paulo, SP, Brasil

Wentworth, C. K. (1922) - A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology, 30(5):377-392. Disponível em http://www.jstor.org/stable/30063207

Weschenfelder, J.; Zouain, A.N.R. (2002) - Variabilidade Morfodinâmica das Praias Oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, RS, Brasil. *Pesquisas em Geociências* (ISSN 1518-2398), 29(1):3-13. http://www.pesquisasemgeociencias.ufrgs.br/2901/01-2901.pdf

Wiegel, R.L. (1964) - *Oceanographical Engineering*. 532p., reimpressão, de 2005, Prentice-Hall, New York, NY, U.S.A.. ISBN: 9780486446004.

Wright, L.D.; Nielsen, P.; Short, A.D.; Green, M.O. (1982) - Morphodynamics of a macrotidal beach. *Marine Geology*, 50(1-2):97-128. DOI: 10.1016/0025-3227(82)90063-9.

Wright, L.D.; Short, A.D. (1984) - Morphodynamics variability of surf zone and beaches – A synthesis. *Marine Geology,* 56(1-4):93-119. DOI:10.1016/0025-3227(84)90008-2

Wright, L.D.; Short, A.D.; Green, M.O. (1985) - Short-term changes in the morphodynamic states of beaches and surf zones: an empirical predictive model. *Marine Geology,* 62(3-4):339-364. DOI: 10.1016/0025-3227(85)90123-9.

Revista da Gestão Costeira Integrada 11(4):433-450 (2011)
*Journal of Integrated Coastal Zone Management* 11(4):433-450 (2011)

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS
UNIVALI
http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-264_Carvalho.pdf
DOI:10.5894/rgci264
GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA
Journal of Integrated Coastal Zone Management

# Equipamentos para a Educação Ambiental na zona costeira da Euroregião do Eixo Atlântico – Das práticas conservacionistas às sociocríticas *

## *Environmental Education Centres in coastal areas of the Euro region Eixo Atlântico – From conservational to socio-critical models and practices*

Sara Carvalho [@, 1, 2], Ulisses M. Azeiteiro [1], Pablo A. Meira-Cartea [2]

**RESUMO**

No presente estudo foram analisadas várias iniciativas de equipamentos para a educação ambiental (EqEA), na óptica da *integração de aspectos biofísicos e socioculturais* nos programas educativos. A investigação teve como objecto de análise os EqEA situados na zona costeira (ZC) compreendida entre o Norte de Portugal e a Galiza (Espanha) – A Euro região do *Eixo Atlântico do Noroeste Peninsular*. Tal como em outras ZC, no Eixo Atlântico a influência antropogénica tem tornado estas zonas complexas ainda mais vulneráveis. As práticas dos EqEA em ZC do Eixo Atlântico foram enquadradas segundo os modelos/correntes genéricas de educação ambiental (EA) cartografadas por vários especialistas: desde os modelos *conservacionistas* e *naturalistas* (típicos de centros de interpretação), aos de cariz mais *humanista* e *sociocrítico* (típicos de centros de desenvolvimento rural) ou com outros matizes como o modelo *didáctico* (aulas de natureza). Recorreu-se a uma metodologia quantitativa e como técnica de investigação foi escolhido o inquérito, através de um questionário dirigido a gestores e monitores de EqEA.

A análise a elementos-base dos EqEA e a factores como o "nível de impacto social", a integração de aspectos socioculturais e a ligação com o exterior conduziu à conclusão de que as iniciativas observadas têm um cariz tendencialmente mais *conservacionista/ naturalista* e de baixo impacto social. Embora com menor expressão foram detectados outros modelos mais interventivos como o *bioregionalista, etnográfico* e *didáctico e sociocrítico,* existindo diversas actividades para e com a contribuição activa população local. Esta minoria de EqEA com foco mais interventivo (modelo *sociocrítico*), abordagem cada vez mais aclamada para uma EA integrada e holística indicia, entre outros aspectos, lacunas no sistema de avaliação dos projectos educativos. De uma forma geral, detecta-se potencialidades de alargamento da visão sobre os modelos de EA reflectidos nos projectos, como ferramenta de contribuição para uma gestão costeira participativa.

**Palavras-chave**: Equipamentos para a educação ambiental; zona costeira; modelos de educação ambiental.

*@ - Autor correspondente / corresponding author: sara carvalho <saradcarvalho@yahoo.com.br>*
*1 - Departamento de Ciências e Tecnologia, Universidade Aberta, Rua do Amial, nº 752, 4200-055 Porto, Portugal e CFE - Centre for Functional Ecology, Department of Life Sciences, University of Coimbra, 3001-401 Coimbra, Portugal*
*2 - Departamento de Teoria da Educación, História da Educación e Pedagoxía Social, Faculdade de Ciências da Educación, Universidade de Santiago de Compostela, Campus Universitário Sur, 15706 Santiago de Compostela, Galicia, España*

** Submissão: 2 Março 2011; Avaliação: 5 Abril 2011; Recepção da versão revista: 6 Julho 2011; Aceitação: 11 Junho 2011; Disponibilização on-line: 9 Agosto 2011*

***ABSTRACT***

*In this study were analysed environmental education centres (EEC), from the point of view of the integration of biophysical and socio-cultural aspects within the EEC programmes. The research examined EEC located in the coastal area (CA) between northern Portugal and Galicia (Spain) - The Euro region Eixo Atlântico do Noroeste Peninsular. Why focus on EEC of coastal areas? Since these are strategic areas at various levels but also vulnerable, it turns necessary to recognize the role of the different agents in those areas including the entities of environmental education to promote an integrated and participatory management of the coast.*

*The practices of the EEC of Eixo Atlântico's coastal area were framed according to the EE models: From the most conservationists and naturalists ones (typical of interpretation centres, museums), or a more humanistic and social-critical approach (centres for rural development; experiential learning), until other focus as the didactic model (classes in nature, field work), having also in account the factor "level of social impact" of the EEA.*

*To analyse the EE models were characterized the physical and organizational structures of the EEC, as well as elements of the educational programmes and the educational teams. There were also analysed aspects such the level of integration of sociocultural issues into the activities and the net of connections of the EEC with different kind of institutions. Were used quantitative methodologies through a survey questionnaire, to be addressed at EEC managers and educators.*

*The analysis leads to the main conclusion that, in the CA of the Eixo Atlântico, dominate conservationist / naturalist initiatives (low social impact), comparing with a socio-critical approach and interventions more integrated into the local community (high and medium social impact).*

*Regarding the main infrastructures found (exhibitions) and educational methods (thematic visits) there is a trend of EEC with low social impact, more passive approach and conservationist EE type. The main typologies of EEC found (interpretation centres, museums), among other aspects, also reveal the prevalence of a conservationist/ naturalist model. Despite having a residual expression, there are also present other EE models such as the bioregionalist, ethnographic and didactic, as well the sociocritical model, existing several activities towards the local citizens and with their active participation in the centre dynamics. There are also large connections with external entities (including cultural ones). This EEC minority with a more interventionist focus (sociocritical model) – an EE approach highly acclaimed nowadays, leads us to conclude that there is a lack of programmes' evaluation and of EE reflection on EE models under those programmes. Likewise, it seems to exist a gap between the urgent need for reflection on prevailing models and the lack of awareness about this necessity, in the EEC. The range of models identified shows also an enlargement potential of the EE vision and practice, as a contribution to a participatory coast management.*

***Keywords:*** *Environmental education centres; coastal area; environmental education models.*

## 1. INTRODUÇÃO

As zonas costeiras (ZC) são áreas complexas que albergam uma grande concentração de habitats mas que têm sido alvo de uma sobreocupação humana e exploração de recursos com graves impactos ambientais. Trata-se de zonas de importância estratégica a nível ambiental, económico, social, cultural e recreativo, não sendo excepção o litoral da Região Geoestratégica do *Eixo Atlântico* (Norte de Portugal e Galiza). Abrangendo as zonas costeiras factores ambientais, económicos, sociais, culturais, etc., é cada vez mais aceite que a resolução dos seus problemas também deve passar por uma estratégia que integre aquelas dimensões numa perspectiva de gestão participativa.

Esta posição é corroborada em diversos documentos de referência sobre as zonas costeiras (ZC), como a Carta Europeia do Litoral, nos anos 80; a *Agenda 21*, resultante da Cimeira da Terra no Rio de Janeiro em 1992; o documento português *Bases para a Estratégia de Gestão Integrada da Zona Costeira Nacional* (ENGIZC), de 2005; e em Espanha, a ferramenta de Planificação e Gestão Integrada das Áreas Litorais (PGIAL).

Focando no papel da educação ambiental (EA) para uma gestão costeira participativa, no contexto português (ENGIZC), é reconhecida a existência de lacunas em EA, assim como falta de uma educação de orientação cívica (participação pública), direccionada ao grande público (MAOTDR, 2007). Relativamente à valorização dos valores socioculturais do litoral, o plano português encara ainda as ZC como áreas de oportunidade para a promoção de actividades artesanais locais e de promoção do património sociocultural que se têm esbatido. Nesta linha, vários especialistas integram já a cultura das populações tradicionais ribeirinhas na categoria de "recursos marinhos" (Dias, 2003; Bosch, 2008), devendo-se a perda progressiva desta cultura a elementos como a própria erosão costeira e obras de engenharia que inviabilizaram tais práticas; e à ocupação moderna do solo costeiro. Este facto dá algumas pistas sobre a necessidade de recuperar e fortalecer os valores culturais e humanos como reforço de identidade das populações, através de ferramentas como a informação e educação ambiental. Nesta sequência e no âmbito da educação formal, o documento salienta, entre outros elementos a necessidade de integrar a temática das ZC nos programas curriculares nacionais. A nível não formal, é necessário abordar as Zonas Costeiras em casos de estudo como áreas de excelência para a integração de centros e equipamentos para a educação ambiental (EqEA). Sendo os EqEA o foco do presente estudo, consideram-se desde já estes recursos como um conjunto de iniciativas heterogéneas de educação não formal (Serantes, 2005) caracterizadas mais à frente.

Sobre a realidade espanhola, a PGIAL aponta que ao nível local/regional, precisamente a escala mais próxima dos processos de transformação do território, é onde a gestão costeira tem grandes carências. Enquadrando o documento na costa galega, a PGIAL sugere o desenvolvimento de

instrumentos de gestão litoral a diferentes escalas e princípios básicos (Calvo e Bedoya, 2005) segundo os quais também devem ser desenhadas as actuações de educação ambiental sobre o meio costeiro e marinho: 1) equidade social; 2) compatibilidade ecológica; 3) viabilidade económica; 4) coerência espacial; 5) permanência dos recursos ao longo do tempo. Tais instrumentos colocam a participação pública em duas categorias: as iniciativas populares, promovidas e dirigidas pelos agentes sociais; e as iniciativas mistas com uma sensibilidade e actuação conjunta de agentes institucionais e os sociais (idem, 2005), à semelhança dos princípios das Agendas 21 Locais, onde os EqEA poderão ser efectivos pólos dinamizadores.

Para além dos planos estratégicos, são já diversos os estudos e experiências de participação em assuntos costeiros que apoiam uma intervenção activa dos cidadãos e práticas da educação ambiental sociocrítica, como contributo para uma gestão costeira integrada.

Trazer a percepção dos cidadãos para a avaliação integrada dos sistemas costeiros tem sido um esforço de Bosch (2008) na zona Oeste do Mediterrâneo, mostrando que as lacunas nos processos de avaliação na gestão costeira devem-se, em grande parte, a abordagens reducionistas, muito dependentes de conhecimentos de técnicos e conduzidos por critérios económicos. Além disso, a avaliação dos problemas e dos riscos do litoral está principalmente focada no ambiente físico, impedindo portanto uma compreensão mais profunda das dinâmicas dos sistemas sociais como um todo. Assim, dever-se-á aplicar um sistema de avaliação integrado à gestão costeira, enfatizando a perspectiva social e analisando o valor acrescentado inerente à integração da percepção pública nos processos de avaliação dos sistemas socioecológicos costeiros. A autora mostra também que uma avaliação integrada dos sistemas costeiros requer a passagem de métodos de avaliação unidimensionais para o desenvolvimento e abordagens inovadoras de avaliação, capazes de entender o litoral como sistemas complexos, multidimensionais, incluindo os sistemas humanos.

Acerca de experiências concretas, o Programa *Coastwatch Europe* tem desenvolvido iniciativas de EA em Portugal (pela associação GEOTA) e em Espanha (pelo Programa *Cuidemos la Costa*), ao pretender aumentar a sensibilização da cidadania na gestão dos recursos costeiros, e desenvolver uma intervenção efectiva no litoral (Calvo e Bedoya, 2005). Na mesma linha de participação social, foi levado a cabo um estudo no estuário de Rio Grande, Brasil com pescadores artesanais e, através de uma pesquisa participante, foram tomadas acções com vista à racionalização e uso dos recursos pesqueiros da região (Pereira, 2008). A reflexão, com os pescadores sobre as condições histórico-económico-socio-ambientais envolvidas nas suas relações sociais e culturais, foi fulcral para as propostas de melhoria desenhadas pelo grupo (e.g. revisão do calendário de pesca ou o retorno dos estudos que as universidades fazem na comunidade).

Para além da aplicação de programas contínuos de educação em ZC, acontecimentos catastróficos como o acidente do petroleiro *Prestige*, em 2002, na costa da Galiza, tem feito emergir altos níveis de participação comunitária, muitas vezes oculta. Vários elementos culturais justificam esta resposta social e comunitária (Meira-Cartea, 2005): i) elemento identitário (papel simbólico e cultural do mar para a Sociedade Galega); ii) socioeconómico (a resposta social mais activa foi em zonas mais dinâmicas, com empresas dependentes do mar; iii) de solidariedade, sendo 2/3 dos voluntários galegos; iv) elemento político (sociedade civil sentiu o poder que pode exercer e o efeito da sua participação); v) ambientalista (cultura ambientalista intergeracional com 30 anos de desenvolvimento da EA).

Perante estas experiências, torna-se relevante considerar o carácter integrador das diversas dimensões estratégicas das zonas costeiras e reconhecer a educação ambiental como estratégia-chave para a sustentabilidade destas áreas sensíveis.

## 2. OS MODELOS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL E DE EQUIPAMENTOS

A diversidade de práticas e correntes que coexistem em educação ambiental (EA) formal e não formal espelha bem a complexidade de contextos, problemas e visões da actualidade, incluindo nas zonas costeiras.

Considerando a descrição que Sauvé (2005a) apresenta sobre a cartografia dos modelos/ correntes de EA desde os anos 60/70 do Séc. XX, destacam-se algumas que têm marcado o panorama da educação ambiental não formal, i.e. os espaços socioeducativos externos ao contexto da aprendizagem do *curriculum*:

- Naturalista, com o propósito de reconstruir uma ligação com a natureza;
- Conservacionista/ recursiva, para adoptar comportamentos de conservação e desenvolver habilidades relativas à gestão ambiental;
- Bioregionalista, em que o meio ambiente é visto como "lugar de pertença", pretendendo-se desenvolver competências em eco desenvolvimento comunitário, local e regional;
- Crítica ou sociocrítica em que tenta desconstruir as realidades socioambientais; é baseado na pedagogia de projectos interdisciplinares; no diálogo de saberes; no "saber-fazer" e na "competência para a acção" - investigação sobre a realidade e visão de mudança (Uzzell *et al*, 1998) - com vista à resolução de problemas e desenvolvimento local.
- Etnográfica, para reconhecer e valorizar a dimensão cultural de sua relação com o meio ambiente.

Especialmente os modelos bioregionalista, sociocrítico ou holístico, valorizam metodologias de EA que reforçam o sentido de "pertença de lugar" (Orr, 2005; Vaske & Kobrin, 2001), através de espaços de educação formal e de educação não formal. Estes modelos encaram o "ambiente" como um *projecto comunitário* (com participação activa da população local, cooperação e parcerias para mudanças efectivas); e como *um lugar em que se vive* (ligação com a comunidade local); facto que deve ser valorizado na gestão de áreas como as comunidades litorais e pesqueiras, com as suas especificidades.

Face a esta complexidade, as correntes ou modelos contemporâneas da educação ambiental (EA) deverão caminhar assumidamente para uma visão sistémica de

ambiente (Díaz, 1995) segundo a qual, as dimensões socioculturais e económicas e os valores éticos interagem necessariamente com os aspectos da natureza.

No âmbito dos espaços de educação formal, os equipamentos para a educação ambiental (EqEA) têm ganho crescente relevo nas últimas décadas, com um universo de iniciativas que vai desde os centros de interpretação, quintas pedagógicas e centros de educação ambiental, até aos museus e aquários A sua designação implica os seguintes critérios e elementos (Figura 1) (Gutierrez *et al*, 1999; Llamas, 2008; Serantes 2005; Serantes & Barracosa, 2008):

- Têm instalações (fixas ou móveis) criadas ou adaptadas com finalidade e objectivos próprios da educação ambiental;
- Existe um projecto educativo documentado e divulgado, onde se encontram sistematizados os programas e actividades oferecidas;
- O projecto é desenvolvido por uma equipa educativa, estável e profissionalizada, em número suficiente para o desempenho das actividades;
- A equipa dispõe de uma série de recursos materiais, humanos e metodológicos criados para a execução e avaliação das actividades;
- O equipamento segue um modelo de gestão coerente com a sustentabilidade ambiental (e.g. indicadores de água, energia, resíduos, pegada ecológica no meio envolvente e papel do EqEA na melhoria dos recursos locais).
- Existe um sistema de avaliação do programa, quer a nível educativo, ecológico e social.
- O programa é pensado para os utentes/ destinatários, quer a nível de conteúdos quer de dinâmicas; duração das actividades; materiais, etc.

Tal como a educação ambiental em geral, os equipamentos também têm alterado a sua visão e práticas desde os anos 60 do século passado. Considerando a sua filosofia, identidade e especificidades, os EqEA podem ser agrupados em categorias (não exclusivos) que continuam a coexistir actualmente (Barracosa, 2004; Serantes, 2005):

i) EqEA de perspectiva naturalista/ conservacionista ou conservacionista e institucional em que o ambiente é encarado como a natureza e os seus elementos biogeofísicos; há um enfoque do conhecimento *acerca* do ambiente. Os EqEA estão ligados à gestão do património natural para apoio, centram-se na informação e divulgação. A avaliação centra-se no uso do espaço. São exemplos desta perspectiva os centros de visitantes, centros de interpretação, museus, parques etnográficos ou arqueológicos;

ii) EqEA de perspectiva atitudinal/ comportamental - Os equipamentos com o objectivo de conduzir racionalmente os cidadãos a comportamentos pro-ambientais; Como exemplos existem os centros de educação ambiental temáticos (e.g. vocação para a gestão de resíduos);

iii) EqEA de perspectiva didáctica ou educativa e didáctica; a EA é vista como uma estratégia didáctica inovadora e o ambiente é um recurso significativo para facilitar uma formação integral, tem um enfoque da educação *no* ou *através* do ambiente; a oferta aposta na aquisição de conhecimentos, fomento de atitudes, desenvolvimento de capacidades práticas. As tipologias de equipamentos centram-se em *granxas-escola* (quintas pedagógicas), aulas de natureza, campo de aprendizagem, aula activa;

iv) EqEA de perspectiva sociocrítica ou social; neste modelo a EA é encarada como uma ferramenta ao serviço de uma mudança social; aplicam-se metodologias capazes de promover a discussão sobre as causas dos desequilíbrios ambientais (sistemas antropológicos e biofísicos). Os centros assumem um compromisso com o desenvolvimento socioeconómico em contextos desfavorecidos. Pretendem a dinamização de recursos locais através da participação da população local, procuram recuperar costumes, usos e valores tradicionais. Enquadram-se nesta perspectiva os centros de desenvolvimento rural, vila-escola, centros de educação ambiental, aulas experimentais;

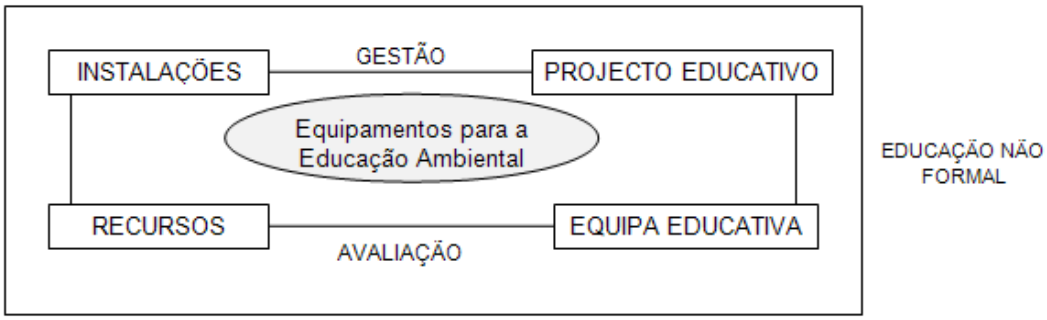


**Figura 1.** Elementos que definem os Equipamentos para a Educação Ambiental (baseado em Serantes, 2005; Serantes & Barracosa, 2008)
***Figure 1.*** *Elements that define an Environmental Education Centre (based on Serantes, 2005; Serantes & Barracosa, 2008).*

v) EqEA de perspectiva lúdica e turística; são equipamentos centrados no ócio e turismo (ecoturismo), com práticas recreativas, conteúdos de índole natural e cultural, (e.g. oficinas de cozinha, e outras tradições), como as casas da natureza, turismo rural, albergues da natureza;

vi) EqEA como Centros de referência; consistem em iniciativas que coordenam outros recursos e equipamentos com objectivos de formar mediadores (professores, educadores, etc.) divulgação de experiências, elaboração de recursos (e.g. CEIDA da Galiza).

A conjugação dos vários elementos que configuram um EqEA e a adição de outras particularidades fazem atribuir aos EqEA um carácter muito particular e em muitos casos de grande "impacto" local, como refere Serantes (2008): i) os EqEA tiveram um papel importante na educação integral em diversos graus de ensino; ii) colaboraram na formação ambiental de distintos profissionais da educação e de outro pessoal técnico e político; iii) são referências estáveis para a comunidade local, para várias instituições e para organismos internacionais; iv) têm continuidade no tempo, possibilitam abordar projectos a longo prazo; v) número de participantes e de pessoas colaboradoras é maior do que em qualquer outro programa de EA; vi) geram e dinamizam outros programas, recursos, actuações; vii) facilitam o marco adequado para desenvolver investigações a nível local, autónomo, estatal ou internacional.

Seja através da aplicação de uma só perspectiva ou com a conjugação de várias ópticas de educação ambiental, os EqEA são tidos como um recurso complementar e amplificador do papel das instituições educativas e da sociedade em geral, já reconhecidos em Tbilisi. Numa lógica de mobilização a nível local, os equipamentos são ainda encarados como potenciais "dinamizadores sociais" (Serantes, 2008; Serantes & Barracosa, 2008), na medida em que a natureza física e conceptual destes recursos permite contribuição real para um desenvolvimento comunitário e reforço de coesão social, por estarem perto e disponíveis à população.

Ainda nessa óptica de desenvolvimento comunitário dos EqEA, os equipamentos poderão ter maior ou menor "peso" na sociedade local ou seja, impacto social. Assim, o critério "impacto social" (Serantes & Barracosa, 2008) dos EqEA é um dos elementos que pode ser avaliado como análise estratégica deste recurso. Tal análise deverá contemplar vários factores, nomeadamente o nível de participação dos utilizadores; o contacto com a realidade local e a duração das acções. O próprio significado do nível de impacto social dos EqEA permite distinguir e agrupar as tipologias de iniciativas, anteriormente classificadas. Assim, foram encontrados dois níveis de impacto, dependendo das metodologias e da duração das acções (Serantes & Barracosa, 2008):

- Equipamentos de alto impacte social – caracterizam-se por haver iniciativas muito participativas/vivenciadas; facilitam contacto com realidade/problemas; permitem a descoberta e interacção e são desenvolvidas num longo período de tempo (workshops) - tipologias de centros de educação ambiental e as aulas de natureza;
- Equipamentos de baixo e médio impacte social – existe principalmente uma comunicação unidireccional (pouca possibilidade de participação); há uma oferta menos personalizada; em termos de metodologias recorrem a visitas a exposições e percursos; e as actividades têm um curto período de duração (algumas horas) - centros de interpretação/ de visitantes; jardins zoológicos, museus.

Assiste-se assim, a uma associação clara entre equipamentos com potencial de alto impacte social e as iniciativas que assumem a dinamização de recursos locais através da participação da população em espaços e reflexões sobre a realidade e desequilíbrios que se querem mudar.

A par com as potencialidades dos EqEA também as dificuldades têm sido alvo de reflexões. Munõz (2002) reforça que os problemas actuais nos EqEA constituem uma crise de atitude e compromisso político, e são resultado de receios sociológicos. Acrescenta ainda limitações relacionadas com a generalidade da formação dos profissionais, com conhecimentos quase sempre técnicos, instrumentais e sobre a natureza/ aspectos biofísicos. Com efeito, no início desta década continuavam a predominar nos EqEA trabalhos de manualidades (e.g. papel reciclado, etc.); para além da falta de reflexão sobre os programas convencionais (visitas guiadas e oficinas), em que as exposições/colecções são muitas vezes encaradas como um fim em si mesmo. É assim, consensual de que predominam práticas de EA sedimentadas e de cortes *naturalista*, *conservacionista* e *ecologista*, especialmente em áreas naturais protegidas, aquários, zoológicos e jardins botânicos, limitando assim o "ambiente costeiro" ao sistema natural/biofísico.

Os equipamentos, em concreto, e as estratégias de EA, em geral, já têm sido objecto de alguns estudos em todo o *Eixo Atlântico*. A respeito e seguindo Meira & Pinto (2008), sobre o diagnóstico da situação actual, verifica-se a pertinência de uma actuação conjunta, nomeadamente pela carência de investigação e informação comparada sobre o que acontece em EA nesta área atlântica. O enfoque na necessidade de uma integração sociocultural das actividades de EA não formais resultaram da percepção de que as iniciativas em EqEA de Portugal e Galiza são focadas essencialmente na preservação do património natural (Barracosa, 2008; Llamas, 2008; Meira & Pinto, 2008; Serantes, 2008), e seguem correntes *conservacionista/ naturalista*, em detrimento de metodologias integradoras das dimensões natural/ biofísico e sociocultural local.

Tendo então presente o papel dos EqEA como espaços que favorecem a prática de experiências significativas e multidisciplinares, pretendeu-se analisar iniciativas desenvolvidas por EqEA em zonas costeiras na região compreendida entre o Norte de Portugal e a Galiza (Espanha) – A Região do *Eixo Atlântico.* Tais iniciativas foram observadas à luz dos modelos/ correntes genéricos de educação ambiental e do critério "impacto social", considerando os elementos-chave de um EqEA (instalações; recursos metodológicos; recursos humanos; sistema de avaliação, projecto educativo) e os níveis de integração de aspectos socioculturais nos projectos educativos.

## 3. MÉTODOS

No estudo recorreu-se a uma metodologia quantitativa, no âmbito de investigação em Ciências Sociais, através da técnica de inquérito, por se tratar uma pesquisa exploratória de dados, como o contexto físico e os projectos educativos de um conjunto de elementos. Tais elementos foram neste caso os EqEA da zona costeira das sub-regiões da Galiza e Norte de Portugal. Para seleccionar a amostra, foram identificados os EqEA localizados nas províncias e distritos litorais da Euroregião do Eixo Atlântico e que se dedicam à temática costeira (com actividades pedagógicas regulares nesse âmbito).

Com base nestes critérios, procedeu-se a uma primeira exploração e selecção sobre os centros referenciados como EqEA: através de uma revisão de publicações impressas e digitais com inventários de cada EqEA sendo, no caso galego, sistematizados por Llamas (2008); Serantes (2005); e sobre território português, em publicações como a de Barracosa (2004). Foram consultadas páginas electrónicas (específicas dos EqEA ou das respectivas entidades gestoras, em concreto os programas educativos). Houve igualmente, contactos telefónicos informais, para complementar a informação documentada.

Obteve-se um primeiro grupo de EqEA que abrangia, para além de centros de interpretação e educação ambiental, os aquários e alguns museus, seguindo a classificação dos diversos EqEA de Serantes & Barracosa (2008). Um conhecimento mais aprofundado sobre estes últimos equipamentos permitiu separar os museus com actividades de EA sobre questões costeiras daqueles museus cujo objectivo é exclusivamente a divulgação do património etnográfico dessas zonas, tendo sido estes últimos excluídos do estudo. Esta opção justifica-se pois a pesquisa assume que o universo a estudar se concentra em equipamentos que servem os propósitos da educação ambiental assumidos formalmente a nível internacional (Serantes, 2005), e não apenas centros cujo intuito é a divulgação do património, seja ele natural ou construído.

Após a "filtragem" obteve-se a amostra final de 13 equipamentos em municípios costeiros do Norte de Portugal que completavam os critérios em estudo, não tendo respondido apenas um EqEA por se encontrar temporariamente inactivo.

Quanto à realidade costeira galega, fez-se um primeiro levantamento, obtendo uma listagem de 23 equipamentos, tendo sido posteriormente excluídos da amostra 9 museus e centros exclusivamente etnográficos e arqueológicos costeiros, assim como aqueles cujas temáticas não incluíam aspectos costeiros. Foram assim, contactados 14 EqEA, sendo que três se encontravam temporariamente inactivos e um outro EqEA não foi possível obter o inquérito preenchido. A Província de Lugo não foi contemplada por não ter sido identificado nenhum EqEA com as características definidas no estudo, i.e. dedicados a temáticas costeiras. Ou seja, de entre uma amostra de 27 iniciativas, obteve-se 22 respostas (12 portugueses e 10 galegos). Os EqEA que responderam ao inquérito localizam-se nos distritos de Viana do Castelo; Braga e Porto, e nas províncias de La Coruña e Pontevedra (Figura 2).

Em função dos destinatários (gestores e monitores de EqEA) e dos objectivos em vista, optou-se como instrumento de recolha por um questionário do tipo misto (perguntas fechadas - de eleição e de escala Likert - e perguntas abertas).

Quanto à estrutura do questionário exploram-se três tópicos genéricos ou núcleos temáticos (Bisquerra, 2000), começando do mais geral para o mais específico (figura 3): i) a caracterização física dos EqEA, incluindo o seu contexto (tipologia de zona costeira); ii) características gerais da organização, incluindo o projecto educativo, recursos e equipa educativa; iii) integração das dimensões biofísica e cultural no âmbito do programa educativo (dirigida aos EqEA que assumem a integração (sociocultural) em 20% ou mais das actividades). Os temas das perguntas podem ser observados na Tabela 1, tendo-se também tomado como referência o guião de questionário levado a cabo em Espanha sobre os equipamentos em cada Região Autónoma (Llamas, 2008).

**Tabela 1.** Estrutura e temas do questionário
***Table 1.*** *Structure and themes of the questionnaire.*

| Estrutura e temas do questionário | |
|---|---|
| Parte I | Identificação e características do equipamento<br>• Identificação<br>• Infra-estruturas pedagógicas<br>• Característica da zona costeira envolvente do EqEA<br>• Caracterização da ocupação do solo da área costeira |
| Parte II | Informações sobre o projecto educativo, recursos e equipa educativa<br>• Destinatários<br>• Objectivos<br>• Áreas temáticas de trabalho<br>• Metodologias de trabalho mais frequentes<br>• Estratégias de avaliação<br>• Recursos didácticos<br>• Caracterização da equipa educativa |
| Parte III | Dimensões biofísica e cultural no programa educativo<br>• Existência ou não de integração das duas dimensões nas actividades<br>• Temas, metodologias, aspectos culturais integrados<br>• Formas de envolvimento da população<br>• Dificuldades à integração das dimensões biofísicas e culturais<br>• Parcerias e relações com entidades externas e projectos locais |

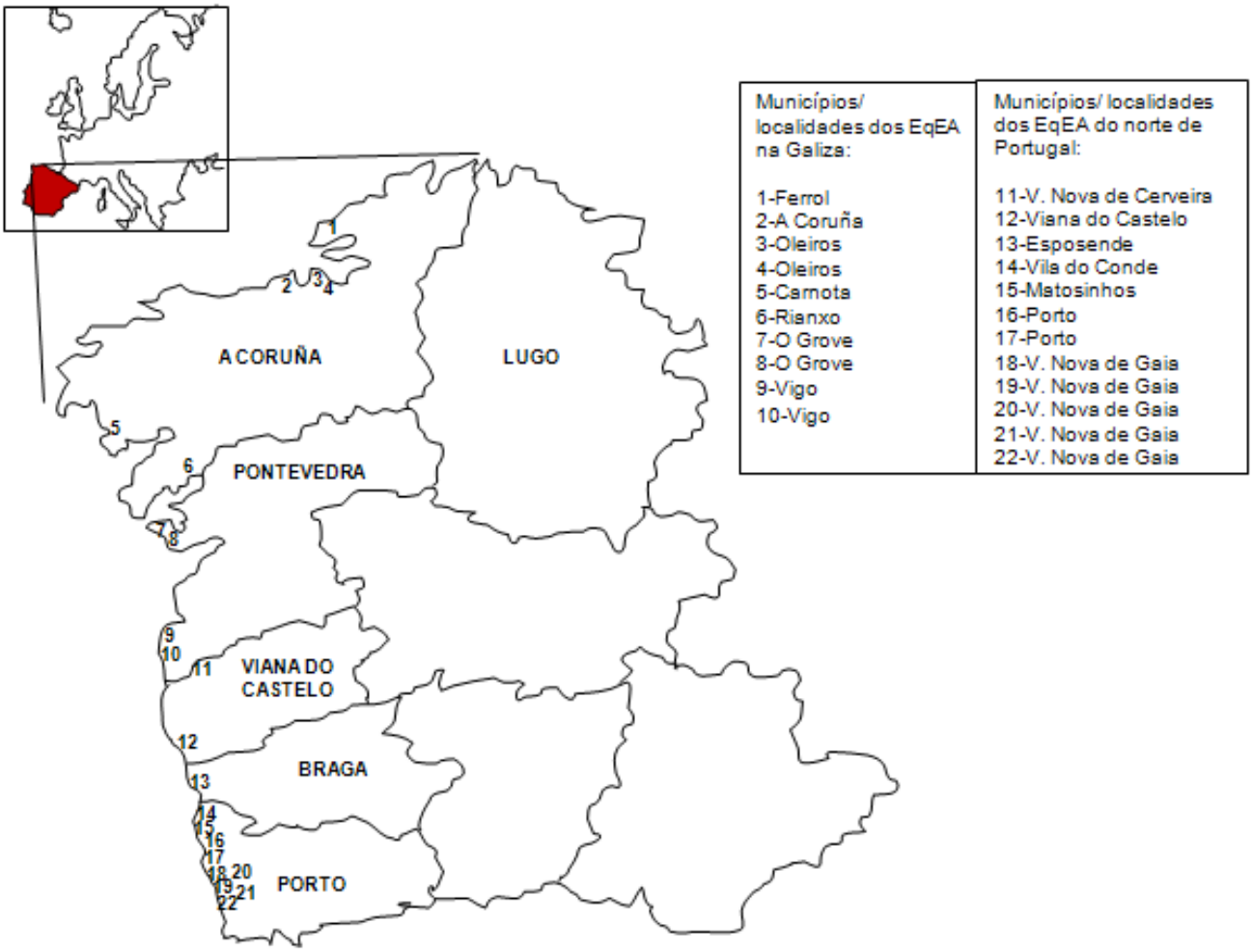


**Figura 2.** Mapa de localização dos EqEA estudados.
***Figure 2.*** *Map of the EqEA studied.*

Para chegar aos inquiridos optou-se por usar uma plataforma Web de elaboração e preenchimento on-line de inquéritos (www.freeonlinesurveys.com), através do envio de um *link* para o respectivo endereço, tendo estado disponível durante 30 dias.

Para tratar os dados das perguntas fechadas realizou-se um tratamento estatístico, recorrendo ao programa "Excell". Embora o estudo privilegie a abordagem quantitativa, procedeu-se a uma análise de conteúdo às perguntas abertas segundo uma perspectiva qualitativa. Assim, para o tratamento das questões abertas, através de uma primeira "leitura flutuante" (Bardin, 1994) e uma primeira hipótese de agrupamento de respostas; definiu-se a unidade de análise (palavras soltas); e estabeleceu-se uma categorização, segundo uma identificação de categorias e subcategorias emergidas *a posteriori*.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O enquadramento dos EqEA em ZC do Eixo Atlântico segundo o leque de modelos de EA e "níveis de impacto social" é apresentado de acordo com dois aspectos: i) cinco dos elementos-base que constituem um EqEA (projecto educativo; recursos; instalações; equipa educativa e avaliação); ii) integração de aspectos socioculturais e biofísicos locais nos projectos; e interligação com o exterior.

### 4.1 Projecto educativo

Na zona costeira do Eixo Atlântico os objectivos de educação ambiental têm a seguinte importância nos EqEA: "Sensibilizar, consciencializar, dar a conhecer" (95,5% dos EqEA); "Mudar hábitos, costumes e comportamentos" (77,3%); "Desenvolver atitudes" (72,7%); "Conhecer" (59,1%); "Desenvolver a competência para a acção" (31,8%); "Desenvolvimento local" (31,8%).

A prevalência de EqEA cujos objectivos são de "sensibilizar, consciencializar" e "dar a conhecer" faz realçar uma perspectiva de educar "acerca" do ambiente, fundamentalmente cognitiva, própria de modelos de EA como o *conservacionista/ naturalista* (este último com maior cariz afectivo).

Segue-se a valorização dos objectivos de "desenvolver atitudes" e "mudar hábitos, costumes e comportamentos" que mostra estar-se perante uma maioria de centros que pretendem seguir um modelo *atitudinal/ comportamental*, uma vez que há a intenção de conduzir os cidadãos a comportamentos pro-ambientais, neste caso sobre temáticas

costeiras, assim como o modelo *didáctico*, ao fomentar-se determinadas atitudes e capacidades.

Uma minoria dos centros analisados visa directamente o desenvolvimento local e desenvolver a competência para a acção, mostrando que os EqEA em ZC não valorizam especialmente a EA como ferramenta ao serviço da mudança social e participação cívica (perspectiva *sociocrítica*), com o consequente elevado grau de comprometimento que exige o desenvolvimento destes últimos objectivos.

Relativamente às principais temáticas de ZC abordadas, de uma forma geral, observa-se uma predominância de centros voltados para aspectos costeiros biofísicos em detrimento de temas socioculturais.

Mais de metade dos EqEA em ZC desta região ibérica trabalha temas como a "poluição dos recursos hídricos" (59,1%); "biodiversidade marinha" (54,5%); "biodiversidade de rios e ribeiras" (54,5%). De salientar, no entanto, que o tema sociocultural local - "cultura pesqueira – tradições e artesanato" também tem relevância (54,5%). Outros temas sociais e culturais surgem, embora em menor percentagem, como a governância ecológica e participação (18,2%); desenvolvimento em comunidades costeiras (22,7%); o mar na literatura e arte (4,5%); a mulher e o património costeiro (18,2%); desporto e lazer balnear (9,1%); arqueologia subaquática (9,1%); comunicação social da ciência (4,5%). Metade dos 22 centros estudados aborda temas como as "alterações climáticas e as zonas costeiras"; "gestão de áreas protegidas costeiras" e "biodiversidade intertidal". O realce de temáticas biofísicas e a falta de integração de temáticas socioculturais locais vem corroborar a noção da prática de uma EA com uma visão algo fragmentada ("ambiente" – natureza) e portanto seguindo um modelo *conservacionista*.

Embora apareçam temáticas culturais em mais de metade dos centros, os aspectos focados são de cariz *etnográfico* (tradições pesqueiras) e não tanto sobre aspectos que apelam à reflexão *sociocrítica* sobre a realidade contemporânea da costa, com a sua complexidade socioeconómica, política e tecnológica.

Quanto aos destinatários das actividades, na costa do Eixo Atlântico, a maioria dos EqEA oferece actividades para o público em geral (95,5%). Também o público escolar domina o leque de destinatários, com destaque para o Ensino Básico/ Educação primária e secundária obrigatória (designação da Galiza) com 90,9% dos centros. O ensino secundário/ E. secundária pós-obrigatória tem actividades à disposição em 86,4% dos centros. Em 77,3% dos 22 EqEA estudados existem actividades para o Ensino pré-escolar/ Educação infantil.

De salientar que a população local tem actividades a si dirigidas na maioria dos centros (68,2%) e o poder local tem actividades específicas em 31,8% dos EqEA. Esta fatia de participação de cidadãos da região envolvente indica uma importância dada à dimensão sociocultural e no factor "contacto com a realidade local" que há um nível alto de impacto social. Embora os objectivos e temáticas dos projectos nos indiquem uma prevalência do modelo *conservacionista*, o facto da comunidade local ser envolvida, aponta também para uma valorização da perspectiva de EA *bioregionalista* (com promoção de valores como o "sentimento de pertença de lugar") e do modelo *sociocrítico* (principalmente pelo envolvimento do poder local).

### 4.2 Recursos

A análise inclui os recursos metodológicos usados para desenvolver o projecto educativo; recursos didácticos e financeiros. Os recursos metodológicos são abaixo apresentados (Figura 3):

As metodologias mais frequentes para a execução das actividades são as visitas guiadas a exposições permanentes e temporárias (95,5%). Os itinerários interpretativos e as oficinas são também dois tipos de dinâmicas usadas na maioria dos centros (77,3% cada). Quase metade dos equipamentos faz trabalho de campo e acções de formação. As metodologias menos usadas são as dramatizações e as palestras. A dominância de metodologias com menor potencial de participação indica uma tendência para a presença de EqEA com baixo impacto social - BIS.

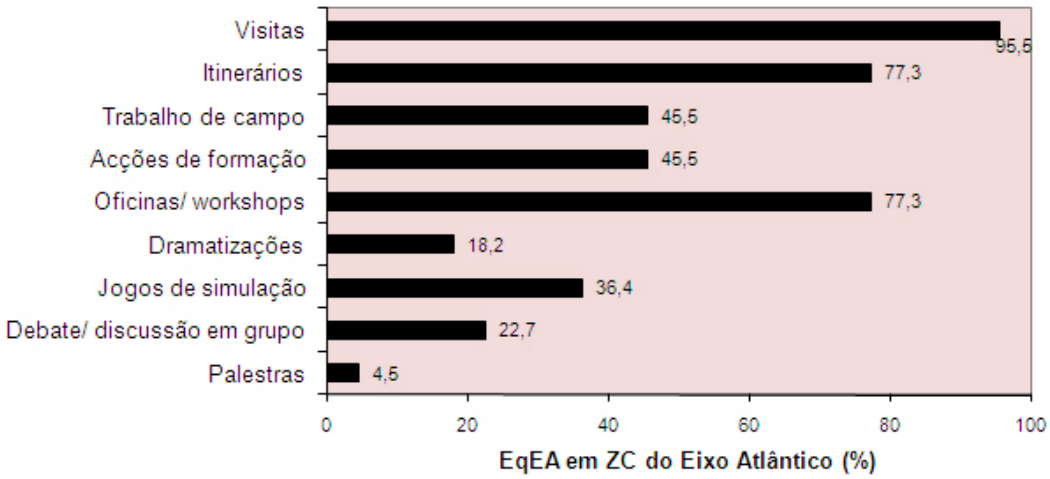


**Figura 3.** Recursos metodológicos usados pelos EqEA em ZC do Eixo Atlântico
***Figure 3.*** *Pedagogical methods used by the EEC in CA of Eixo Atlântico.*

A duração média das actividades foi também analisada, como parte das opções metodológicas das actividades. No Eixo Atlântico, 68% dos EqEA em ZC oferecem actividades com a duração de 1-2 horas, havendo poucas instituições com actividades de meio-dia ou mais tempo (Figura 4).

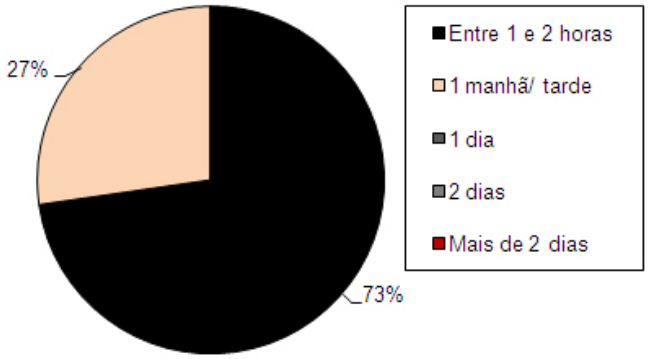


**Figura 4.** Duração média das actividades nos EqEA em ZC do Eixo Atlântico.
***Figure 4.*** *Average duration of activities in the EEC in CA of Eixo Atlântico.*

Pelo segundo factor do critério "níveis de impacto social" e ao observar que as experiências são pontuais e breves verifica-se que existe um nível "BIS" em EqEA em ZC.

Um outro elemento estudado foi o uso de recursos didácticos (Figura 5). Destaca-se largamente o recurso "painéis de exposição" na maioria dos EqEA (86,4%), seguindo-se os recursos "multimédia" (68,2%).

Este facto vai então de encontro aos recursos metodológicos mais usados (visitas), assim como à maioria dos objectivos (dar a conhecer) que têm um potencial de baixo impacto social. Trata-se portanto, de abordagens menos interventivas e sociocríticas. Em maioria estão também os equipamentos multimédia; as publicações; os desdobráveis informativos. Recursos como material para actividades de campo, material de oficinas, de laboratório, cadernos de campo entre outros, têm também alguma expressividade, manifestando uma prática do modelo de EA *didáctico* (promoção de atitudes e capacidades técnicas).

Em termos de recursos financeiros/materiais, estes elementos são as dificuldades mais sentidas pelos centros do Eixo Atlântico (45,5%) para uma prática mais integradora de aspectos socioculturais nas actividades de índole biofísico (Figura 6).

Comparando com dificuldades genéricas de todo o território português (Schmidt *et al*, 2010), verifica-se também que a falta de afectação de recursos é a dificuldade mais sentida (cerca de 60% dos equipamentos e parques temáticos). De acrescentar que, em Portugal, 39% dos recursos de projectos de EA em equipamentos são para financiamento e material de apoio.

### 4.3 Instalações

Quanto às características da zona envolvente de cada centro, observaram-se as características biogeográficas de zona costeira e de ocupação humana do solo, no Eixo Atlântico.

Os equipamentos com temas de zonas costeiras estão em diversos contextos biogeográficos, sendo 40,9% situados perto de praias/dunas (arenosas ou rochosas). Seguem-se 36,4% em estuários e 22,7% numa zona ribeirinha. Percentagens residuais localizam-se em lagoas costeiras (9,1%) ou numa ilha (4,5%).

Em termos de ocupação humana do solo nos contextos biogeográficos acima descritos, é de notar que mais de metade dos centros de ZC do Eixo Atlântico situa-se numa área urbana (54,5%), seguindo-se os espaços naturais protegidos (22,7%). Por contraste, uma minoria (9,1%) fica numa

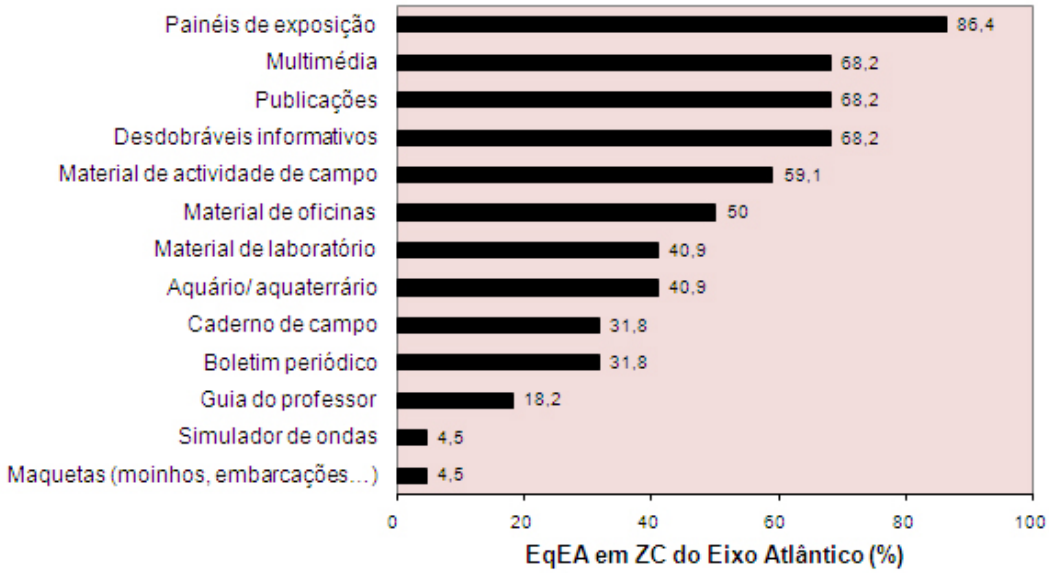


**Figura 5.** Recursos didácticos dos EqEA em ZC do Eixo Atlântico.
***Figure 5.*** *Didactic resources used by the EEC in CA of Eixo Atlântico.*

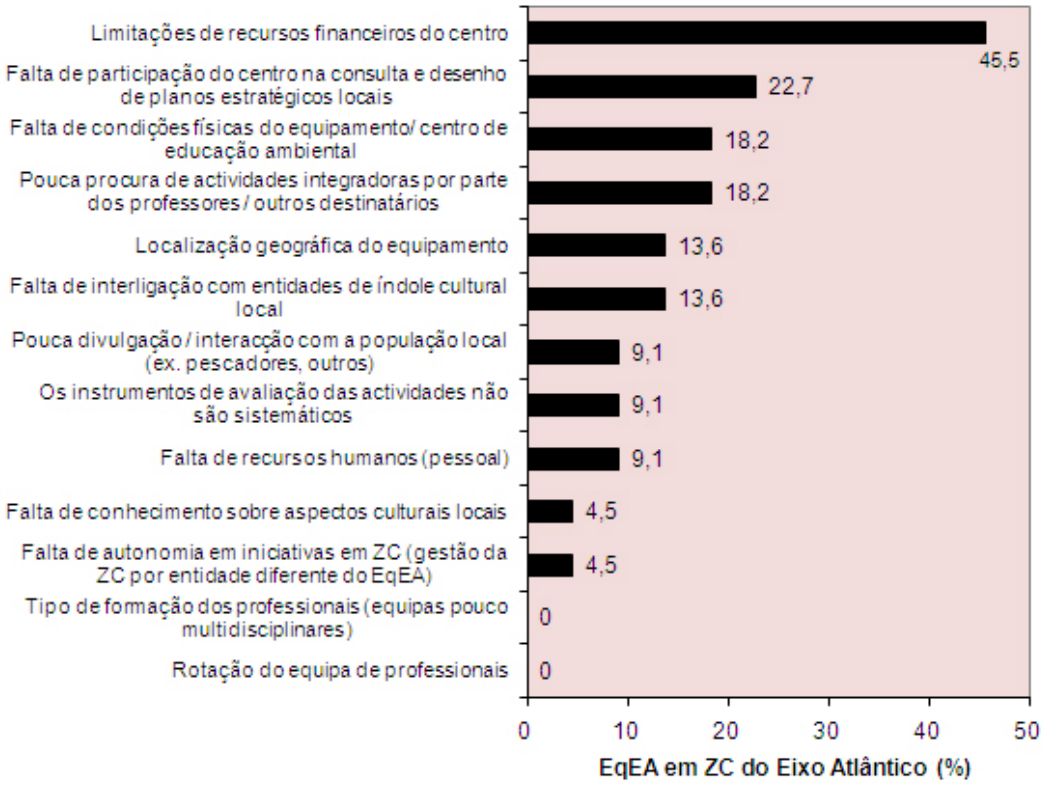


**Figura 6.** Dificuldades de integração de aspectos socioculturais em EqEA em ZC do Eixo Atlântico.
***Figure 6.*** *Difficulties in integrating socio-cultural aspects by the EEC in CA of Eixo Atlântico.*

zona rural ou semi-rural. A literatura específica sobre o Eixo Atlântico (Serantes e Barracosa, 2008) indicava também um maior número de EqEA em meios urbanos (total de 10), 7 em meio natural e 8 em áreas rurais, pelo que a proporção apresenta apenas diferenças ténues.

Quando se perguntou quais as dificuldades a uma maior integração de aspectos socioculturais no projecto educativo, apenas 13,6% referiu como um dos obstáculos a localização geográfica do centro (Figura 6).

Relacionando as temáticas trabalhadas com a localização (tipo de ocupação do solo) onde estão os equipamentos, no nosso estudo, os EqEA (vocacionados para assuntos costeiros) coincidem com uma localização costeira (e.g. centros de visitantes; museus; aquários perto de praias, estuários), facto que poderia favorecer à partida uma perspectiva integrada da EA sob um óptica *bioregionalista*.

Por contraste, no total de EqEA da região do Eixo Atlântico (Serantes e Barracosa, 2008), de uma forma geral, as temáticas da maioria dos equipamentos não coincidem com a localização dos mesmos (e.g. centros de EA em cidades mas sem vocação para assuntos urbanos).

Existe outra divergência relativamente às zonas costeiras: Em 80% dos EqEA de todo o território da Galiza aborda-se temáticas sobre áreas protegidas costeiras e a biodiversidade marinha e sua protecção está também presente em 80%. No entanto, apenas 25% dos centros estão situados em espaços naturais protegidos.

Relativamente a contextos físicos onde se realizam as actividades, quase todos os centros do Eixo Atlântico têm iniciativas no interior do edifício do EqEA (Figura 7).

Com actividades ao ar livre, existem mais de 70% de centros que usam o espaço envolvente e 13,6% que usam outros espaços naturais. Acima verificou-se que a maior parte dos equipamentos sobre assuntos costeiros se situam em zonas costeiras fortemente humanizadas (urbanas). Daí que existem muito menos centros com actividades em outros espaços naturais (13,6%) do que no interior dos edifícios (95,5% no Eixo Atlântico).

Apesar de haver muitas actividades no interior dos centros, o espaço envolvente dos centros também é utilizado, o que demonstra que mesmo num contexto urbano os recursos à disposição (naturais e/ou socioculturais) são optimizados para desenvolver actividades pedagógicas. Assim sendo, não parece que a ocupação do solo "urbanizada" constitui totalmente um entrave à potencialização pedagógica destes espaços, relativamente à observação aspectos biofísicos costeiros.

De entre os centros que usam o espaço envolvente do EqEA, estes usam-no através de quatro formas/ metodologias, visíveis nas respostas abertas dos questionários:

-> *Itinerários interpretativos/ pedagógicos* (com e sem visita guiada) – "… circuito do parque de dunas…(código EqEA 9NP - Norte de Portugal)); "…Itinerario de corto recorrido como complemento á actividade no interior do centro" (9G – Galiza)

-> *Aula de campo* – "… aprendizagem da biodiversidade,

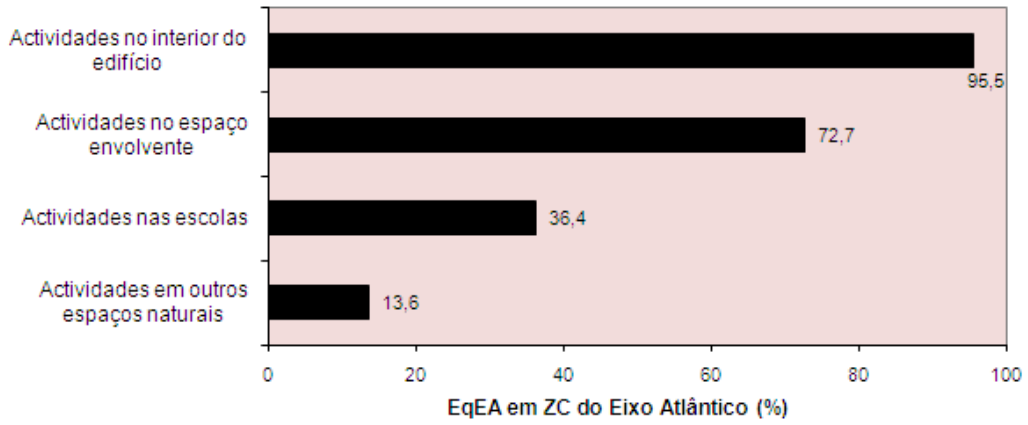


**Figura 7.** Contextos físicos das actividades dos EqEA em ZC do Eixo Atlântico.
***Figure 7.*** *Places for activities used by the EEC in CA of Eixo Atlântico.*

fenómenos de erosão, etc. Aula de campo." (3NP); "praia da Lanzada para o obradoiro de intermareal…" (10G).

-> *Oficinas/ aula laboratório com recolha de material* – "Monitorizar a qualidade da água do Rio Ave e das praias do concelho…" (1NP); "empregamos o Centro de interpretación da pesca e da salga …obradoiros de salga" (10G).

-> *Dinâmicas lúdico-pedagógicas* – "Usando os 5 sentidos, dinamizando jogos, fazendo provas de orientação, ..." (6NP); "… actividades de interacción entre os rapaces e os mariñeiros" (10G).

Apesar de muitos centros estarem situados perto de praias e estuários, a prevalência de EqEA em ZC numa envolvente urbana poderia indiciar que o entorno (não natural) seria utilizado para desenvolver uma visão *sociocrítica* sobre assuntos socioculturais como o ordenamento costeiro, entre outros. Verifica-se no entanto, que a maioria das metodologias privilegia questões biofísicas. Com efeito, nas categorias (metodologia no espaço envolvente) - "itinerários interpretativos" e "aula de campo", encontra-se exclusivamente referência a temáticas de biodiversidade e não sobre aspectos culturais. Estas metodologias vão também de encontro aos objectivos de sensibilizar, consciencializar e dar a conhecer, revelando um nível de "baixo impacto social" e portanto uma visão mais *conservacionista/ naturalista*.

Nas metodologias "oficinas" e "dinâmicas lúdico-pedagógicas" (e.g. entre público escolar e pescadores) encontram-se já alguns elementos socioculturais – modelo *etnográfico* (tradições pesqueiras) e o modelo *didáctico*.

Observando as infra-estruturas pedagógicas disponíveis nos 22 equipamentos (Figura 8), verifica-se que a maioria possui um museu ou sala de exposições permanente/ temporária (68,2%).

Metade dos EqEA tem biblioteca e disponibiliza sala de conferências, no entanto, se se comparar com os recursos metodológicos usados, só uma minoria realiza seminários

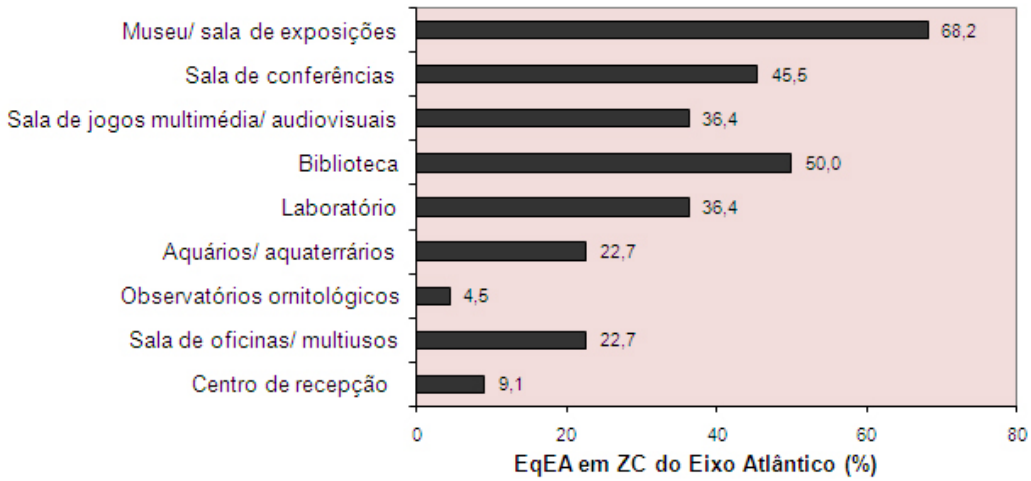


**Figura 8.** Infra-estruturas pedagógicas dos EqEA em ZC do Eixo Atlântico.
***Figure 8.*** *Educational infrastructures used by the EEC in CA of Eixo Atlântico.*

e outras iniciativas que fazem uso destas infra-estruturas e que permitem uma participação dos vários actores sociais na resolução dos problemas costeiros, de acordo com o modelo de EA *sociocrítico*. Este facto, a par com os aspectos biofísicos das temáticas dos centros, demonstra também uma filosofia *conservacionista*. De acrescentar, no entanto, que foi referida uma dificuldade, para a integração de aspectos socioculturais nas actividades, relacionada com a falta de condições físicas dos equipamentos. Esta dificuldade foi demonstrada por cerca de 20% dos EqEA (Figura 6).

### 4.4 Equipa educativa

Perguntava-se também sobre o número de elementos da equipa educativa (recursos humanos) e formações académicas dos seus elementos. A equipa educativa foi agrupada por número de gestores e de educadores/ monitores. No Eixo Atlântico, 63% dos centros são geridos por um só responsável. Uma minoria tem dois ou mais gestores. Apenas 13% dos EqEA tem dois gestores; e 5% tem três, cinco ou seis responsáveis.

Quanto aos restantes elementos da equipa educativa, apresentam-se os resultados de educadores e monitores. Apesar de só ter respondido 31,8% dos EqEA, sabe-se que 40,9% dos respondentes tem um só educador/monitor; 36,4% tem dois monitores; 18,2% tem três ou cinco monitores; 4,5% tem quatro pessoas e 9,1% tem mais de nove profissionais. Com os dados obtidos verifica-se uma ligeira tendência de equipamentos com poucos recursos humanos facto que, à partida, favorece menos uma diversificação das áreas do saber, e visões mais interdisciplinares e abrangentes da realidade local.

Quanto às áreas de formação académica dos colaboradores dos EqEA, apresenta-se a situação galega e portuguesa

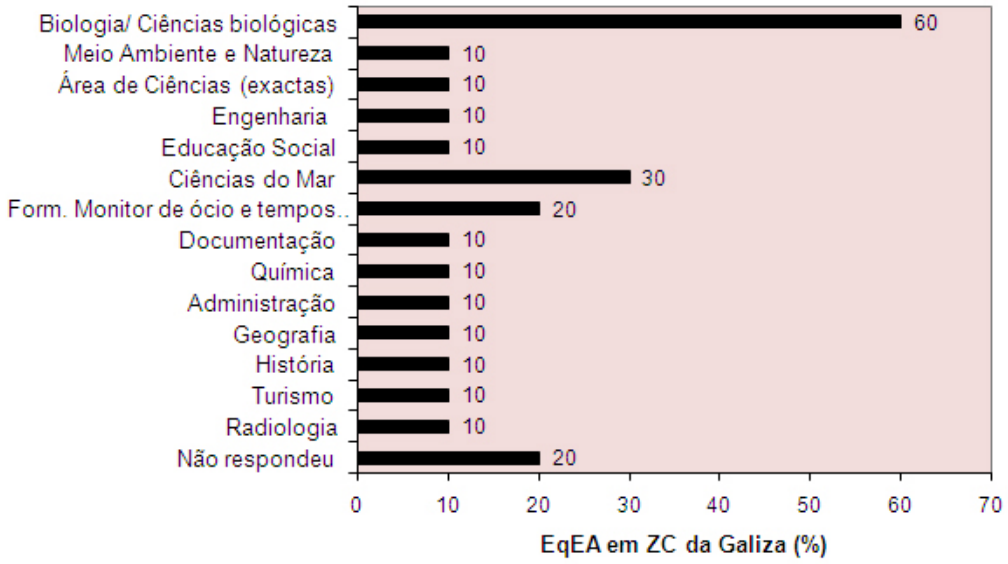


**Figura 9.** Áreas de formação académica dos elementos dos EqEA em ZC da Galiza.
***Figure 9.*** *Academic background of the educator staff of the EEC in CA of Galicia.*

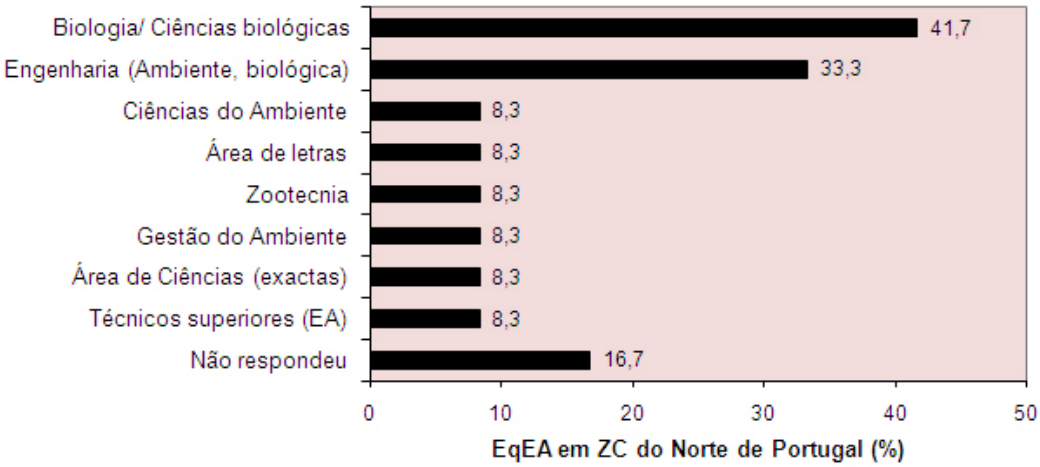


**Figura 10.** Áreas de formação académica dos elementos dos EqEA em ZC do Norte de Portugal.
***Figure 10.*** *Academic background of the educator staff of the EEC in CA of Northern Portugal.*

separadamente (Figura 9 e Figura 10):

Confrontando os dois gráficos, verifica-se que a área das ciências exactas (naturais) prevalece sobre as ciências humanas/sociais, em ambas as sub-regiões. Este facto é mais relevante no caso específico da Biologia/Ciências biológicas (em 60% dos EqEA galegos e 41,7% do Norte Luso); Engenharia (nos centros portugueses) e das Ciências do Mar (na Galiza), facto que contribui, a par com outros elementos, para reforçar uma tendência *conservacionista* dos programas educativos e das mensagens transmitidas nas actividades.

De salientar também que apesar de haver mais centros com elementos formados nas ciências naturais na Galiza, nesta sub-região existe um leque maior de áreas disciplinares (e.g. Geografia, História, Turismo, Educação Social), o que poderá facilitar mais o desenho de actividades que integrem aspectos socioculturais nas temáticas biofísicas costeiras.

Nenhum centro de ZC do Eixo Atlântico refere, como dificuldade a uma maior integração de aspectos socioculturais, o tipo de formação dos profissionais - equipas pouco multidisciplinares. De lembrar, no entanto, que apenas uma minoria de EqEA trabalha simultaneamente com profissionais de áreas distintas (cruzamento de ciências exactas com ciências sociais). Este facto também evidencia uma maior tendência para uma educação ambiental *conservacionista*.

## 4.5 Avaliação

Sobre as técnicas de avaliação mais utilizadas nos EqEA destaca-se o uso de questionários (orais e escritos) aplicados aos visitantes (Figura 11). Quase a metade dos 22 EqEA também faz reuniões periódicas internas, como forma de avaliar as suas actividades e programa. A maioria dos centros aplica um ou vários instrumentos de avaliação e apenas 4,5% dos EqEA em ZC do Eixo Atlântico não avalia as suas iniciativas. Considera-se que o fomento de reuniões e reflexões regulares em mais EqEA poderia potencializar o desenvolvimento de visões *sociocríticas* sobre a integração e actuação destes recursos na realidade envolvente.

## 4.6 Tipologias de EqEA encontradas

Após a análise das respostas de cada EqEA em relação às características físicas, do projecto educativo, recursos e equipa educativa, estabeleceu-se uma classificação dos centros com base nas tipologias e no critério de impacto social (Figura 12).

As situações da Galiza e do Norte de Portugal têm algumas diferenças de tipologias. No entanto, analisando o critério "nível de impacto social" verifica-se que em ambas as sub-regiões do Eixo Atlântico se destacam os *centros de interpretação (CI) ou de visitantes*, *centros temáticos, museus* e *jardins, aquários e zoológicos,* tipologias indicativas de um nível baixo de impacto social (BIS). Em menor representatividade surgem iniciativas de alto impacto social (AIS) nas ZC, como as aulas de natureza e centros de educação ambiental (30% na Galiza e 40% no Norte de Portugal). Esta menor presença de equipamentos com tipologias de alto impacto social é outro elemento que indicia uma fraca presença de visões/ modelos de EA *bioregionalista* e *socio-críticos*.

Cruzando estas tipologias na ZC com literatura acerca de EqEA de toda a Galiza e de Portugal considerando os modelos/ objectivos de EA, temas sobre a Galiza:

- EqEA especificamente *educativos* (perspectiva *educativa/ didáctica*) – em toda a área da Galiza há 36% (e.g. aulas activas; aulas de natureza; campos de aprendizagem); e EqEA de *desenvolvimento socioeconómico/ sociocrítico* – 17% (e.g. centro desenvolvimento rural; centros de EA; aulas experimentais); e *centros de referência* (formação de mediadores; elaboração de recursos) – 1%, perfazendo um total de 54% no conjunto (Serantes, 2005). No nosso estudo (ZC), quanto aos centros de cariz *didáctico* e sociocrítico existe numa percentagem menor (30%);
- EqEA de *gestão do património* (perspectiva *conservacionista e institucional*) – 24% (e.g. centros de visitantes; centros de interpretação; museus, parques); e EqEA de *ócio e turismo* – 21% (e.g. casas de natureza; turismo rural; albergues de natureza); tendo estes

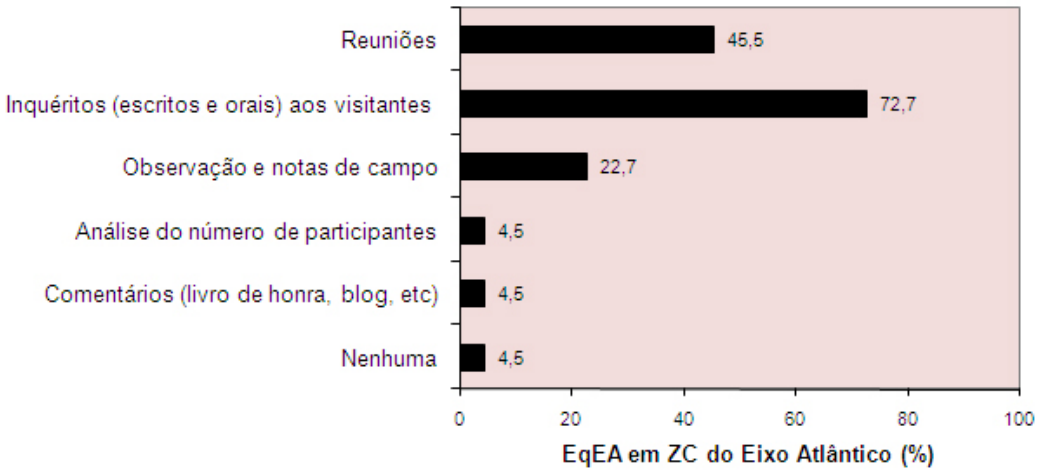


**Figura 11.** Estratégias de avaliação dos EqEA em ZC do Eixo Atlântico.
***Figure 11.*** *Evaluation strategies of the EEC in CA of Eixo Atlântico.*

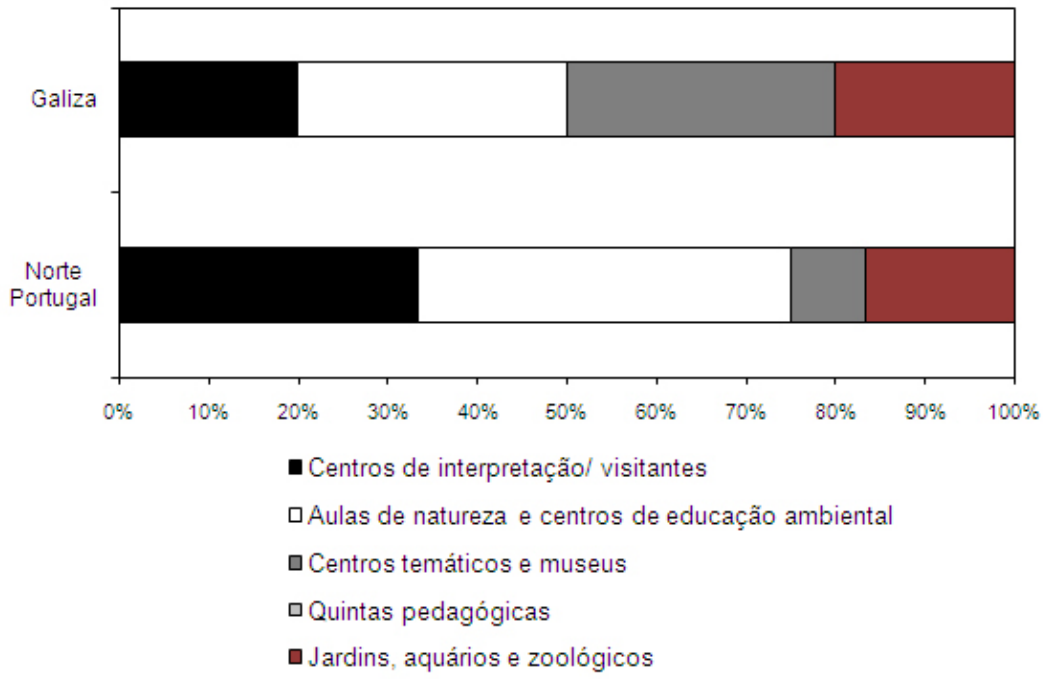


**Figura 12.** Comparação da classificação/ tipologias de EqEA entre o Norte de Portugal e Galiza.
***Figure 12.*** *Comparison of EEC' classification/ typology between the Northern Portugal and Galicia.*

dois grupos um total de 45% (idem, 2005). Nas zonas costeiras, os centros com estas duas perspectivas chegam quase aos 70% (CI ou de visitantes; centros temáticos; museus; aquários); mostrando-se assim uma relevância de iniciativas com um modelo de EA do tipo *conservacionista*.

Em Portugal, o modelo *atitudinal/ comportamental* encontra-se em 46% dos centros e o *sociocrítico* em 13,8% (Barracosa, 2004). No nosso estudo estes modelos (em aulas de natureza e centros de educação ambiental) não ultrapassam os 40%. Outros dois modelos de EA – vertente *conservacionista* e vertente *didáctica* (este último com vocação principal para escolas) atingem em Portugal pelo menos os 12,6% e 27,8% respectivamente, sendo no total de 40,4% (idem, 2004). Descobre-se na presente investigação que os EqEA em ZC com estas características (incluem os CI ou visitantes; centros temáticos e museus; jardins, aquários e zoológicos) ultrapassam os 60%. Estes resultados demonstram assim, que também existe, na costa norte de Portugal, uma maioria de tipologias de equipamento com vocação *conservacionista*, e portanto de baixo impacto social.

### 4.7 Integração de aspectos socioculturais

Sobre a relevância atribuída à integração da componente sociocultural no projecto educativo, mais de metade dos EqEA da ZC do Eixo Atlântico considera esta dimensão local muito importante (Figura 13).

Esta percepção comum sobre a importância da integração sociocultural e biofísico, contrasta com uma percentagem em minoria (32%) que afirmam fazer essa integração em 70% e 100% das suas actividades. Não obstante, a maioria dos EqEA afirma integrar aspectos socioculturais em mais de 20% das actividades – 15 EqEA (Figura 14).

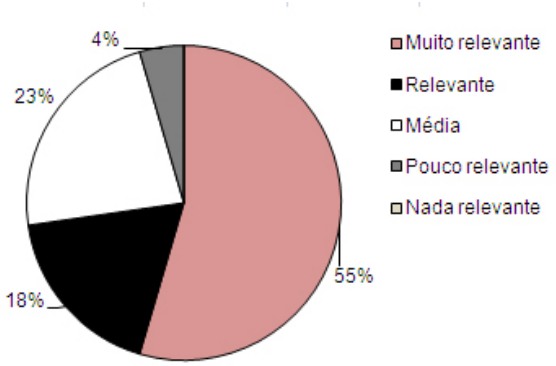


**Figura 13.** Níveis de importância à integração de aspectos socioculturais pelos EqEA em ZC do Eixo Atlântico
***Figure 13.*** *Levels of importance to the integration of sociocultural aspects by the EEC in CA of Eixo Atlântico.*

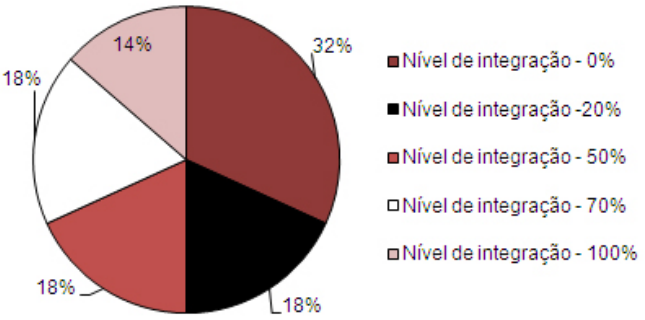


**Figura 14.** Níveis de integração de aspectos socioculturais dos EqEA em ZC do Eixo Atlântico.
***Figure 14.*** *Levels of integration of sociocultural aspects of the EEC in CA of Eixo Atlântico.*

Quando se pergunta sobre os temas das actividades com integração e os aspectos socioculturais integrados, surgem quatro categorias de resposta: i) o litoral e o meio local; ii) a dimensão biofísica da costa; iii) actividades socioculturais do litoral (etnografia, pesca; arqueologia); iv) e meio ambiente em geral (contaminação, urbanização). Embora surjam temas culturais e de ordenamento do litoral (urbanização), verifica-se que ao perguntar especificamente sobre assuntos socioculturais locais abordados, alguns equipamentos apontam elementos biofísicos, podendo este facto indicar uma tendência de EA *naturalista/ conservacionista*, mesmo no seio de EqEA em que há integração.

De entre as 15 iniciativas da amostra que integram no seu trabalho aspectos socioculturais, mais de 70% envolve a população local através de vários tipos de participação: i) Cidadãos no papel de formadores; colaboradores na elaboração de materiais; como guias de visitas; cedendo material para exposições; como público receptor de actividades.

Estes tipos de colaboração demonstram que a integração sociocultural reflecte nos EqEA a participação activa da comunidade, indiciando um alto nível de impacto social e visões de EA mais próximas do *bioregionalismo* e modelo *sociocrítico*.

Na questão sobre as relações do EqEA com o exterior, a análise abarca duas vertentes: a inclusão de planos estratégicos locais/regionais no projecto educativo; ligações com outras instituições:

- Na inclusão de planos locais, 18% dos EqEA contempla esse elemento no projecto. Este dado indicia um nível baixo de impacto social dos equipamentos e portanto, uma presença fraca do modelo *bioregionalista* e *sociocrítico* das problemáticas ambientais. Como obstáculos para uma maior integração sociocultural, apenas 22,7% declara como dificuldade a falta de participação na consulta e desenho dos planos estratégicos locais (figura 7), não parecendo ser este factor importante para a maioria dos EqEA.
- Na parceria com outras entidades, detecta-se um maior nível de integração e impacto social, uma vez que 72% dos centros reconhece ter colaborações estáveis com entidades de diverso tipo – organizações de solidariedade social, profissionais, culturais e desportivas; organizações não governamentais (ONG); de poder local; outros centros de ciência e educativos; universidades e centros de investigação. Quanto à eventual dificuldade de integração sociocultural devido à falta de ligação com entidades locais de natureza cultural, apenas 13,6% dos EqEA alude este elemento. Havendo facilidade de contacto com estas instituições culturais, detecta-se um factor indicativo de um elevado potencial de impacto social e visões sociocríticas da envolvente.

## CONCLUSÕES

É de consenso geral a importância decisiva das zonas costeiras para os desafios actuais económicos, sociais e culturais das sociedades. Documentos oficiais e especialistas, de ambos os territórios analisados neste estudo, apelam a um modelo de governância inovador e integrado para fazer face à complexidade, transversalidade e altos níveis de conflito nas zonas costeiras. Uma gestão costeira sustentável aos vários níveis terá de implicar processos de tomada de decisão fortemente participativos de todos os actores implícitos, especialmente da população local. É nesta necessidade de envolvimento dos cidadãos que se torna premente desenvolver iniciativas de sensibilização, informação e de fomento de competências para a acção, assim como de visões que problematizam a realidade costeira (temáticas de qualidade de vida; opções de consumo; identidade local). À semelhança de outros contextos físicos e socioeducativos, Sauvé (2005b) refere a pertinência de se complementar várias perspectivas e contributos da educação ambiental devendo-se, não obstante, enfatizar práticas sobre o "ambiente" que emergem das ciências sociais, como sejam os modelos *sociocrítico*, *sistémico* e o modelo *bioregionalista*. Estas últimas correntes de EA enfatizam uma "educação" holística e integrada, numa perspectiva de participação para a sustentabilidade, segundo os eixos descritos na Agenda 21 (Martín-Molero, 1996).

É no carácter de proximidade e continuidade junto da população costeira que os equipamentos para a educação ambiental podem servir como uma ferramenta de dinamização social destas zonas com elevada pressão humana. Com efeito, são diversas as experiências que sustentam o facto das características físicas e conceptuais destes recursos não formais potencializarem uma contribuição real para um desenvolvimento comunitário e reforço de coesão social.

Partindo da relevância da educação ambiental e dos equipamentos como ferramenta para uma gestão costeira integrada e participativa, este estudo mostrou, em primeiro lugar, que ao longo da costa da Euroregião do Eixo Atlântico, existem infrastruturas inteira ou parcialmente dedicadas a temáticas marinhas e costeiras. A sua distribuição é desigual no território costeiro, destacando-se uma maior densidade de EqEA nas províncias/distritos mais antrópicos, como é o caso do Porto e Pontevedra. Embora a proporção de EqEA esteja de acordo com a maior necessidade de intervenção sócio ambiental em áreas metropolitanas mais ameaçadas, existem carências de iniciativas nestas e noutras províncias/ distritos menos populosos, mas com valores naturais costeiros a preservar, sendo este facto mais evidente na área do Mar Cantábrico (província de Lugo), sem nenhum EqEA sobre temáticas costeiras. Verifica-se portanto, que os EqEA têm ainda um potencial de crescimento em número, em capacidade de usuários e campos de actuação, enquanto infrastruturas e pólos de intervenção socioambiental. Tal potencial merece assim ser estudado em profundidade, numa articulação entre várias instituições interventivas na gestão costeira das duas sub-regiões do Eixo Atlântico.

Sobre as problemáticas costeiras actuais, os temas mais abordados pela maioria dos EqEA no Eixo Atlântico corresponde apenas parcialmente às necessidades mais urgentes e integradas de intervenção costeira. Lembrando as problemáticas do litoral mais prementes, sublinhadas por Dias (2003), como a erosão costeira e problemas associados como a ocupação de áreas de grande vulnerabilidade e alterações climáticas; estas temáticas são abordadas em cerca de metade dos equipamentos, centrando a maioria dos EqEA em temáticas de carácter vincadamente biofísico como a biodiversidade marinha e costeira. Aludindo aos modelos de

educação ambiental mais presentes nesta zona costeira, os dados sobre as temáticas mais trabalhadas constituem um dos elementos indiciadores de práticas mais *conservacionistas/ naturalistas* do que *sociocríticas.* A temática das tradições costeiras e de pesca, como parte dos valores culturais ameados nas zonas costeiras também está representada em metade dos EqEA, no entanto, outras questões socioculturais do litoral e de desenvolvimento comunitário são apenas abordadas de forma residual, mostrando que existe ainda um grande potencial de alargamento de visões de EA mais *sociocríticas* e *bioregionalistas*.

Considerando o critério "impacto social" como barómetro de modelos de EA de maior ou menor vinco *conservacionista*, *didáctico*, *sociocrítico* ou *bioregionalista*, observou-se alguns elementos típicos de iniciativas de alto impacto social: i) a maioria dos EqEA tem a população local como um dos destinatário de actividades; ii) interligação dos EqEA com uma diversidade de entidades locais/ regionais. No conjunto de todos os elementos analisados, verifica-se que há prevalência de EqEA com baixo/médio impacto social: i) As metodologias e os recursos materiais, mais usados são típicos de iniciativas com menor possibilidade de participação (e.g. Salas de exposições, itinerários em espaços naturais, em comparação com acções de formação menos usadas e outras acções potenciadoras de abordagens sociocríticas) e ofertas menos personalizadas; ii) actividades em curtos períodos de tempo; iii) as tipologias de EqEA mais abundantes são centros de visitantes e museus (BIS) iv) existe uma minoria de EqEA que integra aspectos socioculturais em 80 ou 100% das actividades; v) uma quantidade residual de EqEA participa e integra planos estratégicos locais e regionais no projecto educativo.

Relacionando o critério "impacto social" com os modelos de EA mais realçados nos EqEA, no Eixo Atlântico, embora haja elementos de alto impacto social e vocacionalmente *sociocríticas* e *bioregionalistas,* predominam práticas de nível baixo/médio impacto social e portanto, modelos de actuação de carácter mais *conservacionista/ naturalista* e *didáctico.*

Lembrando Sauvé (2005a) e Barracosa (2004), está-se assim perante um conjunto de centros de educação não formal com tendência para uma linha de educação ambiental que privilegia a sensibilização e ligação à natureza e a apreensão de conhecimentos e capacidades conducentes à conservação e gestão do património natural (e.g. Biodiversidade marinha e costeira) sem, no entanto, problematizar a fundo as opções socioeconómicas contemporâneas e o papel de todos os actores sociais na sua recondução.

Sintetizando as características e modelos observados, destaca-se que o potencial de práticas de EA *conservacionistas* está presente nos objectivos e principais temáticas (carácter biofísico dos projectos educativos); a par com os recursos metodológicos e recursos materiais (infrastruturas) potencialmente mais passivos. Por contraste, metodologias como acções de formação, assim como as palestras e dramatizações (e.g. *role-playing* envolvendo diversos actores sociais), ferramentas menos utilizadas nestes EqEA, são espaços pedagógicos por si só, com grande potencial de discussão em torno de aspectos socioculturais locais. A principal formação de base das equipas educativas, fundamentalmente constituídas por profissionais das Ciências Naturais (e.g. Biologia), o que também poderá reforçar um maior potencial para práticas *conservacionistas* associadas aos EqEA em ZC do Eixo Atlântico. Seria oportuno observar, em futuros estudos de caso, a forma como outros aspectos influenciam as abordagens dos educadores/ monitores e gestores na adopção de práticas de EA tendencialmente mais integradoras e sociocríticas da realidade, seja através de metodologias educativas participativas ou mais passivas.

Sobre as tipologias de EqEA mais abundantes são centros de visitantes e museus, características de baixo impacto social e tendencialmente com visões menos *sociocríticas* e mais *conservacionistas*. Contrastando as tipologias nas ZC com dados sobre o Eixo Atlântico, no território global desta região existem mais equipamentos com vocação fortemente participativa, como centros de educação ambiental e quintas pedagógicas (em espaços rurais do interior) (Serantes & Barracosa, 2008), enquanto na costa os equipamentos favorecem em menor grau o desenvolvimento de acções conducentes a mudanças socioambientais locais efectivas.

Os modelos *etnográfico* e *bioregionalista* da EA também têm alguma expressão nas iniciativas analisadas, como se visualiza pela temática "cultura pesqueira" presente em quase todos os EqEA, assim como em recursos metodológicos gerais (e.g. exposições com elementos etnográficos) e no espaço envolvente (e.g. interacção do público escolar com pescadores locais). Nos usos do espaço envolvente, no entanto, os EqEA dão primazia ao modelo *conservacionista* e também desenvolvem a corrente *didáctica*, ao promoverem largamente actividades de itinerários e saídas de campo.

Detecta-se, ainda que com expressão residual, o modelo *sociocrítico* pelo facto da maioria dos EqEA ter actividades para destinatários como a população local, em alguns casos com participação activa na dinamização dos centros. Esta perspectiva está igualmente presente nos centros que envolvem o poder local nas suas actividades, podendo este facto contribuir para um desenvolvimento em consonância com o equilíbrio socioambiental local e regional. Além disso, a maioria dos equipamentos tem plataformas de interligação com uma diversidade de entidades locais/ regionais. Neste campo, existe, ainda no entanto, possibilidades de alargamento de diálogo entre os EqEA e entidades locais e de gestão costeira a vários níveis, para divulgação e discussão dos processos de decisão.

A constatação do menor peso de EqEA com foco interventivo (modelo *sociocrítico*), abordagem cada vez mais necessária e aclamada na EA, coloca a hipótese da existência de lacunas sobre o sistema de avaliação dos projectos educativos. Detecta-se um desfasamento entre a necessidade premente de uma reflexão sobre modelos praticados e a falta de percepção dessa necessidade por parte dos equipamentos. Com efeito, devendo os processos avaliativos ser contínuos e de retro alimentação do projecto educativo, ao integrarem uma análise sobre o(s) modelo(s) praticado(s), estarão a contribuir para um conhecimento do papel efectivo dos EqEA e para um reequacionar das opções tomadas na sua gestão.

Em suma, pelo conjunto dos elementos analisados detecta-se uma prevalência de práticas de EA tendencialmente *conservacionista/ naturalista* e centradas nos sistemas ecológicos, apesar da presença simultânea de outras correntes

integradoras dos sistemas humanos, como a *sociocrítica* e *bioregionalista*). Esta diversidade deve ser considerada e partilhada como um ponto forte na ZC do Eixo Atlântico, numa perspectiva de complementaridade. Partindo do menor peso de visões holísticas sobre litoral observado e considerando a importância de abordagens que fomentem a participação de toda a sociedade, sugere-se o repensar do seu horizonte teórico e de estratégias socioeducativas nos EqEA e outros espaços, assim como o estreitar de parcerias com diversas entidades, seja de investigação e divulgação científica (ciências naturais e sociais), económicas e governamentais na adopção de estratégias sociopedagógicas conjuntas e integradas para o litoral.

É no assumir do carácter integrador das várias dimensões da zona costeira que a educação ambiental pode funcionar como estratégia-chave. No Eixo Atlântico, os equipamentos existentes são já um elemento concreto que pode contribuir para essa visão integradora mas que necessita ser largamente optimizado, como plataforma de partilha de saberes e de dinamização socioambiental. Com efeito, a adopção de estratégias de gestão que envolvem a percepção dos cidadãos na avaliação sobre os sistemas costeiros, irá facilitar uma compreensão do litoral como sistemas complexos, multidimensionais, incluindo os sistemas humanos, facilitando assim a adopção de linhas estratégicas de gestão costeira integradas e sustentáveis a longo prazo. Consoante a visão sobre os sistemas costeiros (mais *naturalista* ou mais *sociocrítica*) dos próprios equipamentos para a educação ambiental (tomados como referências estáveis para a comunidade local), então o envolvimento da população e dos seus visitantes será mais ou menos fomentado e integrador, no sentido da construção conjunta de estratégias costeiras desejáveis ambiental, económica e socialmente.

## BIBLIOGRAFIA

Bardin, L. (1994) - *Análise de conteúdo*. Edições 70, Lisboa, Portugal. ISBN: 9724408981.

Barracosa, H. (2004) - Los equipamientos para la educación ambiental en Portugal: Una aproximación diagnóstica. *In:* Barroso, C., Benayas, J. & Muñoz, L.C. (Org.), *Investigaciones en Educación Ambiental: De la conservación de la biodiversidad a la participación para la sostenibilidad*, pp. 63-81, Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, España. ISBN: 84-8014-549-8.

Barracosa, H. (2008) - Do estúdio diagnóstico dos equipamentos en Educación Ambiental en Portugal á proposta de uma Carta de Calidade: um desenho mixto de investigação qualitativa-quantitativa. *In:* Meira, P.A. & Torales, M. A. (Org.*), Investigación e Formación en Educación Ambiental: Novos escenarios e enfoques para un tempo de câmbios*, pp. 147-165, Centro de Extensión Universitária e Divulgación Ambiental de Galicia (CEIDA), A Coruña, Espanha. ISBN: 9788461245192.

Bisquerra, R. (2000) - *Métodos de investigación educativa*. Guía práctica. Editorial CEAC, Barcelona, Espanha. ISBN: 8432992283.

Bosch, E.R. (2008) - *Bringing Public Perceptions in the Integrated Assessment of Coastal Systems*. 245 p.,Tese de doutoramento, Universitat Autònoma de Barcelona, Espanha. (disponível em http://ddd.uab.cat/pub/tesis/2008/tdx-0707108-132216/erb1de1.pdf)

Calvo, J.G.; Bedoya, A.M. (2005) - Gestión costera participativa y educación ambiental: Una alianza imprescindible. *Aula Verde* (ISSN: 1132-8444), Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Vol. 28, Sevilha, Espanha. Disponível em http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/contenidoExterno/Pub_aula_verde/aulaverde28/gestion.html

Dias, J.A. (2003) - Gestão integrada das zonas costeiras: mito ou realidade? *Actas do II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa*, Recife, PE, Brasil. Disponível em http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/papers/CI/03_2ZCPEP_Recife_AD1.pdf.

Díaz, A.P. (1995) - *La educación ambiental como proyecto*. 39 p., Editorial Horsori, Barcelona, Espanha. ISBN: 8485840380.

Gutierrez, J.; Benayas, J.; Pozo, T. (1999) - Modelos de calidad y prácticas evaluativas predominantes en los Equipamientos de Educación Ambiental. *Tópicos en Educación Ambiental* (ISSN: 1870-1728), 1(2):49-63. México. Disponível em http://www.uv.mx/mie/planestudios/documents/SESION10-14-ABRIL-EquipamientosBenayas.pdf

Llamas, M.A. (2008*) - Equipamientos de educación ambiental: Situación actual y una propuesta reguladora*. 198p., Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Médio Ambiente, Valência, Espanha. ISBN: 9788480147392.

MAOTDR (2007) - *Bases para a Estratégia de Gestão Integrada da Zona Costeira Nacional*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (MAOTDR), Lisboa, Portugal. ISBN: 978-989-8097-06-4. Disponível em http://www.maotdr.gov.pt/Admin/Files/Documents/GIZC.pdf

Martín-Molero, F. (1996) - Una aproximación a la educación ambiental desde una experiencia interdisciplinar. *In*: F. Martín-Molero (coord.). *Educación Ambiental: una experiencia interdisciplinar*, pp. 173-211. Editorial Cipos, Madrid, Espanha. ISBN: 84-7738-427-4

Meira-Cartea, P.A. (2005) – Educación ambiental en tiempos de catástrofe: la respuesta educativa al naufragio del Prestige. *Educação e Pesquisa* (ISSN: 1517-9702), 32(2):265-283, Universidade de São Paulo, SP, Brasil. Disponível em http://www.scielo.br/pdf/ep/v31n2/a09v31n2.pdf

Meira, P.A.; Pinto, J.R. (2008) - A educação ambiental em Galicia e Norte de Portugal: Uma valoração estratégica desde a perspectiva local no "Eixo Atlântico". *In:* Cunha, L. & Santiago, M. (Org.), *Estratexias de Educación Ambiental: Modelos, experiencias e indicadores para a sostenibilidade local*, pp. 31-82, Eixo Atlântico do Noroeste Peninsular, Vigo, Espanha ISBN: 9788469150702.

Munõz, M.F. (2002). Planeación educativa en los centros de recreación, educación y cultural ambiental. *Tópicos en Educación Ambiental* (ISSN: 1870-1728), 4(10):63-74. México., Disponível em http://www.anea.org.mx/Topicos/T%2010/Paginas%2063-74.pdf

Orr, D. (2005) - Place and Pedagogy. *In:* Stone, M &

Barlow Z. (eds.), *Ecological Literacy*, pp. 85-95, Editora Sierra Club Books, San Francisco, CA, U.S.A. ISBN: 1578051533.

Pereira, M.O. (2008) - Educação Ambiental com pescadores artesanais: Um convite à participação. *Praxis Educativa* (ISSN: 1809-4309), 3(1):73-80, Ponta Grossa, PR, Brasil. Disponível em http://www.revistas2.uepg.br/index.php/praxiseducativa/article/view/344/352.

Sauvé, L. (2005a) - Uma cartografia de correntes em educação ambiental. *In:* Sato, M. & Carvalho, I. (Org.), *Educação ambiental: pesquisa e desafios*, pp. 17-44, Editora Artmed, Porto Alegre, RS, Brasil. ISBN: 8536305185.

Sauvé, L. (2005b) - Educação Ambiental: possibilidades e limitações. *Educação e Pesquisa* (ISSN: 1517-9702), 32(2):317-322, Universidade de São Paulo, SP, Brasil. Disponível em http://www.scielo.br/pdf/%0D/ep/v31n2/a12v31n2.pdf

Serantes, A.P. (2005) - *Guia dos equipamentos para a Educación Ambiental na Galiza e doutras instalacións para a divulgación do Património*. Centro de Extensión Universitária e Divulgación Ambiental de Galicia (CEIDA), 164 p., La Coruña, Espanha. ISBN: 84-609-7239-9.

Serantes, A.P. (2008) - Os equipamentos para a Educación Ambiental en Galicia: Processos de diagnose e identificación de criterios de calidade. *In:* Meira, P.Á. & Torales, M. A. (Org.), *Investigación e Formación en Educación Ambiental: Novos escenarios e enfoques para un tempo de câmbios*, pp. 129-145, Centro de Extensión Universitária e Divulgación Ambiental de Galicia (CEIDA), La Coruña, Espanha ISBN: 9788461245192.

Serantes, A.P.; Barracosa, H. (2008) - Contributos dos equipamentos de educação ambiental para as estratégias de acção local. Estudos de caso na Galiza e no norte de Portugal. *In:* Cunha, L. & Santiago, M. (Org.), *Estratexias de educación ambiental: Modelos, experiencias e indicadores para a sostenibilidade local,* pp. 179-200, Eixo Atlântico do Noroeste Peninsular, Vigo, Espanha. ISBN: 9788469150702.

Schmidt, L.; Gil-Nave, J.; Guerra, J. (2010) - *Educação Ambiental. Balanço e perspectivas para uma agenda mais sustentável*. 220 p., Imprensa de Ciências Sociais, Lisboa, Portugal. ISBN: 978-972-671-265-7.

Uzzell, D.; Fontes, P.J.; Jensen, B.B.; Vognsen, C.; Uhrenholdt, G.; Gottesdiener, H.; Davallon, J.; Kofoed, J. (1998) - *As Crianças como Agentes de Mudança Ambiental*. 396 p., Campo das Letras, Lisboa, Portugal. ISBN: 972-610-128-3.

Vaske, J.; Kobrin, K. (2001) - Place Attachment and Responsible Behavior. *The Journal of Environmental Education*, 32(4):16-21. doi:10.1080/00958960109598658.

Revista da Gestão Costeira Integrada 11(4):451-457 (2011)
*Journal of Integrated Coastal Zone Management* 11(4):451-457 (2011)

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS
UNIVALI
http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-273_Lyra.pdf
DOI:10.5894/rgci273
GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA
Journal of Integrated Coastal Zone Management

# Aspectos ecológicos de Gracilaria Grev. (Gracilariales, Rhodophyta) em uma praia tropical brasileira *

## *Ecological aspects of Gracilaria Grev. (Gracilariales, Rhodophyta) at a Brazilian tropical beach*

Goia de Mattos Lyra [@, 1], José Marcos de Castro Nunes [2], Priscila Barreto de Jesus [1], Juliana Lima Lázaro [2], José Geraldo de Aquino Assis [2]

**RESUMO**

O estudo visou à compreensão dos padrões de distribuição espacial e temporal de espécies de *Gracilaria Greville* que ocorrem na praia de Stella Maris, Salvador, Bahia, Brasil. As amostragens foram feitas em 20 pontos aleatórios de cada um dos microhabitats do ambiente recifal, nos períodos seco e chuvoso. Os diferentes ambientes e períodos foram comparados em relação à ocorrência de espécies e ao seu estádio reprodutivo, através do teste $\chi^2$, da análise de variância e de testes de comparação de médias. Não foi verificado isolamento temporal ou espacial entre as espécies mais abundantes, embora tenha sido possível perceber alternância temporal e espacial nas freqüências de *Gracilaria domingensis* e *G. cuneata*. Foi observada uma tendência adaptativa de *G. cuneata* ao período mais frio e seco do ano, ao contrário das demais espécies que foram mais abundantes na coleta realizada durante a estação quente e chuvosa.

**Palavras chave:** Ecologia, Distribuição, Fenologia, Alga, *Rhodophyta*, *Gracilaria*

***ABSTRACT***

*Knowledge of marine algae ecology along the Brazilian coast is thin, despite the fact that the Northeast of Brazil is rich in agar producing species such as the cylindrical species of the Gracilaria genus. Eighteen species of Gracilaria has been registered in Bahia and in some locations a large number of species can be found occurring in sympatry, fact that stimulated question about what kind of mechanisms can allow the sympatric occurrence. The aim of this study is to understand the spatial and temporal distribution pattern of species found on Stella Maris beach in Salvador, Bahia, and to generate information about the ecology of species of this genus, contributing to improve the management of agarophytic species. During the raining and dry seasons, 20 samples were collected from each microhabitat of the reef environment (high hydrodynamic zone, low hydrodynamic zone and shallow pools), casually throwing a disk with 20 cm diameter. The differences in microhabitats occupation, seasonal occurrence and seasonal reproduction stages were tested using $\chi^2$ and ANOVA. Of the 284 specimens sampled, the most commonly found species were Gracilaria domingensis (92 specimens), G. cuneata (57) and G. cornea (15). G. curtissiae, G. intermedia, G. flabeliformis and G. pauciramosa were found to be rare. The water pools environment is less favorable for algae development probably because*

*@ - Autor correspondente: goialyra@gmail.com*
*1 - Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-Graduação em Botânica, Feira de Santana, Av. Transnordestina, s/n, Bairro Novo Horizonte, CEP: 44036-900, Feira de Santana, Bahia, Brasil.*
*2 - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Geral, Rua Barão de Jeremoabo, s/n, Ondina, CEP: 40170-115, Salvador, Bahia, Brasil*

** Submissão: 31 Março 2011; Avaliação: 9 Maio 2011; Recepção da versão revista: 9 Agosto 2011; Aceitação: 8 Setembro 2011; Disponibilização on-line: 7 Dezembro 2011*

*of the algae's dependence on water renewal for fertilization. Variations in the frequencies of G. domingensis and G. cuneata were detected when occurring in the same place. These apparent variations were also observed in the seasonal occurrence of these species. The data presented also show differences in phenology of G. domingensis and G. cuneata. Both were abundant in samples collected and a tendency was observed to alternation in their occurrence in time and space and also in relation to the reproductive period, which may indicate a path for future research aimed at understanding the speciation in sympatry. The knowledge of reproductive patterns of Gracilaria species in natural environment and its ecology is a necessary condition for the improvement of management techniques for the cultivation of agarophyte species.*

***Keywords:*** *Ecology, Distribution, Phenology, Algae, Rhodophyta, Gracilaria*

## 1. INTRODUÇÃO

A família *Gracilariaceae* inclui as algas produtoras de agaranas mais importantes do mundo (Bellorin *et al.*, 2002). O ágar-ágar é largamente utilizado como espessante e geleificante na preparação de alimentos e também na indústria farmacêutica. Além disso, o seu uso na engenharia de tecidos, como biossensor e como meio de crescimento em bacteriologia e micologia é também responsável por uma parte considerável da demanda (Cunha *et al.*, 2009). Dentre as algas produtoras de ágar-ágar, destaca-se Gracilaria cornea, espécie de talo cilíndrico, cujo cultivo artesanal para fins comerciais foi implementado por Accioly (2005) como uma alternativa sustentável em uma comunidade pesqueira no baixo sul do estado da Bahia.

As iniciativas de cultivo de *Gracilaria* baseiam-se em experimentos controlados, feitos no intuito de definir requisitos técnicos, tais como espécie, sistema de cultivo e outros procedimentos de manejo (Accioly & Oliveira, 2003). O conhecimento sobre o ciclo de vida das algas, além de dados básicos sobre a ecologia e fisiologia das espécies factíveis de serem cultivadas é de grande importância para o sucesso desse tipo de empreendimento (Soriano, 2005).

O grande número de espécies de *Gracilaria* registrado para o litoral da Bahia, 18, de acordo com Nunes (2005), levou aos questionamentos sobre os fatores que permitem a sua ocorrência simpátrica em determinadas localidades. Este grupo forma um complexo taxonômico, de forma que estudos sobre a sua ecologia precisam ser associados ao estudo aprofundado sobre a sua taxonomia.

A coexistência requer alguma forma de diferenciação de nichos ou partição de recursos entre espécies que aumentam a competição intraespecífica com relação à interespecífica (Amarasekare, 2003). A idéia de que espécies semelhantes devem ter ecologias diferentes para coexistir tem sido suplantada por modelos mais recentes envolvendo fatores estocásticos, que permitem a coexistência estável de espécies semelhantes ou que diferem apenas em habilidade competitiva (Chesson, 2003).

Entretanto, de acordo com (Amarasekare, 2003), o desenvolvimento do conhecimento teórico sobre coexistência competitiva espacial está avançando muito mais rápido do que as investigações práticas nesta área e investigações experimentais que testem hipóteses variadas podem obter grande sucesso em esclarecer a coexistência competitiva em comunidades naturais Shea *et al.,* (2004) ressaltam a importância da sólida compreensão do histórico de vida das espécies para a identificação dos mecanismos de coexistência, proporcionando maior integração entre os resultados teóricos e práticos.

Hay & Norris (1984) apontam que na costa caribenha do Panamá existem mais de 12 espécies do gênero *Gracilaria* ocorrendo em simpatria e sugere que este deve ser o maior número de espécies simpátricas de um mesmo gênero de alga vermelha no mundo. A natureza simpátrica foi investigada por estes pesquisadores, pressupondo um possível isolamento temporal ou espacial.

Os espécimes da família Gracilariaceae apresentam ciclo de vida trifásico do tipo *Polysiphonia* (Lee, 1999), caracterizado pela fecundação dos gametas produzidos por mitose, dando origem ao carposporófito, que se desenvolve sobre o gametófito feminino, formando cistocarpos. Nesta fase, o zigoto sofre sucessivas mitoses até que os carpósporos sejam liberados, originando o tetrasporófito (diplóide), que produz tetrásporos por meiose. As algas da divisão Rhodophyta apresentam gametas aflagelados, tornando a fecundação dependente do transporte dos espermácios (gametas masculinos) pela água.

Engel & Destombe (2002), em um estudo com *Gracilaria* do norte da França, demonstraram que a fertilidade das algas pode variar de acordo com o ambiente onde ocorrem e que algas que ocorrem em regiões com menor hidrodinamismo apresentam menor taxa de fecundação do que algas que ocorrem em locais com maior batimento. Conclui-se que a fertilidade é diferente porque em ambientes com maior movimentação da maré é maior a probabilidade de encontros entre os gametas. A diferença de fertilidade relacionada à influência da maré pode significar uma tendência adaptativa das espécies a ambientes específicos.

O isolamento temporal poderia explicar que tenha sido registrada anteriormente a ocorrência de um grande número de espécies de *Gracilaria* na praia de Stella Maris. A ocorrência das espécies em períodos alternados do ano pode representar uma adaptação que resulta na redução da competição por recursos. Estudos têm sido realizados com o objetivo de compreender a variação temporal na ocorrência de espécies de algas em um dado local, a exemplo de Foster *et al.,* (2003) que verificaram variação temporal de espécies de Rhodophyta em uma comunidade de região entre marés.

Diferenças nos períodos reprodutivos das espécies podem representar outro mecanismo associado à simpatria em *Gracilaria*. Sazonalidade foi encontrada em espécies deste gênero em regiões de clima temperado (Jones, 1959; Kim, 1970; Penniman, 1977) e em espécies tropicais como *Gracilaria cornea* (J Agardh), no México (Orduña-Rojas & Robledo, 2002), *G. bursa-pastorii* (Gmel.) Silva e *G. coronopifolia* (J. Agardh.) no Hawai (Hoyle, 1978), *G. sojoestedii* Kyl. na Índia (Rao, 1973), *G. verrucosa* (Hudson), *G. salicornia* (C. Ag.) Daws. e *G. coronopifolia,* nas Filipinas (Trono & Azanza-Corrales, 1981) e *G. cuneata, G. domingensis, G. cylindrica* e outras três espécies não identificadas no Mar do Caribe (Hay and Norris, 1984).

No Brasil, alguns estudos têm sido realizados com o objetivo de compreender o histórico de vida de espécies do gênero *Gracilaria.* Plastino (1991) desenvolveu cultivos de espécies gracilarióides de talo cilíndrico para estudar o seu ciclo de vida. Carneiro *et al.* (2011) estudaram fenologia da agarófita *Gracilaria birdiae* em ambiente natural, considerando este conhecimento fundamental para o desenvolvimento do manejo sustentável e de programas de explotação comercial deste recurso natural.

No entanto, as pesquisas com o gênero *Gracilaria* envolvem, em geral, uma única espécie, havendo registro apenas de uma pesquisa sobre sazonalidade reprodutiva e abundância de seis espécies simpátricas no Mar do Caribe (Hay & Norris, 1984).

O presente trabalho analisou a distribuição espacial e temporal e a abundância das espécies do gênero *Gracilaria* no ambiente recifal da praia de Stella Maris, Salvador, Bahia, nos diferentes períodos de coleta. Para isso, foi realizado um experimento onde foi comparada a ocorrência das espécies em cada zona do ambiente recifal e em diferentes períodos do ano. Desta forma, este estudo pretendeu não só contribuir para o entendimento da biologia das espécies de *Gracilaria*, mas também para a compreensão do isolamento reprodutivo entre as espécies que ocorrem em simpatria neste local.

A praia de Stella Maris situa-se a 27 km do centro da cidade de Salvador, Bahia, tendo 2,5 Km de extensão, e é caracterizada pela presença de um amplo ambiente recifal. São áreas de crostas carbonáticas associadas a rochas cristalinas pré-cambrianas onde se formam arenitos (Nolasco, 1998), constituindo um ambiente recifal na região entre marés, propício à fixação de algas marinhas bentônicas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As algas marinhas bentônicas do gênero *Gracilaria* (Rhodophyta) foram coletadas fixas à região entre marés do recife de arenito localizado na praia de Stella Maris, Salvador, Bahia. Foram realizadas três coletas nos meses de março e agosto de 2004 e fevereiro de 2005, em maré baixa. Apesar de terem sido feitas tentativas de coleta durante o inverno de 2005, o ambiente recifal da praia de Stella Maris esteve coberto de areia nesse período, impossibilitando o acesso ao material de estudo.

As coletas no ambiente recifal da praia de Stella Maris foram realizadas em três microhabitats de diferente hidrodinamismo, de acordo com Nunes & Paula (2002): Região frontal do recife (RFR), Região moderadamente agitada (RMA) e poças (PÇ).

O ambiente recifal foi subdividido em dois sítios de coleta, considerando-se que ambos os sítios correspondem à mesma população, pois a proximidade entre eles permite o fluxo gênico entre as algas. O desenho experimental contou com a divisão em dois sítios para verificar possíveis diferenças locais. Foram amostrados 20 pontos de cada um dos microhabitats (RFR, RMA e PÇ) nos dois sítios. As amostragens foram feitas coletando-se as algas que estavam dentro da área de um círculo de 20 cm de diâmetro, lançado aleatoriamente.

As algas foram preservadas em solução de formol a 4% em água do mar, de acordo com Cordeiro-Marino *et al.* (1984), identificadas por análises morfológicas com o auxílio dos trabalhos de Nunes (2005), Bellorin *et al.* (2002), Gurgel & Fredericq (2004) e Plastino & Oliveira (1997), e registradas no Herbário Alexandre Leal Costa (ALCB) do Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia.

Os diferentes ambientes, nos três períodos amostrados, foram comparados com relação à ocorrência de espécies através do teste de Kruskal-Wallis. Foi também utilizado o teste de Kolmogrov-Smirnov para comparar as distribuições das espécies nas diferentes zonas. As análises que consideraram apenas como gênero *Gracilaria* incluíram os indivíduos que não puderam ser identificados em nível específico. Foi também utilizado o teste qui-quadrado para verificar se as espécies apresentam o mesmo padrão de distribuição apresentado pelo gênero.

Foram identificados os exemplares férteis, coletados nas diferentes épocas do ano, com base na freqüência de plantas cistocárpicas, tetraspóricas e masculinas (apresentando espermatângios). Para isto, foram feitos cortes histológicos á mão-livre, utilizando microscópio estereoscópico, localizados a 1 cm do ápice do talo de cada exemplar seco. Os cortes foram corados com azul de anilina e observados ao microscópio óptico. Foram observadas estruturas reprodutivas (cistocarpos, espermatângios e tetrasporângios).

Foram consideradas duas estações do ano: seca e chuvosa, com base nos dados de pluviosidade e temperatura obtidos junto à estação meteorológica de Salvador, de janeiro de 1994 a junho de 2005. De acordo com estes dados, pode-se considerar como estação seca o período que compreende os meses de setembro a fevereiro com as médias mensais de precipitação no período variando entre 50,4 mm e 118 mm, e como estação chuvosa, os meses de março e agosto, com as médias mensais de precipitação no período variando entre 149,7 mm a 318 mm.

Os dados relativos à temperatura mostram o período de maio a outubro como mais frio, com temperaturas médias mensais variando de 23,4 a 26,5 graus centígrados. O período quente do ano está entre os meses de novembro a abril, com a variação das temperaturas médias mensais entre 25.2 e 28.3 graus centígrados.

Para analisar os dados relativos à distribuição temporal e fenologia, utilizou-se o teste $\chi^2$, qui-quadrado, verificando a variação da abundância e dos estádios reprodutivos das espécies nos períodos amostrados, para o gênero *Gracilaria* como um todo e para cada uma das espécies mais abundantes.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados 284 espécimes. As espécies mais abundantes foram: *Gracilaria domingensis* (Kützing) Sonder ex Dickie, *G. cuneata* (Areschoug) e *G. cornea* (J. Agardh). As raras foram: *G. curtissiae* (J. Agardh), *G. intermedia* (J. Agardh), *G. flabelliformis* (P.L.Crouan & H.M.Crouan) Fredericq & Gurgel *e G. pauciramosa* (N.Rodríguez de Ríos) A.M.Bellorin, M.C.Oliveira, & E.C.Oliveira.

A Tabela 1 apresenta os números de indivíduos das sete espécies estudadas e os totais para o gênero, encontrados em cada coleta e em cada microhabitat, incluindo-se os indivíduos que não foram identificados em nível específico.

O material coletado foi identificado quanto ao seu estádio reprodutivo, sendo apresentadas na Tabela 2 as porcentagens referentes a todo o gênero e às três espécies mais abundantes.

Distribuição espacial e abundância de espécies de *Gracilaria* na praia de Stela Maris

De acordo com testes de Kolmogorov-Smirnov, realizados para cada uma das zonas amostradas, os dois sítios de coleta amostrados não apresentaram diferença significativa entre si. Desta forma, os resultados obtidos para os sítios foram agrupados, já que estes podem ser considerados como réplicas.

Um teste de Kruskal-Wallis para os números de espécimes

**Tabela 1.** Número de indivíduos de cada espécie do gênero *Gracilaria* coletados durante três períodos do ano e sua distribuição nos microhabitats
***Table 1.*** *Number of individuals of each Gracilaria species collected during three periods of collection and their distribution in the microhabitats*

| | **Março/2004** | | | **Agosto/2004** | | | **Fevereiro/2005** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Espécies** | RFR | RMA | PÇ | RFR | RMA | PÇ | RFR | RMA | PÇ |
| *G. cornea* | 0 | 4 | 0 | 2 | 4 | 0 | 4 | 1 | 0 |
| *G. cuneata* | 2 | 10 | 0 | 18 | 11 | 2 | 11 | 4 | 1 |
| *G. curtissiae* | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| *G. domingensis* | 37 | 23 | 0 | 7 | 13 | 3 | 7 | 1 | 1 |
| *G. flabelliformis* | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| *G. intermedia* | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| *G. pauciramosa* | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| *Gênero Gracilaria* | 74 | 82 | 0 | 39 | 42 | 8 | 24 | 12 | 3 |

**Tabela 2.** Porcentagem de indivíduos de *G. cornea, G. cuneata, G. domingensis* e do gênero *Gracilaria* (como um todo) em cada estádio reprodutivo em cada amostra: ***$\chi^2$= 88,36 **$\chi^2$ = 44 *$\chi^2$ = 33,5
***Table 2.*** *Percentage of G. cornea, G. cuneata, G. domingensis and Gracilaria genus individuals in each reproductive stadium and in each sample: ***$\chi^2$ = 88,36 **$\chi^2$ = 44 *$\chi^2$ = 33,5*

| **Taxon** | **Período** | **N** | **Cistocárpico** | **Masculino** | **Tetraspórico** | **Infértil** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *G. cornea* | Março/2004 | 4 | 50% | 0% | 50% | 0% |
| | Agosto/2004 | 6 | 0% | 0% | 50% | 50% |
| | Fevereiro/2005 | 5 | 40% | 0% | 20% | 40% |
| *G. cuneata* | Março /2004 | 12 | 8% | 0% | 25% | 65% |
| | Agosto /2004* | 31 | 23% | 0% | 10% | 68% |
| | Fevereiro /2005 | 16 | 6% | 0% | 50% | 44% |
| *G. domingensis* | Março /2004 | 60 | 16% | 7% | 25% | 52% |
| | Agosto /2004 | 23 | 26% | 13% | 22% | 39% |
| | Fevereiro /2005 | 9 | 67% | 0% | 11% | 22% |
| Gênero *Gracilaria* | Março/2004*** | 156 | 14,7% | 3,8% | 27,5% | 54% |
| | Agosto/2004** | 89 | 25,6% | 0% | 25,6% | 48,8% |
| | Fevereiro/2005* | 39 | 27% | 3,4% | 15,7% | 53,9% |

na RFR e RMA nas três coletas mostrou que estas áreas são ocupadas por quantidades distintas das sete espécies estudadas ($p < 0.0001$, nas duas primeiras coletas; $p = 0.004$ na terceira coleta para RFR e $p = 0.012$ na RMA). Este resultado se deve à baixa freqüência de algumas espécies, consideradas raras, em todas as zonas e, assim retiradas das demais análises. Devido à pequena representatividade das poças com relação ao grupo estudado, esta zona não foi incluída nestas análises, mas apenas no que se refere à distribuição temporal e fenologia.

*Gracilaria domingensis, G. cuneata* e *G. cornea* apresentaram-se como as espécies mais freqüentes na praia de Stella Maris. Algumas das espécies coletadas foram muito pouco representativas. Em todas as coletas foi encontrado um número muito pequeno de exemplares de *G. curtissiae*, *G. flabelliformis*, *G. intermedia* e *G. pauciramosa*, o que não permitiu a sua inclusão nas análises estatísticas. Assim, as demais análises relativas aos padrões de distribuição foram feitas com base nas espécies mais freqüentes e no conjunto de todos os indivíduos do gênero.

As espécies *Gracilaria cuneata* e *G. domingensis,* as mais freqüentes em todas as coletas, tiveram suas distribuições comparadas na RFR e na RMA. Para saber se cada espécie ocupa uma zona específica, foram comparadas suas distribuições nestas duas zonas em todas as coletas. O teste de hipótese de Kolmogorov-Smirnov para duas amostras independentes mostrou que, em ambas as zonas, a ocupação de *G. domingensis* não diferiu (p igual a 0.978, 0.082, 0.819, respectivamente). Não houve zona preferencial de ocorrência para *G. domingensis*, o que também ocorreu com *G. cuneata* nas três coletas (p igual a 1.00, 0.56, 1.00, respectivamente).

Os dados das espécies mais abundantes estão de acordo com o resultado obtido para o gênero *Gracilaria* como um todo, incluindo os exemplares que não foram identificados até o nível específico, pois a maior abundância de indivíduos do gênero foi encontrada ocorrendo na Região frontal do recife e na Região moderadamente agitada, em proporções semelhantes ($p = 0,9910$), sendo que a ocorrência em poças, em qualquer época do ano, foi sempre rara.

É possível que a baixa abundância em poças na praia de Stella Maris, quando comparada ao resultado apresentado para o litoral baiano, esteja relacionada às suas características das poças naquele ambiente recifal. São encontradas poucas poças, geralmente localizadas distantes da região de maior hidrodinamismo. Assim, é possível que as poças não apresentem movimentação da maré suficiente para a dispersão dos espermácios, diminuindo a taxa de fecundação e, com isso, a abundância de indivíduos neste ambiente.

Os resultados do experimento mostram que não é possível encontrar diferenças significativas entre os padrões de ocupação das sete espécies. No entanto, foi verificada uma alternância na freqüência de indivíduos de *Gracilaria domingensis* e *G. cuneata* entre as regiões moderadamente agitada e frontal do recife. Esta alternância pode representar exclusão competitiva ou ser resultado de fatores estocásticos, de acordo com o modelo de Chesson (2003), podendo estar relacionada à explicação da co-ocorrência destas espécies de *Gracilaria* na praia de Stella Maris.

Distribuição temporal e fenologia de espécies de *Gracilaria* na praia de Stela Maris

As coletas realizadas no experimento foram feitas em períodos de transição com relação à temperatura e à precipitação. Assim, os resultados das amostragens podem ser relacionados com o período que antecedeu cada uma das coletas.

Quando analisado o gênero *Gracilaria* como um todo, através do teste $\chi^2$, sendo resultados $\geq 3,84$ considerados significativos ($\alpha=0,05$), observou-se que houve variação significativa na abundância de indivíduos do gênero ao longo do período amostrado ($\chi^2= 72,85$). As análises referentes ao gênero incluem os espécimes que não puderam ser identificados em nível específico. A abundância de *Gracilaria* foi muito maior na coleta realizada em março e foi diminuindo gradativamente nas coletas posteriores. O mês de março corresponde ao final do período quente em Salvador, estando possivelmente relacionado à maior abundância de espécies de *Gracilaria.* Ao contrário, a abundância decresceu na amostragem feita em agosto, que representa o final do período frio do ano.

Esse mesmo padrão foi observado em *Gracilaria domingensis* ($\chi^2 = 45,36$). A espécie *G. cuneata*, entretanto, apresentou abundância significativamente maior em agosto ($\chi^2 = 8,83$), o que pode significar uma tendência adaptativa desta espécie às condições climáticas desta estação. Desta forma, a alternância na ocorrência de *G. domingensis* e *G. cuneata* é observada não apenas na ocupação dos microhabitats, mas também nas épocas do ano, o que pode ser percebido através da análise da Tabela 1. É possível, assim, perceber que a co-ocorrência das espécies no ambiente recifal de Stella Maris pode estar pressionando as espécies para a adaptação a épocas específicas do ano, o que pode, em última instância resultar no seu isolamento temporal.

Fatores climáticos podem ter afetado os resultados relacionados à abundância e distribuição temporal das espécies de *Gracilaria*. O mês de fevereiro de 2005, quando foi realizada a terceira coleta, pode ser considerado como atípico com relação à precipitação. Dados da Estação Meteorológica de Salvador, referentes aos anos de 1994 a 2004 mostram que a média de precipitação mensal do mês de fevereiro é de 96,9 mm. Já o mês de fevereiro de 2005 apresentou precipitação total mensal de 349,4 mm, ou seja, quase quatro vezes a média dos onze anos anteriores.

Além de ter provocado o soterramento da Região moderadamente agitada do segundo sítio de coleta, a chuva intensa no mês de fevereiro desprendeu um número considerável de indivíduos do gênero *Gracilaria* que se encontravam em todos os microhabitats amostrados, o que pôde ser observado na composição das algas atiradas à praia. Assim, este fator pode estar relacionado à menor abundância de indivíduos neste período do que durante as duas coletas anteriores.

Os dados analisados mostram que as espécies estudadas são mais abundantes na estação chuvosa do ano em Stella Maris, segundo os testes $\chi^2$ realizados.

Analisando-se a variação entre cada um dos estádios reprodutivos, observou-se que o gênero *Gracilaria*, de uma forma geral, apresentou um número significativamente maior de indivíduos masculinos e tetraspóricos na coleta de março

($\chi^2$= 8,02 e $\chi^2$=28,09, respectivamente), que se compreende, ainda, no período quente do ano na cidade de Salvador, estando de acordo com o encontrado no verão canadense por Bird *et al.* (1987).

Guimarães *et al.* (1999) estudaram o histórico de vida de *Gracilaria domingensis* através de cultivo e concluíram que o ciclo de vida foi completado em seis meses e os tetrasporófitos tornaram-se férteis em 60 dias, mais rapidamente do que os gametófitos, que levaram até 101 dias para tornarem-se férteis. Esses dados são importantes para compreender o histórico de vida, mas, tendo sido obtidos em situação controlada, é importante associá-los aos dados relativos à mesma espécie em ambiente natural para compreender o comportamento reprodutivo da macroalga e subsidiar cultivos. O gênero *Gracilaria* na praia de Stella Maris, e também em todo o litoral baiano, apresentou maior abundância no mesmo período em que apresentou um número significativamente maior de indivíduos tetraspóricos.

A aplicação do mesmo teste para as espécies mais abundantes (Tab. 2) mostrou que *Gracilaria cuneata* não acompanhou o padrão do gênero, pois se apresentou significativamente menos fértil em março de 2004 do que nas demais coletas ($\chi^2$= 88,36). Esta espécie não apresentou variação significativa no número de indivíduos tetraspóricos ao longo do período, mas apresentou um número significativamente maior de indivíduos cistocárpicos na coleta realizada em agosto de 2004 ($\chi^2$= 7,9). A espécie *G. domingensis* apresentou o mesmo padrão de distribuição fenológico observado para o gênero *Gracilaria*, não apresentando variação no número de indivíduos férteis ao longo do período amostrado e apresentando maior freqüência de indivíduos tetraspóricos em março ($\chi^2$= 14,77), quando analisada a variação entre os estádios reprodutivos.

O padrão reprodutivo de *Gracilaria cuneata* mostrou divergências do padrão observado para o gênero e demais espécies. Percebe-se uma tendência adaptativa desta espécie no sentido de apresentar maior abundância de gametófitos férteis no período frio do ano. Tais diferenças podem representar um caminho para explicar a ocorrência de um grande número de espécies em simpatria no ambiente estudado.

## CONCLUSÃO

Os dados apresentados apontam diferenças nos padrões espaciais e temporais de abundância e na fenologia entre *Gracilaria domingensis* e *G. cuneata*. Ambas foram abundantes nas amostragens realizadas, tendo sido observada uma tendência à alternância na sua ocorrência no tempo e no espaço e também com relação ao período reprodutivo, o que pode indicar um caminho para futuras investigações que visem compreender a especiação em simpatria. O conhecimento dos padrões reprodutivos das espécies de *Gracilaria* em ambiente natural e de sua ecologia representa uma condição para a melhoria das técnicas de manejo para o cultivo de espécies agarófitas.

## BIBLIOGRAFIA

Accioly, M.C. (2005) - Esforços para estabelecer cultivos artesanais de macroalgas marinhas na Bahia. *In:* Sociedade Brasileira de Ficologia (org), *Formação de Ficólogos: um compromisso com a sustentabilidade dos recursos aquáticos*, Publicações Avulsas do Museu Nacional, 10:107-114, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN: 9788574270050

Accioly, M.C.; Oliveira, S.R.C. (2003) – Seaweed farming development as a sustainable alternative for fisheries communities in northeastern Brazil. In: *World Aquaculture 2003: Meeting Abstracts*, p.15, World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, U.S.A. Disponível em https://www.was.org/members/AbstractData.asp?AbstractID=5104

Amarasekare, P. (2003) - Competitive coexistence in spatially structured environments **- A synthesis.** *Ecology Letters***,** 6(12):1109-1122. DOI: 10.1046/j.1461-0248.2003.00530.x

Bellorin, A.M.; Oliveira, M.C.; Oliveira, E. (2002) - Phylogeny and systematics of the Marine algal family Gracilariaceae ( *Gracilaria*les, Rhodophyta) based on small Subunit rDNA and its sequences of Atlantic and Pacific species. *Journal of Phycology,* 38(3):551-563. DOI: 10.1046/j.1529-8817.2002.01152.x

Bird, C.J.; Edelstein, T.; McLachlan, J. (1987) - Studies on Gracilaria occurrence in Atlantic Canada with particular reference to Pomquet Harbour, Nova Scotia. *Le Naturaliste Canadien* (ISSN 0028-0798), 104(3):257-266, Québec, Canada.

Carneiro, M.A.A.; Marinho-Soriano, E.; Plastino, E.M. (2011) - Phenology of an agarophyte *Gracilaria birdiae* Plastino and E.C. Oliveira (Gracilariales, Rhodophyta) in Northeastern Brazil. Revista Brasileira de Farmacognosia, 21(2):317-322. http://www.scielo.br/pdf/rbfar/v21n2/aop6711.pdf

Chesson, P. (2003) - A need for niches. *Trends in Ecology and Evolution***,** 6(1):26-28. DOI 10.1016/0169-5347(91)90144-M

Cordeiro-Marino, M.; Yamaguishi-Tomita, N.; Guimarães, S.M.P.B. (1984) - Algas. 1.3. Algas marinhas bentônicas. *In:* Fidalgo, O. & Bononi, V.LR. (coord.). *Técnicas de Coleta, Preservação e Herborização de Material Botânico*, pp.11-13, Série Documentos. Instituto de Botânica, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 8585131071. Disponível em http://www.slideshare.net/fidalgo111/fidalgo-e-bononi-1989

Cunha, P.L.R.; de Paula, R.C.M.; Feitosa, J.P.A. (2009) - Polissacarídeos da biodiversidade brasileira: uma oportunidade de transformar conhecimento em valor econômico. *Química Nova*, 32(3): 649-660. DOI: 10.1590/S0100-40422009000300009

Engel, C.R.; Destombe, C. (2002) - Reproductive ecology of an intertidal red seaweed, *Gracilaria gracilis*: influence of high and low tides on fertilization sucess. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*, 82(2):189-192. DOI: 10.1017/S0025315402005349.

Foster, M.S. ; Nigg, E.W. ; Kiguchi, L.M. ; Hardina, D.D. ; Pearse, J.S. (2003) - Temporal variation and sucession in an algal-dominated high intertidal assemblage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 289(1):15-39. DOI: 10.1016/S0022-0981(03)00035-2

Guimarães, M.; Plastino, E.M.; Oliveira, E.C. (1999) - Life History, Reproduction and Growth of *Gracilaria domingensis* (Gracilariales, Rhodophyta) from Brazil. *Botanica Marina*, 42(5):481-486. DOI: 10.1515/BOT.1999.055

Gurgel, C.F.D.; Fredericq, S. (2004) - Systematics of the Gracilariaceae (Gracilariales, Rhodophyta): a critical assessment based on *rbcl* sequence analysis. *Journal of Phycology*, 40(1):138-159. DOI: 10.1111/j.0022-3646.2003.02-129.x

Hay, M.E.; Norris, J.N. (1984) - Seasonal reproduction and abundance of six sympatric species of *Gracilaria* Grev. (Gracilariales, Rhodophyta) on a Caribbean subtidal plain. *Hydrobiologia,* 116/117(1):63-71. DOI: 10.1007/BF00027641.

Hoyle, M.D. (1978) - Reproductive phenology and growth rates in two species of *Gracilaria* from Hawaii. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 35(3):273-283. DOI: 10.1016/0022-0981(78)90081-3

Jones, W. E. (1959) - Experiments on some effects of certain environmental factors on *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 38(1):153-167. DOI: 10.1017/S0025315400015666.

Kim, D.H. (1970) - Economically important seaweeds, in Chile-I *Gracilaria. Botanica Marina,* 13(2):140-162. DOI: 10.1515/botm.1970.13.2.140

Lee, R.E. (ed.) (1999) - *Phycology*. 3ª edição, 614p., Cambridge University Press, Cambridge, U.K. ISBN: 0521638836.

Nolasco, M.C. (1998) - *Construções Carbonáticas da Costa Norte do Estado da Bahia (Salvador a Subaúma)*. Dissertação de mestrado, 143p., Universidade Federal da Bahia, BA, Brasil. Não publicado.

Nunes, J.M. de C. (2005) - *Rodofíceas marinhas bentônicas do estado da Bahia, Brasil*. Tese de doutorado, 410p., Universidade de São Paulo, SP, Brasil. Não publicado.

Nunes, J.M. de C.; Paula, E.J. (2002) - Composição e distribuição das Phaeophyta nos recifes da região metropolitana de Salvador, Bahia, Brasil. *Iheringia, Série Botânica* (ISSN: 0073-4705), 57(1):113-130, Porto Alegre, RS, Brasil.

Orduña-Rojas, J.; Robledo, D. (2002) - Studies on the Tropical Agarophyte *Gracilaria cornea* J.Agardh (Rhodophyta. Gracilariales) from Yucatán, México. II. Biomass Assessment and Reproductive Phenology. *Botanica Marina*, 45(5):459-464. DOI: 10.1515/BOT.2002.047

Penniman, C. A. (1977) - Seasonal chemical and reproductive changes in *Gracilaria foliifera* (Forssk.) Borg. from Great Bay, New Hampshire (U.S.A.). Abstract. *Journal of Phycology*, 13(suppl.):53. DOI: 10.1111/j.1529-8817.1977.tb02421.x

Plastino, E.M. (1991) - *Cultivo in vitro, estudos reprodutivos e biossistemática de algas Gracilarióides (Rhodophyta, Gracilariales) de talo cilíndrico.* Tese de doutorado, 170p., Universidade de São Paulo, SP, Brasil.

Plastino, E.M.; Oliveira, E.C. (1997) - *Gracilaria* caudata J. Agardh (*Gracilaria*les, Rhodophyta): restoring an old name for a common western Atlantic alga. *Phycologia*, 36(3):225-32. DOI: 10.2216/i0031-8884-36-3-225.1

Rao, M.U. (1973) - Growth and reproduction in some species of *Gracilaria* and *Gracilariopsis* in the Palk Bay. *Indian Journal of Fisheries*, 20(1):182-192. Disponível em http://eprints.cmfri.org.in/1231/1/Article_15.pdf.

Shea, K.; Roxburgh, S.H.; Rauschert, E.S.J. (2004) - Moving from pattern to process: coexistence mechanisms under intermediate disturbance regimes. *Ecology Letters*, 7(6):491-508. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2004.00600.x

Soriano, E.M. (2005) - Cultivo experimental de Gracilaria no Rio Grande do Norte, Brasil. *In:* Sociedade Brasileira de Ficologia (org), *Formação de Ficólogos: um compromisso com a sustentabilidade dos recursos aquáticos*, Publicações Avulsas do Museu Nacional, v. 10, p.115-124, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN: 9788574270050

Trono, G.C. Jr.; Azanza-Corrales, R. (1981) - The seasonal variation in the biomass and reproductive states of *Gracilaria* in Manila Bay. Proc. Int. *Seaweed Symp*, 10: 743-748.

Revista da Gestão Costeira Integrada 11(4):459-470 (2011)
*Journal of Integrated Coastal Zone Management* 11(4):459-470 (2011)

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS
UNIVALI
http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-278_Portz.pdf
DOI:10.5894/rgci278
GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA
Journal of Integrated Coastal Zone Management

# Ferramentas de Gestão Ambiental Aplicadas na Zona Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil *

## *Tools for Environmental Management Applied to the Coastal Zone of Rio Grande do Sul, Brazil*

L. Portz [@, 1], R.P. Manzolli [1] & I.C.S. Corrêa [2]

**ABSTRACT**

Although the legal basis for the occupation and conservation of the coastal environment are already established, the economic interests added to the pressure by its occupation and use still generate conflicts with its ecological and socio-cultural functions. To mediate these conflicts in Brazil some tools were created, such as the "Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro" (Plan for Coastal Management) (PNGC), which is an initiative of the government to respond adequately to the demands and problems relating to the coastal area: this plan aims at making the zoning of uses and activities and give priority to the conservation and protection of renewable or nonrenewable natural resources; the "Zoneamento Ecológico Econômico" (Ecological-Economic Planning) (ZEE), which is a legal instrument for the land use diagnosis, ensuring environmental quality for water and soil, and also biodiversity conservation; the "Projeto Orla" (project for the seashore), that contributes to the implementation of general guidelines for disciplining the use and occupation of the seashore and, therefore, seeks to reduce the negative effects of the increasing use and destruction in this area; the "Plano de Manejo de Dunas" (Dune Management Plan), which is a plan to control the uses and appropriation of the dunes area, and it also aims at controling the degradation and the recovery of the morphology and its natural vegetation; and the "Cartas SAO" (Oil Spill Sensitivity Maps), that constitutes the primary source of information for delineating response actions in case of oil spills, once it identifies environments with priority of preservation for directing the available resources more efficiently and mobilizing teams for protection and cleaning. This paper includes an assessment of the status and prospects of using these managing tools in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. The existence of these tools helps to manage and, along with the establishment of the legal basis, it contributes to policies for conservation and environmental sustainability. Although it is generally agreed that the perspectives provided by the Federal Law N. 7.661/1988 and Federal Decree N .5.300/2004 should be implemented, the practice has shown some problems in putting these and other instruments into practice. These problems are related to the operational management system and lack of clear standards directed for land use and environmental control. In addition, there is a lack of involvement and responsibility by municipalities in the process of the Integrated Management for the Coastal Zone. Thus, the focus of the environmental agency, responsible for the PNGC and ZEE activities, is in recovery and rehabilitation of degraded or disfigured areas. This focus leaves aside planning activities in regions not

*@ - Autor correspondente: luanaportz@gmail.com*
*1 - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Avenida Bento Gonçalves, 9500. CEP: 91509-900. Porto Alegre, RS, Brasil.*
*2 - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, Avenida Bento Gonçalves, 9500. CEP: 91509-900. Porto Alegre, RS, Brasil.*

** Submissão: 13 Abril 2011; Avaliação: 2 Maio 2011; Recepção da versão revista: 11 Junho 2011; Aceitação: 15 Novembro 2011; Disponibilização on-line: 16 Dezembro 2011*

well development yet (South and Middle Coast). These regions could have a concentrated effort in planning, avoiding in the future conflicts present today in the North Coast. Considering what was just said, in a sustainable scenario, it is likely that the same will not occur in new areas occupied by tourists in the South Coast and Middle Coast. Until now, Rio Grande do Sul municipalities have failed to put into practice management tools. This occurs mainly for three reasons: lack of financial resources to expropriate ecological interest areas; lack of development projects for the preservation and restoration of degraded or threatened areas; and also not hiring inspectors required for control activities. These problems could be minimized through partnerships between the municipalities and the Federal Government or between the municipalities and private companies, thus facilitating the raising of funds. One example is the maintenance and restoration of coastal dunes, which is the municipalities' responsibility, unlike in other places, such as Nova Jersey-USA), where the population has a great role in this process.

Despitee the diversity of tools available to managers, in Rio Grande do Sul there is a lack of their implementation, and today they are focusing either only on one region, such as the ZEE, or on theoretical projects, such as the Dune Management Plan, in which many municipalities took part in the formulation, however, few are putting it into practice.

**Keywords:** PNGC, Orla Project, ZEE, Dune Management, Oil Spill Sensitivity Maps.

***RESUMO***

*Apesar das bases legais para a ocupação e conservação do ambiente costeiro já estarem estabelecidas, os interesses econômicos somados à pressão pela ocupação e uso, ainda geram conflitos com as suas funções ecológicas e socioculturais. Para intermediar estes conflitos foram criados diversos instrumentos como o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), o Projeto Orla, o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), o Plano de Manejo de Dunas, as Cartas de Sensibilidade ao Derrame de Óleo, entre outros, que auxiliam no planejamento do município num período de médio a longo prazo. Este trabalho consta de uma avaliação do estado e das perspectivas da utilização destes instrumentos de gestão no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. A implementação destes instrumentos no Estado tem avançado lentamente, sendo que o foco do órgão ambiental responsável pelas atividades do PNGC e do ZEE encontra-se na recuperação e na reabilitação das áreas degradadas ou descaracterizadas, porém deixando de lado o ordenamento das atividades nas regiões ainda pouco desenvolvidas (litoral médio e sul). Estas regiões onde o estágio de urbanização ainda se encontra em fase inicial poderiam ter um esforço concentrado no planejamento, evitando, no futuro, os conflitos hoje presentes no litoral norte. Em nível municipal, estes ainda não conseguiram colocar em prática os instrumentos de gestão, principalmente por falta de recursos para desapropriar áreas de interesse ecológico, para desenvolver projetos de preservação e recuperação de áreas degradadas ou ameaçadas, além da contratação de fiscais necessários para o controle das atividades. Estes problemas poderiam ser minimizados por meio de convênios entre os municípios e o Governo Federal ou ainda entre empresas privadas, facilitando desta forma a captação de recursos.*

***Palavras chaves:*** *PNGC, Projeto Orla, ZEE, Manejo de Dunas, Cartas SAO.*

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a zona costeira é definida pelo Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC (Lei n.º 7.661/88, Decreto n.º 5.300/04) como sendo o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre com os seguintes limites: I - faixa marítima: espaço que se estende por doze milhas náuticas, medido a partir das linhas de base, compreendendo, dessa forma, a totalidade do mar territorial; II - faixa terrestre: espaço compreendido pelos limites dos municípios que sofrem influência direta dos fenômenos ocorrentes na zona costeira.

Estes municípios serão os: I - defrontantes com o mar, assim definidos em listagem estabelecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE; II - não defrontantes com o mar, localizados nas regiões metropolitanas litorâneas; III - não defrontantes com o mar, contíguos às capitais e às grandes cidades litorâneas, que apresentem conurbação; IV - não defrontantes com o mar, distantes até cinquenta quilômetros da linha da costa, que contemplem, em seu território, atividades ou infra-estruturas de grande impacto ambiental na zona costeira ou ecossistemas costeiros de alta relevância; V - estuarino-lagunares, mesmo que não diretamente defrontantes com o mar; VI - não defrontantes com o mar, mas que tenham todos os seus limites com municípios referidos nos itens de I a V e VII - desmembrados daqueles já inseridos na zona costeira.

Com esta definição, a zona costeira brasileira estende-se por mais de 10.800 Km, quando considerados os recortes e as reentrâncias naturais da costa e possui uma área de aproximadamente 514 mil km$^2$ (Zamboni & Nicolodi, 2008).

Inserida na zona costeira a orla marítima pode ser definida como uma unidade geográfica delimitada pela faixa de interface entre a terra firme e o mar. Esse ambiente caracteriza-se pelo equilíbrio morfodinâmico, no qual interagem fenômenos terrestres e marinhos, sendo os processos geológicos e oceanográficos os elementos básicos de conformação dos principais tipos de orla, como: costas rochosas; falésias; praias arenosas; praias de seixos; planícies lamosas; manguezais e formações recifais. A estes fatores se associam condicionantes geográficos como o clima, a orografia e a hidrografia (Freire, 2002).

Os limites da orla marítima são, na zona marítima, a isóbata de dez metros, ou seja, a profundidade na qual a ação das ondas passa a sofrer influência da variabilidade topográfica do fundo marinho, promovendo o transporte de sedimentos; e terrestre, a cinquenta metros em áreas urbanizadas ou duzentos metros em áreas não urbanizadas, demarcados na direção do continente a partir da linha de preamar ou do limite final de ecossistemas, tais como as caracterizadas por feições de praias, dunas, áreas de escarpas, falésias,

costões rochosos, restingas, manguezais, marismas, lagunas, estuários, canais ou braços de mar, quando existentes, onde estão situados os terrenos de marinha e seus acrescidos.

A ocupação da zona costeira no Brasil vem se intensificando nas últimas décadas, decorrente de três vetores prioritários de desenvolvimento: a urbanização, a industrialização e a exploração turística (Moraes, 1999). Além desses vetores destacam-se, também, as migrações intra-regionais, a reestruturação produtiva e as emancipações municipais com a inserção de novos contingentes populacionais, de usos e atividades nos municípios litorâneos. A contextualização desses processos é essencial para o entendimento da dinâmica socioespacial da zona costeira brasileira na atualidade.

Em nível nacional, a urbanização, advinda das atividades turísticas e de veraneio, nas áreas litorâneas, vem se caracterizando pela forte segregação socioespacial entre os setores residenciais da população sazonal e da população permanente. As localizações privilegiadas junto à orla são destinadas aos veranistas e turistas, por meio de loteamentos para fins de segunda residência, hotéis e, mais recentemente, condomínios verticais e horizontais (Macedo, 1998).

O Rio Grande do Sul acompanhou a tendência nacional de urbanização de seu território, sendo a configuração territorial, produto das formações socioeconômicas que se constituíram ao longo do tempo, caracterizadas pela diversidade cultural e pelas desigualdades regionais (Strohaecker, 2007).

Apesar das bases legais para a ocupação e conservação deste ambiente já estarem estabelecidas, os interesses econômicos somados à pressão pela ocupação e uso, ainda geram conflitos com as suas funções ecológicas e socioculturais. Para intermediar estes conflitos se fazem necessários estudos interdisciplinares e a elaboração de documentos, como os planos de manejo integrados, o Zoneamento Ecológico Econômico, as Cartas de Sensibilidade ao Óleo, entre outros, que auxiliam no planejamento do município de médio e longo prazo.

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo elucidar o panorama da utilização destes instrumentos pelos gestores no Estado do Rio Grande do Sul.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A costa do Rio Grande do Sul desde Torres, ao norte, até a desembocadura do Arroio Chuí, ao sul, é constituída por uma ampla planície costeira com cerca de 620 km de comprimento e até 120 km de largura, onde um sistema de barreiras arenosas aprisiona um gigantesco sistema lagunar (complexo lagunar Patos-Mirim), e uma série de outros corpos de água isolados ou interligados com o mar por intermédio de canais estreitos e rasos (Villwock, 1994). A atual linha de costa da planície costeira do Rio Grande do Sul apresenta uma orientação geral Nordeste-Sudoeste com praias arenosas.

Atualmente a FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS) subdivide a zona costeira do estado em 3 áreas distintas, litoral sul, litoral médio e litoral norte (Fig. 1). O litoral sul abriga um dos mais relevantes ecossistemas naturais do Estado, onde os banhados e as áreas úmidas associadas às lagoas e cursos d'água constituem aspecto dominante na paisagem. Esta região sofre o impacto do uso abusivo da agricultura e pecuária, em virtude da sua formação geológica recente, cuja vegetação se encontra ancorada em uma tênue camada de solo arenoso, apresentando também áreas de silvicultura, com espécies exóticas. O turismo voltado para recreação, entretenimento ou descanso em praias neste trecho do litoral se concentra no balneário Cassino, atraindo uma parcela muito grande da população da metade sul do Estado.

O litoral médio compreende áreas do entorno da Lagoa dos Patos, verificando-se importantes diferenças ambientais e socioeconômicas entre a porção a leste e a porção a oeste da laguna. A porção leste é formada por uma extensa barreira arenosa que separa a laguna do oceano. Esta barreira arenosa comporta ecossistemas marinhos e lagunares. As atividades econômicas nesta região são incipientes, mas localmente importante, sendo a agropecuária e a silvicultura as principais geradoras de renda. Nesta porção do litoral do RS o turismo ainda é pouco explorado, mas as atividades de veraneio são a principal atividade de lazer para a comunidade local.

A porção oeste do litoral médio compreende municípios com praias de água doce da Lagoa dos Patos. Existe uma grande heterogeneidade espacial neste trecho, apresentando matas nativas bem preservadas, banhados de água doce permanentes, lagoas interiores, dunas e marismas. A ocupação humana está em ampla expansão, com atividades econômicas voltadas a agricultura, a pecuária e a silvicultura. Já o turismo e o veraneio são atividades econômicas de pequena representatividade, mas que também se encontram em expansão.

O litoral norte compreende uma faixa arenosa, relativamente estreita, que separa o mar da serra geral. Tendo sua economia preponderantemente associada às atividades turísticas e de veraneio, esta região apresenta um elevado grau de urbanização e também é nesta região que estão localizados os quatro municípios com maior taxa de crescimento do Estado.

## 3. GERCO e PNGC

O Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro (GERCO) e o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) são iniciativas do Governo Brasileiro para responder adequadamente às demandas e problemas referentes à zona costeira, a partir de propostas onde o ordenamento territorial e o disciplinamento de usos do solo aparecem como eixo articulador das ações desenvolvidas localmente.

O PNGC foi constituído pela Lei n.º 7.661, de 16 de maio de 1988, cujo detalhamento e operacionalização foram objeto da Resolução n.º 01/90 da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), de 21 de novembro de 1990, aprovada após audiência do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA).

Este plano foi criado para realizar o zoneamento de usos e atividades na zona costeira e dar prioridade à conservação e proteção dos recursos naturais renováveis e não renováveis.

O PNGC tem sido implementado pelo GERCO, e tem como objetivo preponderante planejar e gerenciar, de forma integrada, descentralizada e participativa, as atividades socioeconômicas na zona costeira, de forma a garantir sua

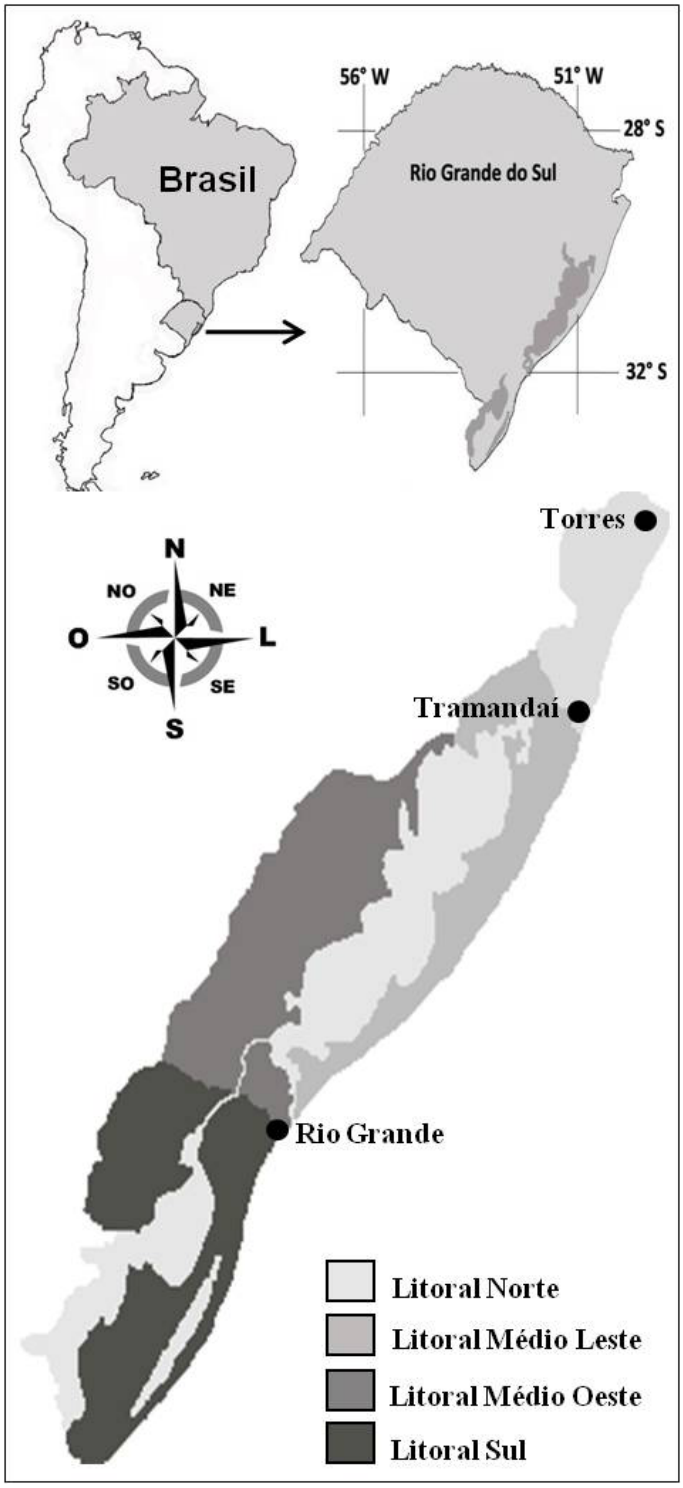


**Figura 1.** Mapa da área de estudo, com a divisão da zona costeira do Rio Grande do Sul em 4 regiões.
***Figure 1.*** *Study area map, with the Rio Grande do Sul coastal zone division in four regions.*

utilização sustentável, por meio de medidas de controle, proteção, preservação e recuperação dos recursos naturais e ecossistemas costeiros.

A primeira versão do PNGC (PNGC I) foi instituída por meio da Resolução CIRM n.º 01 de 1990, nessa fase inicial, o processo de implementação restringiu-se à elaboração de material cartográfico (Polette *et al.*, 2006). Tentou-se combinar critérios naturais com critérios métricos absolutos, chegando a uma definição que propunha medidas quantitativas fixas na delimitação da zona costeira. Tal proposta, ao passar pela aplicação prática, revelou-se problemática e de difícil operacionalização, devido à extensa e diversificada costa brasileira (Freire, 2002).

No período entre 1991 e 1997, o PNGC I foi reestruturado e reformulado, sendo aprovado o segundo PNGC (PNGC II). Foram reavaliados todos os entraves de cunho metodológico, operacional e institucional (Moraes, 1999). Os avanços mais importantes concentraram-se na elaboração dos zoneamentos costeiros, no treinamento das equipes dos órgãos ambientais estaduais, na criação de parcerias e convênios para o desenvolvimento de ações conjuntas em nível intergovernamental, na criação de fóruns interinstitucionais de discussão e formulação de ações de planejamento costeiro, a exemplo da Câmara Técnica de Gerenciamento Costeiro no âmbito do CONAMA (Polette *et al.*, 2006).

O PNGC II fortaleceu o conceito de gestão, e além dos instrumentos de gerenciamento ambiental, previstos no Art. 9º da Lei n.º 6938/1981, foram criados os seguintes instrumentos de gestão: Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro – PEGC; Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro (PMGC); Sistema de Informações de Gerenciamento Costeiro (SIGERCO); Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira (SMA-ZC); Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira (RQA-ZC); Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (ZEEC) e Plano de Gestão da Zona Costeira (PGZC).

Além disso, esse novo plano inovou ao acentuar as responsabilidades dos setores federais e municipais, em parceria com a sociedade civil organizada, na condução dos planos em nível estadual. Tem-se nesta estrutura de funcionamento do Programa o Ministério do Meio Ambiente como coordenador e os 17 Estados litorâneos como executores, os quais buscam integrar suas ações com os municípios.

Em dezembro de 2004 a Lei n.º 7661/88 foi regulamentada pelo Decreto Federal n.º 5.300, estipulando maiores normas para o uso e ocupação da zona costeira e estabelecendo critérios de gestão da orla marítima, além de instituir o Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima - Projeto Orla.

### 3.1 Gerenciamento Costeiro no Rio Grande do Sul

Com mais de 20 anos de estabelecimento da Lei n.º 7661/88, a institucionalização do Gerenciamento Costeiro no Brasil ainda caminha lentamente. Apenas 8 dos 17 Estados costeiros, apresentam órgãos específicos para tratar deste assunto e 9 Estados possuem um plano de gerenciamento costeiro (Jablonski & Filet, 2008).

O Estado do Rio Grande do Sul iniciou seu Programa de Gerenciamento Costeiro, em 1988 e desde então, a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM) é a executora estadual do programa, tendo seu foco na recuperação e reabilitação das áreas degradadas ou descaracterizadas.

Um passo importante para o Gerenciamento Costeiro no Estado foi dado pela FEPAM, que, em 2001, iniciou um processo de gestão ambiental da faixa de praia do litoral norte, tendo como base de discussão um diagnóstico realizado em setembro do mesmo ano e que apontou a situação atual da orla de dez municípios litorâneos, que compõem este trecho do litoral, quanto a sua utilização por quiosques e outros estabelecimentos comerciais. A partir dos problemas detectados e da necessidade do equacionamento destes foram realizadas reuniões com representantes do poder público municipal, Ministério Público Estadual e Patrulha Ambiental da Brigada Militar onde foram estabelecidos os elementos mínimos que integram o Plano Municipal de Uso da Faixa de Praia, os prazos para o seu atendimento e os critérios ambientais estabelecidos pela FEPAM (Anele *et al.*, 2007).

A perspectiva de concretização das melhorias ambientais propostas nos planos, tais como diminuição da contaminação por efluentes de águas servidas, padronização das construções e possibilidade de uma fiscalização mais efetiva, permite concluir que houve uma importante contribuição para a melhoria da qualidade ambiental da orla marítima, legitimada pelo envolvimento da comunidade e pelo comprometimento do poder público municipal, em articulação com o órgão ambiental estadual.

Por outro lado, desde a implantação do programa, houve um enfoque voltado apenas para o litoral norte, sendo que a continuação do programa no Estado necessita urgentemente de implementação de ações de gestão no litoral médio e no litoral sul, áreas de grande importância ambiental, com presença de uma grande diversidade biológica e com ecossistemas de importância a nível mundial como o Parque Nacional da Lagoa do Peixe e da Estação Ecológica do Banhado do Taim. Estas áreas, apesar de protegidas legalmente, vêm sofrendo pressões de ocupação e exploração crescentes, principalmente, por meio do aumento e dispersão de espécies exóticas (ex: *Pinus sp.*) e de lavouras de arroz. Com a conclusão da pavimentação da BR 101, ao longo do litoral médio leste, estes problemas tenderão a aumentar, considerando-se as facilidades de escoamento dos produtos gerados.

## 4. PROJETO ORLA

O Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima (Projeto Orla), coordenado em conjunto pelo Ministério do Meio Ambiente, por meio da Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental (MMA/SMQA) e pelo Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, por meio da Secretaria do Patrimônio da União (MP/SPU), visa contribuir para a aplicação de diretrizes gerais de disciplinamento de uso e ocupação de um espaço que constitui a sustentação natural e econômica da zona costeira, a Orla Marítima (Zamboni & Vilanova, 2002).

Este projeto é considerado uma atuação do Plano de Ação Federal para a zona costeira (PAF), por meio do Programa de Uso da Terra, tendo como grande desafio a diversidade de ambientes e conflitos nos mais de 8.500 km de extensão da faixa de praia brasileira.

Os seus objetivos estão baseados nas seguintes diretrizes: 1) fortalecimento da capacidade de atuação e articulação de diferentes atores do setor público e privado na gestão integrada da orla, aperfeiçoando o arcabouço normativo para o ordenamento de uso e ocupação desse espaço; 2) desenvolvimento de mecanismos de participação e controle social para sua gestão integrada; 3) valorização de ações inovadoras de gestão voltadas ao uso sustentável dos recursos naturais e da ocupação dos espaços litorâneos.

Desta forma, este projeto busca minimizar os efeitos negativos do crescente uso e da ocupação desordenada da orla marinha, em decorrência da fragilidade dos ecossistemas presentes e da sua função ecológica, econômica e social.

Para a formulação deste projeto foram observados os meios legais, no que diz respeito às políticas ambiental e patrimonial brasileira.

Em 2002, o Ministério do Meio Ambiente lançou uma coleção de livros com os fundamentos do projeto (Freire, 2002), o manual de gestão (Zamboni & Vilanova, 2002) e os subsídios para uma gestão integrada (MMA/MPO, 2004). Esta coleção tornou-se um guia para os gestores e uma importante fonte de consulta.

O Projeto Orla foi estruturado em 3 etapas. A primeira consiste na construção dos procedimentos técnicos para a gestão descentralizada, construindo a base conceitual e metodológica, que depois de validadas, em 5 estudos de caso, foram publicadas na coleção de livros citada acima.

A segunda etapa foi a capacitação dos gestores locais, para a concepção de um plano de intervenção realizado por meio da articulação e parceria entre o governo e a sociedade. Este plano consta de um diagnóstico ambiental e socioeconômico com a classificação da orla e a elaboração de cenários de usos desejados; uma proposta de ação com identificação e caracterização dos conflitos, dos problemas relacionados a cada conflito e com as ações e medidas estratégicas; e as estratégias de implantação do plano e de acompanhamento e avaliação. Esta etapa é desenvolvida por meio de oficinas que incluem representantes do Estado e das prefeituras, segmentos da sociedade que possuem interesse no projeto, como o setor hoteleiro, imobiliário, portuário, entre outros.

A última etapa consiste na celebração de um Convênio de Cooperação Técnica entre a União e os municípios, estruturando o compartilhamento das atribuições e ações de cada um na gestão da orla.

Desde sua implantação, em 2001, o programa capacitou 58 municípios, em 14 Estados, incluindo o Rio Grande do Sul, sendo que 26 deles já assinaram convênios com a Secretaria do Patrimônio da União e Ministério do Meio Ambiente, visando o compartilhamento na gestão e aproximação das Políticas Ambientais e Patrimoniais, com desdobramento junto aos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente (Oemas) e às Gerências Regionais do Patrimônio da União (GRPUs).

A análise do conjunto das ações priorizadas pelos municípios participantes do Projeto Orla em seus respectivos planos de gestão permitiu identificar as principais demandas destacando-se os seguintes temas: projetos de urbanização, definição de acessos a praia e construção de passarelas elevadas; saneamento ambiental; elaboração ou revisão do plano diretor e seus instrumentos complementares; capacitação e fortalecimento comunitário; manejo de

ecossistemas costeiros; ordenamento de atividades associadas à pesca e maricultura; controle e prevenção de erosão e ações para o ecoturismo.

### 4.1 Projeto Orla no Rio Grande do Sul

No Rio Grande do Sul, o Projeto Orla, teve sua primeira ação em 2003, quando a FEPAM e a METROPLAN (Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional) desenvolveram a 1ª Oficina de Capacitação do Projeto Orla no Rio Grande do Sul, com participação de representantes de órgãos nacionais, estaduais e municipais, além da sociedade civil organizada, como membros dos setores hoteleiro e comercial, associações de moradores, clubes e ONGs. O evento foi um marco para o início das ações do projeto no Estado, e nesta época foram desenvolvidos os Planos de Gestão Integrada (PGIs) de Capão da Canoa, Arroio do Sal, Rio Grande e Torres, durante os anos de 2004 e 2005.

Entre 2005 e 2009 os municípios do litoral desenvolveram ações individuais de gestão urbana e ambiental, e algumas destas experiências foram relatadas na 1º Oficina Estadual de Mobilização do Projeto Orla no Estado. Esta oficina, realizada nos dias 05 e 06 de outubro de 2009 pela Superintendência do Patrimônio da União no Rio Grande do Sul, contou com a presença de representantes de prefeituras dos municípios e de membros de órgãos estaduais de planejamento urbano e ambiental. O objetivo do evento foi retomar as ações do Projeto Orla no Estado, com participação da União, do Estado e dos municípios, buscando reativar as redes institucionais e estruturar um canal de comunicação permanente entre os atores governamentais e sociais envolvidos com a gestão da orla, a fim de estabelecer um perfil de continuidade para o Projeto Orla.

O evento apresentou resultados positivos, como a criação e reconstrução de redes de comunicação entre as prefeituras, órgãos estaduais e a União, além do interesse dos representantes das prefeituras presentes em participar de um projeto mais amplo de gestão da orla. Por outro lado, identificou-se a presença ainda tímida das prefeituras na oficina, com um retorno de público aquém do esperado. Contudo, o trabalho exige um empenho no sentido de fortalecer os vínculos institucionais, conferindo embasamento estatal para os municípios interessados em desenvolver o projeto, buscando posteriormente a multiplicação de ações e de canais de diálogo entre as instituições estaduais e federais e a municipalidade (SPU, 2010).

Atualmente, nenhum município do litoral do Rio Grande do Sul assinou o convênio com a Secretaria do Patrimônio da União e o Ministério do Meio Ambiente. É possível observar que o poder público municipal está se eximindo de sua fundamental responsabilidade de definir regras e interferir no tecido urbano, seja pela falta de profissionais qualificados no seu quadro de funcionários, seja pela falta de estímulos, inclusive financeiros.

## 5. ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO (ZEE)

Inicialmente encontramos referências legislativas ao Zoneamento Ambiental tanto no Código Florestal, que disciplina as reservas de floresta legal na Amazônia, quanto na Política Nacional do Meio Ambiente, Lei Federal n.º 6.938/81, que em seu art. 9º, II, o coloca na condição de um de seus instrumentos de política ambiental ao lado de muitos outros, como o licenciamento ambiental. Sendo que, este termo leva em consideração apenas o aspecto preservacionista, referentes ao meio ambiente.

Com a regulamentação do Art. 9º, pelo Decreto n.º 4.297/2002, o Zoneamento Ambiental alargou seu campo de atuação recebendo a denominação de Zoneamento Ecológico Econômico.

Dentro da Política Nacional de Meio Ambiente, o ZEE é um instrumento legal de diagnóstico do uso do território. Visando assegurar a qualidade ambiental dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, o ZEE gera subsídios para o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população.

O zoneamento consiste em um dos mais importantes instrumentos de gestão ambiental do governo brasileiro voltado para o planejamento do desenvolvimento territorial em bases sustentáveis. Segundo suas diretrizes metodológicas a sustentabilidade é a premissa básica para identificar potencialidades e limitações ecológicas, econômicas e sociais, e, portanto, esse conceito serve de pressuposto para todas as etapas do zoneamento (Pires, 2006).

O resultado final deste instrumento dividirá o território em zonas, de acordo com as necessidades de proteção, conservação e recuperação dos recursos naturais, observando o meio ambiente, a socioeconomia e os marcos jurídicos, definindo as potencialidades econômicas, fragilidades ecológicas e as tendências de ocupação, incluindo também as condições de vida da população. Essas informações reunidas irão compor cenários com diretrizes para a tomada de decisões e investimentos.

O ZEE existe há cerca de 20 anos no país em nível federal, sendo um Programa do Plano Plurianual (PPA), de caráter multisetorial e descentralizado, gerenciado pelo Ministério do Meio Ambiente e com executores federais, estaduais e municipais.

Voltado especificamente para a região costeira existe o Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro (ZEEC) que apesar das semelhanças em termos de finalidade e metodologia, são instrumentos provenientes de dois programas governamentais distintos. O ZEE é um instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), enquanto que o ZEEC é um instrumento do PNGC, coordenado pelo GERCO. De acordo com o Decreto n.º 5.300/04, o ZEEC orienta o processo de ordenamento territorial, necessário para a obtenção das condições de sustentabilidade da zona costeira, em consonância com as diretrizes do Zoneamento Ecológico-Econômico do território nacional.

Para orientar a formulação do ZEEC, o Decreto n.º 5.300/04 possui como anexo um quadro orientador, este divide a zona costeira em 5 classes, que vai da zona 1, que são zonas que "mantém os ecossistemas primitivos em pleno equilíbrio ambiental" até a zona 5, definida como "zonas que apresentam a maior parte dos componentes dos ecossistemas primitivos degradada ou suprimida".

Até a sua finalização os ZEEs passam por diversas esferas, recebendo apoio nas diferentes etapas de seu

desenvolvimento, as quais vão da elaboração por seus idealizadores, discussão com a sociedade em audiências públicas até a aprovação pelos órgãos competentes, como Assembléias Legislativas e comissões coordenadoras do ZEE. Nesta etapa o zoneamento pode ou não ser transformado em um instrumento normativo, como uma lei estadual ou municipal, ou ainda pode tornar-se documento meramente propositivo e orientador de políticas públicas, como planos de ação governamental, definidores de usos prioritários no território.

Em termos de implementação, este se encontra totalmente elaborado e regulamentado em apenas cinco Estados, sendo que o Rio Grande do Sul não se encontra entre estes, e na maioria dos demais Estados, os zoneamentos já foram elaborados, porém ainda não estão regulamentados por motivos diversos (Souza, 2009).

Espera-se que o ZEE, como instrumento de gestão que se propõe não só a levantar o conhecimento científico disponível das condições físicas e socioeconômicas e também a estabelecer a participação sistemática dos agentes sociais, atue na negociação e no ajuste entre as diversas visões locais sobre o desenvolvimento sustentável. Ou seja, poderá ser a principal alavanca do tão falado desenvolvimento local (Veiga, 2001).

De outro lado, críticas ao Zoneamento dizem respeito à dificuldade de determinar a vocação de cada região respeitando diferentes grupos de interesse, num processo que em geral custa caro e leva tempo para ser construído. Outro fator que dificulta o processo são os interesses pessoais, evidenciados nas consultas públicas (audiências públicas).

Todo este procedimento se dá pela obrigatoriedade de se seguir o ZEE na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas, tendo desta maneira seu alcance superestimado.

Por fim, estas críticas não limitam a pretensão de abrangência dessa ferramenta ambiental, importantíssima para assegurar a qualidade ambiental, dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, e desta maneira garantir o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população.

### 5.1 ZEEC no Rio Grande do Sul

No Estado do Rio Grande do Sul, a FEPAM vem desenvolvendo o programa de ZEEC apenas para o litoral norte, área que abrange os municípios de Torres a Pinhal, sendo os resultados incluídos na publicação "Diretrizes Ambientais para o Desenvolvimento dos Municípios do Litoral Norte do Rio Grande do Sul" (Dobrovolski & Laydner, 2000).

As diretrizes apresentadas neste documento são o resultado de mais de uma década de estudos técnicos e debates públicos sobre o gerenciamento costeiro no litoral norte do Rio Grande do Sul. Esses trabalhos foram conduzidos pela equipe técnica do Programa de Gerenciamento Costeiro da FEPAM (GERCO/RS). A escolha do litoral norte para início dos trabalhos deveu-se à intensidade de sua ocupação e, portanto, à transformação de seus ambientes.

As macrodiretrizes estabelecidas no Zoneamento Ecológico-Econômico reconhecem que a manutenção da qualidade ambiental da região é também um elemento estratégico para o seu desenvolvimento socioeconômico a longo prazo.

Considerando-se que o ZEEC expressa às diretrizes regionais de uso dos recursos naturais, a aplicação dessas diretrizes em nível municipal deve passar por uma interpretação de caráter local. Para atender esse objetivo propõe-se que cada município, de posse das restrições e potencialidades estabelecidas no ZEEC regional, busque identificar em seu território as restrições e potencialidades locais, demarcando-as e determinando as subzonas sobre as quais deverão ser definidos os usos permitidos e proibidos. Esses usos deverão refletir o cenário que se espera para a região, bem como o tipo de ocupação adequada para suas condições ambientais locais.

O processo de elaboração do ZEEC ocupou duas fases distintas: a primeira, de produção de dados e formulação de uma proposta técnica, e a segunda, composta pelas discussões públicas com a sociedade.

O produto técnico da primeira fase, iniciada em 1988, obedeceu a uma metodologia proposta pela coordenação nacional do projeto GERCO, e para sua elaboração foram produzidas 13 cartas temáticas da região que permitiram uma visão integrada da área. A proposta final para o litoral norte considerou as expectativas da comunidade local que foi ouvida durante os anos de 1997 e 1998.

A implementação das diretrizes do ZEEC somente será possível por meio de ampla mobilização social e da cooperação entre governo estadual e governos municipais. Entretanto, o papel dos municípios, por meio de intervenções diretas ou por meio da mobilização de suas comunidades, é sem dúvida central. Porém estas intervenções não estão sendo colocadas em práticas e não se observa articulações por parte das comunidades.

Por fim, mesmo sendo o ZEEC no litoral norte vinculado ao GERCO, a FEPAM o define como ZEE.

## 6. PLANO DE MANEJO DE DUNAS

As dunas costeiras e a vegetação natural são partes essenciais das praias arenosas. Elas ajudam a preservar as características do ambiente costeiro, protegendo-o contra a ação de ressacas e ondas de tempestades.

Devido à grande atração que as pessoas sentem em relação ao mar, o desenvolvimento urbano nos municípios litorâneos acaba por se dar o mais próximo possível da praia, alterando sua estrutura original.

Esta prática gera um processo de degradação, reportada em diversos artigos, sendo alguns destes problemas: extração de areia das dunas usada como aterro na construção civil (Hesp, 2002); ação de pastagem pelo gado sobre a gramínea *Panicum racemosum* (principal espécie formadora e fixadora de dunas) (Rosa & Cordazzo, 2007), este impacto tem reduzido a capacidade de retenção de areia nas dunas frontais do sul do Brasil, permitindo assim, que grande parte da areia migre para áreas anteriormente estabilizadas; utilização das dunas como locais para plantações de espécies exóticas, como por exemplo, *Pinus elliottiis* e *Eucalyptus sp*. na costa sul do Brasil (Cordazzo *et al.*, 2006), as quais diminuem os recursos de nutrientes do substrato, aumentam a acidificação

do solo, além de alterar o equilíbrio hídrico do ambiente; e a introdução acidental de espécies exóticas (resultantes da limpeza de jardins, deposição de lixo orgânico, etc) ou intencional (usadas em programas de fixação e estabilização de areia), tais como *Carpobrotus chilensis*, tem resultado na formação de comunidades vegetais totalmente diferentes das originais (Portz, 2008).

Os efeitos da dinâmica natural, combinados com as perturbações antrópicas, podem levar a uma desestabilização da integridade do ambiente costeiro, induzindo a mudanças profundas das unidades fisiográficas, quase sempre com uma significativa redução na biodiversidade.

Neste sentido, os interesses econômicos e a pressão pelo uso e ocupação do ambiente de dunas geram conflitos com as suas funções ecológicas e socioculturais, sendo necessário, para garantir a sustentação e a harmonia destes interesses de forma simultânea, ações de planejamento e gestão de modo a reduzir estes conflitos. Entre estas, a implementação de programas de manejo de dunas torna-se uma importante ferramenta para a conservação deste ambiente, já que neste tipo de planejamento se prevêem os possíveis usos do ambiente nas diferentes esferas, em um longo período de tempo.

O plano ao controlar as formas de utilização e apropriação do espaço de dunas, além de controlar a degradação da vegetação, destaca as implicações do Código Florestal Brasileiro (Artigo 3º) que considera este ambiente como área de preservação permanente.

### 6.1 Plano de manejo de dunas no Rio Grande do Sul

No Rio Grande do Sul, os planos de manejo devem seguir as orientações estabelecidas pela FEPAM, por meio do Of. Circular FEPAM/PRES/12-04, sendo alvo de licenciamento ambiental. Este é um procedimento administrativo realizado pelo órgão ambiental competente, neste caso estadual, para licenciar a instalação, ampliação, modificação e operação de atividades e empreendimentos que utilizam recursos naturais, que sejam potencialmente poluidores ou que possam causar degradação ambiental.

Dentre os municípios que apresentam atividades de preservação e recuperação do sistema de dunas, o balneário Cassino, localizado no município de Rio Grande, denota as datas mais antigas. Em 1986, o NEMA (Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental) iniciou os trabalhos de recuperação do sistema de dunas, desenvolvendo um plano-piloto em uma área de 800 $m^2$.

Neste local, o cordão de dunas havia sido suprimido por meio da atividade de extração de areia, e com o uso de galhação (material oriundo das podas de árvores) após um ano, foram obtidos resultados positivos com o acúmulo de areia e a recuperação do cordão frontal (Fig. 2). Desde 1989, as atividades contam com o apoio contínuo da prefeitura municipal de Rio Grande, por meio da Autarquia do Balneário Cassino e da Secretaria Municipal de Pesca, Agricultura e Meio Ambiente.

Nos demais municípios os planos de manejo só se iniciaram a partir de 2004 com a publicação do oficio circular. Com a publicação deste, o órgão ambiental não mais analisará intervenções isoladas para atividades no ambiente de dunas,

**Figura 2.** Fotografias da praia do Cassino, Rio Grande, RS. Na fotografia de 1996 pode ser observada a área sem presença de dunas. Em 2003 esta mesma área com projeto de recuperação das dunas já em andamento, com o restabelecimento da topografia e da vegetação.
Fotografia do portal do NEMA (http://www.nema-rs.org.br).
***Figure 2.*** *Photographs of Cassino beach, Rio Grande, RS. In 1996 photograph is possible to observe the area without the dunes presence. And, in 2003 photograph, this same area with the recovery project already in progress, with restoration of topography and vegetation. Photo from NEMA web site (http://www.nema-rs.org.br).*

devendo todas as proposições estarem previstas em um plano de manejo a ser encaminhado pelas municipalidades, buscando-se desta forma que a formulação das intervenções físicas deixe de ser pontual, passando a considerar o conjunto das intervenções necessárias e a dinâmica do ambiente onde está inserida.

O desenvolvimento de projetos de manejo no sistema de dunas passa pela integração e análise de grande quantidade de dados, como a caracterização ambiental e de ocupação da orla, visando a sua setorização e a determinação de prioridades às intervenções e demandas do município.

Neste sentido, os planos de manejo de dunas desenvolvidos nos municípios do Rio Grande do Sul, conforme pesquisa direta com os municípios, mesmo não apresentando a mesma metodologia levantaram dados similares, como exemplo: acessos à praia, cursos de drenagem, ocupações irregulares e loteamentos, usos da praia e das dunas (presença de quiosques, áreas de pesca e surfe, etc), assim como a realização de perfis topográficos e a ecologia das dunas. Estes dados serviram como base para a identificação e ordenamento dos diferentes usos e das atividades desenvolvidas na orla costeira, assim como para a obtenção da classificação das praias de acordo com seus usos predominantes. Estes dados também serviram

para a valoração e qualificação das praias consideradas estratégicas por motivos ambientais ou turísticos, para identificar os melhores caminhos para o desenvolvimento das atividades específicas da orla costeira e para a defesa e conservação deste ambiente.

Dentre os municípios que já concluíram pelo menos a primeira etapa de diagnostico do ambiente estão Torres, Xangri-lá, Imbé, Capão da Canoa, Tramandaí, Cidreira, Osório, Palmares do Sul, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar, sendo que os municípios de Arroio do Sal e Mostardas estão com seus planos em elaboração.

Os municípios que já concluíram seus planos e já receberam a licença de operação começaram a implementação dos mesmos. Estes incluem a instalação de passarelas, replantio de espécies nativas e até a reconstrução de linhas de dunas degradadas com o auxílio de cercas para retenção de areia. Em algumas praias, a intervenção já começa a resultar no aumento da densidade da vegetação nativa.

No litoral norte, o município de Osório avança no processo de recuperação com a demarcação dos acessos a praia por meio de estacas de madeira. O objetivo desta ação é que os veranistas usem esses caminhos, para acessar a beira da praia, e assim evitando prejudicar a fauna e a vegetação e permitindo a fixação das formações.

O fato de alguns municípios já terem concluído seus planos e outros nem iniciado o processo, denota da necessidade e do interesse de cada município em realizarem obras ou atividades nesta área, uma vez que a FEPAM não mais analisa intervenções isoladas para atividades no ambiente de dunas. Um exemplo da necessidade de desenvolver os planos ocorre na Praia do Farol da Solidão, balneário do município de Mostardas, onde os habitantes e veranistas requerem a ligação de energia elétrica na região. Mesmo não sendo necessário licenciamento ambiental em redes de distribuição elétrica com baixa tensão, a empresa que realiza os serviços deve obter licenças específicas para intervir na vegetação ou em áreas de preservação permanente, como é o caso das áreas dunares. Porém como o município ainda não possui o plano de manejo estas atividades devem aguardar a finalização deste processo para poder obter as licenças necessárias para a instalação elétrica. Desta forma todos os pedidos de ligação de eletricidade próximos de áreas ambientalmente sensíveis, como banhados e dunas, aguardam a finalização do plano para serem atendidos.

Com a implementação dos planos pelos municípios espera-se que ocorra um aumento do grau de conservação e manejo do ecossistema de dunas do litoral do Rio Grande do Sul, por meio do controle e ordenamento das atividades neste ambiente e da recuperação das áreas em processo de degradação.

Aparentemente os planos de manejo de dunas e o Projeto Orla apresentam sobreposição quanto aos objetivos e aos resultados, porém estes passam por processos diferenciados perante o órgão ambiental responsável. O fato de o plano de manejo de dunas ser um processo de licenciamento ambiental, o município obtém no final do processo uma licença para realizar intervenções no ambiente dunar, enquanto que o Projeto Orla é considerado mais amplo, trabalhando principalmente com o fortalecimento da capacidade de atuação e articulação de diferentes atores do setor público e privado na gestão integrada da orla.

## 7. CARTAS DE SENSIBILIDADE AO DERRAME DE ÓLEO (CARTAS SAO)

Os mapeamentos de áreas sensíveis ao óleo tiveram sua origem nos estudos dos planos de contingência dos Estados Unidos da América, em meados dos anos 1970. Com o passar dos anos e, com o aprendizado vivenciado durante as operações de combate ao óleo derramado, foram sendo elaborados trabalhos cada vez mais completos. No Brasil, os primeiros trabalhos desenvolvidos foram, entre outros, os de Awazu *et al.* (1986), Schaeffer-Novelli (1990), Lamparelli *et al.* (1999) e da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para o litoral de São Paulo, o de Teubner Jr. (1993), para o litoral do Espírito Santo, o de Tomassi (1994) para as regiões sul e sudeste, e da Petrobrás para o Rio de Janeiro.

Atualmente, diante da magnitude de certas ocorrências e da grave repercussão dos danos ambientais frente à opinião pública e com a aprovação da Lei Federal 9.966/2000, os mapeamentos de áreas sensíveis vêm adquirindo importância cada vez maior.

Visando a normalização dos procedimentos de resposta a acidentes, a Resolução CONAMA n.º 293/00 estabeleceu o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo, originados em portos organizados, instalações portuárias ou terminais, dutos, plataformas, bem como suas respectivas instalações de apoio, orientando sua elaboração, apresentando estas com explicitações técnicas bem definidas.

Neste contexto a Lei n.º 9.966, de 28 de abril de 2000 (Lei do Óleo) atribuiu ao Ministério do Meio Ambiente a responsabilidade na identificação, localização e definição dos limites das áreas ecologicamente sensíveis com relação à poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional. O mapeamento destas áreas está sendo realizada em conjunto com a Agência Nacional de Petróleo (ANP) e com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Os métodos utilizados para a avaliação da sensibilidade ambiental foram definidos inicialmente pela NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), dos Estados Unidos da América (Halls *et al.,* 1997), sendo estes métodos adaptados e validados em 2002 para o Brasil, tendo uma abordagem voltada exclusivamente à zona costeira.

As Cartas SAO constituem um componente essencial, sendo uma fonte de informações primárias para o planejamento de contingências e avaliações de danos em casos de derramamento de óleo, representando uma ferramenta fundamental para o balizamento das ações de respostas a vazamentos de óleo, na medida em que, ao identificar aqueles ambientes com prioridade de preservação, permitem o direcionamento dos recursos disponíveis e a mobilização mais eficiente das equipes de proteção e limpeza (MMA, 2002).

### 7.1 Cartas SAO para o Estado do Rio Grande do Sul

No Estado do Rio Grande do Sul, os estudos para a formulação de Cartas SAO vem sendo desenvolvidos desde 2004 em nível de graduação. Estes se iniciaram com a

implantação do Programa de Recursos Humanos N° 27 ANP/MME/MTC – "Estudos Ambientais nas Áreas de Atuação da Indústria do Petróleo", com sede na Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Os trabalhos tiveram o objetivo de abranger a totalidade da Lagoa dos Patos: margem leste (Oliveira, 2004), margem oeste (Lacerda, 2006) e porção norte da margem leste e da margem norte da Lagoa dos Patos (Carvalho, 2005) e a costa: porção sul (Freire, 2006) e porção norte (Oliveira, 2006).

Estes trabalhos levam em consideração o transporte de produtos derivados do petróleo entre o Porto de Rio Grande e a Refinaria Alberto Pasqualine, além dos transportes normais através da costa. Com a finalização das etapas individuais, em 2007 foi desenvolvida a compilação de parte dos dados e a formulação de uma proposição de um Atlas de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Óleo para a Lagoa dos Patos (Dias, 2007), porém não abrangendo a área costeira.

Anualmente, cerca de um milhão de toneladas de derivados de petróleo são transportados no trajeto entre o terminal petrolífero, localizado na cidade de Rio Grande/RS, e o Pólo Petroquímico em Triunfo/RS, percorrendo toda a extensão da Lagoa dos Patos.

Este fato, somado a não publicação e atualização dos dados gerados na academia, alerta para o grande risco que este ecossistema está submetido diariamente, frente a possíveis acidentes.

## 9. CONCLUSÕES

As ferramentas apresentadas demonstram algumas das alternativas disponíveis aos gestores da zona costeira. A existência destas ferramentas auxilia no gerenciamento, e, conjuntamente, com o estabelecimento da base legal, contribuem com as políticas para a preservação e sustentabilidade ambiental gerando um desenvolvimento do patrimônio sociocultural.

Embora o formato jurídico institucional esteja afinado com as perspectivas descentralizadoras e participativas previstas na Lei Federal n.º 7.661/1988 e no Decreto Federal n.º 5.300/2004, a prática mostrou alguns problemas na aplicação destes e de outros instrumentos legais.

Esses problemas se referem à operacionalidade do sistema de gestão, à falta de normas claras voltadas ao ordenamento territorial e ao controle e fiscalização ambiental da zona costeira e à falta de maior envolvimento e responsabilidade dos municípios nos processos de gestão integrada da zona costeira (Souza, 2009).

No Rio Grande do Sul o foco do órgão ambiental estadual responsável pelas atividades do PNGC e do ZEE encontra-se na recuperação e reabilitação das áreas degradadas ou descaracterizadas presentes no litoral norte, deixando de lado o ordenamento das atividades nas regiões com baixa densidade populacional como o litoral médio e sul. Estas regiões onde o estágio de urbanização ainda encontra-se em estágio inicial poderiam ter um esforço concentrado no planejamento, evitando, no futuro, os conflitos hoje presentes no litoral norte.

Considerando o descrito acima, é provável que não ocorra a ocupação por áreas turísticas no litoral médio e sul num cenário de sustentabilidade.

Na esfera municipal, os gestores ainda não conseguiram colocar em prática os instrumentos de gestão, principalmente por falta de recursos para desapropriar áreas de interesse ecológico, para desenvolver projetos de preservação e recuperação de áreas degradadas ou ameaçadas, além da contratação de fiscais necessários para controlar as atividades. Estes problemas poderiam ser minimizados por meio de convênios dos municípios com o governo federal ou ainda com empresas privadas, facilitando desta forma a captação de recursos.

Um exemplo é a manutenção e a recuperação das dunas costeiras, que ocorre exclusivamente sobre responsabilidade do órgão municipal, ao contrário do que ocorre em outros locais, como em Nova Jersey-USA (Conway & Nordstroma, 2003), onde a população residente possui papel fundamental neste processo.

A pesar da diversidade de instrumentos disponibilizados aos gestores, o que ocorre no Rio Grande do Sul é a falta da sua aplicação, sendo que atualmente estes se encontram focados em apenas uma região, como o ZEEC, ou apenas nos projetos teóricos, como os Planos de Manejo de Dunas, onde muitos municípios os formularam, porém, poucos estão o colocando em prática.

Mesmo com o exposto, o plano de manejo de dunas ainda é o instrumento mais utilizado pelos gestores, provavelmente pela sua obrigatoriedade.

Por fim, o que presenciamos é uma teoria bem formulada, porém sem esforços para que entre em fase de implementação.

## BIBLIOGRAFIA

Anele, L.P.; Silva, M.L.B.C.; Ferraro, L.M.W.; Nicolodi, J.L. (2007) - Usos e ocupação da faixa de praia no litoral norte do Rio Grande do Sul – uma experiência de gestão compartilhada. *VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 5p., Vitória, ES, Brasil. Disponível em http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/sibesa6/ccxliv.pdf.

Awazu, L.A; Poffo, I.R.F., (1986) - Mapeamento de áreas a serem protegidas quando da ocorrência de derrames de petróleo e derivados no Litoral Norte de São Paulo. 40p + anexo, CETESB, São Paulo, SP, Brasil..

Carvalho, L. (2005) - *Mapa de Sensibilidade Ambiental para Derrames de Óleo e Derivados na Porção Norte da Margem Leste e a Margem Norte da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul – Brasil*. 156p., Monografia de Graduação. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil. Disponível em http://www.prh27.log.furg.br/site/wp-content/files_mf/1298312681MonografiaLaunnaCarvalho.pdf.

Conway, T. M.; Nordstroma, K. F. (2003) - Characteristics of Topography and Vegetation at Boundaries between the Beach and Dune on Residential Shorefront Lots in Two Municipalities in New Jersey, USA. *Ocean & Coastal Management* (ISSN: 0964-5691), 46: 635-648, Oxford, UK.

Cordazzo, C.V.; Paiva, J.B.; Seelinger, U. (2006) - *Guia Ilustrado: Plantas das Dunas da Costa Sudoeste Atlântica*. 107p., Editora USEB, Pelotas, RS, Brasil. ISBN: 8589985024.

Dias, F.C. (2007) - *Elaboração do Atlas de Sensibilidade Ambiental a Derramamento de Óleo para a Lagoa dos Patos*. 93p., Monografia de Graduação. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil.

Dobrovolski, R.L.; Cláudia Pereira Laydner, C.P. (Coord.) (2000) - *Diretrizes Ambientais para o Desenvolvimento dos Municípios do Litoral Norte*. 90p., Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria do Meio Ambiente, Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), Cadernos de Planejamento e Gestão Ambiental - nº1, Porto Alegre, RS, Brasil. Disponível em http://www.fepam.rs.gov.br/programas/zee/

Freire, I.D.S.O. (2006) - *Mapa de Sensibilidade Ambiental para Derrames de Petróleo na Porção Sul da Costa do Rio Grande do Sul*. 95p., Monografia de Graduação. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil. Disponível em http://www.prh27.log.furg.br/site/wp-content/files_mf/1298314390Iasmina_DanielL_S._O._Freire_PRH27_FURG.pdf.

Freire, O.D.S. (coord.) - *Subsídios para um projeto de gestão*. 104p. MMA e MPO (Projeto Orla). Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Qualidade Ambiental / Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão - Secretaria do Patrimônio da União, MMA/SQA, MP/SPU, Brasília, DF, Brasil. Disponível em http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/spu/publicacao/081021_PUB_ProjOrla_subsidios.pdf).

Freire, O.D.S. (Coord.) (2002) - *Projeto Orla: Fundamentos para Gestão Integrada*. Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos / Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão - Secretaria do Patrimônio da União, 78p., Brasília, DF, Brasil. Disponível em http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/spu/publicacao/081021_PUB_ProjOrla_fundamentos.pdf

Halls, J.; Michel, J.; Zengel, S.; Dahlin, J.A.; Petersen, J. (1997) - *Environmental sensitivity index guidelines. Version 2.0*. NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) Technical memorandum NOS ORCA 115, 79p., Hazardous Material Response and Assessment Division, Seattle, WA, U.S.A.

Hesp, P.A. (2002) - *Coastal Sand Dunes: Form and Function*. 28p., Technical Bulletin 4, Massey University, Rotorua Printers, New Zealand. ISBN: 9780478110067.

Jablonski, S.; Filet, M. (2008) - Coastal management in Brazil – A political riddle. *Ocean & Coastal Management*, 51(7):536–543. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2008.06.008.

Lacerda, C. (2006) - *Cartas de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Óleo – Cartas SAO – para a Costa Oeste da Lagoa dos Patos, RS, Brasil.* 67p., Monografia de Graduação. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil. Disponível em http://www.prh27.log.furg.br/site/wp-content/files_mf/1298311714MonografiaCarine_Lacerda_PRH27_FURG.pdf.

Lamparelli C.C.; Moura, D.O.; Lopes, C.F. (1999) - *Mapeamento dos Ecossistemas Costeiros do Estado de São Paulo*. 106 p. São Paulo, SP, Brasil

Macedo, S.S. (1998) - Paisagem, modelos urbanísticos e as áreas habitacionais de primeira e segunda residência. *Paisagem & Ambiente* (ISSN: 0104-6098), 11:131-202, São Paulo, SP, Brasil.

MMA (2002) - *Especificações e Normas Técnicas para a Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo (Cartas SAO)*. 107p., Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, Brasil.

Moraes, A.C.R. (1999) - *Contribuições para a Gestão da Zona Costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro*. 285p., Hucitec/Edusp, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 8527104997

Oliveira, C. (2006) - *Mapa de Sensibilidade Ambiental para Derrames de Petróleo para a porção Norte da Costa do Rio Grande do Sul*. 98p., Monografia de Graduação. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil.

Oliveira, G.A. (2004) - *Mapa de Sensibilidade Ambiental para Derrames de Petróleo na Margem Leste da Laguna dos Patos, Litoral Médio do Rio Grande do Sul, Brasil*. 204p., Monografia de Graduação. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil. Disponível em http://www.prh27.log.furg.br/site/wp-content/files_mf/1298312096MonografiaGiseliOliveira.pdf.

Pires, J.S.R. (2006) - ZEE - Sustentabilidade e Biodiversidade (Resumo). *Seminário ZEE e Proteção da Biodiversidade*, p.9-10, Ministério do Meio Ambiente, Programa Zoneamento Ecológico-Econômico, Subprograma de Políticas de Recursos Naturais, Manaus, AM, Brasil. Disponível em http://www.ibama.gov.br/zoneamento-ambiental/wp-content/files/seminarioManausResumos.pdf.

Polette, M.; Rebouças, G.N.; Filard, A.C.L.; Vieira, P.F. (2006) - Rumo à gestão integrada e participativa de zonas costeiras no Brasil: percepções da comunidade científica e do terceiro setor. *Revista de Gestão Costeira Integrada* (ISSN: 1677-4841), 4:43-48, Itajaí, SC, Brasil. http://www.aprh.pt/rgci/pdf/RGCI_5.pdf

Portz, L. (2008) - *Contribuição para o estudo do manejo de dunas: caso das praias de Osório e Xangri-Lá, Litoral Norte do Rio Grande do Sul*. 128p, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. Disponível em http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13772/000652716.pdf?sequence=1.

Rosa, L.S.; Cordazzo, C.V. (2007) - Perturbações antrópicas na vegetação das dunas da praia do cassino (RS). *Cadernos de Ecologia Aquática* (ISSN: 1980-0223), 2(2):1-12, Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Rio Grande, RS, Brasil. Disponível em http://www.cadernos.ecologia.furg.br/images/artigos/16_Rosa&Cordazzo.pdf.

Schaeffer-Novelli, Y. (1990) - Vulnerabilidade do litoral norte do Estado de São Paulo a vazamentos de petróleo e derivados. *II Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira Síntese de conhecimentos,* p.375-399, Academia de Ciências do Estado, São Paulo, SP, Brasil.

Souza, C.R.G. (2009) - A Erosão Costeira e os Desafios da Gestão Costeira no Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 9(1):17-37. Disponível em http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-147_Souza.pdf.

SPU (s/d) - *O Projeto Orla no Estado do Rio Grande do Sul*. In: portal da SPU (Secretária do Patrimônio da União),

Superintendência do Patrimônio da União no Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. Disponível em http://patrimoniodetodos.gov.br/gerencias-regionais/spu-rs/acoes.

Strohaecker, T.M. (2007) - *A urbanização no Litoral Norte do estado do Rio Grande do Sul: contribuição para a gestão urbana ambiental no município de Capão da Canoa*. 399p., Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. Disponível em http://hdl.handle.net/10183/10086

Teubner Jr., F.J. (1993) - *A utilização da tecnologia de sistemas de informação geográfica para a definição de zoneamentos ambientais e costeiros: um estudo de caso para região da Grande Vitória, ES*. Dissertação Mestrado, 173p., Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), São Paulo, SP, Brasil.

Veiga, J.E. (2001) - Desenvolvimento Territorial do Brasil: do entulho varguista ao zoneamento ecológico-econômico. *XXIX Encontro Nacional de Economia*, Salvador, BA, Brasil. Disponível em http://www.anpec.org.br/encontro2001/artigos/200105079.pdf.

Villwock, J.A. (1994) - A Costa Brasileira: Geologia e Evolução. *Notas Técnicas* (ISSN: 0104-4303), 7: 38-49. CECO/IG/UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

Zamboni, A.; Nicolodi, J.L. (coord.) (2008) - *Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil.* 242 p. Ministério do Meio Ambiente - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasília, DF, Brasil. ISBN 9788577381128.

Zamboni, A.; Vilanova, R.R. (coord.) (2002) - *Projeto Orla: Manual de Gestão*. 96p., Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Qualidade Ambiental / Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão - Secretaria do Patrimônio da União, MMA/SQA, MP/SPU, Brasília, DF, Brasil. ISBN 85-7738-050-5. Disponível em http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/spu/publicacao/081021_PUB_ProjOrla_manGestao.pdf.

Revista da Gestão Costeira Integrada 11(4):471-478 (2011)
*Journal of Integrated Coastal Zone Management* 11(4):471-478 (2011)

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS
UNIVALI
http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-283_Barcellos.pdf
DOI:10.5894/rgci283
GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA
Journal of Integrated Coastal Zone Management

# Island beaches morphological and sedimentary short term variations – the case of SE Fernando de Noronha Island, South Atlantic, Brazil *

## *Variações sedimentológicas e morfológicas de curta prazo em praias insulares: o caso do SE da ilha de Fernando Noronha, Atlântico Sul, Brasil*

R.L. Barcellos [@, 1], C. Coelho-Júnior [2], S.R.R.M. Lins [1]; M.S. Silva [1], P.B. Camargo [3], P.E.P.F. Travassos [4]

**ABSTRACT**

The Fernando de Noronha archipelago is comprised of 21 volcanic islands (26km$^2$) located in the south equatorial Atlantic (4°S/32°W), 540km from Recife, Pernambuco state, Brazil. This study evaluates the short term morphological variations, the distribution and characteristics of surface sediments from the tropical meso-tidal Sueste bay, beach, mangrove, lagoon and dune systems, located in the southern coast of the main island. Eight beach profiles and 80 surface sediment samples were collected in January, April, June and October of 2010. The research methods included grain-size, calcium carbonate, total, elemental and isotopic organic matter analysis and monitoring of two beach profiles. The collected samples are fine sandy (> 99% of sand in 87,5% of samples), well to moderately sorted and bioclastic, presenting high carbonate contents (> 94% in 52,5% of the samples). Despite the homogeneity of fine sandy bioclastic moderately sorted sedimentary properties, this morphodynamic study shows spatial and temporal differences between the sediments of the west and the east side of the Sueste beach, as well as in each compartment of the Sueste beach/bay system. Multitemporal topographic profiles of the beach reveal seasonal erosion/accretion due to oceanographic-climatic processes. They also show the strong silting process in course on the Sueste mangrove and lagoon. The main factor responsible for this modern deposition and the beach physiography, along with the distribution of sediments in the Sueste beach shoreface and backshore, is the SE wind (Southern Hemisphere Trade Wind). This pattern accumulates sediments in the beach west side, occasionally removed for the Sueste bay when the mangrove lagoon breaks in the huge rain events, carrying fresh water and sediments to the foreshore.

**Keywords:** oceanic island biogenic sands, beach profiles, erosion/accretion/silting.

***RESUMO***

*O arquipélago de Fernando de Noronha é composto por 21 ilhas vulcânicas (26km$^2$), localizadas na região equatorial do Atlântico sul (4°S/32°W) a 540km de Recife, estado de Pernambuco, Brasil. Este estudo avalia as variações morfológicas sazonais, a distribuição e as características dos sedimentos superficiais do sistema praial do Sueste (praia, mangue, laguna, dunas e baía), localizada na costa sul da ilha*

*@ - Corresponding author: roberto.barcellos@ufpe.br*
*1 - Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Departamento de Oceanografia, 50.740-550, Recife (PE), Brazil*
*2 - Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Instituro de Ciências Biológicas, Recife (PE), Brazil*
*3 - Universidade de São Paulo, Centro de Energia Isotópica na Agricultura (CENA-USP), ESALQ Campus, Piracicaba (SP), 13.400-970, Brazil*
*4 - Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Centro de Pesca e Aqüicultura, Recife, PE, Brasil*

** Submission: May 1, 2011; Evaluation: June 13, 2011; Reception of revised manuscript: October 2, 2011; Accepted: December 4, 2011; Available on-line: December 19, 2011*

*principal (Mar de Fora). O clima da ilha é tropical, estando sua zona costeira submetida a um regime de meso-marés. Oito perfis de praia e 80 amostras de sedimento superficial foram coletados em janeiro, abril, junho e outubro de 2010. Os métodos de investigação incluíram o tamanho de grão, carbonato de cálcio total, análise elementar e isotópica matéria orgânica e monitoramento de perfis de praia por meio da metodologia utilizando nível e estádia para nivelamento topográfico. As amostras coletadas apresentaram, em geral, textura areia fina (> 99% de areia em 87,5% das amostras), bem a moderadamente selecionados e de composição bioclástica, apresentando elevados teores de carbonato de cálcio (> 94% em 52,5% das amostras). Apesar da homogeneidade dos sedimentos compostos em geral de areia fina bioclástica moderadamente selecionada, o estudo morfodinâmico mostra diferenças espaciais e temporais entre os sedimentos das porções oeste e leste da praia do Sueste, assim como em cada compartimento do sistema praial do Sueste. Perfis 1 e 2 revelam um padrão sazonal de erosão e acreção devido aos condicionantes oceanográfico-climáticos de escala global e fatores fisiográficos locais. Eles também mostram o forte processo de assoreamento em curso no manguezal e laguna do Sueste. O vento SE (Ventos Alísios do Hemisfério Sul) parece ser o principal fator responsável pela deposição atual e distribuição de areias na face praial e pós-praia, e também pela fisiografia da praia. Este condicionamento tende a acumular sedimentos no lado oeste da praia, ocasionalmente removidos para a Baía do Sueste, quando ocorre o rompimento da laguna do mangue em eventos pluviais extremos, transferindo sedimentos para antepraia.*

***Palavras-chave:*** *ilha oceânica, areias biogênicas, perfis praiais, erosão/acresção*

## 1. INTRODUCTION

The oceanic islands are unique environments which have received increasing attention from the scientific community due to their environmental importance (Clemente *et al.*, 2009). Sandy beaches are common along many of the oceanic island coastlines, yet our understanding of the behavior of beach and near shore sediment systems on distinct scales of time remains limited. The environmental degradation of sandy beaches over the last decades has become widely recognized as a serious problem in oceanic islands (Rooney & Fletcher, 2005).

The beach environments represent a transition zone limiting sedimentary marine and continental processes, subjected to temporal variations due to sea level changes and sediment inputs (King, 1972). Beach morphodynamic studies are essential for understanding the processes of longshore currents sediment transportation and the spatial and temporal changes and evolution of these coastal sedimentary environments (Komar, 1998; Hoefel, 1998). Accordingly to studies by Short (1999) and Komar (1998), among others, the profile of a beach corresponds to an adjustment to seasonal cycles, with erosion occurring in more energetic conditions during the winter, and accretion conditions of a calmer sea during summer period.

Although the oceanic sand beaches occupy only a small portion of the total surface of the Earth, their frequent occurrence and use along the majority of tropical and temperate coasts of the world must be considered, assuming a substantial socio-economic and environmental importance in these regions (Stronge, 1994; Komar, 1998). On the other hand, oceanic island beach systems are very sensitive environments from a geo-ecosystem point of view, requiring specific planning measures for the management of these fragile ecosystems (Clark, 1977).

The preservation of the beaches and the protection of coastal properties require an understanding of nearshore processes: the motion of waves, the generation of nearshore currents, the movement of beach sediment, and the resulting variability in the beach morphology (Komar, 1998).

The last decades presented an increase in the number of works on calcareous beach systems in oceanic islands such as Kench (1997), Dail *et al.* (2000), Norcross *et al.* (2002), Smith & Cheung (2002), Eversole & Fletcher (2003), Harney & Fletcher (2003) Rooney & Fletcher (2005) and Genz *et al.* (2007).

According to Goya & Tessler (2000), in Brazil, the beach system studies became more frequent in the 1990's. Even considering the increase in beach morphology research, there are great gaps along the Brazilian continental coast, as well as in the Fernando de Noronha archipelago, in Pernambuco state. In this oceanic island, the studies are restricted to Valença *et al.* (2001) and Manso *et al.* (2011), for beaches located in the northern coast of the island (Mar de Dentro), in the aeolinites from Caieira Beach (Valença *et al.*, 2005) and Pessenda *et al.* (2008) for the only study of marine sedimentology in the Sueste beach system (main island southern coast: Mar de Fora).

The aims of this article are to evaluate the short term morphological variations and the modern sedimentary processes, by means of the distribution, characteristics and geochemistry of surface sediments from the Sueste bay, beach, mangrove, lagoon and dune systems (Fig. 1).

## 2. STUDY SITE

The research site, the Fernando de Noronha archipelago, is located in the southwestern equatorial Atlantic ocean (4°S/32°W) (Fig. 2).The Fernando de Noronha archipelago is comprised of 21 volcanic islands (26km$^2$) located in the south equatorial Atlantic (4°S/32°W), 540km from Recife, Pernambuco state, Brazil. The climate is tropical oceanic (Awi according to Köppen classification), with annual average temperature and precipitation of 25°C and 1.400mm, respectively, with great interannual variability. There are two well-marked seasons, being the humid period from March to July and the drier period from August to February (Teixeira *et al.*, 2003).

Since Fernando de Noronha lies in the equatorial South Atlantic, the prevailing winds are from SE (Trade Winds) with average velocity of 6,6ms$^{-1}$, exhibiting higher intensity from July to September (11ms$^{-1}$) (Manso *et al.*, 2011). During the summer, winds from the SE and E blow over 50% and 35% of the time, respectively (Hoflich, 1984). The prevailing waves

are from the North Hemisphere N/NW reaching 4-5m high in the more energetic swells (period: 18-20s) (Teixeira *et al.*, 2003). In the winter is observed intensification in the winds from the SE, with 70% of frequency, while in 25% of time the winds are from E. The prevailing waves in the winter are from SE and present 1,6m high in average (Hoflich, 1984), reaching directly the southern side of Fernando de Noronha Island where the Sueste beach system is located.

It is an extinct volcano top whose base of 74km in diameter rests on the oceanic floor at an approximate depth of 4.200m (Almeida, 2006). It is composed of pyroclastic and alkaline basaltic rocks (1,5 to 12 My BP), whose origin is associated to an intra-plate hot-spot process.

The islands emerge from an insular shelf presenting 10km in diameter and around 100 m depth, formed by Quaternary glacio-eustatic sea level variations. Modern sedimentary biogenic deposits are present on the beaches at the northern side of the island (Mar de Dentro) as well as in its southern portion (Mar de Fora) (Teixeira *et al.*, 2003), where the tropical meso-tidal (2,6m in spring tides) Sueste beach system is located. The Sueste Beach is a pocket beach 450m in length and its width varies from 80-100m in the western side to 30-50m in the eastern side (Fig. 2). The beach system is located adjacent to Sueste Bay, which has shallow depths (< 2m), with several reef banks and it is constituted predominantly by biogenic sediments from marine organisms (algae, sponges, bryozoans, shellfishes, coral fragments). The bay presents many obstacles such as islands and headlands that condition the inner hydrodynamic circulation, reducing the wave action on Sueste beach and also protecting from the strong ESE currents originated by the trade winds.

**Figure 1.** Aerial view of Sueste bay and beach system (Photograph of Roberto L. Barcellos, january/2010).
***Figura 1.*** *Fotografia aérea da Baía do Sueste do sistema praial (Fotografia de Roberto L. Barcellos, janeiro/2010).*

### 2.1 Sueste mangrove

The mangrove (8.900 m$^2$), associated to the Maceió river drainage, is isolated from the beach by a vegetated dune system (2,5 m in height), except in a portion adjacent to the Maceió river inlet, located in the west beach side. The vegetation of Sueste mangrove is composed only of *Laguncularia sp.*, and it represents one of the only places of occurrence of this species of the south Atlantic ocean (Pessenda *et al.*, 2008). Due to the construction of a dam and a road the main freshwater input for the mangrove (Maceió river) was drastically reduced in the last years, affecting its hydrological behavior and the beach morphodynamics.

## 3. METHODS

The monitoring of the morphodynamic characteristics of the Sueste beach system (beach, dune field, lagoon, mangrove) was performed, as well as the analysis on sedimentary characteristics, oceanography and meteorological conditions. The bathymetry and surface sedimentary distribution of the Sueste bay area were also investigated.

The morphodynamic characterizations were performed by means of two cross-shore profiles, done in summer, autumn, winter and spring 2010, during spring tide conditions.

The applied methodology, described by Emery (1961), was done with the use of a topographic level and a 4m rod. The beach physiography was obtained, in general, every 5m, from a reference level, until the water line. Depending on the presence of changes in the beach morphology (point of permanent vegetation, dune field, backshore berms and beach scarps, low tide terrace, water line or any positive or negative feature), the distances were changed to represent the features in the profile.

Eight beach profiles were sampled in January, April, June and October of 2010 (Fig. 2). The vertical changes (erosion/deposition) in beach profiles were obtained from the superposition of generated physiographic data of these periods.

Simultaneously eighteen surface sediment samples were collected in the whole area (in the profiles, mangrove, lagoon, shoreface, backshore, inshore/foreshore and in Sueste bay) in January and June of 2010, and twenty-two in April and October 2010, performing a collection of 80 samples. The sediment analysis included grain-size, calcium carbonate and total, elemental and isotopic organic matter. Grain size was analyzed by sieving and pipette-method (Müller, 1967), and the data treated and classified according to Folk & Ward (1957) statistical parameters and Shepard (1954) triangular diagram, respectively. The calcium carbonate and total organic matter were determined by the weight difference prior to and after acidification with 1N HCl and 1N $H_2O_2$, respectively (Ingram, 1971). The organic contents (C and N elemental and isotopic) were obtained through a Carlo Erba (CHN-1110) elemental analyzer linked to a Finnigan Delta Plus mass spectrometer. About 0,5g of dried and weighed sediment were decarbonated with 1M solution of HCl, washed 3x with deionized water, filtered and freeze-dried again, before being placed in the analyzer (Hedges & Stern, 1984).

The figures 2 to 5 were create by mean of the *Surfer for Windows 8.0* program.

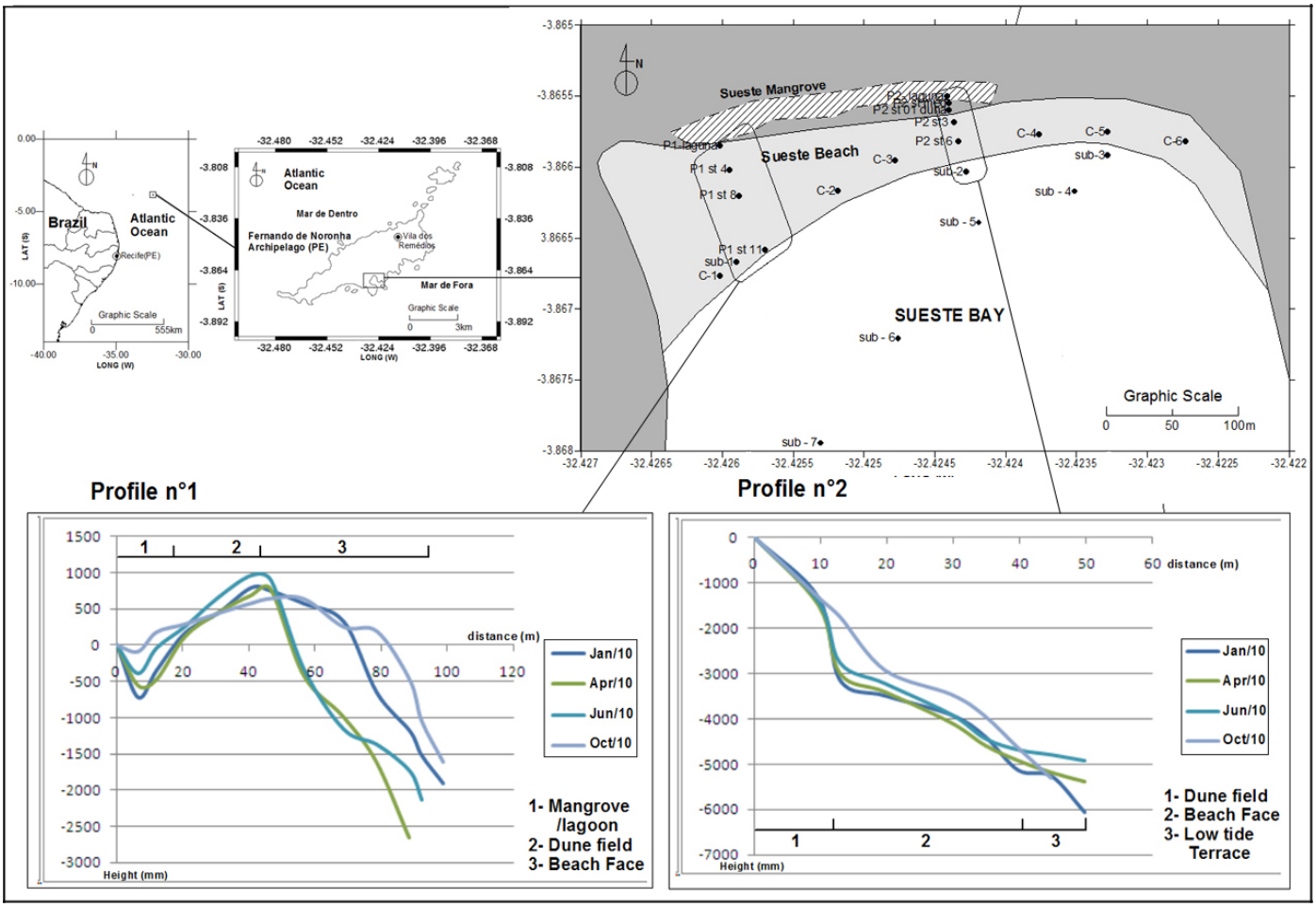


**Figure 2.** Study area location, sampling stations and the beach profiles.
***Figura 2.*** *Localização da área de estudo, estações de coleta e dos perfis praiais.*

## 4. RESULTS AND DISCUSSION

### 4.1 Modern sedimentary processes and seasonal morphology variations in the Sueste beach system

The collected samples are fine sandy (> 99% of sand in 87,5% of the samples), well to moderately sorted and bioclastic (Larssoneur *et al.*, 1982), presenting high carbonate contents, that vary from 73,8 to 96%, 75,7 to 97,1%, 51,8 to 95,6% and 46,5 to 96,3% for January, April, June and October respectively, prevailing contents up to 94,0% in 52,5% of the samples (Fig. 3). Bioclastic sediments were also observed in previous studies performed on samples from the island (Valença *et al.*, 2001; Teixeira *et al.*, 2003; Valença *et al.*, 2005; Barcellos *et al.*, 2010; Manso *et al.*, *2011*) and in other oceanic islands such as Cocos Island (Indic Ocean) (Kench, 1997), Oahu-Hawaii (Norcross *et al.*, 2002), Maui-Hawaii (Rooney & Fletcher, 2004) and Atol das Rocas (Pereira *et al.*, 2010).

Organic carbon, total Nitrogen, $\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$, and C/N ratio value ranges for the January samples are: 0,51-10,83%, 0,04-0,90%, -28,1$^0/_{00}$ to -19,4$^0/_{00}$PDB (Fig. 4), 3,7$^0/_{00}$ to 8$^0/_{00}$Air and 8,8-20,8, respectively. TOM ranges from 1% to 5,6% for January and from 0,4 to 11,5% in April (Fig. 5).

The dune field presents well sorted and finer sands than the shoreface and bay sediments (Fig. 5). Silts and clays are mainly observed in mangrove-lagoonal sediments, where poorly sorted sediments are present. The results show a spatial distribution pattern for the studied periods characterized by the presence of sandy and granular terrigenous components (fragments of higher plants and heavy minerals), lower $CaCO_3$ and low organic matter contents in the west side of the beach. In the east side, for the studied periods, the sediments are well sorted and mainly composed by sandy carbonate fragments and higher organic matter contents.

In general, these sediments are finer (fine sand: 2,00 to 3,00φ) than the sediments found in the exposed and very dynamic beaches, located in the northern coast of the island (Cacimba do Padre, Boldró, Conceição and Sancho), composed by medium sand (1,00 to 2,00φ) well to moderately sorted (Manso *et al.,* 2011).

Profile 1 is located in the beach west side area, that presented an erosive character in the shoreface (about 20m landward) and a vertical and landward accretion in the dune field, between January and June, probably due to the beginning of more energetic wave conditions related to the action of Polar South Atlantic Anticyclone swells in autumn (April). The profile indicates that the sediments were transferred from shoreface to foreshore and from dune

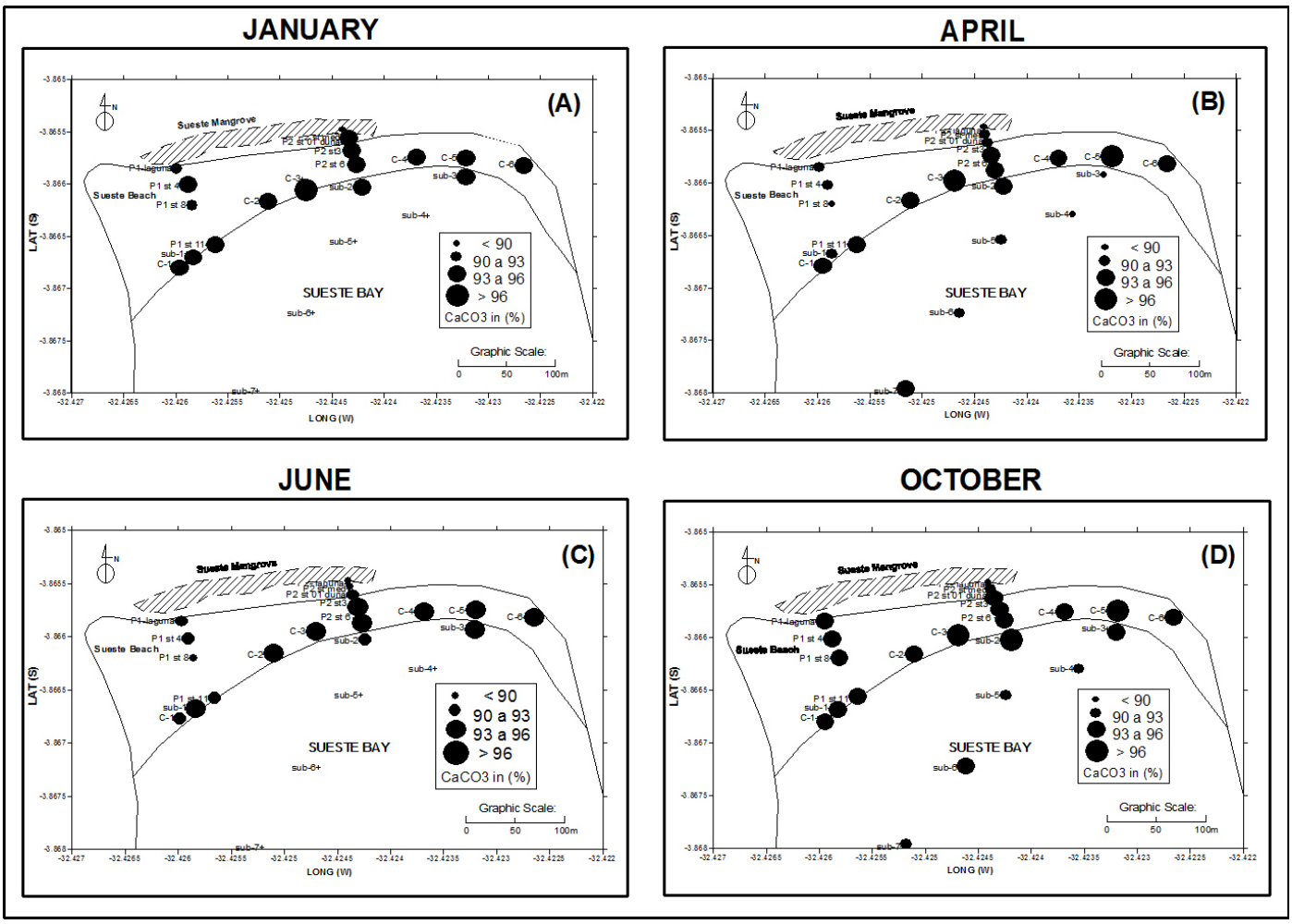


**Figure 3.** Calcium carbonate contents ($CaCO_3$) of Sueste beach system surface sediments (A – Jan, B – Apr, C – Jun, D – Oct.).
***Figura 3.*** *Conteúdos de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) dos sedimentos superficiais do sistema praial do Sueste (A – Jan, B – Abr, C – Jun, D – Out.).*

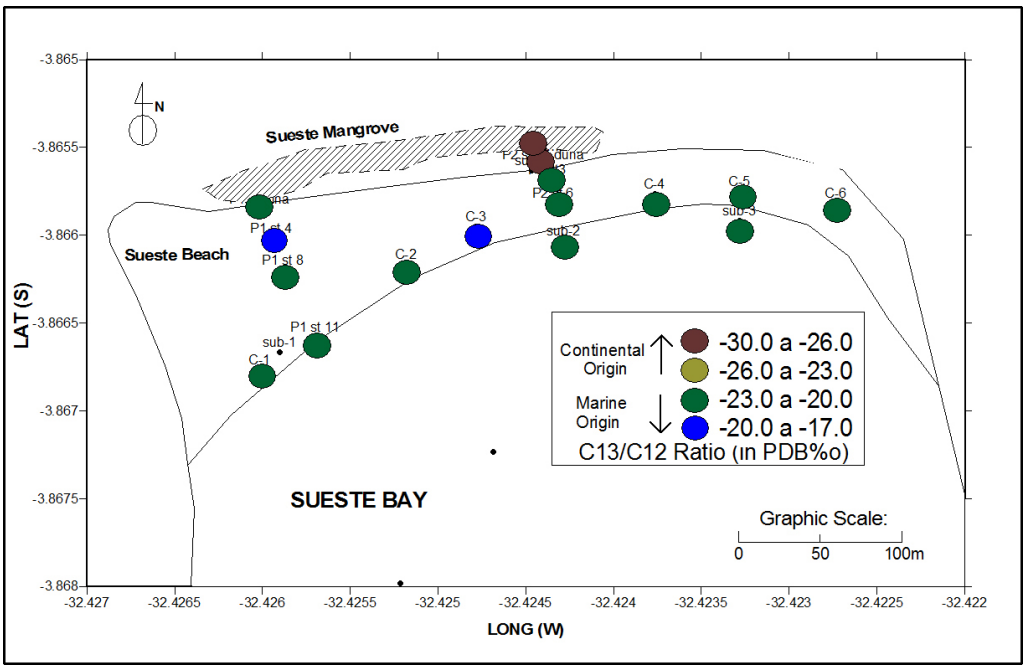


**Figure 4.** January 2010 $\delta^{13}C$ isotope ratio distribution of Sueste beach system surface sediments.
***Figura 4.*** *Distribuição da razão isotópica $\delta^{13}C$ (janeiro 2010) do sistema praial do Sueste.*

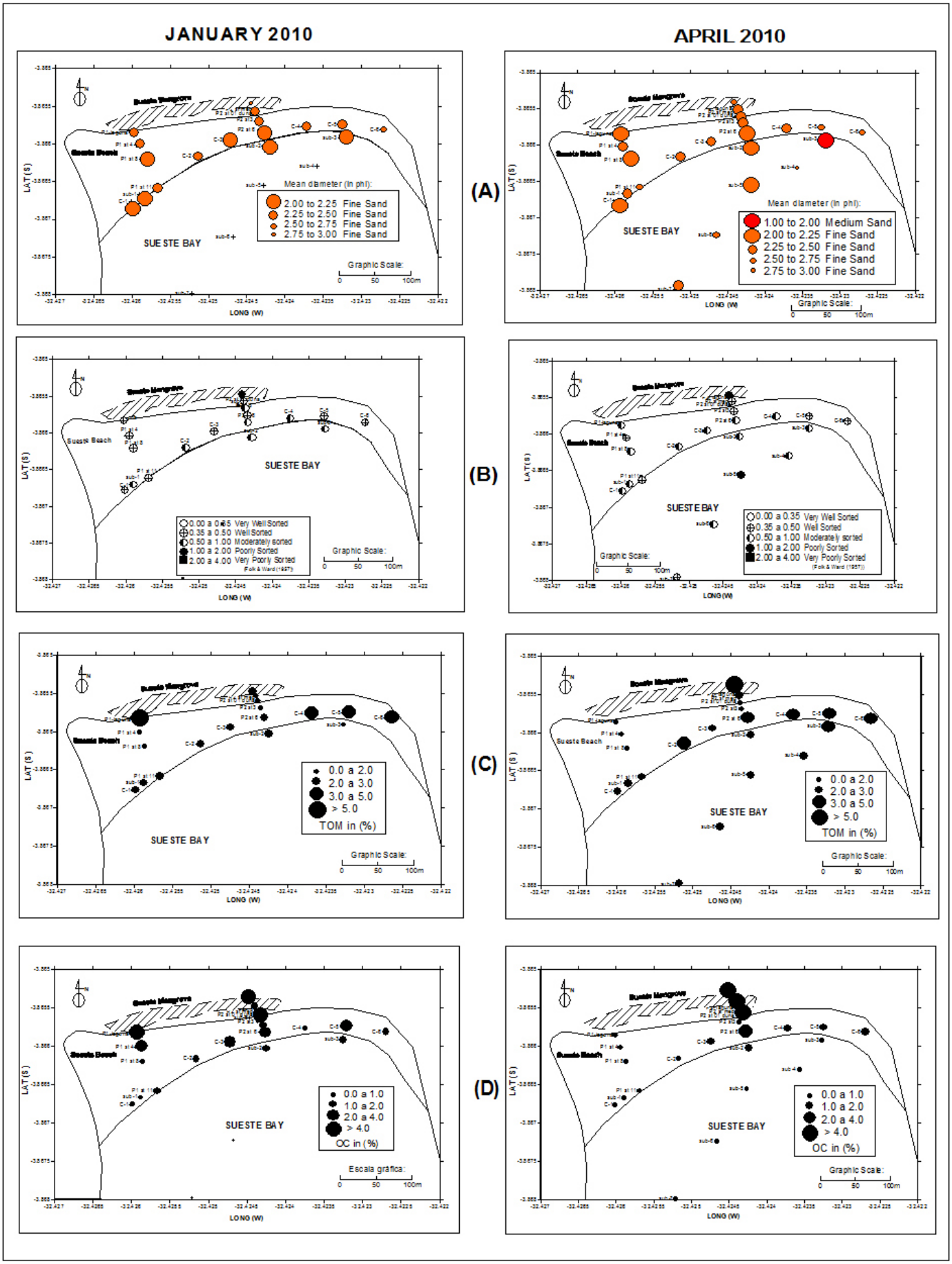


**Figure 5.** Mean diameter (A), Sorting (B), Total Organic Matter (C) and Total Organic Carbon (D) in January and April samples.
***Figura 5.*** *Diâmetro médio (A), grau de seleção (B), conteúdo de matéria orgânica total e carbono orgânico total (D) nas amostras de janeiro e abril.*

field to the adjacent mangrove and lagoon, subjected to a strong silting process. In October, profile 1 was similar to January, exhibiting a growth of shoreface in 30m in the ocean direction, an erosion of the dune field top and the continuity of lagoon/mangrove silting process. The dunes erosion and shoreface/foreshore accretion observed in the October profile may be related to the lagoon mouth opening that occurred in July 7$^{th}$ after rainy days, transferring part of the sediments accumulated in backshore for the shoreface. Due to the enclosed conditions of the beach, it seems to be more effective to mophodynamic observed changes, the wind transportation in the shoreface than the effectiveness of the longshore current.

The erosive pattern was not observed in profile 2, which exhibits a relative stability, presenting an accretion of about 8m in the ocean direction only for the October profile. As in profile 1, the observed accretion process is directly related to trade winds sediments transport, more effective in July to September in the tropical south Atlantic. This wind (SE) induces the transport of sediments from C-4 sample station area westward, as indicated by the sediments distribution, characteristics and beach morphology (2 times wider in the W side). On the other hand, the east side sedimentation (C-5 and C-6 sampling area) is induced by a weak longshore current in the opposite direction, west to east.

A conjunction of factors creates the conditions for this observed behavior in the Sueste beach morphology and sedimentary distribution. This distribution is directly related to the presence of terrigenous sediment sources in the west side, due to wave action in the adjacent volcanic rock cliffs and the Maceió river local sporadic sediment input. A higher exposure of the western side of Sueste beach to the wave action and prevailing trade winds, added to a parallel current convergence process induced by refraction and diffraction of SW/S/SE/E waves in the Sueste bay entrance, also contributing for the observed spatial sediment pattern distribution and composition, and beach morphology. In fact, Norcross *et al.* (2002) propose for a reef fringed pocket beach (Kailua Bay-Oahu-Hawaii), a simple transport pattern to account for these observed morphological fluctuations, which depends in part on the topography of the adjacent reefs.

Despite the homogeneity of fine sandy bioclastic moderately sorted sedimentation, this morphodynamic study shows spatial and temporal differences between the sediments of the west and the east side of the Sueste beach, as well as in each compartment of Sueste beach/bay System. Profile 1 indicates a seasonal pattern in sediments accretion/erosion directly related to oceanographic-climatic conditions. This profile also reveals the strong silting process in course on the Sueste mangrove and lagoon. The SE wind (Southern Hemisphere Trade Wind) is the main factor for this modern deposition, beach physiography and the distribution of sediments in the Sueste beach shoreface and backshore. The sediments accretion in profile 2, observed in October, also indicate the effectiveness of the SE wind in sediment transport and accumulation in the Sueste beach system. This pattern accumulates sediments in the beach west side, occasionally removed for the Sueste Bay when the mangrove lagoon breaks in the huge rain events. As observed by Norcross *et al.* (2002) for Kailua Bay (Hawaii), this behavior suggests: (1) that the longshore rather than cross-shore sand transport is important at seasonal time scales; (2) Although seasonal sand accumulation varies along the beach, the overall beach profile is largely maintained.

The results and discussions presented in this work are an important part of the preliminary phase of the current research. In this paper the partial data from 4 of 7 field works programmed for 2010-2011 years in the Sueste beach system are presented.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to express their thanks to Pedro de Souza Pereira from the Oceanography Department of Pernambuco Federal State University, for their discussion over beach systems morphology and sedimentary processes. Thanks are also due to Mr. Gustavo Lima Barcellos, for revising the text, and to Fernanda C. P. de Souza e Heverton P. A. de Oliveira, for the sedimentary analysis. The authors are also indebted to the National Research Council (CNPq) for financial support given for the project (Proc. n° 577369/2008-3): "Environmental Diagnosis of Sueste Mangrove, Fernando de Noronha Archipelago, Pernambuco State, Brazil".

## REFERENCES

Almeida, F.F.M. (2006) - Ilhas oceânicas brasileiras e suas relações com a tectônica atlântica. *Terrae Didática* (ISSN: 1980-4407), 2(1):3-18, Campinas, SP, Brasil. http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v2/pdf-v2/t_didatica_2006_v02n01_p003-018_almeida.pdf

Barcellos, R.L.; Coelho JR., C; Travassos, P.E.P.F; Lins, S.R.R.M; Silva, M.S.; Guerra, N.C.; Severi, W. (2010) - Distribuição do carbonato biodetrítico ($CaCO_3$) em sedimentos da praia e manguezal do Sueste, Fernando de Noronha, estado de Pernambuco. *IV° Congresso Brasileiro de Oceanografia*, Cd room, FURG, Rio Grande, RS, Brasil.

Goya, S.C. y; Tessler, M.G. 2000. Variações morfológicas espaço-temporais entre as praias de Cibratel e Itanhaém-Suarão, estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Oceanografia* (ISSN: 1679-8759), 48(2):151-166, São Paulo, SP, Brasil.

Clark, J.R. (1977) - *Coastal Ecosystem Management*. 928p**,** John Wiley & Sons, New York, NY, U.S.A. ISBN: 0471158542

Clemente, E.P.; Shaefer, C.E.G.R.; Oliveira, F.S.; Albuquerque-Filho, M.R.; Alves, R.V.; Sá, M.M.F.; Melo, V.F.; Correa, G.R. (2009) - Topossequência de solos na ilha da Trindade, Atlântico Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* (ISSN: 0100-0683), 33(5):1357-1371, Viçosa, MG, Brasil.

Dail, H.J.; Merrifield, M.A.; Bevis, M. (2000) - Steep beach morphology changes due to energetic wave forcing. *Marine Geology*: 162(2-4):443-458. DOI: 10.1016/S0025-3227(99)00072-9.

Emery, K.O. (1961) - A simple method of measuring beach profile. *Limnology and Oceanography*, 6(1):90-93. http://www.aslo.org/lo/toc/vol_6/issue_1/0090.pdf

Eversole, D.; Fletcher, C.H. (2003) - Longshore sediment transport rates on a reef-fronted beach: field data and empirical models Kaanapali Beach, Hawaii. *Journal of Coastal Research* (ISSN: 0749-0208),19(3):649-663, West Palm Beach, FL, U.S.A.

Folk, R.L.; Ward, W.C. (1957) - Brazos river bar: study of the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27(1):3-26.

Harney, J.N.; Fletcher, C.H. (2003) - A budget of carbonate framework and sediment production, Kailua Bay, Oahu, Hawaii. *Journal of Sedimentary Research*: 73(6):856-868. DOI: 10.1306/051503730856.

Hedges, J.I., Stern. J.H. (1984) - Carbon and nitrogen determinations in carbonate-containing solids. *Limnology and Oceanography* (ISSN: 0024-3590), 29(3):657-663. ISSN: 0024-3590.

Hoefel, F.G. (1998) - *Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica.* 92p, Editora da Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, SC, Brasil. ISBN: 8586447080.

Hoflich, O. (1984) - Climate of the South Atlantic Ocean. *In:* Van Loon H. (ed.), *Climates of the oceans*, pp.1-192. Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands. ISBN: 978-0444413376.

Genz, A.S.; Fletcher, C.H.; Dunn, R.A.; Frazer, L.N.; Rooney, J.J. (2007) - The predictive accuracy of shoreline change rate methods and alongshore beach variation on Maui, Hawaii. *Journal of Coastal Research*, 23(1),87-105. DOI: 10.2112/05-0521.1.

Ingram, R. L. (1971) - Sieve analysis. *In:* Carver, R.E. (ed.), *Procedures in Sedimentary Petrology*, pp.49-69, Wiley Interscience, New York, NY, U.S.A. ISBN: 9780471138556.

Kench, P.S. (1997) - Contemporary sedimentation in the Cocos (Keeling) Islands, Indian Ocean:interpretation usingsettlingvelocityanalysis.*Sedimentary*Geology114(1-4):109-130. DOI: 10.1016/S0037-0738(97)00082-1.

King, C.A.M. (1972) - *Beaches and coasts.* 2nd ed., 570p., Edward Arnold, London, U.K. ISBN: 9780713156096.

Komar, P.D. (1998) - *Beach Processes and sedimentation.* 2nd ed., 544p., New Jersey, Prentice and Hall, Inglewood Cliffs, New Jersey, U.S.A. ISBN: 9780137549382.

Larssoneur, C.; Bouysse, P.; Auffret, J.P. (1982) - The superficial sediments of the English channel and its western approach. *Sedimentology*, 29(6):851-864. DOI: 10.1111/j.1365-3091.1982.tb00088.x

Manso, V.A.; Menor, E.A.; Valença, L.M.M.; Neumann, V.H.M.L.; Pereira, N.S; Junior, C.F.A.S.; Silva, E.R.M. (2011) - Morfodinâmica de praias setentrionais da Ilha de Fernando de Noronha. *Revista da Gestão Costeira Integrada,* 11(3):327-339. DOI: 10.5894/rgci239.

Müller, G. (1967) - *Methods in Sedimentary Petrology* (Part I). 283p, Hafner Publishing Co., New York, NY, U.S.A. ISBN: 978-3-510-65006-4.

Norcross, Z.M.; Fletcher, C.H.; Merrifield, M. (2002) - Annual and interannual changes on a reef-fringed pocket beach: Kailua Bay, Hawaii. *Marine Geology,* 190(3-4):553-580. DOI: 10.1016/S0025-3227(02)00481-4

Pessenda, L.C.R.; Gouveia, S.E.M.; Ledru, M.P.; Aravena, R.; Ricardi-Branco, F.S; Bendassolli, J.A.; Ribeiro, A.S; Saia, S.E.M.G.; Siffeddine, A.; Menor, E.A.; Oliveira, S.M.B.; Cordeiro, R.C.; Freitas, A.M.M.; Boulet, R.; Filizola, H.F. (2008) - Interdisciplinary paleovegetation study in the Fernando de Noronha island (Pernambuco state), NE Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* (ISSN: 0001-3765), 80(4):677-691, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Pereira, N.S.; Manso, V.A.V.; Silva, A.M.C.; Silva, M.B. (2010) - Mapeamento geomorfológico e morfodinâmica do Atol das Rocas, Atlântico Sul. *Revista da Gestão Costeira Integrada* 10(3):331-345. http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-209_Pereira_small.pdf

Rooney, J.J.B.; Fletcher, C.H. (2005) - Shoreline change and Pacific climatic oscillations in Kihey, Maui, Hawaii. *Journal of Coastal Research* (ISSN: 0749-0208), 21(3):535-547. West Palm Beach, FL, U.S.A.

Shepard, F.P. (1954) - Nomenclature Based on Sand-Silt-Clay Ratios. *Journal of Sedimentary Petrology*, 24(3):151-158. DOI:10.1306/D4269774-2B26-11D7-8648000102C1865D

Short, A.D. (1999) - *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics.* 379p., J. Wiley & Sons, New York, NY, U.S.A. ISBN: 9780471965701.

Smith, D.A.; Cheung, K.F. (2002) - Empirical relationships for grain size parameters of calcareous sand on Oahu, Hawaii. *Journal of Coastal Research*: 18(1):82-93. http://www.jstor.org/stable/4299056.

Stronge, W.B. (1994) - Beaches, tourism, and economic development. *Shore and Beach* (ISSN: 0037-4237), 62(2):6-8, Fort Myers, FL, U.S.A.

Teixeira, W.; Cordani, U.G.; Menor, E.A.; Teixeira, M.G.; Linsker, R. (2003) - *Arquipélago de Fernando de Noronha o paraíso do vulcão.* 167p., Terra Virgem Editora, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 8585981318.

Valença, L.M.M.; Manso, V.A.; Menor, E.A. (2001) - Estudo morfodinâmico preliminar das praias da Ilha de Fernando de Noronha. *Anais do VIII° Congresso da ABEQUA*, 537-538, Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO-UFRGS), Imbé, RS, Brasil.

Valença, L.M.M.; Neumann, V.H.; Menor, E.A.; Santos, C.E.R.R. (2005) - Eolianitos de Fernando de Noronha: uma análise integrada de estudos petrográficos e geoquímicos. *Anais do X° Congresso da ABEQUA*, p.37-39, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Guarapari, ES, Brasil.

Revista da Gestão Costeira Integrada 11(4):479-485 (2011)
*Journal of Integrated Coastal Zone Management* 11(4):479-485 (2011)

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS
UNIVALI
http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-291_Vasques.pdf
DOI:10.5894/rgci291
GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA
Journal of Integrated Coastal Zone Management

# Percepção dos Pescadores quanto ao estabelecimento do Período de Defeso da Pesca de Arrasto para a Região de Ilhéus (Bahia, Brasil) *

## *The Perception of the Ilhéus Shrimp Fishermen (Bahia, Brazil) Regarding the Shrimp Close Season Establishment*

**Ricardo O'Reilly Vasques [@, 1], Erminda da Conceição Guerreiro Couto [2]**

**RESUMO**

Os recursos aquáticos foram vistos, no passado, como uma fonte ilimitada de alimento e geração de empregos. No entanto, o desenvolvimento da dinâmica das pescarias mostrou que estes recursos são renováveis, mas não infinitos, e que necessitam de um gerenciamento adequado para a manutenção de um nível sustentável para uma população mundial em constante crescimento. O ordenamento pesqueiro é o conjunto de normas e ações que permite administrar a atividade pesqueira com base no conhecimento dos seus diversos componentes. No que se refere à pesca do camarão a principal medida é o período de defeso. No entanto, estas medidas são elaboradas por técnicos vinculados ao poder público e por pesquisadores de instituições públicas e universidades, não sendo levado em consideração o conhecimento tradicional, dentro do qual se inserem informações sobre o comportamento das espécies, sua taxonomia e classificação de espécies e habitat. A inserção destes atores na implementação de medidas legais poderia fornecer uma base de informações cruciais para o manejo dos recursos pesqueiros locais. O objetivo deste trabalho foi analisar a percepção dos pescadores profissionais na zona norte de Ilhéus (Bahia, Brasil), quanto às medidas de ordenamento pesqueiro e alguns aspectos da prática da pesca camaroneira. Dos 29 pescadores cadastrados na Colônia de Pesca Z-34 doze foram entrevistados (41%). Apesar de concordar quanto à maior efetividade da IN 14 na proteção do camarão sete-barbas em relação às medidas anteriores, 75% dos entrevistados sugeriu que a primeira parte do defeso deveria ser estabelecida entre maio e julho, não devendo ser considerada apenas a biologia do camarão sete-barbas para a definição do período de defeso na região. Embora grande parte da frota pesqueira ilheense seja composta por barcos do tipo "saveiro médio", cuja espécie alvo é o camarão sete-barbas, o camarão rosa é a espécie alvo das frotas pesqueiras de maior porte. Trabalhos realizados em outros postos de desembarque mostraram que esta espécie foi dominante sobre as demais. Portanto, faz-se necessário avaliar o ciclo de vida do camarão-rosa (*Farfantepenaeus* spp.) para implantar um defeso que proteja ambas as espécies. A análise dos dados obtidos sugere que tanto o período anterior quanto o atual, propostos para o defeso, ainda não protegem integralmente as espécies alvo. Para 91,7% dos entrevistados as capturas decresceram nos últimos cinco anos. A fauna acompanhante é aproveitada por 83,3% dos pescadores, sendo que os peixes são aproveitados por 90%, os siris por 80% e as lulas por 40%. A região compreendida entre o Porto de Ilhéus e a foz do Rio Almada, conhecida como "Bacia do Espigão" foi indicada, por todos os entrevistados, como a área de reprodução de diversas espécies de pescado, sugerindo-se que a mesma deveria ser delimitada como uma área de exclusão de pesca. Assim, o sucesso para a implantação de medidas de ordenamento pesqueiro depende de uma co-gestão participativa entre pescadores, órgãos governamentais e instituições de pesquisa para a elaboração e implantação de políticas de manejo pesqueiro.

**Palavras-chave:** percepção, período de defeso, pesca camaroneira, fauna acompanhante, costa sul baiana.

*@ - Autor correspondente: rickvasques@yahoo.com.br*
*1 - Universidade Estadual de Santa Cruz, Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Rodovia Ilhéus – Itabuna, km 16, CEP 45.662-000, Ilhéus-Ba, Brasil*
*2 - Universidade Estadual de Santa Cruz, Departamento de Ciências Biológicas, Rodovia Ilhéus – Itabuna, km 16, CEP 45.662-000, Ilhéus/Ba. Brasil*

** Submissão: 9 Junho 2011; Avaliação: 6 Julho 2011; Recepção da versão revista: 10 Outubro 2011; Aceitação: 4 Dezembro 2011; Disponibilização on-line: 19 Dezembro 2011*

***ABSTRACT***

*In the past, fishery resources were considered as an unlimited source of food and job opportunities, but it was explored without a management policy establishment. However, the fishery growth and development showed the need of a proper management of this activity to keep it in a sustainable level to meet the world food demand, once these resources are renewable but not infinite. Fishing legislation comprises a group of norms and actions for fishing management and it is based on different fishing concepts and characteristics, which can help its proper organization. In Brazil, fishery is managed and controlled by the Brazilian Institute of Environment and Natural Resources – IBAMA, which also establishes the laws and issues concerning this activity. IBAMA determines a closed season for the shrimp fishery. During the close season a suspension of fishing activity occurs. The goal of the close season is to prevent fishing in reproduction or recruitment periods to ensure the replenishment of the stocks. The great problem of such laws and issues established for fishery is that they are proposed by governmental technicians and researchers from public institutions and universities not considering the fishermen traditional knowledge. The traditional fisherman can provide consistent information about the behavior of target species, taxonomy and classification of several species and their habitat which would ensure regular sustainable captures. This kind of information is crucial for the correct management of local fisheries resources. To attempt this question, the present work proposes the analysis of the fishermen perception on the shrimp fishery regulation at the Ilhéus coast (Bahia, Brazil), also analyzing other aspects of shrimp fishing. In the Fishing Colony Z-34 there are 29 registered fishermen. Twelve of these professionals, including masters and fishermen, were interviewed corresponding to 41% of the total fishermen. All of them agree that the IN 14 - proposing the close season between April 1st and May 15th and from September 15th to October 31th – is more effective in bob-shrimp (Xiphopenaeus kroyeri) protection than the previous close season. Despite that, about 75% of the fishermen suggested that the first part the close season should be established between May and July to get a better result in bob-shrimp protection. In their opinion, the establishment of the closed season should not consider only the biology of the bob-shrimp, but also the other alternatives of fisheries as income complement. Bob-shrimp is the target specie of the medium sailboat, the most common fishing boat of Ilhéus fleet, but the larger fleets usually focus on pink shrimp fishing. They operate at greater depths and fish over the day and the night, staying offshore for many days. Recent studies, comprising the fishing data from other post landings showed that pink shrimp fishing was dominant over the other species. So we conclude that should be established in Ilhéus region a closed season including both species protection. For that purpose, it is also necessary to assess the life cycle of the pink shrimp (Farfantepenaeus spp.). Moreover, 91.7% of interviewed fishermen told about the significant catches decrease in the last five years. None of those interviewed mentioned increase in the volume of catch. About 83.3% of the fishermen make use of the accompanying fauna: 90% of them use the captured fish, 80% use the crabs and 40% use the squids. All interviewed fishermen indicated the region of "Spike Basin", located between the Ilhéus harbour and the Almada River mouth, as a breeding ground of several species of fish, suggesting that it should be annotated as a prohibited area for fishing. In the case of the X. kroyeri, data obtained from the fishermen empirical knowledge and from researchers, suggest that IN14 is effective for protection only in the period of juvenile recruitment of this species, excluding the breeding period. All this information let us to conclude that the success for the correct policies implementation aiming the fishing development and organization depends on a participatory management including government, fishermen and researchers. Finally, the data analysis suggests that both the previous period as the current, proposed for closure, still not fully protect the target species.*

***Keywords:*** *perceptions and beliefs, close season, shrimp fishery, by-catch, south coast of Bahia.*

## 1. INTRODUÇÃO

No passado, os recursos aquáticos foram vistos como uma fonte ilimitada de alimento e geração de empregos, não sendo percebida a necessidade do estabelecimento de uma política de manejo. Entretanto, com o desenvolvimento da dinâmica das pescarias, este mito desapareceu em face da descoberta de que estes recursos são renováveis, mas não infinitos, e que necessitam de um gerenciamento adequado para a manutenção de um nível sustentável para uma população mundial em constante crescimento (FAO, 1995).

De acordo com o Artigo 5°, do Projeto de Lei nº 687/95, o ordenamento pesqueiro é o conjunto de normas e ações que permite administrar a atividade pesqueira, com base no conhecimento dos seus componentes biológicos, pesqueiros, econômicos e sociais, conciliando o princípio da sustentabilidade do recurso com o da obtenção de maiores resultados sócio-econômicos.

De entre as medidas adotadas, o período de defeso visa coibir a pesca em épocas de reprodução ou recrutamento para assegurar a reposição dos estoques ou o ganho em peso dos indivíduos que o compõem.

Em um plano de ordenamento pesqueiro, os objetivos e a forma pela qual os impactos deverão ser avaliados, monitorados e administrados devem estar claramente definidos (Lima & Dias-Neto, 2002). No entanto, tais medidas são elaboradas por técnicos vinculados ao poder público e por pesquisadores de instituições públicas e universidades, não sendo levado em consideração o conhecimento tradicional (Diegues, 2001; Souza *et al.*, 2011).

Os pescadores possuem uma percepção complexa do meio marinho e seus fenômenos naturais (Maldonado, 1986; 1993), apresentando um vasto conhecimento empírico adquirido pela observação continuada dos fenômenos físicos e biológicos, como conhecimento do meio marinho, da fauna e da flora, além das técnicas de navegação. Dentro deste contexto inserem-se informações sobre o comportamento das espécies, taxonomia e classificação de espécies e habitat, assegurando capturas regulares e, às vezes, sustentáveis, fornecendo uma base de informações cruciais para o manejo dos recursos pesqueiros locais (Diegues, 2004).

O Conhecimento Ecológico Local (CEL), objeto de estudo da Entoecologia, visa entender as relações entre o ser humano e o ambiente que o cerca, de acordo com seus sistemas de percepção e manejo de recursos naturais.

Embora a principal característica do CEL seja a transmissão do conhecimento tradicional ao longo das gerações, ele possui um caráter dinâmico por estar intimamente associado ao ambiente, estando sempre em transformação.

O estudo do CEL tem sido frequentemente utilizado para estipular estações e métodos de amostragens através de informações sobre abundância e comportamento de espécies alvo. Dentre as metodologias mais utilizadas por este tipo de abordagem destacam-se a aplicação de questionários, as entrevistas semi-estruturadas, os trabalhos de campo participativos e as reuniões entre os atores (Huntington, 2000).

No Brasil, a análise do conhecimento ecológico vem sendo cada vez mais empregada em estudos de sobre exploração, uso e conservação dos recursos por comunidades tradicionais (Alarcon *et al.*, 2009; Pedroza-Júnior *et al.*, 2002; Pieve *et al.*, 2007; Pieve *et al.*, 2009; Futemma & Seixas, 2008**;** Pacheco, 2006; Clauzet *et al.*, 2005; Cortez, 2010), conhecimento ecológico e taxonômico de espécies alvo (Reuss-Strenzel & Assunção, 2008; Ramires *et al.* 2007; Clauzet *et al*, 2005; Donnini, 2007; Cortez, 2010; Gerhardinger *et al.*, 2006), alterações no ambiente marinho (Gerhardinger *et al.*, 2006) e como fonte de informações para subsidiar planos de manejo (Souza *et al.,* 2011; Alarcon *et al.*, 2009; Futemma & Seixas, 2008; Kalikoski *et al.*, 2009; Hanazaki, 2003; Gerhardinger *et al.*, 2004; Donnini, 2007).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a percepção dos pescadores da costa norte de Ilhéus (sul da Bahia) (figura 1) quanto às medidas de ordenamento pesqueiro referentes ao defeso do camarão para a região.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

Os bairros São Miguel e Barra, localizados na foz do Rio Almada, zona norte de Ilhéus, possuem alguns dos principais pontos de desembarque e processamento de camarões do município. No bairro São Miguel estão localizados três pontos, caracterizados como "Defumadores", enquanto que o da Barra apresenta um ponto conhecido como "Descascador". Nesta região atracam embarcações modelo saveiro médio, que tem o camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) como espécie alvo. Além destas, embarcações de outras localidades, especialmente as provenientes de Valença (BA), também aportam nesta região durante o ano.

De acordo com os registros Colônia de Pesca Z-34, 29 pescadores estão cadastrados na categoria "Pesca de Arrasto". Segundo o gerente da Colônia (Sr. Márcio L. V. Barbosa, com. pess.), esta categoria se caracteriza por atuar na pesca de arrasto durante o ano e na pesca de linha durante o período de defeso.

**Figura 1.** Localização da "Bacia do Espigão", zona norte de Ilhéus (Bahia).
***Figure 1.*** *"Bacia do Espigão" location, Ilhéus north shore (Bahia).*

**Tabela 1.** Síntese dos períodos de defeso contemplados em cada uma das portarias já aplicadas na região de estudo e apresentação dos períodos propostos pelos próprios pescadores entrevistados.
***Table 1.*** *Synthesis of the close seasons for each Ilhéus shrimp fishery legislation and the season proposed by the fishermen.*

| | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Portaria Nº 26/88** | | ■ | ■ | | | | | | | | | |
| **Portaria Nº 56/92** | | | | | ■ | ■ | | | | | | |
| **Portaria 39/01** | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | |
| **Portaria Nº 32/02** | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| **IN Nº 14/04** | | | | ■ | ■ | | | | ■ | ■ | | |
| **Pescadores Ilhéus-BA** | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | ■ | ■ |

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram aplicados questionários semi-estruturados a doze profissionais, entre mestres e pescadores, representando 41% do efetivo cadastrado na colônia Z-34 como "pescadores de arrasto". Os demais não puderam ser entrevistados por estarem desenvolvendo suas atividades nas regiões de Valença e Canavieiras. Os demais pescadores presentes no local, porém oriundos de outras localidades não foram entrevistados por não se enquadrarem na metodologia de estudo do CEL. Os questionários foram aplicados individualmente, após consentimento para o registro dos mesmos.

Os entrevistados foram questionados sobre o estabelecimento do atual período de defeso estipulado pelo IBAMA, através da Instrução Normativa Nº 14, de 14 de outubro de 2004. Além da questão do defeso, foram interpelados sobre aspectos pertinentes à pesca de arrasto, como aproveitamento do da fauna acompanhante e o fechamento de determinadas áreas para a pesca.

Os dados obtidos foram tabulados e analisados de forma a obter-se, através de contraste e agrupamento de respostas, a percepção do grupo em relação às questões apresentadas.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na costa baiana, o defeso é adotado como forma de preservação do camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862)). Foi instituído a partir de 1989, através da Portaria Nº 26/88 do IBAMA, que definia o período de 01 de fevereiro a 31 de março. Posteriormente, a Portaria Nº 56/92 instituiu o defeso entre 1º de maio a 19 de junho. Em 2001, a portaria Nº 39/01 antecipou o defeso para o período de 15 de março a 05 de maio. Estudos realizados posteriormente indicaram o período ideal como sendo o compreendido entre 15 de setembro e 30 de novembro, o qual foi estabelecido na Portaria Nº 32/02, que estendia a área coberta pelo mesmo aos Estados de Sergipe, Alagoas e Pernambuco. Em 14 de outubro de 2004, entrou em vigor a Instrução Normativa Nº 14, vigente até o presente momento, que instituiu o defeso na área compreendida entre a divisa dos Municípios de Mata de São João e Camaçari no Estado da Bahia e a divisa dos Estados da Bahia e Espírito Santo, nos períodos de 1º de abril a 15 de maio e de 15 de setembro a 31 de outubro. Também ficou proibido o exercício da pesca de arrasto motorizado a menos de mil metros da costa no litoral da divisa dos Municípios de Maraú e Itacaré até a divisa dos Municípios de Canavieiras e Belmonte. Nas demais regiões do país o defeso desta espécie apenas consta nas respectivas portarias, uma vez que ela não é considerada como espécie-alvo principal (Santos *et al.*, 2003).

Apesar de concordar quanto à maior efetividade da Instrução Normativa 14 na proteção do camarão sete-barbas em relação às anteriores, aproximadamente 75% dos entrevistados sugeriu que a primeira parte do defeso deveria ser estabelecida entre maio e julho. Segundo os entrevistados, no primeiro período os indivíduos da espécie *X. kroyeri* estão "miúdos" e há uma grande incidência de "sarita" (*Nematopalaemon schmitti* (Houlthuis, 1950)) nas capturas. Um segundo período deveria incluir os meses de novembro e dezembro, quando há uma maior incidência de fêmeas ovadas. Além disso, foi discutida a não existência de alternativas de pesca que permitam a complementação da renda gerada pelo Seguro-Desemprego, durante o período de defeso vigente.

Segundo Santos *et al.* (2003), o melhor período de defeso para a área deveria contemplar dois picos de recrutamento, devendo ser realizado em dois períodos nos meses de abril e outubro. Com relação ao período reprodutivo, estes pesquisadores verificaram a existência de uma reprodução bimodal, com o pico principal em novembro/dezembro e secundário entre abril/maio. Posteriormente, Santos *et al.* (2010) confirmaram o modelo de recrutamento bimodal para a região, mas com o pico principal em setembro e o secundário em maio.

No entanto, não devemos considerar somente a biologia do camarão sete-barbas para o estabelecimento do período de defeso para a região. Embora grande parte da frota pesqueira ilheense seja composta por barcos do tipo "saveiro médio", cuja espécie alvo é o camarão sete-barbas, o camarão rosa (*Farfantepenaeus brasiliensis* e *F. paulensis*) é a espécie alvo das frotas pesqueiras de maior porte, que atuam em maiores profundidades e realizam arrastos tanto diurnos, quanto noturnos, permanecendo por mais tempo o mar (Vasques, 2005). Trabalhos realizados em outros postos de desembarques mostraram que o camarão rosa (citado como *F. subtilis*) foi dominante sobre as demais espécies (Coelho & Santos, 1995; Magalhães, 2001), o que mostra a pressão destas embarcações sobre esta espécie.

Portanto, visto que *Farfantepenaeus* spp. e *X. kroyeri* são espécies alvo de frotas pesqueiras distintas, faz-se necessário o estabelecimento de medidas de ordenamento que protejam ambas as espécies.

Em relação à situação atual da pesca do camarão, quase todos os entrevistados (91,7%) concordam que as capturas decresceram nos últimos cinco anos. Nenhum entrevistado mencionou aumento no volume de captura. De acordo com os pescadores, a queda deve-se ao aumento do número de embarcações atuando na região e ao arrasto realizado pelas frotas industriais.

Diversos são os argumentos sobre o decréscimo no volume das pescarias. Os subsídios de incentivo fiscal e crédito rural do Governo Federal são freqüentemente alvo de debates entre gestores e pesquisadores. No Brasil, as políticas de incentivos fiscais começaram em 1967, através do Decreto N°221/67. Estes incentivos propiciaram a criação de uma frota pesqueira especializada em captura de determinadas espécies (denominadas "espécies-alvo"), além de prover uma forte infra-estrutura com a aquisição de diversos equipamentos. No entanto, aparentemente, esta ampliação da frota excedeu a capacidade máxima sustentável de captura dos estoques, tanto que, a partir 1986 houve decréscimo nas capturas, mantendo-se de forma constante, abaixo da média anual. Dentre as principais críticas a este fomento, destacam-se os novos programas de incentivo implementados sem os devidos planos de gerenciamento de pesca para as espécies alvo, a falta de melhoria no processamento do pescado e reaproveitamento dos descartes, e a não incorporação da capacidade natural de renovação dos estoques aos planos de gestão (Abdallah & Sumaila, 2007).

Segundo dados da FAO (2010), em 2008, cerca de 3% do estoque pesqueiro estava subexplorado, 12% moderadamente

explorado e 53% plenamente explorado, produzindo capturas que eram iguais ou próximas aos seus limites máximos sustentáveis. Os 32% restante se encontrava sobreexplorado (28%), empobrecido (3%) ou em recuperação (1%).

Na área em questão, a pesca de arrasto também tem sido alvo de discussão (Schwinghamer *et al.*, 1998; Turner *et al.* 1999; Coggan *et al.*, 2001; Smith *et al.*, 2003), pois os efeitos gerados por esta atividade alteram e destroem o fundo marinho levando à mudanças nas suas características físicas, químicas, biológicas e topográficas (alterações na química e dinâmica dos sedimentos, na diversidade das comunidades bênticas - afetando a produtividade de outras pescarias, e no fluxo de nutrientes entre os ambientes bêntico e pelágico).

Na costa de Ilhéus a fauna acompanhante é aproveitada por 83,3% dos entrevistados. Os peixes, utilizados para isca, comércio ou consumo, são aproveitados por 90% dos pescadores. As espécies mais aproveitadas são a pescadinha (*Macrodon ancylodon* (Bloch & Schneider, 1801)), a boca-de-rato (*Stellifer stellifer* (Bloch, 1790) e *S. rastrifer* (Jordan, 1889)), a navalha (*Odontognathus mucronatus* Lacepède, 1800), a cortadura (espécie não identificada) e a chatinha (*Isopisthus parvipinnis* (Cuvier, 1830)).

Dentre os outros organismos também aproveitados destacam-se os siris dos gêneros *Callinectes* e *Portunus* (80%) e as lulas das espécies *Lolliguncula brevis* e *Loligo plei* (40%). Os carídeos *Exhippolysmata oplophoroides* (Holthuis, 1948) (camarão-espinho) e *Nematopalaemon schmitti* (sarita) são aproveitados no processamento do camarão sete-barbas. Os demais organismos que compõem a fauna acompanhante são descartados em alto mar como "lixo".

A fauna acompanhante presente na pesca de arrasto é caracterizada por uma elevada diversidade (principalmente peixes, crustáceos, moluscos, equinodermos e cnidários, entre outros) e por uma grande quantidade de biomassa, representada por indivíduos imaturos em sua maioria. Dentre os preceitos propostos pela FAO (1995), destaca-se o papel do Estado no aprimoramento de medidas para melhorar o processamento, distribuição e comercialização do pescado, incluindo a redução e aproveitamento da fauna acompanhante como fonte de proteína. No Brasil este tipo de atividade ainda é incipiente, sendo os estudos voltados principalmente para o aproveitamento de peixes sem valor comercial para a fabricação de farinhas, lingüiças e "hamburgers" (Morais *et al*, 1994; Silva *et al*, 2009).

A região compreendida entre o Porto de Ilhéus e a foz do Rio Almada, conhecida como "Bacia do Espigão" foi indicada, por todos os entrevistados, como a área de reprodução de diversas espécies de pescado (Figura 1). A partir desta constatação foi sugerido que a mesma poderia ser delimitada como uma área dentro da qual a pesca deveria ser proibida. Cerca de 70% dos entrevistados concordaram com a delimitação desta área. No entanto, há a necessidade de maiores estudos para que se proponha esta região como uma Área Marinha Protegida (AMP), cuja implantação estabelece direitos legais para a exclusão de quaisquer atividades extrativistas dentro da mesma. Portanto, para sua implantação devem-se verificar as suas vantagens e utilidades para a conservação e recuperação biológica dos recursos pesqueiros existentes, bem como os impactos sobre as comunidades de pescadores tradicionais.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento ecológico dos pescadores é decorrente do fato destes reconhecerem o ecossistema e os seus recursos naturais como finitos, e desta maneira serem capazes de fornecer informações a serem utilizadas como estratégias para a conservação do mesmo. Por isso, o sucesso para a implantação de medidas de ordenamento pesqueiro depende de uma co-gestão participativa destes atores durante a elaboração e implantação destas políticas (Diegues, 2001). No caso do conhecimento sobre a biologia do camarão sete-barbas (*X. kroieyri*), tanto os dados obtidos a partir das coletas de pesquisa como o conhecimento empírico apresentado pelos pescadores, sugerem que a Instrução Normativa Nº14 está protegendo somente o período de recrutamento juvenil desta espécie, excluindo o seu período reprodutivo. Além disso, faz-se necessário avaliar o ciclo de vida do camarão-rosa (*Farfantepenaeus* spp.) para implantar um defeso que proteja ambas as espécies.

## AGRADECIMENTOS

À FAPESB, pela bolsa de Mestrado (PPGZOO-UESC) e de apoio técnico (BOL677/2005) concedidas ao primeiro autor; ao Sr. Marcio Luiz Vargas Barbosa, gerente da Colônia de Pescadores Z-34; aos mestres e pescadores dos bairros São Miguel e Barra. Aos revisores que enriqueceram com suas críticas este trabalho.

## BIBLIOGRAFIA

Abdallah, P.R.; Sumaila, U.R. (2007) - An historical account of Brazilian public policy on fisheries subsidies. *Marine Policy*, 31(4):444–450. DOI: 10.1016/j.marpol.2007.01.002

Alarcon, D.T.; Costa, R.C. da S.; Schiavetti, A. (2009) – Abordagem etnoecológica da pesca e captura de espécies não-alvo em Itacaré, Bahia (Brasil). *Boletim do Instituto de Pesca* Online (ISSN: 1678-2305), 35(4):675-686, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em: ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/35_4_675-686.pdf

Clauzet, M.; Ramires, M.; Barrella, W. (2005) – Pesca artesanal e conhecimento local de duas populações caiçaras (Enseada do Mar Virado e Barra do Una) no litoral de São Paulo, Brasil. *Multiciência* (ISSN: 1806-2946), 4:1-22, Campinas, SP, Brasil. Disponível em: www.multiciencia.unicamp.br/artigos_04/rede_01_.pdf

Coelho, P.A.; Santos, M.C.F. (1995) - Resultados das amostragens na pesca de camarões marinhos ao largo de Ilhéus, BA. Boletim Técnico Científico do CEPENE (ISSN: 0104 - 6411), 3(1):109-120, Tamandaré, PE, Brasil.

*Coggan, R.A.; Smith, C.J.; Atkinson, R.J.A.; Papadopoulou, K.N.; Stevenson, T.D.I.; Moore, P.G.; Tuck, I.D. (2001) - Comparison of rapid methodologies for quantifying environmental impacts of otter trawls. Final Report. 236p., EU DG XIV Study Project 98/017. Disponível em:* http://www.imbc.gr/institute/eco_bio/feg2/OTIP2.pdf

Cortez, C.S. (2010) – *Conhecimento ecológico local, técnicas de pesca e uso dos recursos pesqueiros em comunidades da Área de Proteção Ambiental Barra do Rio Mamanguape, Paraíba, Brasil.* Dissertação de Mestrado, 91p., Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil. Disponível em http://www.prodema.ufpb.br/arquivos/dissertacoes/creuza_soares.pdf

Diegues, A.C. (2001) – O mito moderno da natureza intocada. 3ª edição, 169p., Núcleo de Apoio à Pesquisa sobre Populações Humanas e Áreas Úmidas (NUPAUB), editora HUCITEC, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 8527103451.

Diegues, A.C. (2004) – A pesca construindo sociedades: leituras em antropologia marítima e pesqueira. 315p., Núcleo de Apoio à Pesquisa sobre Populações Humanas e Áreas Úmidas (NUPAUB/USP), São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 9788587304070.

Donnini, M.C. (2007) – *Conhecimento ecológico local dos pescadores do Rio Ratones, Florianópolis, SC*. Monografia de Bacharelado, 70p., Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil. Disponível em: http://www.pluridoc.com/Site/FrontOffice/default.aspx?Module=Files/FileDescription&ID=2567&lang=pt

FAO. (1995) – *Code of Conduct for Responsible Fisheries*. Implementation of the 1995 FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries Web site, FAO Fisheries and Aquaculture Department [online], Roma, Itália. Disponível em ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/v9878e/v9878e00.pdf.

FAO. (2010) - The state of world fisheries and aquaculture. **197**p., Food and Agriculture organization of the United Nations (FAO), Fisheries and Aquaculture Department, Roma, Itália. Disponível em: http://www.fao.org/docrep/013/i1820e/i1820e.pdf. ISBN:9789251066751.

Futemma, C.; Seixas, C. (2008) – Há territorialidade na pesca da Baía de Ubatumirim (Ubatuba, SP)? Questões intra, inter e extra-comunitárias. *Biotemas* (ISSN: 0103-1643), 21(1):125-138, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil. www.biotemas.ufsc.br/volumes/pdf/volume211/p125a138.pdf

Gerhardinger, L.C.; Freitas, M.O.; Medeiros, R. P.; Godoy, E.A. ; Marenzi, R.C.; Hostim-Silva, M. (2004) – Conhecimento ecológico local e biodiversidade marinha no planejamento de áreas marinhas protegidas: uma análise crítica. *Anais do IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, Vol.1,* pp.500-510, Fundação O Boticário de Proteção à Natureza/Rede Nacional Pró Unidades de Conservação, Curitiba, PR, Brasil. Disponível em: http://artigocientifico.tebas.kinghost.net/uploads/artc_1146139157_29.pdf

Gerhardinger, L.C.; Marenzi, R.C.; Hostim-Silva, M.; Medeiros, R. P. (2006) – Conhecimento ecológico local de pescadores da Baía Babitonga, Santa Catarina, Brasil: peixes da Família Serranidae. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* (On line), 28(3):253-261. DOI: 10.4025/actascibiolsci.v28i3.226.

Hanazaki, N. (2003) – Comunidades, conservação e manejo: o papel do conhecimento ecológico local. *Biotemas* (ISSN: 0103-1643), Florianópolis, v. 16(1):23-47, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil. http://www.biotemas.ufsc.br/volumes/pdf/volume161/161(2).pdf

Huntington, H.P. (2000) – Using traditional ecological knowledge in science: methods and applications. *Ecological Applications*, 10(5):1270-1274. DOI: 10.1890/1051-0761(2000)010[1270:UTEKIS]2.0.CO;2

Kalikoski, D.C.; Seixas, C.S.; Almudi, T. (2009) – Gestão compartilhada ecomunitária da pesca no Brasil: avanços e desafios. *Ambiente & Sociedade* (ISSN: 1414-753X), 12(1):151-172, ANPPAS – UNICAMP, Campinas, SP, Brasil. http://www.scielo.br/pdf/asoc/v12n1/v12n1a11.pdf

Lima, J.H.M.; Dias-Neto, J. (2002) – O ordenamento da pesca marítima no Brasil. *Boletim Técnico Científico do CEPENE* (ISSN: 0104 - 6411 ), 10(1):265-330, Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Nordeste (CEPENE) - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio),Tamandaré, PE, Brasil

Magalhães, J.A.D. (2001) – *A regulamentação da pesca de camarão na Bahia do ponto de vista do setor pesqueiro*. Monografia de conclusão do curso de Especialização em Oceanografia, 32p., Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA, Brasil.

Maldonado, S.C. (1986) – *Pescadores do mar*. 77p., Editora Ática, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 8508011628.

Maldonado, S.C. (1993) – *Mestres e mares – espaço e indivisão na pesca marítima*. 2ª edição, 194p., Editora Annablume, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 8585596082.

Morais, C. de; Silveira, E.T.F.; Figueiredo, I.B. (1994) - Utilização da ictiofauna acompanhante na captura do camarão-sete-barbas na forma de produto salgado, prensado e seco. ***Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos*** (ISSN: 0100-350X)**,** 24(1):61-74, Campinas, SP, Brasil.

Pacheco, R.S. (2006) – *Aspectos da ecologia dos pescadores residentes na Península de Maraú – BA: Pesca, uso de recursos marinhos e dieta*. Dissertação de Mestrado, 68p., Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil. Não Publicado. Disponível em: http://repositorio.bce.unb.br/bitstream/10482/2195/1/2006_Rodrigo Stolze Pacheco.pdf

Pedroza Júnior, H.S.; Soares, A.P.; Barros, H.M.; Soares, M.G. (2002) – Aspectos etnobiológicos da pesca e comercialização de moluscos e crustáceos do Canal de Santa Cruz, Itapissuma-PE. *I Congresso Brasileiro de Extensão Universitária*, João Pessoa, PB, Brasil. Disponível em http://www.prac.ufpb.br/anais/Icbeu_anais/anais/meioambiente/moluscos.pdf

Pieve, S.M.N.; Miura, A.K. ; Rambo, A.G. (2007) – A pesca artesanal na Colônia São Pedro (Z3), Pelotas, RS. *Anais do XLV Congresso da SOBER*, Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), Londrina, PR, Brasil. Disponível em http://www.sober.org.br/palestra/6/735.pdf

Pieve, S.M.N.; Kubo, R.R.; Souza, G.,C de (2009) – A dinâmica do conhecimento ecológico local: um estudo etnoecológico sobre a resiliência dos pescadores artesanais. *VIII Reunión de Antropología del Mercosur (RAM)*, Instituto de Altos Estudios Sociales (IDAES) de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), Buenos Aires, Argentina. Disponível em http://www.ram2009.unsam.edu.ar/GT/GT%2067%20-%20Antropolog%C3%ADa%20mar%C3%ADtima,%20fluvial%20y%20lacustre/GT%2067-%20Ponencia%5BPieve-%20Kubo-Cohelo%5D.pdf

Ramires, M; Molina; M.S.G.; Hanazaki, N. (2007) – Etnoecologia caiçara: o conhecimento dos pescadores artesanais sobre aspectos ecológicos da pesca. *Biotemas* (ISSN:0103-1643),20(1):101-113,UFSC–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil. Disponível em: www.ecoh.ufsc.br/Ramiresetal2007.pdf

Reuss-Strenzel, G.M.; Assunção, M.F. (2008) – Etnoconhecimento ecológico dos caçadores submarinos de Ilhéus, Bahia, como subsídio à preservação do mero (*Epinephelus itajara* Lichtenstein, 1822). *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 8(2):203-219. http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-137_reuss-strenzel.pdf

Santos, M.C.F.; Freitas, A.E.T.S.; Magalhães, J.A.D. (2003) – Aspectos biológicos do camarão sete-barbas, *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) capturado ao largo do município de Ilhéus (Bahia – Brasil). *Boletim Técnico Científico do CEPENE* (ISSN 0104 - 6411 ),, 11(1):73-85, Tamandaré, PE, Brasil. Disponível em: www.icmbio.gov.br/cepene/modulos/boletim/visualiza.php?id_arq=191

Santos-Lopes, J.B.B.; Vasques, R.O.R.; Guimarães, F.J.; Cetra, M.; Couto, E.C.G. (2010) - Proporção sexual do camarão sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) na costa de Ilhéus, Bahia, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca* (ISSN: 1678-2305), 36(4):251-262, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em: ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/36_4_251-262.pdf

Schwinghamer, P.; Gordon, D.C.; Rowell, T.W.; Prena, J.; Mckeown, D.L.; Sonnichsen, G.; Guigne, J.Y. (1998) - Effects of experimental otter trawling on surficial sediment properties of a sandy-bottom ecosystem on the Grand Banks of Newfoundland. *Conservation Biology*, 12(6):215-1222. DOI: 10.1046/j.1523-1739.1998.0120061204.x.

Silva, H.A.M.; Silva, A.P. da; França, R.C.P.; Carvalho, I.T.; Machado, Z.N.; Silveira, A.V.M. (2009) - Utilização de fauna acompanhante da pesca do camarão, para produção de linguiça e hamburguer. *Revista Higiene Alimentar* (ISSN: 0101-9171), 23(168/169):93-96, São Paulo, SP, Brasil.

Smith, C.; Rumohr, H.; Karakassis, I.; Papadopoulou, K.N. (2003) - Analysing the impact of bottom trawls on sedimentary seabeds with sediment profile imagery. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 285-286:479-496. DOI: 10.1016/S0022-0981(02)00545-2.

Souza, K.M.; Arfelli, C.A.; Lopes, R.G.; Silva, N.J.R. (2011) – A percepção dos integrantes da cadeia produtiva da pesca do camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) do Perequê (Guarujá – SP) sobre a política pública do defeso. *V Simpósio de Brasileiro de Oceanografia. Oceanografia e Políticas Públicas*, Santos, SP, Brasil. Disponível em http://www.vsbo.io.usp.br/trabs/060.pdf

Turner, S.J.; Thrush, S.F.; Hewitt, J.E.; Cummings, V.J.; Funnell, G. (1999) - Fishing impacts and the degradation or loss of habitat structure. *Fisheries Management and Ecology*, 6:401–420. DOI: 10.1046/j.1365-2400.1999.00167.x.

Vasques, R.O.R. (2005) – *Dinâmica populacional do camarão rosa Farfantepenaeus paulensis (Pérez-Farfante, 1967), Crustacea Decapoda, e caracterização da pesca camaroneira na zona norte de Ilhéus, BA*. Dissertação de Mestrado, 149p., Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA, Brasil.

Revista da Gestão Costeira Integrada 11(4):487-489 (2011)
*Journal of Integrated Coastal Zone Management* 11(4):487-489 (2011)

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS
UNIVALI
http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-302_Souza.pdf
DOI:10.5894/rgci302
GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA
Journal of Integrated Coastal Zone Management

# NOTA TÉCNICA / *TECHNICAL NOTE*

# Recuperação de Praias com o uso do Dissipador de Energia Bagwall no Litoral dos Estados de Alagoas e do Ceará, Brasil *

## *Beach Restoration with the use of Bagwall Energy Dissipators in Coastline the States of Alagoas and Ceará, Brazil*

Marco Antônio de Lyra Souza [@, 1]

**RESUMO**

Esta nota apresenta alguns resultados positivos obtidos nos últimos oito anos no litoral do Nordeste do Brasil, onde foram construídos quatro dissipadores de energia *Bagwall* para controle da erosão costeira, em condições geológicas, geográficas, morfológicas e hidrodinâmicas completamente distintas. O resultado final, após a implantação destas obras, foi a contenção do avanço do mar e a recuperação da praia no local da intervenção.

Palavras-chave: Proteção Costeira; Dissipador de Energia;Recuperação de Praias.

***ABSTRACT***

*The coastal environment is a nonlinear dynamic system, where the implications of its members individually are random and unpredictable. This system evolves over time and space, with an unbalanced and aperiodic behavior, where its future state is extremely dependent on its current state, and can be changed radically from changes in the present.*
*The climatic changes that are underway demand a greater awareness and concern regarding the intensification of erosion and inundation, increasing demand for coastal defense works, and the need to seek greater efficiency in their actions to find solutions that bring benefits environmental control of coastal erosion in urban areas.*
*This note presents some positive results obtained in the last eight years on the Northeast coast of Brazil, where four Bagwall energy dissipators have been built for controlling coastal erosion in four beaches under geological, geographical, morphological and hydrodynamic different conditions. Since the deployment of these works the advancement of the erosion has been controlled and beaches have been in restoration.*

*Keywords: Coastal Defense Works; Energy Dissipators; Beach Restoration.*

*@ - Autor correspondente: marcolyra2@yahoo.com.br*
*1 - Green Consult do Brasil – Consultores Associados, Condomínio Aldebaran Ômega, Quadra – I, 26, Tabuleiro dos Martins, CEP 57080-900, Maceió, Alagoas, Brasil.*

* *Submissão: 4 Setembro 2011; Avaliação: 16 Setembro 2011; Recepção da versão revista: 26 Setembro 2011; Aceitação: 15 Outubro 2011; Disponibilização on-line: 14 Dezembro 2011*

Os quatro dissipadores de energia *Bagwall citados* na presente nota foram construídos para controle da erosão costeira nos estados de Alagoas e do Ceará, em condições ambientais completamente distintas, tendo como resultado final a contenção do avanço do mar sem transferir o processo erosivo para áreas adjacentes e a recuperação da praia natural recreativa (Tabela 1).

O ambiente litorâneo é complexo, extremamente dinâmico e de uma variação contínua no tempo e no espaço. Observando-se da praia para o mar, verifica-se o movimento caótico das ondas com suas alturas variando a cada avanço e recuo do mar, a intensidade do vento constantemente mudando de velocidade, grandes quantidades de areias se deslocando ao longo da linha de costa; tudo muda nesse ambiente em fração de segundos. Por outro lado, observando-se do mar para a praia, verifica-se o mesmo ambiente caótico, sendo a costa a região onde parece que todas as forças convergem. É como se a costa fosse um atrator caótico.

Dessa forma pode-se concluir que as praias e as zonas costeiras são as regiões onde se faz sentir a ação energética do mar sobre os continentes. É a costa o obstáculo no qual as ondas acabam por dissipar toda a sua energia.

No livro "Recuperação de Praias e Dunas", Nordstrom (2010) aponta a necessidade de se buscar uma maior eficácia nas ações para encontrar soluções que tragam benefícios ambientais no controle da erosão costeira. É preciso atingir metas de recuperação de praias com a utilização de um novo conceito de naturalidade, buscando nas soluções de engenharia a reconstrução da paisagem natural.

Os benefícios ambientais obtidos com o uso do dissipador de energia *Bagwall* no litoral de Alagoas (Souza, 2008), uma obra de engenharia rígida utilizando formas geotêxteis preenchidas com concreto (Saathoff & Witte,1994, 1995), indicam a necessidade de se expandir a experiência para outras regiões.

A crescente demanda por obras de defesa costeira no litoral do Brasil e os resultados positivos obtidos nas duas primeiras obras realizadas com o uso do *Bagwall* no litoral de Alagoas, mais duas obras foram construídas no Nordeste do Brasil em condições geográficas, geológicas, morfológicas e hidrodinâmicas completamente distintas.

A presente nota revela os resultados positivos obtidos no controle da erosão costeira no litoral do Nordeste do Brasil com a construção de quatro dissipadores de energia de ondas *Bagwall*, indicando que sistemas dissipativos são fonte de ordem num sistema caótico (Prigogine, 1993).

Depois do "Caos", não se pode negligenciar os fatores poucos significativos, pois é no ambiente caótico que pequenas alterações podem gerar grandes transformações, pondo a perder projetos ou planos não preparados para essas ocorrências (Baker & Gollub, 1990).

Na Teoria das Estruturas Dissipativas (Prigogine, 1997), todos os sistemas vivos, inclusive o universo, estão adaptados para uma capacidade intrínseca de auto-organização consciente. Segundo a lei da termodinâmica, qualquer sistema fechado está sujeito à desordem – processo conhecido como entropia.

A entropia pode ser definida como uma medida de trabalho organizado.

Um sistema com baixa entropia tem maior capacidade de organização do que um sistema com alta entropia. A entropia é menor nos sistemas abertos. Para um sistema ser aberto, ele tem de ser uma estrutura dissipativa. A dissipação revela o caráter auto-organizativo de qualquer sistema vivo e aberto. Ou seja, durante a entropia, para o sistema não morrer, ele deve se tornar uma estrutura dissipativa, permitindo que uma nova ordem surja – a ordem vem do caos! (Prigogine,2004).

As estruturas dissipativas são sistemas essencialmente evolutivos. Essa evolução requer tanto que um sistema esteja sujeito a mudanças, quanto que ele seja capaz de resistir a mudanças, na medida em que a capacidade de auto-organização de um sistema exige que ele mantenha, até certo ponto, a sua estrutura. Assim, um sistema dissipativo, para ser capaz de evoluir, deve ser suficientemente flexível,

**Tabela 1.** Quadro Demonstrativo das Obras do *Bagwall* no Litoral dos Estados de Alagoas, e do Ceará, Brasil.
***Table 1.*** *Chart showing the works with the use of Bagwall energy dissipators in coastline the states of Alagoas and Ceará, Brazil.*

| Ano da Construção | Localização | Extensão da Obra (m) | Regime de Maré | Altura Máxima de Maré (m) | Custo de Manutenção |
|---|---|---|---|---|---|
| 2003 | Praia de Japaratinga – Alagoas | 300,00 | mesomaré | 2,60 | Nenhum Registro |
| 2004 | Praia de Ponta Verde Maceió – Alagoas | 150,00 | mesomaré | 2,80 | Nenhum Registro |
| 2008 | Praia de Barra Nova Mal. Deodoro – Alagoas | 1.250,00 | micromaré | 1,20 | Nenhum Registro |
| 2010 | Praia do Icaraí Caucaia – Ceará | 835,00 | mesomaré | 3,20 | Nenhum Registro |

isto é, apresentar uma instabilidade interna que lhe permita sofrer mudanças, mas, também, apresentar certo grau de resiliência, isto é, capacidade de absorver impactos externos, de maneira a não comprometer o seu processo de organização (Rihani, 2002).

Após a instalação do *Bagwall* nos locais com forte processo erosivo, o sistema interage de maneira que a incidência do trem de ondas sobre as paredes do dissipador forma ondas reativas, que reduzem a velocidade de impacto do trem de ondas subsequente, promovendo a deposição de sedimentos no local e aumentando o atrito na camada de fundo.

Os atritos estão na origem da dissipação da energia. A dissipação tem um papel muito simplificador, pois permite que se considerem apenas as trajetórias correspondentes a um mínimo de energia potencial (Gallas, 2007).

As três primeiras obras realizadas no estado de Alagoas relacionadas na Tabela 1, não foram monitoradas, entretanto, nos locais das intervenções observou-se ao longo do tempo, o acúmulo de sedimentos na praia ocorrendo à engorda natural com tendência ao equilíbrio do perfil de praia.

Um dado relevante foi à rapidez da recuperação das dunas frontais da praia do Icaraí, no município de Caucaia, estado do Ceará, onde num período de seis meses após a construção do *Bagwall,* ocorreu um acúmulo de mais de 120 mil metros cúbicos de areia, numa extensão de 1 km de praia (Figura 1). Atualmente a área encontra-se em monitoramento, com levantamento de perfis de praia no local da intervenção e nas áreas adjacentes para obtenção de um diagnóstico completo da situação.

Os dados obtidos no monitoramento da praia do Icaraí permitirão confirmar ou informar os dados empíricos agora apresentados.

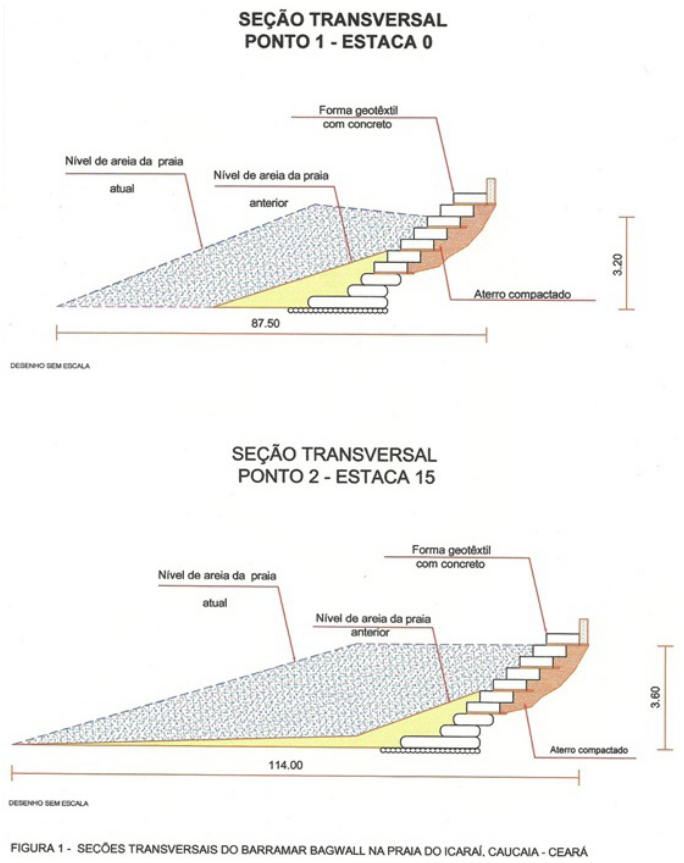


**Figura 1.** As duas seções transversais dos perfis de praia feitos antes e depois da construção do *Bagwall* na praia do Icaraí, mostram o acumulo de areia na praia formando a nova berma da duna frontal.

***Figure 1.*** *The two cross sections of the beach profiles taken before and after the construction of the Bagwall in Icaraí beach, show the accumulation of sand on the beach and restoration of the new frontal dune.*

## BIBLIOGRAFIA

Baker, G.L.; Gollub, J.P. (1990) – *Chaotic Dynamics: An Introduction*. Cambridge University Press, 256p., New York, U.S.A. ISBN: 0521476852

Gallas, J. (2007) – *Transição para o Caos em Sistemas Dissipativos*. Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 13p, Porto Alegre, RS, Brasil.

Nordstorm, K.F. (2010) – *Recuperação de Praia e Dunas*. Ed. Oficina de Texto, 263p, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 9788579750069

Prigogine, I. (1993) – *Le Lois du Chaos*. Ed. Flamarion, 126p., Paris, França. ISBN: 9782082102209

Prigogine, I. (1997) - *The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature*. The Free Press, 228p., New York, NY, U.S.A. ISBN: 0684837056

Prigogine, I. (2004) - Criatividade da natureza, criatividade humana. *Ensaios de complexidade 2*. Tradução de Luiz Nogueirado que texto integrou o catálogo da exposição *L'Homme qui marche: de Rodin a Mimran*, realizada em Paris, Ed. Sulina, p.105-115, Porto Alegre, RS, Brasil,. ISBN: 8520503357. Rpublicado em *Ponto e Vírgula* (ISSN 1982-4807), 6:1-6 (2009). http://www.pucsp.br/ponto-e-virgula/n6/artigos/pdf/pv6-01-prigogine.pdf

Rihani, S. (2002) - Implications of adopting a complexity framework for development. *Progress in Development Studies* (ISSN: 1464-9934), 2(2):133-143, SAGE Publications, London, U.K.

Saathoff, F.; Witte, J. (1994) - Use of geotextile containers for stabilizinng the scour embankment at the Eidersperrwerk. Part I. *Geosynthetics Word* (ISSN : 1359-5253), 5(1):1-6.

Saathoff, F.; Witte, J. (1995) - Use of geotextile containers for stabilizinng the scour embankment at the Eidersperrwerk. Part II. *Geosynthetics Word* (ISSN : 1359-5253), 5(2):1-65.

Souza, M.A.L. (2008) – Benefícios ambientais no controle de erosão costeira com uso do dissipador de energia Bagwall no litoral de Alagoas, NE Brasil. *Revista Gestão Costeira Integrada*, 8(2): http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-126_souza.pdf

Revista da Gestão Costeira Integrada 11(4):491-492 (2011)
*Journal of Integrated Coastal Zone Management* 11(4):491-492 (2011)

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS
UNIVALI
http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-309_Alves.pdf
DOI:10.5894/rgci309
GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA
Journal of Integrated Coastal Zone Management

# COMENTÁRIO AO LIVRO / *COMMENT TO THE BOOK*

## "Nos limites da Amazônia Azul – As ilhas de São Pedro e São Paulo + Trindade" de Antônio Marinho, Roberta Jansen e Simone Marinho *

Editora Casa da Palavra, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

**Ruy José Válka Alves [@,1] & Nílber Gonçalves da Silva**

O conceito de Amazônia Azul confere ao Brasil uma grande vantagem estratégica, mas também uma maior responsabilidade de manter a soberania sobre os recursos de uma grande faixa do Oceano Atlântico, acrescentando 963 mil km$^2$ aos 3,5 milhões já sob seu domínio (Marinha do Brasil, 2011). O conhecimento científico dessa área marítima é fundamental para garantir tal soberania e uma boa gestão dos recursos naturais. A divulgação de informações precisas sobre as ihas oceânicas brasileiras terá um papel fundamental na construção desse conhecimento, e os recentes livros (Mohr *et al.* 2009; Marinho *et al.,* 2010; Côrtes & Gasparini, 2010) visam contribuir para a divulgação da mentalidade marítima.

Dos Arquipélagos de São Pedro e São Paulo e da Trindade, o livro de Marinho *et al.* (2010) traz ao leitor fotografias de paisagens, flora e fauna de excelente qualidade. Porém, os editores abriram mão da oportunidade de identificar, no texto, os lugares e as espécies retratadas. Segundo o livro, embora a área somada do Arquipélago de São Pedro e São Paulo seja de apenas 1,3 ha, já se revezaram mais de 1200 pesquisadores na Estação Científica ali construída pela Marinha do Brasil. Embora sejam muito maiores, tanto em extensão quanto em diversidade biológica, as Ilha da Trindade e de Martin Vaz receberam, até hoje, um número menor de cientistas. A recente construção da Estação Científica da Ilha da Trindade (ECIT) já vem reduzindo esse desequilíbrio de atenção científica, restando envidar maiores esforços em Martin Vaz.

Ao longo dos próximos anos a Ilha da Trindade passará por um necessário replantio das espécies de árvores nativas. A medida se torna possível graças à cooperação, recém acordada, da ONG "SOS Mata Atlântica" com o Museu Nacional (responsável pelo projeto que vem recuperanado a vegetação da Ilha) e a Marinha do Brasil (que administra a Ilha). Os ensaios anteriores de plantio de árvores mostraram que é possível recuperar a Ilha. Todas as ações vindouras serão realizadas com ainda mais informação e cuidado. O exponencial interesse da Marinha, a criação da ECIT e resultados conservacionistas positivos geram um inevitável entusiasmo.

"Nos Limites da Amazônia Azul" (Marinho *et al.,* 2010) reflete justamente esse entusiasmo, trazendo muitas informaçoes sobre a Ilha da Trindade, algumas das quais são aqui revisadas com mais minúcia, para melhor subsidiar gestores e pesquisadores desse Arquipélago.

O programa de replantio das espécies nativas do Museu Nacional não foi concluído (p. 82). Ademais, a fase experimental de replantio se iniciou em 1998, apesar de a recuperação natural estar sendo monitorada desde 1994.

O naturalista *Carl Friedrich Philipp Von Martius* nunca visitou a Ilha e nem faz menção a esta em sua obra (p. 69). O que ocorreu foi uma expedição do Museu Nacional à Ilha em 1994-1995, batizada como "Expedição Von Martius" (Alves, 1998).

*@ - Autor correspondente: ruyvalka@yahoo.com*
*1 - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Fórum de Ciência e Cultura, Museu Nacional, Quinta da Boa Vista, 20940-040 - Rio de Janeiro, RJ, Brasil*

** Submissão: 8 Novembro 2011; Aceitação: 28 Novembro 2011; Disponibilização on-line: 14 Dezembro 2011*

Durante nossas últimas estadias andamos pela Ilha toda e não achamos nem vestígios das 5000 mudas de *Colubrina glandulosa* (árvore nativa) que são atrubídas a um único plantador em 2008 (p. 75). Também não encontramos os sensores que medem nível de água nos solos que constam estar dispostos por toda a Ilha (p. 89).

Não se pode afirmar que as samamabaias gigantes da Ilha da Trindade são provenientes de Santa Catarina ou do Paraná (p. 83) sem estudos aprofundados e abrangendo materiais oriundos de todo o Brasil (o que não foi publicado até o momento). Na segunda coluna se fala em polinização em samambaias, fenômeno que não ocorre neste grupo de plantas.

O caranguejo terrestre *Johngarthia* (*Gecarcinus*) *lagostoma* não precisou de um tronco para chegar (p. 87). Esses caranguejos desovam no mar e as larvas, planctônicas, são dispersas pelas correntes marinhas, dispensando a teoria dos troncos flutuantes atualmente tão aplicada a todo tipo de ser vivo. A espécie é nativa e restrita às Ilhas Oceânicas de Trindade, Martin Vaz, Atol das Rocas, Fernando de Noronha, Ascensão (Hartnol *et al.,* 2006) e Martin Vaz e não ocorre nos continentes.

O período da última atividade vulcânica na Ilha da Trindade ainda é polêmico. Em sua última publicação, a maior autoridade em geologia da Ilha, Fernando de Almeida, afirma que o último vulcanismo ocorreu no Holoceno (ao longo dos últimos 11 mil anos), mas nas publicações anteriores ele sugeria o Pleistoceno (há mais de 11 mil anos) (Almeida 2002; 2006). No livro (p. 90), afirma-se que o último vulcanismo ocorreu há apenas 5000 anos (no meio do Holoceno), mas nenhuma fonte é citada para tal informação.

Na p. 93 se afirma que os fulguritos, rochas resultantes da fusão de solo pela descarga de relâmpagos, seriam formados pela atração que a areia da Praia do Eme exerce, por ser metálica. De fato, a areia de algumas praias, como a do EME, contém magnetita, mas nunca foi achado um fulgurito sequer nessas praias com areia de magnetita. Todos os fulguritos encontrados na Ilha são compostos quase inteiramente de areia carbonática branca (vide Zucolotto *et al.,* 1997) ou oriundos de tufo vulcânico, também sem magnetita.

No geral, principalmente pela qualidade das fotografias, o livro se mostra de grande utilidade para a divulgação de dois territórios brasileiros de difícil acesso e beleza cênica incomparável, revestidos de grande importância ecológica, científica e estratégica.

## BIBLIOGRAFIA

Almeida, F.F.M. (2002) - Ilha de Trindade - Registro de vulcanismo cenozóico no Atlântico Sul. *In*: C. Schobbenhaus, D.A. Campos, E. T. Queiroz, M. Winge M.L.C. Berbert-Born (Eds.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil.* 1ª ed., pp. 369-377, Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos, Brasília, DF, Brasil.

Almeida, F.F.M. (2006) - Ilhas oceânicas brasileiras e suas relações com a tectônica atlântica. *Terræ Didática*, 2:3-18.

Alves, R.J.V. (1998) - *Ilha da Trindade & Arquipélago Martin Vaz - um Ensaio Geobotânico*. 144p., Serviço de Documentação da Marinha, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Côrtes, C.; Gasparini, J.L. (2010) - *Ilha da Trindade - veo de mysterio à flôr dagua*. 127p., Andaluz, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

Hartnoll, R.G.; Mackintosh, T.; Pelembe, T.J. (2006) - *Johngarthia lagostoma* (H. Milne Edwards, 1837) on Ascension island: a very isolated land crab population. *Crustaceana,* 79: 197-215.

Marinha do Brasil. (2011) - *Amazônia Azul*. Portal web da Marinha do Brasil, Brasília, DF, Brasil. http://www.mar.mil.br/menu_v/amazonia_azul/amazonia_azul.htm (acedido em Novembro 2011)

Marinho, A.; Jansen, R.; Marinho, S. (2010) - *Nos Limites da Amazônia Azul; As ilhas de São Pedro e São Paulo + Trindade*. 160p., Casa da Palavra, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN: 978857734158-0

Mohr, L.V.; Castro, J.W.A.; Costa, P.M.S.; Alves, R.J.V. (Orgs) (2009) – *Ilhas Oceânicas Brasileiras: da Pesdquisa ao Manejo*. Vol 2. 501p., Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF, Brasil. ISBN: 9788577380763

Zucolotto, M.E., Alves, R.J.V.; Antonello, L.L. (1997) - Calcareous Sand "Fulgurites" from Trinidad Island. *Acta Microscopica*, 6 (Supl. A): 356-357.

Nos limites da Amazônia Azul – As ilhas de São Pedro e São Paulo + Trindade
Autores: Antônio Marinho, Roberta Jansen e Simone Marinho
Editora Casa da Palavra, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
160 páginas– 1ª edição, 2010
ISBN: 9788577341580

Revista da Gestão Costeira Integrada 11(4):493-494 (2011)
*Journal of Integrated Coastal Zone Management* 11(4):493-494 (2011)

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS
UNIVALI
http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-312_Jansen.pdf
DOI:10.5894/rgci312
GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA
Journal of Integrated Coastal Zone Management

# RESPOSTA AO COMENTÁRIO AO LIVRO
# *RESPONSE TO THE COMMENT TO THE BOOK*

## "Nos limites da Amazônia Azul – As ilhas de São Pedro e São Paulo + Trindade" de Antônio Marinho, Roberta Jansen e Simone Marinho *

Editora Casa da Palavra, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

**Roberta Jansen** @

O professor Rui Valka é um dos maiores especialistas do país na ilha de Trindade. Seu conhecimento sobre a inóspita ilhota é inegável. Tanto assim que o professor foi citado diversas vezes no livro. Dados retirados de seus trabalhos sobre a ilha foram usados, bem como informações oriundas de entrevistas. Um outro importante especialista na ilha de Trindade é o geólogo Carlos Schaefer, da Universidade de Viçosa, onde coordena o Projeto de Solos e Ecologia Terrestre das Ilhas Oceânicas Brasileiras. Talvez Schaefer não tenha ido à ilha tantas vezes como Valka, mas ele já esteve lá algumas vezes, sem contar as viagens feitas por membros da sua equipe de pesquisa. A grande maioria das críticas do professor Valka está relacionada a informações fornecidas por Schaefer. Gostaria de lembrar que ambos são importantes cientistas e podem ter opiniões diferentes. Vale lembrar que há poucas pessoas estudando a ilha (que fica isolada no meio do oceano e tem apenas 8 km de extensão). Procurei falar com os mais importantes. Vale lembrar também que, pelos mesmos motivos, há poucos estudos sobre a ilha. Muitas coisas são inferidas ou ainda estão sendo debatidas. Por fim, gostaria de lembrar que o livro não tem o intuito de ser uma publicação científica, mas sim uma espécie de reportagem especial sobre a ilha ou diário de bordo de uma viagem jornalística

De toda forma, seguem as respostas aos pontos (entre aspas) contestados pelo professor Valka:

"O *naturalista Carl Friedrich Philipp Von Martius nunca visitou a Ilha e nem faz menção a esta em sua obra (p. 69). O que ocorreu foi uma expedição do Museu Nacional à Ilha em 1994-1995, batizada com "Expedição Von Martius" (Alves 1998)."* - Sim, de fato. E não está dito isso no livro, mas sim que "há exemplares (de flora) da ilha" em sua coleção.

"*Durante nossas últimas estadias andamos pela Ilha toda e não achamos nem vestígios das 5000 mudas de Colubrina glandulosa (árvore nativa) que são atrubídas a um único plantador em 2008 (p. 75).*" - Conforme está registrado no livro, o capitão de corveta José de Fátima de Oliveira Andrade, que chefiou o Posto Oceanográfico da Ilha de Trindade por duas vezes (a última delas em 2008), comunicou o plantio das 5 mil mudas, o que foi corroborado por vários outros militares presentes.

*"Também não encontramos os sensores que medem o nível de água nos solos que constam estar dispostos por toda a Ilha (p. 89)."* - A implantação dos sensores que medem o nível de água foi reportada por Carlos Schaefer, geólogo da Universidade de Viçosa e coordenador do Projeto de Solos e Ecologia Terrestre das Ilhas Oceânicas Brasileiras.

"*Não se pode afirmar que as samamabaias gigantes da Ilha da Trindade são provenientes de Santa Catarina ou do Paraná (p. 83) sem estudos aprofundados e abrangendo materiais oriundos de todo o Brasil (o que não foi publicado até o momento). Na segunda coluna se fala em polinização em samambaias, fenômeno que não ocorre neste grupo de plantas.*" - Novamente, essas informações foram passadas por Carlos Schaefer, conforme citado no livro.

*@ - Editora assistente de Ciência e Meio Ambiente do jornal "O Globo". e-mail: betajansen@gmail.com*

** Submissão: 8 Novembro 2011; Aceitação: 28 Novembro 2011; Disponibilização on-line: 14 Dezembro 2011*

"*O caranguejo terrestre Johngarthia (Gecarcinus) lagostoma não precisou de um tronco para chegar (p. 87). Esses caranguejos desovam no mar e as larvas, planctônicas, são dispersas pelas correntes marinhas, dispensando a teoria dos troncos flutuantes atualmente tão aplicada a todo tipo de ser vivo. A espécie é nativa e restrita às Ilhas Oceânicas de Trindade, Martin Vaz, Atol das Rocas, Fernando de Noronha, Ascensão (Hartnol et al. 2006) e Martin Vaz e não ocorre nos continentes*." - O livro não afirma que o caranguejo chegou lá num tronco. Diz, ao contrário, "que não se sabe exatamente como o caranguejo chegou à longínqua e isolada Trindade". E, em seguida, dá a opinião do professor Schaefer segundo a qual, provavelmente, ele chegou lá "pegando carona em troncos".

"*O período da última atividade vulcânica na Ilha da Trindade ainda é polêmico. Em sua última publicação, a maior autoridade em geologia da Ilha, Fernando de Almeida, afirma que o último vulcanismo ocorreu no Holoceno (ao longo dos últimos 11 mil anos), mas nas publicações anteriores ele sugeria o Pleistoceno (há mais de 11 mil anos) (Almeida 2002; 2006). No livro (p. 90), afirma-se que o último vulcanismo ocorreu há apenas 5000 anos (no meio do Holoceno), mas nenhuma fonte é citada*." - A fonte está citada e é, novamente, o geólogo Carlos Schaefer. A informação, inclusive, está entre aspas.

"*Na p. 93, se afirma que os fulguritos, rochas resultantes da fusão de solo pela descarga de relâmpagos, seriam formados pela atração que a areia da Praia do Eme exerce, por ser metálica. De fato, a areia de algumas praias como a do Eme contém magnetita, mas nunca foi achado um fulgurito sequer nessas praias com areia de magnetita. Todos os fulguritos encontrados na Ilha são compostos quase inteiramente de areia carbonática branca (vide Zucolotto et al. 1997) ou oriundos de tufo vulcânico*." - Mais uma vez, as informações são do geólogo Schaefer.

Nos limites da Amazônia Azul – As ilhas de São Pedro e São Paulo + Trindade
Autores: Antônio Marinho, Roberta Jansen e Simone Marinho
Editora Casa da Palavra, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
160 páginas– 1ª edição, 2010
ISBN: 9788577341580