

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

MATHEUS OLIVEIRA FREITAS

**AUTO-ECOLOGIA DE *Epinephelus morio* E *Mycteroperca bonaci*:
EPINEFELÍDEOS COMERCIALMENTE IMPORTANTES E AMEAÇADOS
NO BANCO DOS ABROLHOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ecologia e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Henry Louis Spach

Co-orientadora: Dra. Carolina Viviana
Minte-Vera.

CURITIBA
2014

MATHEUS OLIVEIRA FREITAS

**AUTO-ECOLOGIA DE *Epinephelus morio* E *Mycteroperca bonaci*:
EPINEFELÍDEOS COMERCIALMENTE IMPORTANTES E AMEAÇADOS
NO BANCO DOS ABROLHOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ecologia e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Henry Louis Spach

Co-orientadora: Dra. Carolina Viviana Minte-Vera.

CURITIBA
2014



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Setor de Ciências Biológicas
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO



PARECER

Os abaixo-assinados, membros da banca examinadora da defesa da tese, a que se submeteu **Matheus Oliveira Freitas** para fins de adquirir o título de Doutor em Ecologia e Conservação, são de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do trabalho de conclusão do candidato.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação.

Curitiba, 11 de março de 2014.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Henry Louis Spach
Orientador e Presidente

Prof. Dr. Rodrigo Leão de Moura
Membro

Prof. Dr. Maurício de Castro Robert
Membro

Prof. Dr. Pedro Pinheiro
Membro

Prof. Dr. Jean Ricardo Simões Vitule
Membro

Visto:
Prof. Dra. Maria Regina Torres Boeger
Coordenadora do PPG-ECO

*Dedico este trabalho a minha família e amigos, que representam o meu alicerce.
A vocês minhas desculpas pela ausência e falta de atenção. Muito obrigado.*

AGRADECIMENTOS

São tantas as pessoas que tenho a agradecer que fica até difícil listar. De antemão peço desculpas a eventuais esquecimentos.

Inicio por minha querida e amada esposa. Que sempre me ajudou, colocou a mão na massa comigo durante nossa estadia em Caravelas e Boston. Obrigado Juliane Cebola, este trabalho é seu também.

A minha família, principalmente minha mãe, minhas irmãs e filhos, pela confiança e constante ajuda psicológica, obrigado. Agradeço também aos meus cunhados, Fabiano e Rafael.

A meu pai e Lucia pela força e palavras de apoio, mesmo estando longe, ajudaram muito.

A família Cebola, meu sogro, sogra, cunhadas e concunhados.

Para este trabalho tornar-se realidade, o incentivo e ajuda de Rodrigo Leão de Moura e Ronaldo Francini-Filho, desde meus primórdios de Abrolhos foi fundamental. Obrigado pela confiança, oportunidade e aprendizados, este fruto também é de vocês.

Não posso deixar de agradecer a uma pessoa que tive o prazer de conhecer e conviver. Minha amiga e co-orientadora Carolina Viviana Minte-Vera. Sua paciência, sabedoria e confiança são exemplos para mim. Muito obrigado.

Outra pessoa que desde o inicio de minha carreira me dá apoio e incentivo, meu amigo Vinicius Abilhoa. Vini, obrigado velho, por toda sua ajuda durante o meu doutorado. Sem a sua ajuda constante, dia a dia no Museu do Capão da Imbuia, tenha certeza que eu não conseguiria.

Agradeço também a meu orientador. Henry, obrigado pela confiança. Você teve um papel fundamental neste processo. Tenha certeza que cumpriu o seu papel de orientação. A você meus agradecimentos.

Agradecimentos especiais a Marilia Previero, Jéssica Xavier e Daniele Marinho Nobre pela ajuda no processamento das amostras de otólitos e coleta de material. Meninas, somos uma equipe e vocês são 10.

Aos meus amigos do GPIC/LEC, Jean Vitule, Hugo Bornatowski, Raul Braga, Vanessa Ribeiro, Igor Kintopp, Gisleine Hoffman, Marcos Valduga, Felipe Skora. O convívio e aprendizado que tive com vocês são impagáveis. Obrigado queridos.

Ao Programa Marinho da Conservação Internacional do Brasil, em especial Guilherme Dutra e Eduardo Camargo pela confiança, financiamento, pela disposição do aparato

logístico necessário ao desenvolvimento da pesquisa e bolsa de estudos durante a coleta de dados. Aos amigos que me ajudaram durante a execução deste trabalho na Conservação Internacional, Caio Marques, Fernanda Jordão, Omar Nicolau, Daniel Klein, Leila Pedrosa, Isabela Sena, Pedro Paulo, Juliana Fonseca, Coral Fortunato, Jeronimo Amaral, Cintia Campolina e Renata Pereira. Um agradecimento especial ao meu brother Danilo, que esteve sempre disposto a ajudar, com uma alegria radiante, meu muito obrigado.

A Les Kaufman por viabilizar a minha ida a Boston e ter me acolhido em seu laboratório. Obrigado em especial pela oportunidade de experiência em Belize. Foi muito enriquecedor.

Ao amigo Mauricio Hostim-Silva. Mauricio, eu nunca vou esquecer que você foi a primeira pessoa a confiar de fato no meu potencial como Biólogo. Lembro o dia que você veio pegar minha mudança de Curitiba para São Francisco do Sul. Esta foi a transição mais determinante em minha carreira e eu devo isso a você. Meu respeito e consideração amigo.

A equipe e amigos do Projeto Meros do Brasil, em especial Athila Bertincini, Leonardo Bueno, Felipe Daros, Jonas Leite, Maira Borgonha, Beatrice Padovani. Obrigado pelo constante apoio pessoal.

Sou grato também a meus amigos Manoel Davi e Capitão Zá por toda ajuda, principalmente no perrengue da expedição embarcada.

À CAPES pela concessão da bolsa durante o doutorado.

Sou especialmente agradecido a todos os pescadores e vendedores de peixes da RESEX Cassurubá e Marinha do Corumbau pelo suporte e ajuda, e às Colônias dos pescadores dos municípios de Prado, Alcobaça, Caravelas e Nova Viçosa.

Ao suporte financeiro concedido pela Gordon e Betty Moore Foundation através da Conservation International, Conservation Leadership Programme (Projeto N: F024801 – www.peixesrecifais.org), FUNBIO (Pró-Arribada), CNPq (PROABROLHOS), CAPES (Processo BEX: 8938/11-3) e PPG - Ecologia Universidade Federal do Paraná.

Agradeço também a todos os pesquisadores da Rede Abrolhos (www.abrolhos.org), financiada pelo Sistema Nacional de Biodiversidade (SISBIOTA) - CAPES/CNPq/FAPES.

A todos os professores do PPG-ECO que realizam contribuições no aperfeiçoamento deste trabalho durante as atividades de seminário, qualificação e disciplinas.

A Valéria nosso braço direito na secretaria da Pós, pela disponibilidade, ajuda e paciência, meu muito obrigado.

A Sergio Rezende (Bili), Alexandre Aschenbrenner e todos que contribuíram com sugestões, críticas e referências.

A todos aqueles que por algum motivo (traição e cansaço da mente), não foram citados, mas que me ajudaram e colaboraram na realização deste trabalho.

RESUMO GERAL

A auto-ecologia da garoupa (*Epinephelus morio*) e do badejo (*Mycteroperca bonaci*) foram avaliadas no Banco dos Abrolhos entre maio de 2005 e setembro de 2012. Exemplares foram comprados nos desembarques pesqueiros das cidades de Prado, Alcobaça, Caravelas e Nova Viçosa informações morfométricas de comprimento e peso foram mensurados. A coleta, fixação e processamento de estômagos, gônadas e otólitos seguiram rotinas descritas em literaturas específicas. Em virtude da falta de informações dos aspectos ecológicos básicos destes dois Epinefelídeos mais explorados pela pesca no Banco dos Abrolhos, foi estruturada esta tese, dividida em três capítulos. No capítulo 1 avaliamos e comparamos a dieta das espécies em relação aos estágios de desenvolvimento, estações do ano e habitats ao longo do Banco dos Abrolhos. No capítulo 2 os aspectos da biologia reprodutiva foram avaliados, com ênfase na caracterização das épocas de desova, localização dos sítios potenciais de desova, levantamento do conhecimento ecológico local e relação dos fatores climáticos com os picos de reprodução. No capítulo 3 os parâmetros de idade e crescimento de *E. morio* e *M. bonaci* foram avaliados, para a amostra total das populações e entre sexos. Resultados da dieta evidenciaram que ambas as espécies ingerem principalmente decápodes e peixes (*E. morio*: decápodes 59,5% IRI e teleósteos 38,6% IRI - *M. bonaci*: teleósteos 92,1% IRI). PERMANOVA two-way crossed dos pesos padronizados verificou que o estágio ontogênico ($P = 0,001$) e habitat ($P = 0,015$) influenciaram significativamente a dieta garoupas e do badejo. Em relação à reprodução, os picos de IGS de fêmeas de badejo estiveram concentrados entre os meses de agosto e outubro, indicando uma desova no inverno austral. O L_{50} estimado para fêmeas foi de 62,0 cm de CT e L_{100} de 78,0 cm de CT, com a menor fêmea ativa registrada com 47,7 cm de CT. Valores elevados de IGS de fêmeas de garoupa ocorreram entre os meses de julho a outubro, com picos nos meses de agosto e setembro. Folículos pós-ovulatórios foram observados em amostras coletadas nos dias 28 de setembro de 2007, 30 de agosto de 2011 e 30 de agosto de 2012. O L_{50} estimado para fêmeas foi de 47,0 cm de CT e L_{100} foi de 63,0 cm de CT. Evidências do padrão hermafrodita foram registrados para ambas as espécies e os resultados sugerem ainda que machos tornam-se ativos após a transição de sexo. Foi verificada uma alta relação entre os picos de IGS com as variações climáticas adversas, como baixas de temperatura e incidência de ventos. Para a garoupa as idades variaram de 0 a 30 para as leituras 1 e 0 a 29 anos na leitura 2. Nos badejos as

idades estimadas na leitura 1 variaram de 1 a 34 e na segunda leitura de 1 a 33 anos. O erro percentual médio (APE) em *E. morio* entre as duas leituras foi de 1,874% e o Coeficiente de Variação foi de 2,651%. Para a espécie *M. bonaci* o APE foi de 1,9 e CV de 2,687%. Para ambas as espécies, uma banda opaca é estabelecida anualmente a partir do final do inverno (agosto e setembro) e início do verão (dezembro). Os parâmetros de crescimento de von Bertalanffy estimados para a amostra total de otólitos de *E. morio* variaram de 110,03 a 118,80 cm (L_{∞}), de 0,38 a 0,45 (K), e -5,02, a -5,66 (t_0). Em *M. bonaci* os parâmetros de crescimento estimados para a amostra total dos otólitos variaram de 161,04 a 183,61 cm (L_{∞}), de 0,28 a 0,35 (K), e -5,93, a -6,54 (t_0). Sugerimos que os resultados apresentados neste estudo sejam utilizados como subsídio para o estabelecimento de estratégias de regulamentação de suas pescarias no Banco dos Abrolhos e que sirvam de base para avaliações dos estoques destes importantes recursos pesqueiros do nordeste do Brasil.

Palavras-Chave: Epinephelidae, gestão, pescarias recifais.

SUMÁRIO

1. Prefácio	9
1.1 Referências bibliográficas	11
2. Capítulo 1: Feeding comparisons between two sympatric species of groupers on the largest coral reefs in the Southwest Atlantic	14
2.1 Abstract	15
2.2 Resumo	16
2.3 Introduction	17
2.4 Material and Methods	18
2.4.1 Study area	18
2.4.2 Sampling and analytical procedures	20
2.5 Results	22
2.5.1 Diet composition	23
2.5.1.1 <i>Epinephelus morio</i>	23
2.5.1.2 <i>Mycteroperca bonaci</i>	24
2.5.2 Multivariate analyses	31
2.6 Discussion	35
2.7 Acknowledgements	38
2.8 Literature cited	39
3. Capítulo 2: Biologia reprodutiva de <i>Epinephelus morio</i> e <i>Mycteroperca bonaci</i> no nordeste do brasil: suas relações com fatores climáticos e conhecimento ecológico local dos pescadores	46
3.1 Abstract	47
3.2 Resumo	48
3.3 Introdução	49
3.4 Material e Métodos	50
3.4.1 Área de estudo	50
3.4.2 Amostragem e análise dos dados	53
3.4.3 Conhecimento Ecológico Local	54
3.4.4 Dados climáticos	55
3.5 Resultados	56
3.5.1 <i>Mycteroperca bonaci</i>	56
3.5.2 <i>Epinephelus morio</i>	61
3.5.3 Conhecimento ecológico local	67

3.6	Discussão	68
3.6.1	Proporção sexual e hermafroditismo	68
3.6.2	Época reprodutiva	70
3.6.3	Tamanho de primeira maturação gonadal (L ₅₀)	72
3.6.4	Fecundidade	73
3.5.5	Conhecimento ecológico local	74
3.5.6	Manejo e conservação	75
3.7	Agradecimentos	77
3.8	Referências bibliográficas	77
4.	CAPÍTULO 3: Idade e crescimento de garoupa (<i>Epinephelus morio</i>) e do badejo quadrado (<i>Mycteroperca bonaci</i>) no Banco dos Abrolhos e suas implicações para o manejo e conservação	86
4.1	Abstract	87
4.2	Resumo	88
4.3	Introdução	89
4.4	Material e Métodos	90
4.4.1	Área de estudo	90
4.4.2	Coleta e processamento das amostras	92
4.5	Resultados	95
4.6	Discussão	106
4.7	Agradecimentos	110
4.8	Referências bibliográficas	111

1. PREFÁCIO

Os estoques pesqueiros marinhos estão sendo sobre-explorados em escala mundial, fazendo-se necessário o desenvolvimento e implementação urgente de estratégias sustentáveis de manejo (Pauly et al., 2002). Com relação à pesca costeira tropical, os dados biológicos existentes são insuficientes, especialmente para os países em desenvolvimento. O esforço de pesquisa que hoje é direcionado a estes ambientes, particularmente no Brasil, não atende à demanda de informações necessárias para a elaboração de estratégias de uso sustentável e conservação.

A Bahia é responsável pela maior captura de peixes do Nordeste brasileiro, representando cerca de 40% dos desembarques da Zona Econômica Exclusiva nesta região Nordeste. A pesca efetuada na Bahia é predominantemente artesanal (Ibama, 2001), destacando-se as Regiões Sul e Extremo Sul, onde a existência de um número considerável de empresas, frigoríficos e cooperativas atribui um caráter mais empresarial à atividade. As pescarias da região são classificadas como de subsistência, artesanal de pequena escala e artesanal de larga escala (Freitas, 2009). As embarcações pesqueiras possuem de 4m a 20m de comprimento, muitas equipadas com instrumentos de localização e identificação de cardumes, capazes de explorar até 1200 m de profundidade e permanecer até 30 dias no mar (Freitas, 2009). Os principais portos pesqueiros de embarcações que exploram espécies de peixes recifais no Banco dos Abrolhos localizam-se nos municípios localizados no extremo sul do estado da Bahia como, Porto Seguro, Pardo, Alcobaça, Caravelas e Nova Viçosa e no estado do Espírito Santo, como Vitória, Anchieta, Piúma e Marataízes. As principais artes de pesca utilizadas pelas frotas pesqueiras que objetivam a captura de peixes recifais são a linha de mão, espinheis de fundo e superfície, pesca sub-marina (em muitos casos com auxílio de respiração acessória – compressor) e redes de emalhe.

As pescarias artesanais podem exercer impactos consideráveis sobre os ecossistemas recifais como um todo, afetando, em cadeia, praticamente todos os processos ecológicos nesses ambientes (Bellwood et al., 2003). Alguns peixes recifais, como os epinefelídeos, são intensamente explorados e tendem a ser mais vulneráveis à pesca devido a seu grande porte, ciclo de vida longo, crescimento lento e maturação tardia (Sadovy, 2001). Dadas essas peculiaridades, tais espécies são excelentes indicadores

para programas de monitoramento biótico que, quando adequadamente delineados, permitem que se façam inferências sobre os impactos ambientais decorrentes da pesca e, também, a proposição de regimes alternativos de gestão pesqueira.

A garoupa *Epinephelus morio* e badejo quadrado *Mycteroperca bonaci* são peixes recifais amplamente distribuídos ao longo da costa oeste tropical do Atlântico, de Massachusetts nos EUA ao Sul do Brasil, incluindo o golfo do México, Caribe e Bermuda (Heemstra & Randall 1993, Craig et al. 2011). Historicamente, esses dois grandes piscívoros tem sido alvo de pesca e suportado pescarias comerciais e recreacionais em toda sua área de distribuição (Brulé et al. 1994, Burgos et al. 2007, Crabtree & Bullock 1998, Colás-Marrufo et al. 1998), inclusive no Brasil (Azevedo 1955, Bueno 1998, Olavo et al. 2005). No Banco dos Abrolhos ainda na metade do século XVI a pesca de linha de mão sustentou uma economia em torno da exploração da categoria “garoupa”, que era salgada e seca (Olavo et al. 2005), modernizando-se durante o século XX, e que tinha como alvo a garoupa (*E. morio*) e o badejo (*M. bonaci*) (Lima et al. 1985).

Devido à relevância para a pesca, a garoupa e o badejo quadrado foram amplamente estudados no hemisfério Norte (Moe 1969, Lombardi-Carlson et al. 2008, Crabtree & Bullock 1998, Brulé et al. 1993; 1994; 2003, Burgos et al. 2007, Giménez-Hurtado et al. 2003). Porém, este panorama não se repete no Brasil, onde aspectos ecológicos das espécies estão restritos a dois estudos: Teixeira et al. (2004) que descreveram os aspectos reprodutivos e pesqueiros para *M. bonaci* no nordeste e Freitas et al. (2011) que avaliaram os padrões de desova para *E. morio* e *M. bonaci* no Bancos dos Abrolhos.

Em virtude da falta de informações dos aspectos ecológicos básicos destes dois Epinefelídeos mais explorados pela pesca no Banco dos Abrolhos, foi estruturada esta tese, dividida em três capítulos. No capítulo 1 avaliamos e comparamos a dieta das espécies em relação aos estágios de desenvolvimento, estações do ano e habitats ao longo do Banco dos Abrolhos. No capítulo 2 os aspectos da biologia reprodutiva foram avaliados, com ênfase na caracterização das épocas de desova, localização dos sítios potenciais de desova, levantamento do conhecimento ecológico local e relação dos fatores climáticos com os picos de reprodução. No capítulo 3 os parâmetros de idade e

crescimento de *E. morio* e *M. bonaci* foram avaliados, para a amostra total das populações e entre sexos.

Esta iniciativa, que foi integrada nas diversas frentes de pesquisa estabelecidas em Abrolhos desde 1999, como o Projeto Abrolhos, Projeto Marine Management Areas Science e Rede Abrolhos permitiu a aquisição de informações críticas para a criação e implementação de políticas de gestão da pesca artesanal no Complexo de Abrolhos, especialmente no entorno e nas Zonas de Amortecimento das unidades de conservação, além de preencher uma importante lacuna geográfica no conhecimento sobre as espécies avaliadas.

1.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azevedo, T. 1955. Povoamento da cidade do Salvador. São Paulo: Nacional. 250 p.
- Bellwood, D.R.; Hoey, A.S. & Choat, J.H. 2003. Limited functional redundancy in high diversity systems: resilience and ecosystem function on coral reefs. *Ecology Letters* 6: 281–285.
- Brulé, T. & Canche, L. G. R. 1993. Food habits of juvenile red groupers, *Epinephelus morio* (Valenciennes, 1828), from Campeche Bank, Yucatan, Mexico. *Bulletin of Marine Science*, **52**, 772-779.
- Brulé, T., Avila, D. O., Crespo, M. S. & Déniel, C. 1994. Seasonal and diel changes in diet composition of juvenile red grouper (*Epinephelus morio*) from Campeche Bank. *Bulletin of Marine Sciences*, 55, 255–262.
- Brulé, T., Renan, X., Colas-Marrufo, T., Hauyon, Y., Tuz-Slub, A. N. & Déniel, C. 2003. Reproduction in the protogynous black grouper (*Mycteroperca bonaci* (Poey)) from the southern Gulf of Mexico. *Fisheries Bulletin*, 101, 463-475.
- Bueno, E. 1998. Capitães do Brasil: a saga dos primeiros colonizadores. Rio de Janeiro: Objetiva. v. 3, 287 p.
- Burgos, J. M., Sedberry, G.R., Wyanski, D.M., Harris, P.J. 2007. Life history of red grouper (*Epinephelus morio*) off the coast of North Carolina and South Carolina. *Bulletin of Marine Science*, 80, 45–65.

- Colás-Marrufo, T., Brulé, T. & Déniel, C. 1998. Análisis preliminar de las capturas de meros realizadas a través de unidades de la flota mayor en el Sureste del Golfo de México. *Proceedings of Gulf Caribbean Fisheries Institute*, 50, 780-803.
- Coleman, F.C., Koenig, C.C., Eklund, A.M. & Grimes, C.B. 1999. Management and Conservation of Temperate Reef Fishes in the Grouper-Snapper Complex of the Southeastern United States. *American Fisheries Society Symposium*, 23:244-242.
- Crabtree, R.E. & Bullock, L. H. 1998. Age, growth, and reproduction of black grouper, *Mycteroperca bonaci*, in Florida waters. *Fisheries Bulletin*, 96,735-753.
- Craig, M.T., Sadovy de Mitcheson, Y.J. & Heemstra, P.C. 2011. Groupers of the World: A Field and Market Guide. Grahamstown: CRC Press.
- Freitas, M.O. 2009. Pesca artesanal e biologia reprodutiva do ariocó *Lutjanus synagris* (Lutjanidae) no Banco dos Abrolhos. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais da Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia. Pp. 116.
- Freitas M.O., Moura R.L., Francini-Filho, R.B. & Minte-Vera, C.V. 2011. Spawning patterns of commercially important reef fishes (Lutjanidae and Serranidae) in the tropical Western South Atlantic. *Scientia Marina*, 75, 135-146.
- Heemstra, P. C. & Randall J. E. 1993. FAO Species Catalogue. Groupers of the world (Family Serranidae, Subfamily Epinephelinae). An annotated and illustrated catalogue of the grouper, rockcod, hind, coral grouper and lyretail species known to date. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Ibama, 2001. Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil. Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Nordeste, Tamandaré, 140 p.
- Jennings, S. & Polunin, N.V.C. 1996. Impacts of fishing on tropical reef ecosystems. *Ambio*, 25: 44-49.
- Lima, J.M.H.M., Helmer, J.L., Gomes, P.M., Silva, H.R. 1985. Grupo de trabalho sobre peixes de linha de Abrolhos e Mar Novo. Relatório da segunda reunião do Grupo de Trabalho e Treinamento (GTT) sobre avaliação de estoques. PDP – Serie documentos técnicos, Brasília. v. 34. p. 302-339.
- Lombardi-Carlson, L., Fitzhugh, G., Palmer, C., Gardner, C., Farsky, R. & Ortiz, M. 2008. Regional size, age and growth differences of red grouper (*Epinephelus morio*) along the west coast of Florida. *Fisheries Research*, 91, 239–251.

- Moe, M.A. Jr. 1969. Biology of the red grouper, *Epinephelus morio* (Valenciennes) from the eastern Gulf of Mexico. Florida Department of Natural Resources, Marine Research Laboratory. *Professional Papers Series*, 10, 1-95.
- Olavo, G., Costa, P. A. & Martins, A. S. 2005. Caracterização da pesca de linha e dinâmica das frotas lineiras da Bahia. In: *Pesca e potenciais de exploração de recursos vivos na região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira*. (Costa, P. A. S., Martins, A. S. & Olavo, G. eds). pp.13-34. Rio de Janeiro: Museu Nacional, Serie livros n.13.
- Pauly, D., Christensen, V., Guénette, S., Pitcher, T.J., Sumaila, U.R., Walters, C.J., Watson, R. & Zeller, D. 2002. Towards sustainability in World Fisheries. *Nature* 418: 689-695.
- Sadovy, Y. 2001. The threat of fishing to highly fecund fishes. *Journal Fish Biology*. 59: 90-108.
- Teixeira, S. F., Ferreira, B. P., Padovan, I. P. 2004. Aspects of fishing and reproduction of the black grouper *Mycteroperca bonaci* (Poey 1860) (Serranidae: Epinephelinae) in the Northeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 2, 19-30.

2. Capítulo 1: Feeding comparisons between two sympatric species of groupers on the largest coral reefs in the Southwest Atlantic

Capítulo formatado nas normas da revista Journal of Fish Biology. Fator de Impacto:1,834. Qualis Biodiversidade 2012: B1

2.1 Abstract

Diet of juveniles and adults of red *Epinephelus morio* and black *Mycteroperca bonaci*, groupers were studied in the tropical Brazilian system of the Abrolhos Bank to determine how these species share the resources in different habitats, between sizes and species. The two species prey principally decapods and fishes (*E. morio*: Decapods 59.5% IRI and teleosts 38.6 % IRI – *M. bonaci*: Teleosts 92.1% IRI). Two-way crossed PERMANOVA on standardized weights found that ontogeny state ($P=0.001$) and habitat ($P= 0.015$) have significantly influenced the diet of red and black groupers. Quantitative diet data presented here may help to better understand the mechanisms influencing resource partitioning and trophic interaction for this commercially important groupers.

Key words: *Red grouper*, *Black grouper*, Abrolhos Bank, diet

2.2 Resumo

Dieta de juvenis e adultos da garoupa *Epinephelus morio* e do badejo *Mycteroperca bonaci*, foram estudados no sistema tropical brasileiro do Banco dos Abrolhos para determinar como essas espécies compartilham os recursos em diferentes habitats, entre os tamanhos e espécies. As duas espécies ingerem principalmente decápodes e peixes (*E. morio*: decápodes 59,5% IRI e teleósteos 38,6% IRI - *M. bonaci*: teleósteos 92,1% IRI). PERMANOVA two-way crossed dos pesos padronizados verificou que o estágio ontogênico ($P = 0,001$) e habitat ($P = 0,015$) influenciaram significativamente a dieta garoupas e do badejo. Dados quantitativos da dieta aqui apresentados podem ajudar a compreender melhor os mecanismos que influenciam a partilha de recursos e interação trófica para estas espécies comercialmente importantes de garoupas.

Palavra chave: Garoupa, Badejo quadrado, Banco dos Abrolhos, dieta

2.3 Introduction

Serranidae are bottom associated marine fishes found in the tropical and subtropical waters of all oceans, showing great contrasts in size, habits, and distribution (Craig *et al.*, 2011). The family is represented by sea basses, hamlets, soapfishes and groupers that live in estuaries, rocky and coral reefs (Heemstra & Randall, 1993). Groupers are the most commercially important and highly regarded of all fish species associated with reef fisheries globally (Heemstra & Randall, 1993; Claro *et al.*, 2011, Craig *et al.*, 2011). The red *Epinephelus morio* Valenciennes, 1828 and black *Mycteroperca bonaci* Poey, 1860 groupers are large carnivorous fish that inhabit coral reefs and rocky ledges (Bullock & Smith, 1991; Crabtree & Bullock, 1998), and they are two of the 20th most common Epinephelidae in the Tropical Western Atlantic (TWA) (Sadovy, 2004). Both species support important commercial and recreational fisheries (Brulé *et al.*, 1994; Burgos *et al.*, 2007; Crabtree & Bullock, 1998; Colás-Marrufo *et al.*, 1998) throughout their distributions, from Massachusetts (EUA) to southern Brazil (Heemstra & Randall, 1993; Craig *et al.*, 2011).

In Northeast Brazil, between the States of Ceará and Bahia, the snapper-grouper complex is caught by artisanal fisheries using hook and line, compressor-assisted spear fishing and demersal long-line (Teixeira *et al.*, 2004; Costa *et al.*, 2003; Freitas *et al.*, 2011). In the Abrolhos Bank region directed fishing using hook and line on the grouper category is reported since the mid-sixteenth century (Olavo *et al.*, 2005), and the collapse of the groupers fishery precipitated a shift in target resources to snapper in the beginning of the 80's (Martins *et al.*, 2005). However reliable data of catch estimates from the Brazilian coast of the snapper-grouper complex are flawed and, when recording does occur, it is done in the general categories “garoupa” or “badejo”, making it impossible to disentangle the information by species, such as for sharks (Bornatowski *et al.*, 2013).

Because of the red and black groupers importance in TWA area, considerable research attention has been given to the study of life history traits in North Hemisphere (Moe, 1969; Lombardi-Carlson *et al.*, 2008; Crabtree & Bullock, 1998; Brulé *et al.* 1994, 2003; Burgos *et al.*, 2007; Hurtado *et al.* 2003). Even though the Brazilian coast encompasses a major portion of their distribution ranges, biological information of

southern Atlantic populations is still scarce: Teixeira *et al.* (2004) described the reproductive aspects of *M. bonaci* in Northeastern region, and Freitas *et al.* (2011) studied the spawning pattern of *E. morio* and *M. bonaci* on the Abrolhos Bank. In relation to the trophic ecology, fishes, crustaceans, gastropods and cephalopods are important dietary components of black and red groupers (Moe, 1969; Bullock & Smith, 1991; Brulé & Canché, 1993; Brulé *et al.*, 1994, 2005), and shifts in their diets are related to body size and spatial location have been reported (Brulé & Canché, 1993; Brulé *et al.*, 2005).

These predators are key components of tropical hard-bottom communities (Sluka, 1995) such as reef formations. Herein we investigate feeding ecology of black and red groupers in the Abrolhos Bank, the largest and richest reef complex in South Atlantic (Moura & Francini-Filho, 2006; Moura *et al.* 2013). Specifically, we evaluated whether information on diet associated with spatial, seasonal, and ontogenetic variations provide useful information about the natural history these species to understand the coexistence and the role played by these marine predators on reef ecosystems.

2.4 Material and Methods

2.4.1 Study area

This study was carried out in the Abrolhos Bank, Bahia State, weastern Brazil, which encompasses a wide portion (42,000 km²) of the continental shelf, with depth rarely exceeding 30 m and a shelf edge at about 70 m depth (16°40'-19°40'S; 39°10'-37° 20'W). The region comprises the largest and richest reefs in the South Atlantic, as well as an extensive mosaic of megahabitats and a complex bathymetry. Rhodolith beds comprise the largest megahabitat (20,904km²), followed by unconsolidated sediments' megahabitat (19,151km²) and by the reefal megahabitat (8844km²). Rhodolith beds and unconsolidated sediments are topographically less complex and form larger continuous extensions when compared to the reefal megahabitat, which is structurally complex and more patchily configured, even when examined at the regional scale (Bastos *et al.*, 2013; Moura *et al.*, 2013). Four marine protected areas (MPAs) occur in the region, one with large mangroves (Extractive Reserve of Cassurubá - ERC; multiple-use; 1,006 km²), in which most fishing is recreational or for subsistence (Moura *et al.*, 2011). The

other three MPAs encompass important reef formations: the National Marine Park of Abrolhos (no fishing allowed; 913 km²), the Marine Extractive Reserve of Corumbau (multiple-use; 895 km²), and the Environmental Protected Area Ponta da Baleia/Abrolhos (3,460 km²), which in fact is a “paper park” due to the lack of regulations (Francini-Filho & Moura 2008a; Francini-Filho *et al.*, 2013) (Fig. 1).

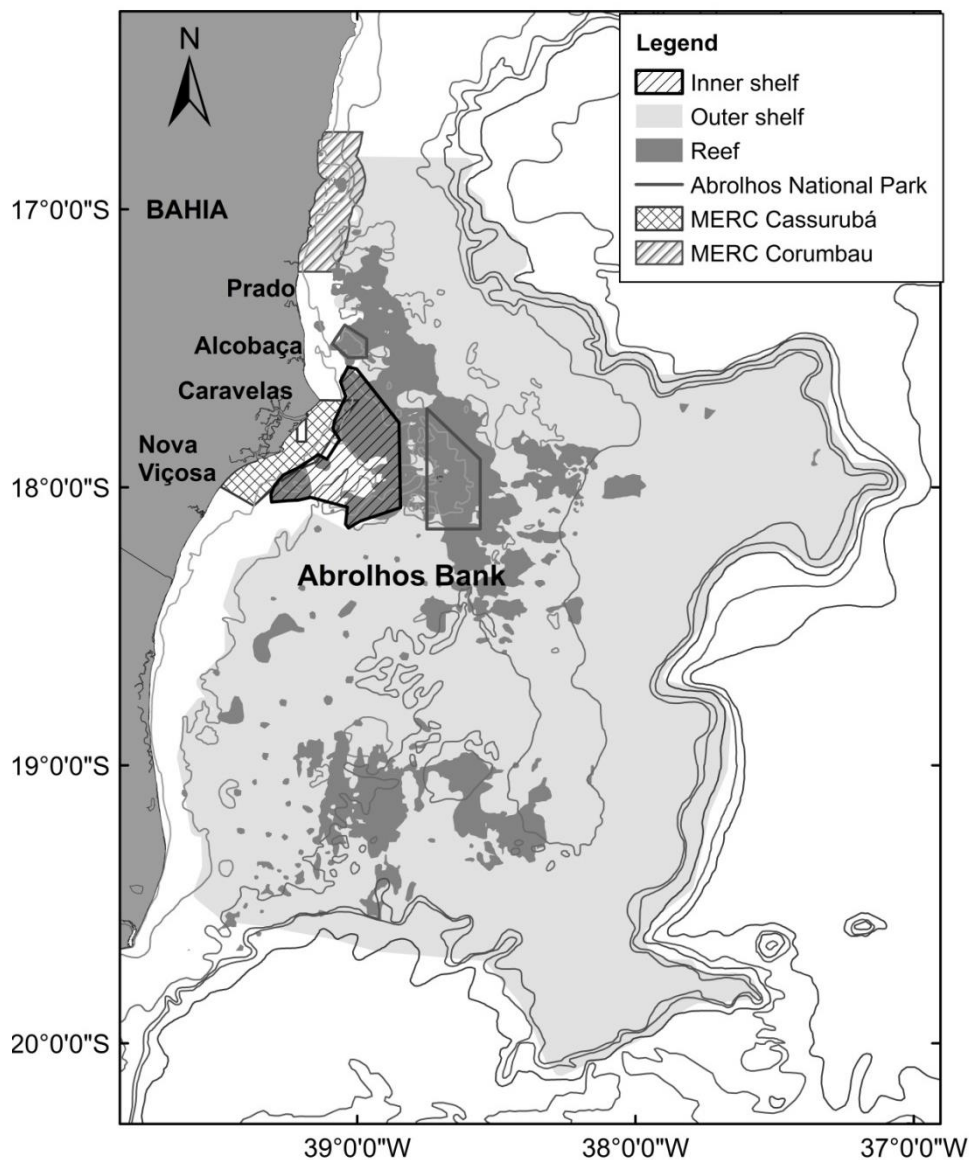


Fig. 1. Map of the Abrolhos Bank and adjacencies. Circles represent the municipalities where samples were collected and emerging coralline reefs are shown in black.

About 290 species of fishes are recorded for the region (Moura & Francini-Filho, 2006; Previero *et al.*, 2013). Most reef structures display a characteristic form of mushroom-

shaped pinnacles, which attain 5 to 25 m in height and 20 to 300 m across their tops (Francini-Filho & Moura, 2008b). Brazilian reefs are a conservation priority in the Atlantic Ocean due to high endemism levels (about 25% in fish and 30% in scleractinian corals) that are concentrated in only 5% of West Atlantic reefs (Moura 2002; Francini-Filho *et al.*, 2013). The rich biodiversity of the Abrolhos Bank is threatened by overfishing, pollution, dredging, sedimentation from coastal deforestation, and large-scale oil-gas exploration projects (Leão & Kikuchi 2005; Marchioro *et al.*, 2005; Moura *et al.*, 2013).

2.4.2 Sampling and analytical procedures

Specimens of *E. morio* and *M. bonaci* were obtained from a fish landing monitoring program of commercially important reef fishes that focused on fish caught using hand-line, long-line and spear fishing in the cities of Prado, Alcobaça, Caravelas and Nova Viçosa (Fig. 1). Sampling was performed monthly in collaboration with local fishermen between June 2005 and September 2012, together with the communities where they landed the craft caught. Fishes were purchased, measured (Total Length - TL cm), weighted (kg), and the stomachs and gonads were removed. After removal, stomachs were immediately fixed in 10% formalin solution for 24 h and subsequently transferred and stored in 70% alcohol. Stomach contents were examined in laboratory using a stereomicroscope.

During gut content analysis, all prey items were enumerated (when possible), weighed and identified to the lowest possible taxon (LPT). If gut material was too digested for identification, the material was weighed and placed into a “remains” category. Frequency of occurrence (*%FO*) (i.e., percentage of stomachs in which a food item occurred considering all stomachs examined), proportion by weight (*%W*) (i.e., percentage participation of each item in the total food weight), as well as the proportion in number (*%N*) (i.e., percentage participation of each item in the total food numbers) were determined (Hyslop, 1980; Bowen, 1996). These variables were used to calculate the Index of Relative Importance (IRI) (cf. Pinkas *et al.*, 1971), according to the equation $IRI = FO (\%W + \%N)$. The IRI establishes the order of importance of food items in the diet. IRI values were standardized to percentages following Cortés (1999).

Variations on diet were assessed according to habitat (Inner shelf and Outer Shelf), ontogeny (juveniles smaller than or around 47 cm TL, and adults up to 47 cm TL, Freitas et al. 2011 and Chapter 2) and seasons (Warm and Cold) described above. The inner-shelf habitat was characterized by Parcel de Paredes coastal reefs, the largest reef structure in the region of Abrolhos, consisting of a group of reefs formed by isolated bank circled by mushroom-shaped reefs, “Chapeirões” in Portuguese, of all sizes extending for about 30 km in north-south direction (Leão *et al.*, 2008). Siliciclastic contents in perireefal sediments are higher on Paredes (Leão & Ginsburg, 1997). This area was subjected to the highest fishing pressure in the region (more than 200 boats from four municipalities operating regularly (Francini-Filho & Moura, 2008b)). Most frequent fishing gears are hand lines, spears and various types of nets. The northern tip of these reefs is about 10 km of Caravelas coastline, away gradually to about 20 km each in its southern part. In the northern portion of the group occur reefs smaller, with less than 2 km long, separated by channels of varying depths and surrounded by structures display a characteristic form of mushroom-shaped pinnacles, which attain 5 to 25m in height and 20 to 300m across their tops, which hinders the browsing area (Leão *et al.*, 2008; Francini-Filho & Moura, 2008a). Outer-shelf was characterized as much larger realm of mesophotic reefs across the mid and outer shelf and rhodoliths beds (Moura *et al.*, 2013), in depths from 25-90 m. These structures include non-emergent pinnacles, coalesced reef structures, paleo valleys and channels, as well as sinkhole-like depressions locally known as “buracas” (Bastos *et al.*, 2013). Deeper reefs are composed of scattered drowned reefs surrounded by extensive flat plains covered by rhodoliths of calcareous algae and macroalgae (Moura *et al.*, 2013).

Seasons were characterized following sea surface temperature (SST) historical series obtained between November 1981 to January 2008, accessed in: http://nomad3.ncep.noaa.gov/cgi-bin/pdisp_sst.sh. The “cold season” has median SST below 26°C and runs from June to November, the minimum SST are 24.5°C in August. The “warm season” has median SST above 26°C, and turns from December to May, with maximum SST of 28°C in February. The warm season is characterized by wind from north to east (predominantly NE), when the water is clear and hotter (Dutra *et al.*, 2005). The cold season is characterized by constant changes in the wind direction (from NE to South/SE), causing short-term events of sediment re-suspension and consequently reduced underwater visibility (Dutra *et al.* 2005).

Feeding strategy diagram (Amundsen *et al.*, 1996) was used to examine the dietary importance of a particular prey item on an individual basis, as well as further elucidate the foraging behavior of red and black groupers. These diagrams provided a visual assessment tool for examining niche width contribution, importance and strategy (i.e. specialization vs. generalization) of different prey items using occurrence and prey-specific weight.

A two-way crossed permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA) was used to examine the effects of habitat, ontogeny and season (factors) on the standardized and transformed (Log_x+1) weight contribution of LPTs. The PERMANOVA used a population-wide dissimilarity metric to evaluate differences in the dietary composition among habitats, seasons and ontogeny. Significant factors were further analyzed using PERMANOVA pair-wise comparisons. The Bray-Curtis dissimilarity was used in all tests, with 999 permutations under a reduced model. Similarity of percent contribution (SIMPER) analysis was employed to examine the prey categories most responsible for the between-factors separation (Clarke & Gorley, 2001). Principal coordinates analysis (PCO) was employed to visually assess dispersion of samples. Vectors superimposed to the PCO diagram were created by using the correlation of Spearman ($\rho > 0.7$) on the proportionate contributions of food items. The final solution represents the set of relationships between samples and food items in the space of the resemblance measure chosen. All analyses were performed using the PRIMER/PERMANOVA 6.0 software (Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, England).

2.5 Results

A total of 361 stomachs from *E. morio* and 162 stomachs from *M. bonaci* were collected between May 2005 and September 2012 off the Abrolhos Bank, Brazil. Mean TL for *E. morio* was 49.5 cm (range: 15.0 – 96.0 cm), whereas the mean TL for *M. bonaci* was 70.9 cm (range: 26.1 – 147.0 cm). Most of the stomachs with food of *E. morio* (n = 180 with food; 50.1% empty) and *M. bonaci* (n = 47 with food; 70.9% empty) contained at least a single prey item. Most prey items observed in the stomachs of species showed an advanced degree of digestion.

2.5.1 DIET

2.5.1.1 *Epinephelus morio*

A total of 331 items were registered in stomach contents of *E. morio*. Identifiable prey items included decapod species (19 species from 9 families and 1 order), 1 cephalopod, 3 species of stomatopods and teleosts (10 species, 12 families and 4 orders) (Table I). Decapods (59.5% IRI) and teleosts (38.6 % IRI) were the most important prey categories. Collectively, cephalopods, stomatopods and other invertebrates represented 4.2% IRI. Of the 180 stomachs analyzed, 109 were from immature (23.2– 50.0 cm TL) and 71 were mature individuals (50.5 – 90.0 cm TL). The diet of immature individuals was dominated almost exclusively by fish remains (42.1% IRI), brachyuran remains (24.1% IRI) and *Cronius ruber* (15.0% IRI) were the third most important item (Table II), included several species of teleosts (e.g Squirrel fishes *Myripristis jacobus*, spotted moray *Gymnothorax moringa* and Parrotfishes *Scarus* spp., also common octopus *Octopus vulgaris*, coral reef fragments, shrimps and stomatopods. A wide variety of decapods (13 species) was also recorded. The diet of mature individuals were dominated by *Cronius ruber* (40.4% IRI), follow by brachyuran remains (23.8% IRI) and fish remains (23.0 % IRI). In relation to teleosts, seven species were registered, included parrotfishes *Scarus trispinosus* and *Scarus* spp., surgeonfishes *Acanthurus bahianus*, burrfishes *Chilomycterus spinosus spinosus* and batfish *Ogcocephalus vespertilio*. Filamentous algae, remains bivalves, gastropods, echinodermata and coral reef fragments were also registered.

For spatial analysis, the diet of individuals collected from inner-shelf site were dominated by *Cronius ruber* (30.5% IRI) follow by fish remains (29.2% IRI). The diet of individuals from outer-shelf site was dominated almost exclusively by fish remains (64.9% IRI) and brachyuran remains (14.3% IRI). During cold season the diet was dominated by *C. ruber* (53.7% IRI), fish remains (15.5% IRI) and brachyuran remains (11.4% IRI), similar pattern occurred on warm season, where brachyuran remains (40.3% IRI), fish remains (31.4 % IRI) and *C. ruber* (10.7% IRI) were the more representative items.

2.5.1.2 *Mycteroperca bonaci*

A total of 56 items were registered in stomach contents of black grouper. Identifiable prey items included teleost species (5 species, 4 families and 2 order), stomatopods and lobster (*Panurilus argus*) (Table I). Teleosts remains (92.1% IRI) were the most important prey categories in the diet. Collectively, tomate grunt *Haemulon aurolineatum* (2.0% IRI), Brazilian wrasse *Halichoeres brasiliensis* (1.9% IRI) and greenback parrotfish *Scarus trispinosus* (1.2% IRI) were the most representative items. Of the 47 stomachs analyzed, 26 were from immature (36.0 – 62.0 cm TL) and 21 were mature individuals (68.0 – 117 cm TL). The diet of immature black grouper was dominated almost exclusively by fish remains (98.0% IRI) and surgeon fishes *Acanthurus* spp. (0.89% IRI) (Table II) and several species of teleosts (e.g parrotfish *S. trispinosus*, *H. brasiliensis* and jacks represented a 0.22% IRI). A lobster (*P. argus*) was also recorded. The diet from mature individuals was dominated by fish remains (77.3% IRI), follow by *H. aurolineatum* (9.3% IRI), *H. brasiliensis* (4.3% IRI), *S. trispinosus* (2.8% IRI) and unicorn leatherjacket *A. monoceros* (2.7% IRI).

The diet of individuals collected from inner-shelf site were dominated by fish remains (97.31% IRI) follow by *Acanthurus* spp. (1.2% IRI), *H. brasiliensis* (0.39% IRI) and *S. trispinosus* (0.35% IRI). The diet of individuals from the outer-shelf site was dominated almost exclusively by fish remains (76.4% IRI), *H. aurolineatum* (9.5% IRI) and *H. brasiliensis* (4.5% IRI). During the cold season the diet was dominated by fish remains (84.1% IRI), *A. monoceros* (6.5% IRI) and *H. aurolineatum* (3.3% IRI), similar pattern occurred on warm season, where fish remains (91.5% IRI), *H. brasiliensis* (2.5% IRI) and *H. aurolineatum* (2.1% IRI) were the most representative items.

Table 1. *Epinephelus morio* and *Mycteroperca bonaci* diet composition items, number percentage (N), frequency of occurrence (FO), weight percentage (W) and percentage of Index of Relative Importance (IRI) of the food items consumed from Abrolhos Bank.

ITEM	<i>Epinephelus morio</i>				<i>Mycteroperca bonaci</i>			
	N(%)	%FO	W(%)	%IRI	N(%)	%FO	W(%)	%IRI
Order Perciforme								
Family Synodontidae								
<i>Synodus</i> spp.	0.30	0.556	1.13	0.030	---	---	---	---
Family Scaridae								
Scaridae remains	2.12	3.889	2.98	0.752	3.57	4.25	1.32	0.32
<i>Scarus</i> spp.	0.30	0.556	0.12	0.009				
<i>Sparisoma</i> spp.	---	---	---	---	1.79	2.12	5.21	0.23
<i>Scarus trispinosus</i>	0.30	0.556	0.32	0.013	5.36	6.38	7.60	1.27
Family Sparidae								
Sparidae remains	0.30	0.556	0.25	0.012	---	---	---	---
Family Carangidae								
Carangidae remains	---	---	---	---	3.57	4.25	5.72	0.61
Family Haemulidae								
<i>Haemulom aurolineatum</i>	---	---	---	---	8.93	6.38	12.02	2.06
Family Acanthuridae								
<i>Acanthurus bahianus</i>	0.30	0.556	1.23	0.032	---	---	---	---
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0.30	0.556	0.17	0.010	---	---	---	---
<i>Acanthurus</i> spp.	0.91	1.667	4.39	0.335	3.57	3.77	2.04	0.37
Family Bleniidae								
Bleniidae remains	0.30	0.556	0.03	0.007	---	---	---	---
<i>Paraclinus nigripinnis</i>	0.30	0.556	0.01	0.007	---	---	---	---
Family Engraulidae								
Engraulidae remains	0.30	0.556	0.05	0.007	---	---	---	---
Family Gobiidae								
Gobiidae remains	0.30	0.556	0.05	0.007				
Family Labridae								
<i>Halichoeres poeyi</i>	0.30	0.556	0.09	0.008	---	---	---	---
<i>Halichoeres brasiliensis</i>	---	---	---	---	5.36	6.38	14.79	1.98
Order Tetraodontiformes								
Family Ostraciidae								
<i>Acanthrostracion polygonius</i>	0.30	0.556	0.23	0.011	1.79	2.12	0.05	0.06
Family Monacanthidae								
<i>Aluterus monoceros</i>	---	---	---	---	1.79	2.12	21.16	0.75
Family Diodontidae								
<i>Chilomycterus spinosus spinosus</i>	0.60	1.111	1.75	0.099	---	---	---	---
Order Beryciformes								
Family Holocentridae								
<i>Myripristis jacobus</i>	0.30	0.556	1.09	0.029	---	---	---	---
Order Anguilliformes								
Family Muraenidae								
<i>Gymnothorax moringa</i>	0.30	0.556	0.94	0.026	---	---	---	---
<i>Gymnothorax</i> spp.	0.60	1.111	7.89	0.358	1.79	2.12	0.63	0.08
Family Ophichthyidae								
Ophichthyidae remains	2.12	3.889	2.70	0.710	---	---	---	---
Family Ogocephalidae								

<i>Continuação</i>	<i>Epinephelus morio</i>				<i>Mycteroperca bonaci</i>			
ITEM	N(%)	%FO	W(%)	%IRI	N(%)	%FO	W(%)	%IRI
<i>Ogcocephalus vespertilio</i>	0.30	0.556	0.91	0.025	---	---	---	---
Fish remains	15.71	28.889	17.24	36.114	58.93	68.08	28.94	92.13
Filamentous alga	0.60	1.111	0.06	0.028	---	---	---	---
Remains Bivalve	0.60	1.111	0.07	0.028	---	---	---	---
Gastropoda	2.12	3.889	0.93	0.450	---	---	---	---
Echinodermata – Echinoidea	0.60	1.111	1.53	0.090	---	---	---	---
Coral	1.51	2.778	0.26	0.186	---	---	---	---
Cephalopoda								
<i>Octopus vulgaris</i>	2.42	4.444	4.07	1.094	---	---	---	---
Decapoda - Dendrobranchiata								
Malacostraca – Shrimps remains	3.32	6.111	0.41	0.865	---	---	---	---
Decapoda – Brachyura								
Family Callapidae								
<i>Callapa angusta</i>	0.30	0.556	0.30	0.013	---	---	---	---
<i>Cycloes bairdii</i>	0.30	0.556	0.13	0.009	---	---	---	---
Family Portunidae								
Portunidae remains	1.51	2.778	1.52	0.320	---	---	---	---
<i>Callinectes</i> spp.	0.30	0.556	0.16	0.010	---	---	---	---
<i>Cronius ruber</i>	9.97	18.333	26.03	25.039	---	---	---	---
<i>Portunus anceps</i>	0.30	0.556	0.09	0.008	---	---	---	---
<i>Portunus ventralis</i>	0.30	0.556	0.03	0.007	---	---	---	---
Family Goneplacidae								
<i>Euryphax nitida</i>	0.30	0.556	0.10	0.008	---	---	---	---
Superfamily Dromioidea	0.30	0.556	0.28	0.012	---	---	---	---
Family Inachoidinae	0.60	1.111	0.14	0.031	---	---	---	---
Family Majiidae								
Majiidae remains	0.30	0.556	0.06	0.008	---	---	---	---
<i>Leptopisa setirostris</i>	0.30	0.556	0.04	0.007	---	---	---	---
<i>Macrocoeloma camptocerum</i>	0.30	0.556	0.10	0.008	---	---	---	---
<i>Microphrys anthillensis</i>	4.53	8.333	0.97	1.738	---	---	---	---
<i>Microphrys</i> spp.	0.60	1.111	0.01	0.026	---	---	---	---
<i>Mithraculus forceps</i>	3.63	6.667	1.26	1.235	---	---	---	---
<i>Mithrax brasiliensis</i>	2.42	4.444	1.44	0.651	---	---	---	---
<i>Mithrax forceps</i>	1.51	2.778	0.91	0.255	---	---	---	---
<i>Mithrax hemphilli</i>	0.60	1.111	0.36	0.040	---	---	---	---
<i>Mithrax hispidus</i>	0.91	1.667	1.34	0.142	---	---	---	---
<i>Mithrax</i> sp.	0.91	1.667	0.40	0.083	---	---	---	---
<i>Mithrax tortugae</i>	1.51	2.778	1.64	0.332	---	---	---	---
<i>Notolopas brasiliensis</i>	0.30	0.556	0.01	0.007	---	---	---	---
Family Parthenopidae								
<i>Parthenope serrata</i>	0.30	0.556	0.09	0.008	---	---	---	---
Family Leucosiidae								
<i>Lithadia</i> sp.	0.30	0.556	0.01	0.007	---	---	---	---
<i>Persephona</i> sp.	0.60	1.111	0.23	0.035	---	---	---	---
Family Xanthidae								
Xanthidae remains	0.91	1.667	0.64	0.097	---	---	---	---
<i>Pilumnus dasypodus</i>	0.30	0.556	0.05	0.007	---	---	---	---
Family Palinuridae								

<i>Continuação</i>	<i>Epinephelus morio</i>				<i>Mycteroperca bonaci</i>			
ITEM	N(%)	%FO	W(%)	%IRI	N(%)	%FO	W(%)	%IRI
<i>Panurilus argus</i>	0.30	0.556	0.17	0.010	1.79	2.12	0.17	0.06
Brachyura remains	16.31	30.000	6.49	25.957	---	---	---	---
Decapoda remains	2.42	4.444	1.50	0.661	---	---	---	---
Order Stomatopoda								
Family Odontodactylidea								
<i>Odontodactylus havanensis</i>	2.72	5.000	0.69	0.647	---	---	---	---
Family Pseudosquillidae								
<i>Pseudosquilla ciliata</i>	1.21	2.222	0.46	0.140	---	---	---	---
Family Inachidae								
<i>Stenorhynchus seticornis</i>	2.12	3.889	0.46	0.380	---	---	---	---
Stomatopoda remains	2.72	5.000	1.07	0.718	1.79	2.12	0.35	0.07

Table 2. Diet composition of *Epinephelus morio* and *Mycteroperca bonaci* showing items number percentage (N), frequency of occurrence (FO), weight percentage (W) and percentage of Index of Relative Importance (IRI) of the food items consumed in different size classes (Juvenile and Adult) from Abrolhos Bank.

Item	<i>Epinephelus morio</i>								<i>Mycteroperca bonaci</i>							
	%N		%FO		%W		%IRI		%N		%FO		%W		%IRI	
	Juv	Adult	Juv	Adult	Juv	Adult	Juv	Adult	Juv	Adult	Juv	Adult	Juv	Adult	Juv	Adult
<i>Synodus</i> spp.	0.53	---	0.960	---	2.88	---	0.12	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Scaridae remains	1.59	2.99	2.880	5.63	0.55	4.73	0.23	1.47	3.57	3.57	3.85	4.76	6.64	0.72	0.41	0.43
<i>Scaruss</i> spp.	0.53	---	0.960	---	0.31	---	0.03	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Sparisoma</i> spp.	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3.57	---	4.76	---	5.81	---	0.93
<i>Scarus trispinosus</i>	---	0.75	---	1.41	---	0.55	---	0.06	3.57	7.15	3.85	9.52	12.51	7.04	0.65	2.82
Sparidae remains	---	0.75	---	1.41	---	0.43	---	0.05	---	---	---	---	---	---	---	---
Carangidae remains	---	---	---	---	---	---	---	---	3.85	3.57	3.57	4.76	6.98	5.57	0.42	0.91
<i>Haemulom aurolineatum</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	17.86	---	14.29	---	13.40	---	9.32
<i>Acanthurus bahianus</i>	---	0.75	---	1.41	---	2.11	---	0.13	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Acanthurus coereleus</i>	0.53	---	0.96	---	0.42	---	0.03	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Acanthurus</i> spp.	0.53	1.49	0.96	2.82	0.16	7.40	0.02	0.85	---	---	---	---	---	---	---	---
Bleniidae remains	0.53	---	0.96	---	0.07	---	0.02	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Paraclinus nigripinnis</i>	0.53	---	0.96	---	0.02	---	0.02	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Engraulidae remains	0.53	---	0.96	---	0.12	---	0.02	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Gobiidae remains	0.53	---	0.96	---	0.12	---	0.02	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Halichoeres poeyi</i>	0.53	---	0.96	---	0.22	---	0.02	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Halichoeres brasiliensis</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	3.57	7.14	3.85	9.52	14.46	14.82	0.73	4.36
<i>Acanthrostracion polygonius</i>	0.53	---	0.96	---	0.58	---	0.04	---	---	3.57	---	4.76	---	0.05	---	0.36
<i>Aluterus monoceros</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3.57	---	4.76	---	23.59	---	2.70
<i>Chilomycterus spinosus spinosus</i>	0.53	0.75	0.96	1.41	1.70	1.86	0.08	0.12	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Myripristis jacobus</i>	0.53	---	0.96	---	2.76	---	0.11	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Gymnothorax moringa</i>	0.53	---	0.96	---	2.39	---	0.10	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Item	<i>Epinephelus morio</i>								<i>Mycteroperca bonaci</i>							
	%N		%FO		%W		%IRI		%N		%FO		%W		%IRI	
	Juv	Adult	Juv	Adult	Juv	Adult	Juv	Adult	Juv	Adult	Juv	Adult	Juv	Adult	Juv	Adult
<i>Gymnothorax</i> spp.	---	1.49	---	2.82	---	13.50	---	1.43	---	3.57	---	4.76	---	0.71	---	0.43
Ophichthyidae remains	2.65	1.49	4.81	2.82	0.20	4.48	0.51	0.57	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Ogcocephalus vespertilio</i>	---	0.75	---	1.41	---	1.55	---	0.11	---	---	---	---	---	---	---	---
Fish remains	16.81	13.40	30.77	25.35	19.97	13.47	42.17	23.07	75.00	42.86	80.77	52.38	38.00	27.90	95.41	77.35
Filamentous alga	---	1.49	---	2.82	---	0.10	---	0.15	---	---	---	---	---	---	---	---
Bivalve remains	---	1.49	---	2.82	---	0.12	---	0.15	---	---	---	---	---	---	---	---
Gastropoda	1.59	2.99	2.88	5.63	0.12	1.51	0.18	0.85	---	---	---	---	---	---	---	---
Echinodermata - Echinoidea	---	1.49	---	2.82	---	2.62	---	0.39	---	---	---	---	---	---	---	---
Coral	1.59	1.49	2.88	2.82	0.29	0.24	0.20	0.16	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Octopus vulgaris</i>	3.17	1.49	5.77	2.82	9.66	0.46	2.75	0.18	---	---	---	---	---	---	---	---
Malacostraca – Shrimps remains	3.70	2.99	6.73	5.63	0.44	0.40	1.03	0.64	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Callapa angusta</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	---	---	---	---	---	---	---
<i>Cycloes bairdii</i>	---	0.75	---	1.41	---	0.22	---	0.04	---	---	---	---	---	---	---	---
Portunidae remains	1.06	2.24	1.92	4.23	3.24	0.42	0.30	0.38	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Callinectes</i> spp.	0.53	---	0.96	---	0.40	---	0.03	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Cronius ruber</i>	6.88	14.90	12.50	28.17	25.37	27.47	15.02	40.42	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Portunus anceps</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Portunus ventralis</i>	---	0.75	---	1.41	---	0.06	---	0.04	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Euryphax nitida</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Super-Family Dromioidea	---	0.75	---	1.41	---	0.47	---	0.06	---	---	---	---	---	---	---	---
Family Inachoidinae	0.53	0.75	0.96	1.41	0.03	0.22	0.02	0.04	---	---	---	---	---	---	---	---
Majidae remains	---	0.75	---	1.41	---	0.10	---	0.04	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Leptopisa setirostris</i>	---	0.75	---	1.41	---	0.06	---	0.04	---	---	---	-----	---	---	---	---
<i>Macrocoeloma camptocerum</i>	0.53	---	0.96	---	0.23	---	0.02	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Microphrys anthillensis</i>	5.82	2.99	10.58	5.63	1.71	0.50	2.96	0.66	---	---	---	---	---	---	---	---

Item	<i>Epinephelus morio</i>								<i>Mycteroperca bonaci</i>							
	%N		%FO		%W		%IRI		%N		%FO		%W		%IRI	
	Juv	Adult	Juv	Adult	Juv	Adult	Juv	Adult	Juv	Adult	Juv	Adult	Juv	Adult	Juv	Adult
<i>Microphrya</i> spp.	1.06	---	1.92	---	0.02	---	0.07	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Mithraculus forceps</i>	6.39	1.49	9.62	2.82	2.48	0.49	3.17	0.19	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Mithrax brasiliensis</i>	3.70	0.75	6.73	1.41	2.87	0.54	1.64	0.06	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Mithrax forceps</i>	2.65	---	4.81	---	2.32	---	0.89	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Mithrax hemphilli</i>	1.06	---	1.92	---	0.90	---	0.14	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Mithrax hispidus</i>	---	2.24	---	4.23	---	2.30	---	0.65	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Mithrax</i> spp.	1.59	---	2.88	---	1.00	---	0.27	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Mithrax tortugae</i>	2.12	0.75	3.85	1.41	1.79	1.59	0.56	0.11	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Notolopas brasiliensis</i>	---	0.75	---	1.41	---	0.02	---	0.03	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Parthenope serrata</i>	---	0.75	---	1.41	---	0.16	---	0.04	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Lithadia</i> sp.	---	0.75	---	1.41	---	0.02	---	0.03	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Persephona</i> sp.	1.06	---	1.92	---	0.59	---	0.11	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Xanthidae remains	0.53	1.49	0.96	2.82	0.89	0.49	0.05	0.19	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Pilumnus dasypodus</i>	---	0.75	---	1.41	---	0.09	---	0.04	---	---	---	---	---	---	---	---
Brachyura remains	15.85	16.41	28.85	30.99	6.62	6.33	24.15	23.87	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Panurilus argus</i>	0.53	---	0.96	---	0.43	---	0.03	---	3.57	---	3.85	---	1.66	---	0.21	---
Decapoda remains	2.12	2.24	3.85	4.23	1.33	1.58	0.49	0.54	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Odontodactylus havanensis</i>	1.65	2.99	4.81	5.63	1.08	0.45	0.48	0.65	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Pseudosquilla ciliata</i>	2.12	---	3.85	---	1.16	---	0.47	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Stenorhynchus seticornis</i>	1.06	3.73	1.92	7.04	0.20	0.65	0.09	1.04	---	---	---	---	---	---	---	---
Stomatopoda remains	3.17	2.24	5.77	4.23	2.36	0.24	1.18	0.35	---	3.57	---	4.76	---	0.39	---	0.39

2.5.2 Multivariate analyses

Two-way crossed PERMANOVA on standardized weights of LPT found that species/stages (PERMANOVA, $P=0.001$; Table III) and habitat (PERMANOVA, $P=0.015$, Table III) have significantly influenced the diet of red and black groupers. Conversely, season was not found to be a significant factor (PERMANOVA, $P=0.211$; Table III), as well as the interactions between Habitat x Species/stages (PERMANOVA, $P=0.511$), Habitat X Season (PERMANOVA, $P=0.704$), Species/stages X Season (PERMANOVA, $P=0.839$) and Habitat X Species/stages X Season (PERMANOVA, $P=0.997$).

Table III. Results from two-way crossed PERMANOVA of red and black grouper dietary data.

PERMANOVA						
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	$P(\text{perm})$	Unique perms
Habitat	1	8086.2	8086.2	1.9322	0.015	998
Species/stages	3	51555	17185	4.1063	0.001	998
Season	1	5243.7	5243.7	1.253	0.211	999
Habitat X Species/stages	3	12000	4000	0.95578	0.511	997
Habitat X Season	1	3224.1	3224.1	0.77039	0.704	999
Species/stages X Season	3	10017	3338.9	0.79782	0.839	997
Habitat X Species/stages X Season	2	3294.8	1647.4	0.39364	0.997	999
Res	212	8.8723E5	4185			
Total	226	9.8641E5				

For habitat pairwise tests found all species/stages to be significantly different only between *E. morio* Juvenile X *M. bonaci* Juvenile (PERMANOVA, $P=0.001$), between *E. morio* Adult X *M. bonaci* Juvenile (PERMANOVA, $P=0.001$) and *E. morio* Adult and *M. bonaci* Adult (PERMANOVA, $P=0.016$) (Table IV). No significant differences were found on the others comparisons (PERMANOVA, $P>0.05$). In spite of the dietary overlap among the juveniles and adults of *E. morio* and *M. bonaci*, the COP analysis allowed a strong clustering in the distinct species/stage (Fig. 2).

Table IV. Pairwise tests are shown for significant factors Species/stages and Habitat. Pairwise tests *P*-value based on PERMANOVA (perm). Items in bold represent significant pairwise comparisons.

PAIR-WISE TEST (Species/stages)				
Group 1	Group 2	<i>t</i>	<i>P</i> (perm)	Unique perms
<i>E. morio</i> Juv	<i>E. morio</i> Adu	1.3942	0.021	999
<i>E. morio</i> Juv	<i>M. bonaci</i> Juv	2.6505	0.001	999
<i>E. morio</i> Juv	<i>M. bonaci</i> Adu	1.1353	0.161	995
<i>E. morio</i> Adu	<i>M. bonaci</i> Juv	3.0106	0.001	997
<i>E. morio</i> Adu	<i>M. bonaci</i> Adu	1.4694	0.016	998
<i>M. bonaci</i> Juv	<i>M. bonaci</i> Adu	1.3203	0.074	999

PAIR-WISE TEST (Habitat)				
<i>Inner-shelf</i>	<i>Other-shelf</i>	<i>t</i>	<i>P</i> (perm)	Unique perms
		1.39	0.026	999

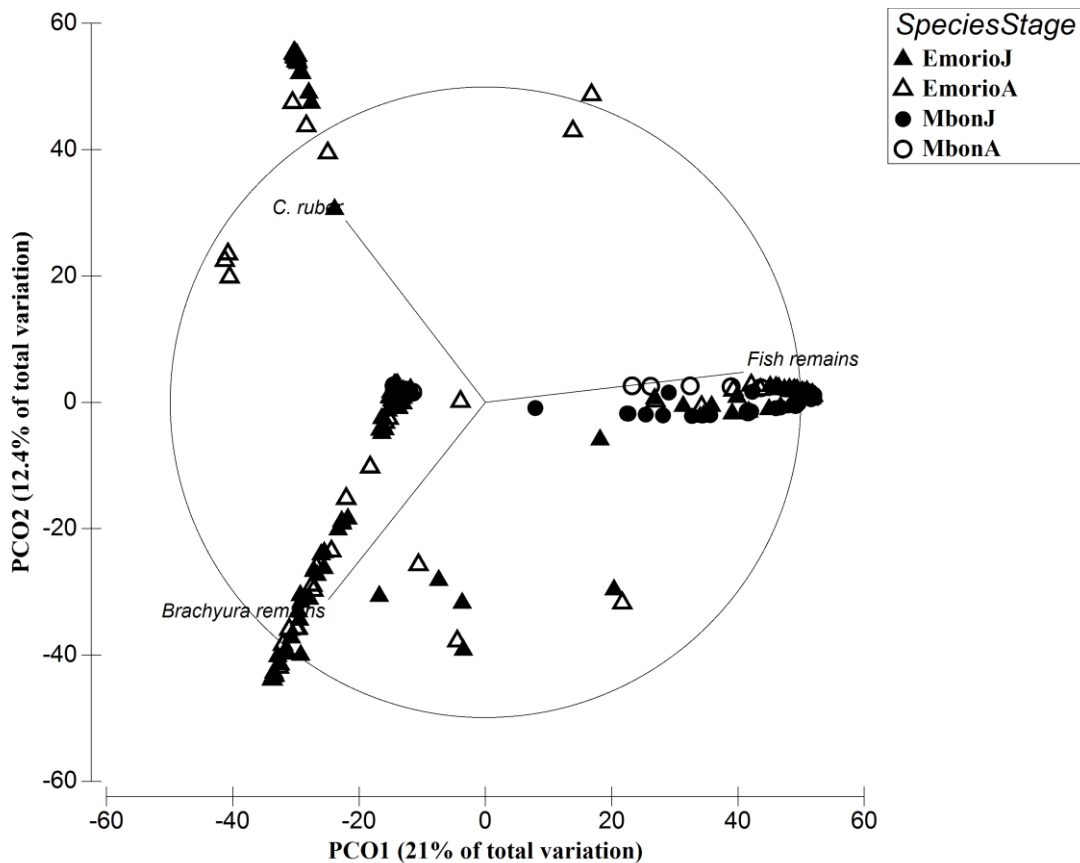


Fig. 2. Vector overlay on the PCO analysis based on the broad taxonomic group (BTG) classification (on Log(X+1)), with the symbols representing the factors Species (*Epinephelus morio* and *Mycteroperca bonaci*) and phases Adults (A) and Juveniles (J). The central axis indicates the Pearson correlation coefficient (0.7) and shows the food categories that most influenced or categorizing of the groups.

SIMPER analysis showed the main contributor to the dissimilarity between adults and juveniles of *E. morio* and *M. bonaci* were the larger abundance of fish remains (Table V). For habitat the SIMPER analysis showed the main contribution by inner-shelf in the diet of black and red groupers (90.87%) with the main contributor represented by fish remains (23.86%), *C. ruber* (12.18%) and brachyura remains (11.50%) (Table VI).

Table V. Results from two-way crossed similarity of percent (SIMPER) analyses for significant species/stage effects. Species contributions that summed cumulatively to >75% are shown. Average abundances are multiplied by 1×10^5 .

A						
<i>E. morio</i> Juvenile X <i>M. bonaci</i> Juvenile						
Average dissimilarity= 89.16	<i>E. morio</i> Juv	<i>M. bonaci</i> Juv				
Taxon	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Fish remains	0.45	0.87	27.27	1.23	30.58	30.58
Brachyura remains	0.25	0.00	8.40	0.51	9.42	40.01
<i>C. ruber</i>	0.32	0.00	8.01	0.36	8.99	49.00
<i>Acanthurus</i> spp.	0.01	0.23	5.95	0.32	6.67	55.67
B						
<i>E. morio</i> Jovem X <i>E. morio</i> Adult						
Average dissimilarity= 92.01	<i>E. morio</i> Juv	<i>E. morio</i> Adult				
Taxon	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Fish remains	0.32	0.64	17.90	0.69	19.45	19.45
<i>C. ruber</i>	0.45	0.49	13.93	0.64	15.15	34.60
Brachyura remains	0.25	0.37	10.91	0.71	11.86	46.45
<i>M. anthillensis</i>	0.08	0.05	3.38	0.38	3.68	50.13
C						
<i>E. morio</i> Adult X <i>M. bonaci</i> Adult						
Average dissimilarity= 90.82	<i>E. morio</i> Adult	<i>M. bonaci</i> Adult				
Taxon	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Fish remains	0.49	1.55	28.98	1.11	31.91	31.91
Brachyura remains	0.37	0.00	6.54	0.46	7.20	39.11
<i>C. ruber</i>	0.64	0.00	5.11	0.36	5.63	44.74
<i>H. aurolineatum</i>	0.00	0.52	4.78	0.34	5.26	50.00
D						
<i>E. morio</i> Adult X <i>M. bonaci</i> Juvenile						
Average dissimilarity= 93.76	<i>E. morio</i> Adult	<i>M. bonaci</i> Juv				
Taxon	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Fish remains	0.49	0.87	24.05	1.12	25.66	25.66
<i>C. ruber</i>	0.64	0.00	15.70	0.56	16.74	42.40
Brachyura remains	0.37	0.00	9.26	0.50	9.88	52.28

Table VI. Results from two-way crossed dissimilarity of percent (SIMPER) analyses for significant Habitat effects. Species contributions that summed cumulatively to >75% are shown.

<i>Inner-shelf X Other shelf</i>						
Average dissimilarity= 90.87	<i>Inner-shelf</i>	<i>Other-shelf</i>				
Taxon	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Fish remains	0.49	1.05	21.68	0.86	23.86	23.86
<i>C. ruber</i>	0.44	0.06	11.07	0.50	12.18	36.04
Brachyura remains	0.26	0.18	10.45	0.63	11.50	47.54
<i>C. angusta</i>	0.00	0.04	2.72	0.22	3.00	50.54

In the feeding strategy diagram for *E. morio*, we observed multi taxa clustered in the lower left quadrant, which corresponds to rare preys, with low contribution to the diet in terms of prey-specific weight and generalization feeding strategy. In the juvenile analyses for *E. morio* the principal items represents *Cronius ruber*, fishes remains, brachyura remains, *Octopus vulgaris* and a series of decapod crustaceans (*P. anceps*, *L. setirostris*, *M. camptocerum*, *M. forceps*, *N. brasiliensis* and *M. anthillensis*) (Fig. 3a). Similar pattern was observed in *E. morio* adults samples (Fig. 3b), with occurrence the *Gymnotorax* spp., *Acanthurus* spp. and Scaridae remains also. For *M. bonaci* juvenile samples (Fig. 3c) the feeding strategy diagram showed a fish remains dominance in the upper right portion, which suggested a specialized feeding strategy. This is also be highlighted by the presence of other fish species (*S. trispinosus* and *H. brasiliensis*) and *P. argus* in the lower left quadrant. In adult samples of *M. bonaci* similar pattern was registered, with presence of *Aluterus monocerus* and *Haemulon aurolineatum* (Fig. 3d).

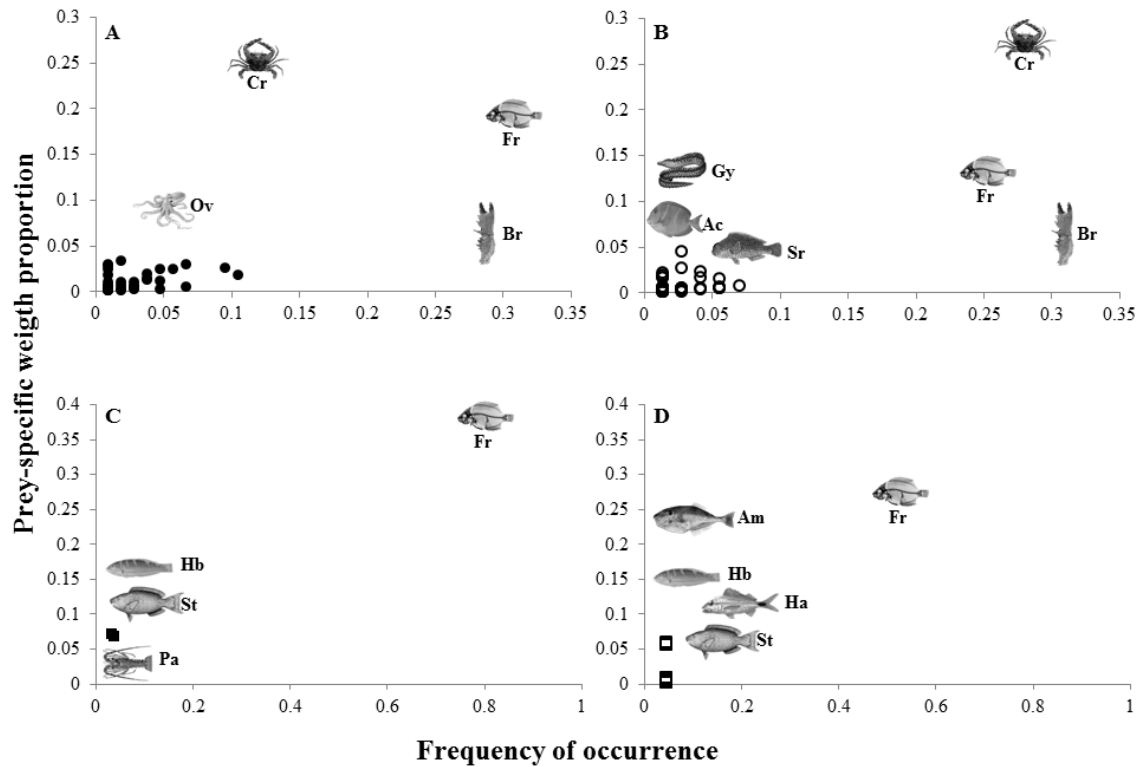


Fig. 3. Redrawn feeding strategy diagram from Amundsen et al. (1996) incorporating identified prey taxa of red (A, B) and black (C, D) groupers and their feeding strategy classification in Abrolhos Bank for juveniles (A, C) and adults (B, D). Images of select items are offset to the right of symbols for visual interpretation. Abbreviations are as follows: Cr= *Cronius ruber*; Fr= Fishes remains; Br= Brachyura remains; Gy= *Gymnotorax* spp.; Ac= *Acanthurus* spp.; Ov= *Octopus vulgaris*; St= *Scarus trispinosus*; Sr= Scaridae remains; Pa= *Panurilus argus*; Hb= *Halichoeres brasiliensis*; Ha= *Haemulon aurolineatum*; Am= *Aluterus monocerus*.

2.6 Discussion

This study provide the first account of the diet and feeding ecology of red and black groupers in south Atlantic Hemisphere and supports the idea that both species are important mesocarnivorous fish of reefs systems. Feeding several fishes and crustaceans (Randal, 1967; Parrish, 1987; Sierra *et al.*, 2011), are opportunistic feeders (Smith, 1971; Randal, 1967; Sierra *et al.*, 2011), preferring to “sit and wait” and ambush its prey (Bullock & Smith 1991; Brulé *et al.*, 2005). In fact, decapods and fishes were the main food items to *E. morio*, while fishes were the main items in *M. bonaci* diet in the Abrolhos Bank. This pattern corroborate previous studies performed in the Northern Hemisphere (Gulf of Mexico and Caribbean), where red grouper feed on brachyurans, stomatopods, molluscs, and small fishes (Randall, 1967; Moe, 1969; Brulé & Canché

1993; Brulé *et al.*, 1993) and black grouper feed fishes (the most important ingested prey), followed by natant crustaceans (Brulé *et al.*, 2005).

The diet of red grouper changed significantly with size and life stage. Immature individuals feed almost exclusively on fish (especially *Cronius ruber*) and brachyuran remains, and innumerable rare items such as several species of teleosts, decapods, octopus, shrimps, stomatopods, coral reefs fragments, and filamentous algae. According to Linde *et al.* (2004) for *E. marginatus*, and Brulé *et al.* (1994) for *E. morio*, coral reefs fragments and filamentous algae were probably ingested accidentally, possibly being entangled between brachyuran legs, or adhered to octopus suckers, or even by being sucked up during the capture of epibenthic prey from rocky bottom (Machado *et al.*, 2008). *Cronius ruber* and brachyuran remains were also important components of the adults' diet. As observed for juveniles, a large number of rare items and fragments of algae and corals was recorded. Studies conducted in the North Hemisphere (Brulé & Canche, 1993 - 12.1 cm to 40.0 cm TL; Brulé *et al.*, 1994 - 13.0 cm to 36.0 cm FL), corroborate the preference for crustaceans, fishes and mollusks by juveniles, even considering the differences in size-ranges among studies.

The elevated consumption of fishes while the amount of crustaceans decreased with predator size increasing, as observed by Smith (1961), may represent a fairly general trend in groupers (Brulé & Canché, 1993). The ontogenetic change in the feeding strategy observed for red grouper (but not for black grouper) was also recorded for several larger species of reef fish (Linde *et al.*, 2004; Freitas *et al.*, 2011; Sierra *et al.*, 2011) and it is in accordance with the optimal foraging theory, which states that a maximum energetic return is obtained when a predator selects and feeds on a particular prey category (Gerking, 1994). Besides reducing the competition for food or meeting physiological needs that the fish may have during development in terms of migration, sexual maturation and/or reproduction (Gerking, 1994; Sierra *et al.*, 2001) and a change in life stage is often accompanied by a shift in habitat (Sierra *et al.*, 2001), so juveniles and adults occupy different regions. The influence of habitat change appears as one of the most important mechanisms to prevent intra-specific niche overlap in the studied predator's populations (Machado *et al.* 2008). For red grouper, larger juveniles (20-40 cm) are commonly found in crevices and under ledges on rocky reef bottoms in depths of 5 - 25 m. At 40 - 50 cm, adults migrate to deeper water (50-300m) where they also

occur over sandy or mud bottoms (Craig *et al.*, 2011). For black grouper difference in juvenile habitat were registered between areas. Habitats in Yucatán Peninsula mainly consist of sandy-rocky bottoms with some ridges and crevices (Renán *et al.*, 2003), grass bed in estuarine areas in Atlantic and coastal areas (coral reefs) in Gulf of Mexico (Bullock & Smith, 1991; Sluka *et al.*, 1994; Roos & Moser, 1995). These patterns were corroborated in our study, where we detected significantly differences in habitat use for *E. morio* and *M. bonaci*. The largest number of juveniles came from the Inner Shelf while the adults predominantly came from the Outer Shelf. This pattern suggests that *E. morio* and *M. bonaci* exhibit size segregation according to depth, as well registered by Moe (1969) at Gulf of Mexico, González *et al.* (1974) and Valdés & Padrón (1980) at Campeche Bank, Mexico. Inner Shelf habitat was characterized by structures that display a characteristic form of mushroom-shaped pinnacles, which form a complex habitat structure in depth of 5 to 25m. This could explained the high occurrence of crustaceans in red grouper diet and reef fishes in black grouper in this habitat. Outer-shelf area was characterized as much larger realm of mesophotic reefs across the mid and outer shelf (Moura *et al.*, 2013), in depths from 25-90 m. Possibly what allows for the coexistence of red and black groupers is the large consumption of crustaceans by juveniles and adults of the red grouper, as well as high consumption of *C. ruber* in all the stages. For black grouper the low intake of crustaceans and high ingestions of fish in size ranges might explain its co-existence. Furthermore, prey captured by young red grouper are generally slow-moving benthic species (principally decapods) while those consumed by black grouper are less bottom-dependent, and faster-moving organisms (reef-fishes) (Brulé *et al.*, 2005).

The annual rhythm of fish feeding intensity is strongly associated with environmental conditions and their effect on the food supply (Sierra *et al.*, 2001). The lack of dietary seasonal variation registered in this study (*i.e.* no significant seasonal variation in diet composition to *E. morio* and *M. bonaci*), coincides with Brulé *et al.* (1994; 2005). For other juvenile grouper-snapper complex species some authors suggested temporal changes in the diet composition of these species (Roos & Moser, 1995) for gag grouper from North Carolina, Monteiro *et al.* (2009) and Pimentel & Joyeux (2010) for snappers in the Brazilian coast). In fact these authors worked in mangrove environments, which are often subjected to more extreme environmental changes than are reef faunas (Sierra *et al.*, 2001). In Abrolhos Bank, juveniles of *E. morio* and *M. bonaci* have not yet been

recorded in estuarine environments. Longitudinal differences in environmental conditions (i.e. mean and seasonal changes in SST) between mangroves and coastal areas (probable place of recruitment of these species in Abrolhos) may explain this differences in seasonal feeding activity between snappers in Brazil registered by Monteiro *et al.* (2009) and Pimentel & Joyeux (2010) in comparison to black and red groupers. In fact, annual SST pattern along the Abrolhos Bank is very homogeneous, with fluctuations not exceeding 4°C (see Freitas *et al.*, 2011) and intra-annual difference in diet can be related to the distribution, abundance and availability of prey in each season (Sierra & Popova, 1997).

Red and black groupers off Abrolhos Bank were not found to consume preferentially commercial harvested resources and our diet is likely influenced by prey availability and diversity at different areas. In marine ecosystems, trophic cascades have been disproportionately evidenced in hard substrate environments such as coral reefs (Pinnegar *et al.*, 2000). Intermediate predators like *E. morio* and *M. bonaci* may cause indirect effects in the community (e.g. Heithaus *et al.*, 2008, 2010; Ferretti *et al.*, 2010) and influence a large range of ecological processes (Babcock *et al.*, 1999; Pinnegar *et al.*, 2000; Willis & Anderson, 2003), such as linkages between top and intermediate predators, and intermediate predators and their resources (Pace *et al.*, 1999). An example of this disruption can be evidenced by the high consumption of scarids, by both *M. bonaci* and *E. morio*, which demonstrates that these groupers may have a controlling role of the abundance of scarids, which in turn has an important functional ecological role on coral reefs.

In conclusion this study provides detailed information on the diet and feeding ecology of two target grouper species and their life stages along the Abrolhos Bank, South Atlantic Ocean. Quantitative diet data presented here may help to understand the aspects of the diet and the mechanisms influencing resource partitioning and trophic interaction of these groupers in the reef ecosystems of the eastern tropical Atlantic Ocean

2.7 Acknowledgements

We thank Juliane Cebola, Guilherme Dutra, Danilo Araújo, Jerônimo Amaral, Eduardo Camargo and Renata Pereira (Marine Program Conservation International Brazil) and

Danieli Nobre (Universidade Estadual de Santa Cruz) for their help in the field, advice and criticism. We are much indebted to Carolina Viviana Minte-Vera for the revision and suggestions on the manuscript. We especially thank the fisherfolks from the Extractive Reserves of Corumbau and Cassurubá for the continued support to our fieldwork, and the Colônias dos Pescadores (Fishing Guilds) from the municipalities of Prado, Alcobaça, Caravelas and Nova Viçosa. Financial support was provided by the Gordon and Betty Moore Foundation through Conservation International, Conservation Leadership Programme (Project ID: F024801 – www.peixesrecifais.org), FUNBIO (Pró-Arribada), CNPq (PROABROLHOS), CAPES (Process BEX: 8938/11-3) and PPG - Ecologia Universidade Federal do Paraná. This paper is a contribution from the Rede Abrolhos (Abrolhos Network - www.abrolhos.org), funded by the National Biodiversity System (SISBIOTA) - CAPES/CNPq/FAPES.

2.8 Literature cited

- Amundsen, P. A., Gabler, H. M. & Staldvik, F. J. (1996). A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data – modification of the Costello (1990) method. *Journal of Fish Biology*, **48**, 607-614.
- Babcock R. C., Kelly, S., Shears, N. T., Walker, J. W. & Willis, T. J. (1999). Changes in community structure in temperate marine reserves. *Marine Ecology Progress Series*, **189**, 125–134.
- Bastos, A. C., Moura, R. L., Amado-Filho, G. M., Dagostini, D., Secchin, N. A., Francini-Filho, R. B., Güth, A. Z., Sumida, P. Y. & Thompson, F. L. (2013). Novel and Unusual Sinkhole-like Reef Structures in the Abrolhos Bank. *Continental Shelf Research*, **70**, 118-125. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.csr.2013.04.035>
- Bowen, S. H. (1996). Quantitative description of the diet. In *Fisheries techniques*, (Murphy, B. R. & Willis, D. W. eds.) pp. 513- 532. Bethesda. American Fisheries Society.
- Brulé, T., Renan, X., Colas-Marrufo, T., Hauyon, Y., Tuz-Slub, A. N. & Déniel, C. (2003). Reproduction in the protogynous black grouper (*Mycteroperca bonaci* (Poey)) from the southern Gulf of Mexico. *Fisheries Bulletin*, **101**, 463-475.
- Brulé, T. & Canche, L. G. R. (1993). Food habits of juvenile red groupers, *Epinephelus morio* (Valenciennes, 1828), from Campeche Bank, Yucatan, Mexico. *Bulletin of Marine Science*, **52**, 772-779.

- Brulé, T., Déniel, C., Colás-Marrufo, T. & Sánchez-Crespo, M. (1999). Red grouper reproduction in the southern Gulf of Mexico. *Transactions of American Fisheries Society*, **128**, 385–402.
- Brulé, T., Avila, D. O., Crespo, M. S. & Déniel, C. (1994). Seasonal and diel changes in diet composition of juvenile red grouper (*Epinephelus morio*) from Campeche Bank. *Bulletin of Marine Sciences*, **55**, 255–262.
- Brulé, T., Puerto-Novelo, E., Pérez-Díaz, E., Renán-Galindo, X. (2005). Diet composition of juvenile black grouper (*Mycteroperca bonaci*) from coastal nursery areas of the Yucatán peninsula, Mexico. *Bulletin of Marine Science*, **77**, 441–452.
- Bornatowski, H., Braga, R.R., Vitule, J.R.S. (2013). Shark mislabeling threatens biodiversity. *Science*, **340**: 923.
- Bullock, L. H. & Smith, G. B. (1991). *Seabasses (Pisces: Serranidae)*. Memoirs of the Hourglass Cruises, Vol 8(2). Florida Department of Natural Resources, St. Petersburg, FL.
- Burgos, J. M., Sedberry, G. R., Wyanski, D. M. & Harris, P. J. (2007). Life history of red grouper (*Epinephelus morio*) off the coast of North Carolina and South Carolina. *Bulletin of Marine Science*, **80**, 45–65.
- Clarke, K. R. & Gorley, R. N. (2001). *PRIMER v. 5: User manual/ tutorial*. PRIMER-E, Plymouth.
- Claro, R., Lindeman, K. C. & Parenti, L. R. (2001). *Ecology of the marine fishes of Cuba*. Smithsonian Institution Press, Washington.
- Colás-Marrufo, T., Brulé, T. & Déniel, C. (1998). Análisis preliminar de las capturas de meros realizadas a través de unidades de la flota mayor en el Sureste del Golfo de México. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* **50**, 780-803.
- Cortés, E. (1999). Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES Journal of Marine Science*, **56**, 707-717.
- Costa, P. A. S., Braga, A. C. & Rocha, L. O. F. (2003). Reef fisheries in Porto Seguro, eastern Brazilian coast. *Fisheries Research*, **60**, 577-583.
- Crabtree, R. E. & Bullock, L. H. (1998). Age, growth, and reproduction of black grouper, *Mycteroperca bonaci*, in Florida waters. *Fishery Bulletin*, **96**, 735-753.
- Craig, M. T., Sadovy de Mitcheson, Y. J. & Heemstra, P. C. (2011). *Groupers of the World: A Field and Market Guide*. Grahamstown: CRC Press.

- Dutra, G. F., Allen, G. R., Werner, T. & McKenna, S. A. (2005). *A rapid marine biodiversity assessment of the Abrolhos Bank, Bahia, Brazil*. RAP Bulletin of Biological Assessment 38. Washington, DC: Conservation International.
- Ferretti, F., Worm, B., Britten, G. L., Heithaus, M. R. & Lotze, H. K. (2010). Patterns and ecosystem consequences of shark declines in the ocean. *Ecology Letters*, **13**, 1055-1071.
- Francini-Filho, R. B., Coni, E., Meireles, P. M., Amado-Filho, G., Thompson, F., Pereira-Filho, G., Bastos, A., Abrantes, D., Ferreira, C.M., Gibran, F.Z., Guth, A., Sumida, P., Oliveira, N. L., Kaufman, L., Minte-Vera, C. V., Moura, R.L. (2013). Dynamics of coral reef benthic assemblages of the Abrolhos Bank, eastern Brazil: inferences on natural and anthropogenic drivers. *Plos One*, **8**, e54260. doi:10.1371/journal.pone.0054260.
- Francini-Filho, R. B. & Moura, R. L. (2008a). Dynamics of fish assemblages on coral reefs subjected to different management regimes in the Abrolhos Bank, eastern Brazil. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems*, **18**, 1166–1179.
- Francini-Filho, R. B. & Moura, R. L. (2008b). Evidence for spillover of reef fishes from a no-take marine reserve: An evaluation using the before-after control-impact (BACI) approach. *Fisheries Research*, **93**: 346-356.
- Freitas M.O., Moura R.L., Francini-Filho R.B. and Minte-Vera C.V. (2011). Spawning patterns of commercially important reef fishes (Lutjanidae and Serranidae) in the tropical Western South Atlantic. *Scientia Marina*, **75**, 135-146.
- Gerking, S. D. (1994). *Feeding Ecology of fish*. San Diego: Academic Press.
- Gonzalez, P. D., Zupanovic, S. & Ramis, H. E. (1974). Biología pesquera de la Cherna americana del banco de Campeche. *Revista Investigaciones de Cuba*, **1**, 107-111.
- Heemstra, P. C. & Randall J. E. (1993). *FAO Species Catalogue. Groupers of the world (Family Serranidae, Subfamily Epinephelinae). An annotated and illustrated catalogue of the grouper, rockcod, hind, coral grouper and lyretail species known to date*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Heithaus, M. R., Frid, A., Vaudo, J. J., Worm, B., Wirsing, A. J. (2010). Unraveling the ecological importance of elasmobranchs. In: *Biology of sharks and their relatives II* (Carrier, J. C., Musick, J. A., Heithaus, M.R. eds) pp: 611-637. Boca Raton, FL: CRC Press.

- Heithaus, M. R., Frid, A., Wirsing, A. J. & Worm, B. (2008). Predicting ecological consequences of marine top predator declines. *Trends in Ecology and Evolution*, **23**, 202-210.
- Hurtado, E. G., Garcia, V. M. C., Rosas, R. B. & Chioldes, S. A. (2003). Reproducción y fecundidad de la cherna americana (*Epinephelus morio*) en el Banco de Campeche, México. *Oceánides*, **18**, 13-21.
- Hyslop, E. J. (1980). Stomach contents analysis - a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, **17**, 411-429.
- Leão, Z. M. A. N. (1999). Abrolhos, BA, o complexo recifal mais extenso do Atlântico Sul. Pp. 345-359. In: *Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil*. (Schobbenhaus, C. D. A., Campos, E. T., Queiroz, M., Berbert-Born, M. eds). Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP). Available at: http://www.anp.gov.br/brnd/round6/guias/SISMICA/SISMICA_R6/biblio/Biblio2004/Le%20ZMA%20Abrolhos.pdf. (Accessed Jun 30 2013).
- Leão, Z. M. A. N. & Kikuchi, R. K. P. (2001). The Abrolhos Reefs of Brazil. In: *Coastal Marine Ecosystems of Latin America*. (Seeliger, U. & Kjerfve, B. eds). pp. 83-96. Berlin: Springer-Verlag.
- Leão, Z. M. A. N., Kikuchi, R. K. P. & Oliveira, M. D. M. (2008). Os recifes de coral da APA Ponta da Baleia, Bahia. *OLAM Ciência & Tecnologia*, **8**, 287-315.
- Leão, Z. M. A. N. & Ginsburg, R. N. (1997). Living reefs surrounded by siliciclastic sediments: the Abrolhos coastal reefs, Bahia, Brazil. *Proceedings of the International Coral Reef Symposium*, **8**, 1767-1772.
- Leão, Z. M. A. N. & Kikuchi, R. (2005). A relic coral fauna threatened by global changes and human activities, Eastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, **51**, 599-611.
- Linde, M., Grau, A. M., Riera, F. & Massutí-Pascual, E. (2004). Analysis of trophic ontogeny in *Epinephelus marginatus* (Serranidae). *Cybium*, **28**, 27-35.
- Lombardi-Carlson, L., Fitzhugh, G., Palmer, C., Gardner, C., Farsky, R., Ortiz, M. (2008). Regional size, age and growth differences of red grouper (*Epinephelus morio*) along the west coast of Florida. *Fisheries Research*, **91**, 239-251.
- Machado, L. F., Daros, F. A. M.L., Bertoncini, A. A., Hostim-Silva, M. & Barreiros, J. P. (2008). Feeding strategy and trophic ontogeny in *Epinephelus marginatus* (Serranidae) from Southern Brazil. *Cybium*, **32**, 33-41.

- Marchioro, G. B., Nunes, M. A., Dutra, G. F., Moura, R. L. & Pereira, P. G. P. (2005). Avaliação dos Impactos da exploração e produção de hidrocarbonetos no Banco dos Abrolhos e Adjacências. *Magadiversidade*, **1**, 225-310.
- Martins, A. S., Olavo, G. & Costa, P. A. S. (2005). A pesca de linha de alto mar realizada por frotas sediadas no Espírito Santo, Brasil. In: *Pesca e potenciais de exploração de recursos vivos na região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira*. (Costa, P. A. S., Martins, A. S. & Olavo, G. eds.) pp. 35-55. Rio de Janeiro: Museu Nacional, Série Livros n.13.
- Moe, M.A. Jr. (1969). Biology of the red grouper, *Epinephelus morio* (Valenciennes) from the eastern Gulf of Mexico. Florida Department of Natural Resources, Marine Research Laboratory. *Professional Papers Series*, **10**, 1-95.
- Monteiro, D. P., Giarrizzo, T. & Isaac, V. (2009). Feeding ecology of juvenile dog snapper *Lutjanus jocu* (Bloch and Shneider, 1801) (Lutjanidae) in intertidal mangrove creeks in Curuçá Estuary (Northern Brazil). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, **52**, 1421-1430.
- Moura R. L. & Francini-Filho, R. B. (2006). Reef and shore fishes of the Abrolhos Region, Brazil. In: *A Rapid Marine Biodiversity Assessment of the Abrolhos Bank, Bahia, Brazil* (Dutra, G. F., Allen, G. R., Werner, T. & McKenna, A. S. eds) pp. 40–55. Washington, DC: Conservation International.
- Moura R. L., Francini-Filho, R. B., Chaves, E. M., Minte-Vera, C. V. & Lindeman, K. C. (2011). Use of riverine through reef habitat systems by dog snapper (*Lutjanus jocu*) in eastern Brazil. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, **95**, 274-278.
- Moura, R. L. (2002). Brazilian reefs as priority areas for biodiversity conservation in the Atlantic Ocean. *Proceedings 9th International Coral Reef Symposium*, **2**, 917–920.
- Moura, R. L., Secchin, N. A., Amado-Filho, G. M., Francini-Filho, R. B., Freitas, M.O., Minte-Vera, C.V., Teixeira, J. B., Thompson, F. L., Dutra, G. F., Sumida, P. Y. G., Guth, A. Z., Lopes, R. M. & Bastos, A. C. (2013). Spatial patterns of benthic megahabitats and conservation planning in the Abrolhos Bank. *Continental Shelf Research*, **70**, 109-117. doi: 10.1016/j.csr.2013.04.036.
- Olavo, G., Costa, P. A. & Martins, A. S. (2005). Caracterização da pesca de linha e dinâmica das frotas linheiras da Bahia. In: *Pesca e potenciais de exploração de recursos vivos na região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira*. (Costa, P. A. S., Martins, A. S. & Olavo, G. eds.) pp.13-34. Rio de Janeiro: Museu Nacional, Serie livros n.13.

- Pace, M. L., Cole, J.G., Carpenter, S. R., Kitchell, J. F. (1999). Trophic cascades revealed in diverse ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution*, **14**, 483–488.
- Parrish, J. D. (1987). The trophic biology of snappers and groupers. In: *Tropical snappers and groupers: biology and fisheries management* (Polovina, J. J. & Ralston, S. eds). pp 405–463. Boulder: Westview Press.
- Pimentel, C. R. & Joyeux, J. C. (2010). Diet and food partitioning between juveniles of mutton *Lutjanus analis*, dog *Lutjanus jocu* and lane *Lutjanus synagris* snappers (Perciformes: Lutjanidae) in a mangrove-fringed estuarine environment. *Journal of Fish Biology*, **76**, 2299-2317.
- Pinkas, L., Oliphant, M. S., Iverson, L. R. (1971). Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *Fisheries Bulletin*, **152**, 1-105.
- Pinnegar, J. K., Polunin, N. V. C., Francour, P., Badalamenti, F., Chemello, R., Harmelin-Vivien, M. L., Hereu, B., Milazzo, M., Zabala, M., D'Anna, G. & Pipitone, C. (2000). Trophic cascades in benthic marine ecosystems: lessons for fisheries and protected-area management. *Environmental Conservation*, **27**, 179–200.
- Previero, M., Minte-Vera, C. V., Moura, R. L. (2013). Fisheries monitoring in Babel: fish ethnotaxonomy in a hotspot of common names. *Neotropical Ichthyology*, **11**, 467-476.
- Randall, J. E. (1967). Food habits of reef fishes of the West Indies. *Studies in Tropical Oceanography*, **5**, 665–847.
- Renán, X., Cervera-Cervera, K. & Brulé, T. (2003). Probable nursery areas for juvenile groupers along the northern coast of the Yucata´n Peninsula, Mexico. *Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, **54**, 496–505.
- Ross, S. W. & Moser, M. L. (1995). Life history of juvenile gag *Mycteroperca microlepis*, in North Carolina estuaries. *Bulletin of Marine Science*, **56**, 222–237.
- Sadovy, Y. (2004). Spawning aggregations need managing: an update on the work of the Society for the Conservation of Reef Fish Aggregations. *Secretariat for the Pacific Community Live Reef Fish Information Bulletin*, **12**, 29-30.
- Sierra, L. M. & Popova, O. A. (1997). Relaciones tróficas de los juveniles de cinco especies de pargo (Pisces: Lutjanidae) em Cuba. *Revista de Biología Tropical*, **44-45**, 499-506.
- Sierra, L. M., Claro, R. & Popova, O. A. (2001). Trophic biology of the marine fishes of Cuba. In: *Ecology of the Marine Fishes of Cuba*. (Claro, R., Lindeman, K. C. &

- Parenti, L. R. eds.) pp. 115-148. Washington and London: Smithsonian Institution Press.
- Sluka, R. (1995). Influence of habitat on density, species richness, and size distribution of groupers in the upper Florida Keys, USA and central Bahamas. PhD Dissertation. University of Miami, Coral Gables, FL.
- Sluka, R., Sullivan, K. M. & Chiappone, M. (1994). Comparison of juvenile grouper populations in southern Florida and the central Bahamas. *Bulletin of Marine Science* **54**, 871–880.
- Smith, C. L. (1971). A revision of the American groupers: Epinephelus and allied genera. *Bulletin of American Museum of Natural History*, **146**, 69–241.
- Teixeira, S. F., Ferreira, B. P., Padovan, I. P. (2004). Aspects of fishing and reproduction of the black grouper *Mycteroperca bonaci* (Poey 1860) (Serranidae: Epinephelinae) in the Northeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology* **2**, 19-30.
- Valdes, E. & Padron, G. (1980). Pesquerias de palangre. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueiras*, **5**, 38-52.
- Willis, T. J. & Anderson, M. J. (2003). Structure of cryptic reef fish assemblages: relationships with habitat characteristics and predator density. *Marine Ecology Progress Series*, **257**, 209-221.

3 **CAPÍTULO 2:** BIOLOGIA REPRODUTIVA DE *Epinephelus morio* E *Mycteroperca bonaci* NO NORDESTE DO BRASIL: SUAS RELAÇÕES COM FATORES CLIMÁTICOS E CONHECIMENTO ECOLÓGICO LOCAL DOS PESCADORES

Capítulo formatado nas normas da revista Environmental Biology of Fishes Fator de Impacto: 1,305. Qualis Biodiversidade 2012: B1

3.1 Abstract

The reproductive biology of the red (*Epinephelus morio*) and black (*Mycteroperca bonaci*) groupers were evaluated at Abrolhos Bank between May 2005 and September 2012. A total of 166 specimens of *M. bonaci*, thus 155 females (93.0%) and 11 males (7.0%) was collected. Black grouper females ranged from 26.1 to 119.0 cm TL (mean 70.3 cm) and males from 73.0 to 147.0 cm (mean 116.0 cm). The sex ratio of the sample was 1:14(males:females) with the mean of the posterior distribution of the proportion of females equal to 0.70. The GSI peaks of the females were concentrated between the months of August and October, indicating a spawning in austral winter. The L_{50} estimated of females was 62.0 cm TL (mean of the posterior distribution, 90% credible interval = 59.3 to 64.8) and L_{100} 78.0 cm TL, with smaller active female recorded with 47.7 cm TL. Relative fecundity was estimated for females, varying from 71.0 to 128.0 cm in TL, and the number of oocytes ranged from 2 million to 15.481.391,6 millions, averaging 6.639.391,6 million oocytes, for females between 83.0 cm to 98.0 cm TL. In the samples of *E. morio* a total of 367 specimens were sampled, these 334 (91.0 %) were females and 33 males (9.0%). Females ranged from 15.0 to 88.0 cm TL (mean 48.8 cm) and males 43.6 to 96.0 cm (mean 63.7 cm). The sex ratio was 1:10 (males:females) with the mean of the posterior distribution of the proportion of females equal to 0.098 . High values of GSI for females registered between the months July to October, peaking in August and September. Post-ovulatory follicles were observed in samples collected on days September 28, 2007, August 30, 2011 and August 30, 2012. The L_{50} estimated for females was 47.0 cm TL (mean of posterior distribution, 90 % credible interval = 45.8 to 47.4) and L_{100} was 63.0 cm TL. The lowest recorded adult female was 39.7 cm in TL. Relative fecundity was estimated for females ranging from 40.0 to 81.0 cm TL, the counts of oocytes ranged from 1.575.032,7 to 13.793.103,4 million for females with 40.0 to 81.0 cm TL with a mean CT 5620871.3 oocytes . Evidence of the hermaphrodite pattern was recorded for both species and the results also suggest that males become active after the transition of sex. A total of 56 fishermen were interviewed, ranging 6-69 years of fishing and average of 29.2 years of fishing. The results of the generalized linear models adjusted indicated ignorance by fishermen of the breeding season of the species *E. morio* and *M. bonaci*. For fishermen's who responded, error probability was independent of experience ($p = 0.577$). The probability of success was estimated to be 0.09 which is similar to the probability that the fishermen's to select a month randomized to give an answer ($1/12 = 0.0833$). Results demonstrate a relationship between the high peaks of GSI with the adverse climatic variations, such as low temperature and high incidence of winds.

Key words: Epinephelidae, management, reproduction, Abrolhos Bank.

3.2 Resumo

A biologia reprodutiva da garoupa (*Epinephelus morio*) e do badejo (*Mycteroperca bonaci*) foi avaliada no Banco dos Abrolhos entre maio de 2005 e setembro de 2012. Um total de 166 espécimes de *M. bonaci*, sendo 155 fêmeas (93,0%) e 11 machos (7,0%) foi coletado. Fêmeas de badejo variaram de 26,1 a 119,0 cm de CT (média 70,3 cm), machos de 73,0 a 147,0 cm (média 116,0 cm). A proporção sexual da amostra foi de 1:14 (machos:fêmeas) com a média da distribuição posterior da proporção de fêmeas igual a 0,70. Os picos de IGS de fêmeas estiveram concentrados entre os meses de agosto e outubro, indicando uma desova no inverno austral. O L_{50} estimado para fêmeas foi de 62,0 cm de CT (média da distribuição posterior, 90% intervalo de credibilidade = 59,3 – 64,8) e L_{100} de 78,0 cm de CT, com a menor fêmea ativa registrada com 47,7 cm de CT. A fecundidade relativa foi estimada para as fêmeas variando de 71,0 a 128,0 cm de CT, e as contagens de ovócitos variaram de 2 milhões a 15.481.391,6 milhões para fêmeas de 83,0 cm e 98,0 cm TL com média de 6.639.391,6 ovócitos. Nas amostras de *E. morio* um total de 367 espécimes foi amostrado, destes 334 eram fêmeas (91,0%) e 33 machos (9,0%). Fêmeas variaram de 15,0 a 88,0 cm de CT (média 48,8 cm) e machos de 43,6 a 96,0 cm (média 63,7 cm). A proporção sexual de nossa amostra foi de 1:10 (machos:fêmeas) com a média da distribuição posterior da proporção de fêmeas igual a 0,098. Valores elevados de IGS de fêmeas ocorreram entre os meses de julho a outubro, com picos nos meses de agosto e setembro. Folículos pós-ovulatórios foram observados em amostras coletadas nos dias 28 de setembro de 2007, 30 de agosto de 2011 e 30 de agosto de 2012. O L_{50} estimado para fêmeas foi de 47,0 cm de CT (média da distribuição posterior, intervalo de credibilidade 90% = 45,8 – 47,4) e L_{100} foi de 63,0 cm de CT. A menor fêmea adulta registrada teve 39,7 cm de CT. A fecundidade relativa foi estimada para fêmeas variando de 40,0 a 81,0 cm de CT, as contagens de ovócitos variaram de 1.575.032,7 milhões a 13.793.103,4 milhões para fêmeas de 40,0 cm e 81,0 cm de CT com média de 5.620.871,3 ovócitos. Evidências do padrão hermafrodita foram registrados para ambas as espécies e os resultados sugerem ainda que machos tornam-se ativos após a transição de sexo. Um total de 56 pescadores foi entrevistado, com variação de 6 a 69 anos de pesca e média de 29,2 anos de pesca. Os resultados dos modelos lineares generalizados ajustados indicaram o desconhecimento por parte dos pescadores da época de reprodução das espécies *E. morio* e *M. bonaci*. Para os pescadores que responderam a probabilidade de acerto foi independente da experiência ($p=0,577$). A probabilidade de acerto foi estimada em 0,09 que é similar à probabilidade de que o pescador escolha um mês ao acaso para dar como resposta ($1/12=0,0833$). Foi verificada uma alta relação entre os picos de IGS com as variações climáticas adversas, como baixas de temperatura e incidência de ventos.

Palavras-Chave: Epinefelídeos, manejo, reprodução, Banco dos Abrolhos.

3.3 Introdução

A garoupa *Epinephelus morio* e badejo quadrado *Mycteroperca bonaci* são peixes recifais amplamente distribuídos ao longo da costa oeste tropical do Atlântico, de Massachusetts nos EUA ao Sul do Brasil, incluindo o golfo do México, Caribe e Bermuda (Heemstra e Randall 1993, Craig et al. 2011). Historicamente, esses dois grandes piscívoros tem sido alvo de pesca e suportado pescarias comerciais e recreacionais em toda sua área de distribuição (Brulé et al. 1994, Burgos et al. 2007, Crabtree e Bullock 1998, Colás-Marrufo et al. 1998), inclusive no Brasil (Azevedo 1955, Bueno 1998, Olavo et al. 2005). Membros da família Epinephelidae, essas espécies são mais vulneráveis à sobre-pesca, principalmente porque a pesca pode afetar diretamente os grandes machos, o que pode resultar em baixas taxas de fertilização dos ovos produzidos (Shapiro 1987) e ainda pelo crescimento lento, maturação tardia e realização de agregações reprodutivas (Coleman et al. 1999, Sadovy de Mitcheson et al. 2013).

Devido à relevância para a pesca, a garoupa e o badejo quadrado foram amplamente estudados no hemisfério Norte (Moe 1969, Lombardi-Carlson et al. 2008, Crabtree e Bullock 1998, Brulé et al. 1994, 2003, Burgos et al. 2007, Giménez-Hurtado et al. 2003). Porém, este panorama não se repete no Brasil, onde aspectos ecológicos das espécies estão restritos a dois estudos: Teixeira et al. (2004) que descreveram os aspectos reprodutivos e pesqueiros para *M. bonaci* no nordeste e Freitas et al. (2011) que avaliaram os padrões de desova para *E. morio* e *M. bonaci* no Bancos dos Abrolhos. Para ambas as espécies o padrão hermafrodita protogínico foi registrado anteriormente (Smith 1965, Garcia-Cagide e Garcia 1996, Crabtree e Bullock 1998, Teixeira et al. 2004), bem como a formação de agregações reprodutivas, que em muitos casos podem estar desaparecendo antes mesmo de serem estudadas (Colin et al. 2003, Sadovy de Mitcheson et al, 2008).

De fato, diversos efeitos antropogênicos como a pesca, mudanças climáticas e perda de habitat (Coleman e Koenig 2013) podem afetar seriamente as populações de grandes garoupas e ter consequências diretas para diversas comunidades e ecossistemas costeiros (Coleman e Koenig 2013, Sadovy de Mitcheson et al. 2013). Com base nessas evidências, diversas estratégias de manejo baseada em dados reprodutivos, como

o estabelecimento de tamanhos de mínimos de captura, foram implementadas para grandes epinephelideos (como *Epinephelus itajara*, *E. morio* e *M. bonaci*) na costa da Florida EUA (Bullock et al. 1992, Crabtree e Bullock 1998, Lombardi-Carlson et al. 2008), muitas delas evidenciando sinais de recuperação destas populações. Apesar disso, Sadovy de Mitcheson et al. (2013) apresentam dados alarmantes, onde 12% das espécies de garoupas do mundo estão em algum critério de ameaça pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) sendo 13% classificadas como quase ameaçadas (NT).

O estado dos estoques de *E. morio* e *M. bonaci* no Banco dos Abrolhos é desconhecido, pois informações sobre a biologia, volume de desembarques, capturas por unidade de esforço, composição das capturas e tamanhos que estas espécies são capturadas ao longo da costa nordeste do Brasil são reduzidos. Tendo isso como base e a necessidade da obtenção destas informações para subsidiar programas de gestão do uso e conservação, nosso estudo descreve as proporções sexuais, variação do índice gonadossomático, tamanho de primeira maturação e estimar a fecundidade para estes dois importantes recursos pesqueiros recifais do Banco dos Abrolhos. Objetivamos ainda comparar estes parâmetros com estudos prévios realizados na costa Atlântica, correlacionar os períodos de reprodução com fatores climáticos e avaliar o conhecimento ecológico local dos pescadores a respeito das épocas de reprodução. Acreditamos que estas informações poderão auxiliar os gestores de pesca e pescadores nas tomadas de decisão sobre o manejo dos recursos pesqueiros em diversos níveis e esferas de governança da pesca em Abrolhos.

3.4 Material e Métodos

3.4.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada dentro da chamada região central da costa brasileira que vai do Cabo de São Tomé-RJ a Salvador-BA, incluindo as ilhas de Trindade e Martins Vaz e inserida também na Costa Leste Brasileira (13° - 22° S) (Ekau e Knoppers 1999). Segundo Martins et al. (2005), esta área é caracterizada por uma topografia complexa, derivada de atividades vulcânicas e tectônicas intensas, devido ao acúmulo de sedimentos entre montes vulcânicos marinhos e a margem continental.

A plataforma continental do Banco dos Abrolhos abrange três principais mega-habitats (Fig. 1) e uma batimetria complexa. Bancos de rodolitos constituem o maior mega-habitat, com 20,904 km² (43% da área), seguido pelo mega-habitat de sedimentos não consolidados com 151km² (39%) e pelo mega-habitat recifal com 8.844 km² (18%) (MOURA, et al., 2013). Bancos de rodolitos e sedimentos não consolidados são topograficamente menos complexo e formam extensões contínuas maiores quando comparado com os recifes, que é estruturalmente mais complexo e irregularmente configurado (MOURA et al, 2013). Diferentes tipos de Unidades de Conservação (UCs) foram criadas em Abrolhos. Além do Parque Nacional Marinho de Abrolhos, UC de Proteção Integral, na região também são encontradas UCs de uso sustentável, como a Reserva Extrativista (RESEX) Marinha de Corumbau e a RESEX de Cassurubá. A proteção dessas áreas é de suma importância, uma vez que a região de Abrolhos apresenta aproximadamente 80% da fauna endêmica de peixes do sudoeste do Atlântico (Dutra et al. 2005) e está constantemente sofrendo ações antrópicas (Marchioro et al. 2005).

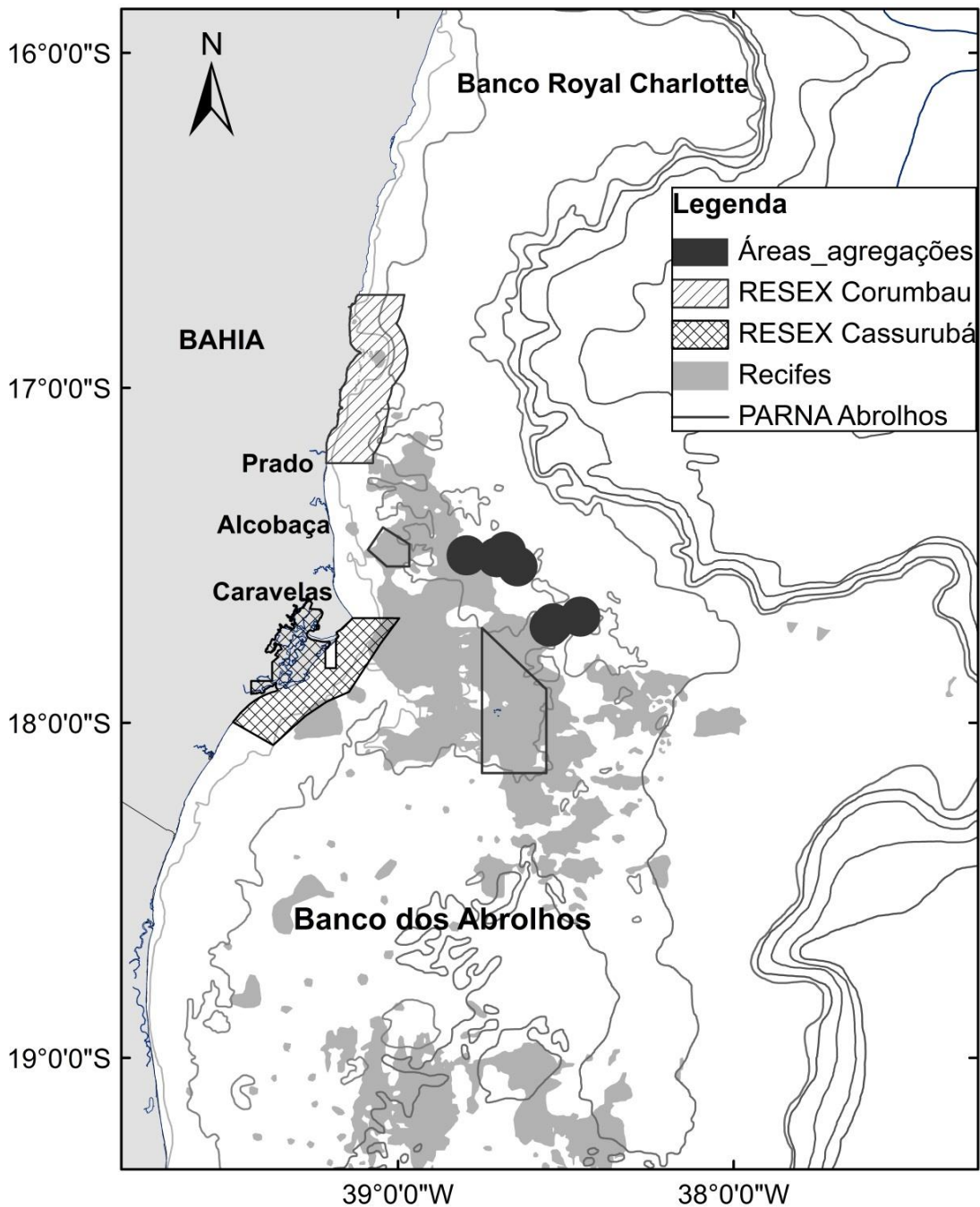


Fig. 1. Mapa do Banco dos Abrolhos e adjacências evidenciando os municípios onde foram realizadas as coletas. Os círculos representam os locais potenciais de agregações reprodutivas de *E. morio* e *M. bonaci* registrados em Abrolhos com base em evidências diretas (Folículos Pós-Ovulatórios e ovócitos hidratados).

3.4.2 Amostragem e análise dos dados

Exemplares de *E. morio* e *M. bonaci* foram obtidos através do monitoramento de desembarques pesqueiros da frota de linha de mão, espinhel de fundo e pesca subaquática realizado nas cidades de Prado, Alcobaça, Caravelas e Nova Viçosa, estado da Bahia, entre junho de 2005 e setembro de 2012 e em expedições científicas para determinação dos locais potenciais de reprodução (Fig. 01). Nas amostragens nos portos pesqueiros os peixes foram comprados, coletado o material biológico e revendidos. Todos os peixes foram medidos em relação ao seu comprimento total (CT) em cm e pesados inteiros (PT) em gramas. As gônadas coletadas foram fixadas em formol a 10% por no mínimo 24 h e conservadas em álcool e posteriormente pesadas (Pg) em gramas. O sexo e escala de maturação gonadal macroscópica foram determinadas pelo tamanho da gônada em relação à cavidade abdominal, consistência, coloração, vascularização, presença de irrigação periférica, visualização de sêmem ou ovócitos visíveis, baseado em García-Cagide et al. (2001) e Colin et al. (2003). Uma percentagem de gônadas foi submetida a processamento histológico de rotina, onde foram desidratadas em série crescente de concentração alcoólica, clarificadas em xilol e embebidas em parafina histológica (Beçak e Paulete 1976). Os cortes histológicos foram produzidos entre 4 e 6µm e corados com hematoxilina de Harris e eosina.

Para a classificação microscópica cinco estádios de desenvolvimento foram usados, seguindo metodologia padronizada proposta por Brown-Peterson et al. (2011), sendo: Imaturos (IM), Desenvolvimento (DV), Capazes de desovar (SC), Regredindo (RG) e Regeneração (RT). Imaturos corresponde a um peixe que nunca reproduziu e que em fêmeas é caracterizado histologicamente pela presença de oogônias e ovócitos primários de crescimento através da fase perinuclear (Grier et al. 2009), pouco espaço entre os ovócitos e a parede das lamelas do ovário geralmente fino. Nos machos, é caracterizada por espermatogônias primária (Sg1) no epitélio germinal (GE) e pelo início da formação de túbulos testiculares que contêm apenas espermatogônias (Sg). DV é o início do desenvolvimento dos ovários e testículos, mas ainda não estão aptos à reprodução nas fêmeas. No estágio SC os órgãos reprodutores estão desenvolvidos e fisiologicamente capazes de serem fecundados, RG corresponde à finalização da desova e RT corresponde a um indivíduo maduro sexualmente, mas reprodutivamente inativo. O

ciclo reprodutivo de fêmeas adultas foi avaliado através da variação mensal do Índice Gonadossomático (IGS), calculado pela equação: $IGS = (Pg/(PT-Pg))*100$.

A proporção sexual foi estimada utilizando o método Bayesiano usando o número total de fêmeas (F) e o número de fêmeas mais os machos (n). Utilizamos o modelo conjugado beta-binomial para estimar a proporção de fêmeas com a distribuição não-informativa Beta (1,1) como distribuição *a priori*, Binomial como função de verossimilhança, o que resulta em Beta (F1, fn-1) como distribuição posterior (Gelman et al. 2004). O tamanho mínimo de primeira maturação (L_{50}) (King 1995) foi registrado para o sexo feminino e estimado utilizando métodos bayesianos (Kinas e Andrade 2010). Foi utilizado o seguinte modelo de regressão logística: $p=1/(1+\exp(\alpha+\beta*L))$, onde p = é a proporção de fêmeas maduras na classe de comprimento L, α e β são parâmetros e $L_{50} = -\alpha/\beta$. Para a análise do L_{50} , fêmeas classificadas como DV, SC, RG, RT foram consideradas como sexualmente maduras (adultas). O modelo foi implementado utilizando o software ADMB (Automatic Differentiation Model Builder, Fournier et al. 2012) e distribuições *prioris* não-informativas. As amostras das distribuições posteriores dos parâmetros foram obtidas utilizando o algoritmo de Monte Carlo via Cadeia de Markov (Gelman et al. 2004), com uma cadeia de 1 milhão e amostras salvas uma vez a cada 1000 iterações.

A fecundidade relativa foi avaliada através do método gravimétrico descrito em Vazzoler (1996), com uma pequena amostra dos ovários pesada (aproximadamente 0,2 g) dissociada em solução de Gilson (Bagenal 1978) e mantidas em álcool a 70% com volume conhecido (50 ml). Três sub-amostras de 500 μ l da suspensão foram fotografadas sob lupa em uma placa de Petri dividida em 36 campos visuais. A fecundidade relativa foi calculada pelo cálculo da média das três sub-amostragens e em relação ao peso conhecido da amostra e extrapoladas para o peso total da gônada e expressa em número de ovócitos *versus* CT. Somente gônadas SC confirmadas microscopicamente e sem ocorrência de folículos pós-ovulatórios (o que levaria a subestimação da fecundidade) foram dissociadas e incluídas nas análises.

3.4.3 *Conhecimento Ecológico Local dos Pescadores (CEL)*

O conhecimento ecológico local (CEL) dos pescadores de linha de Prado, Alcobaça e Caravelas foi acessado através de questionários estruturados implementados em duas fases distintas de campanhas de campo. Uma compreendida entre os dias 11 de outubro de 2006 a 13 de fevereiro de 2007 e outra entre os dias 25 de julho a 10 de agosto de 2011. O método “bola de neve” (Neis et al. 1999) foi utilizado para a indicação dos mestres pescadores mais experientes. Os entrevistados foram questionados quanto ao seu conhecimento da época da desova da garoupa (*E. morio*) e o badejo (*M. bonaci*). Caso respondessem que sabiam, foram questionados quanto ao mês da desova. Adicionalmente, uma pergunta sobre o tempo de experiência na pesca foi incluída. Para avaliar se havia associação entre a probabilidade de acerto e o tempo de experiência, foi utilizado um modelo linear generalizado (GLM) binomial com função de ligação logit onde a variável resposta era 1= acerto, 0 = erro. Foi considerado como acerto quando o entrevistado respondeu ao menos um mês referente à estação reprodutiva das espécies em estudo, neste caso considerada como sendo de julho a setembro com base nos valores de IGS deste estudo. Testamos acertos *versus* pescadores que responderam e erraram, e acertos *versus* pescadores que não souberam responder.

3.4.4 Dados climáticos

A série temporal de dados de temperatura do ar foi obtida no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), na base da estação meteorológica de observação de superfície convencional de Caravelas na Bahia, para o período de 01/01/1962 a 19/09/2013 (<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConvencionais>). Cada amostra de temperatura diária foi agrupada em mês e de cada mês calculado a média e desvio padrão. Os valores de temperatura superficial da água do mar foram obtidos no site: http://nomad3.ncep.noaa.gov/cgi-bin/pdisp_sst.sh para as áreas com coordenadas Latitude -20° a -16 ° / Longitude -41° a 37° e Latitude -21° a -15 / Longitude -42° a 36°. As informações de direção, intensidade e predominância de ventos para a área de estudo foram obtidas em Teixeira et al. (2013). Os valores médios de temperatura superficial da água do mar e ar atmosférico apresentaram padrões semelhantes, com maiores valores compreendidos entre os meses de dezembro a abril (em torno de 26° C), com uma queda a partir do mês de maio, apresentando menores valores no mês de julho (22,5° C para o ar atmosférico e 22,3° C para a água superficial do mar) (Fig. 02). Segundo Teixeira et al. (2013) ventos nordeste são predominantes durante o verão

(29,0% de ocorrência), quando a direção média do vento foi de 60° e a velocidade média foi de 4,2 ms⁻¹. No outono e inverno ventos de sudeste, sul e sudoeste foram os dominantes (55,0% e 48,0% respectivamente), mas com uma velocidade média mais baixa de 3,5 ms⁻¹ e 3,9 ms⁻¹, respectivamente e correspondentes aos ventos sudeste e sul. Nas estações de outono e inverno a direção do vento médio associado foi de 151° e 119°, respectivamente. Na primavera os ventos giraram novamente para o norte com direção média do vento chegando a 53° e velocidade média de 4,9 ms⁻¹.

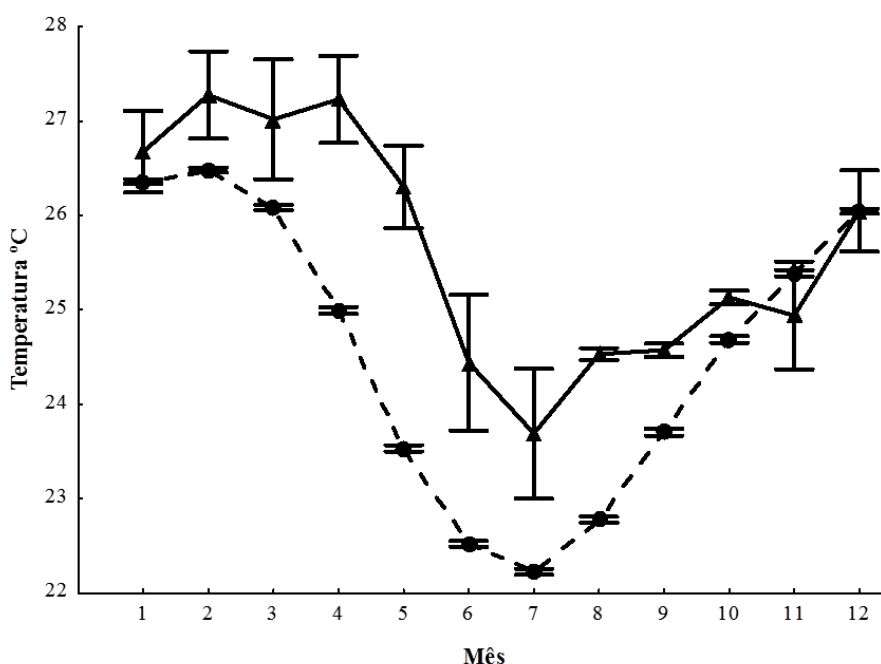


Fig. 02. Valores médios mensais da temperatura superficial da água do mar (▲) e temperatura do ar atmosférico (●) amostrados de séries históricas no Banco dos Abrolhos. NOAA de janeiro de 1981 a janeiro de 2008 (▲) e IMET estação caravelas (●) de 01/01/1962 a 19/09/2013.

3.5 Resultados

3.5.1 *Mycteroperca bonaci*

Um total de 166 espécimes de *M. bonaci* foi amostrado, destes 155 eram fêmeas (93,0%) e 11 eram machos (7,0%) (Fig. 3) confirmados histologicamente em 83,0% dos exemplares. Fêmeas variaram de 26,1 a 119,0 cm de CT (média 70,3 cm), machos de

73,0 a 147,0 cm (média 116,0 cm). A proporção sexual da amostra foi de 1:14 (machos:fêmeas) com a média da distribuição posterior da proporção de fêmeas igual a 0,70 (Fig. 4). O badejo quadrado, como muitas outras espécies de epinepelídeos, é um hermafrodita protogínico. Evidências do padrão hermafrodita foi registrada neste estudo pela presença de ovócitos em crescimento primário envoltos por células testiculares proliferativas (Fig. 5). Este padrão hermafrodita foi verificado em dois exemplares, classificados como machos e que mediram 128,0 e 147,0 cm CT. O hermafroditismo também pode ser evidenciado na distribuição de frequência de machos e fêmeas na razão sexual em função do tamanho e pela ausência de machos pequenos e/ou jovens (Fig. 3), sugerindo ainda que machos tornam-se ativos após a transição de sexo.

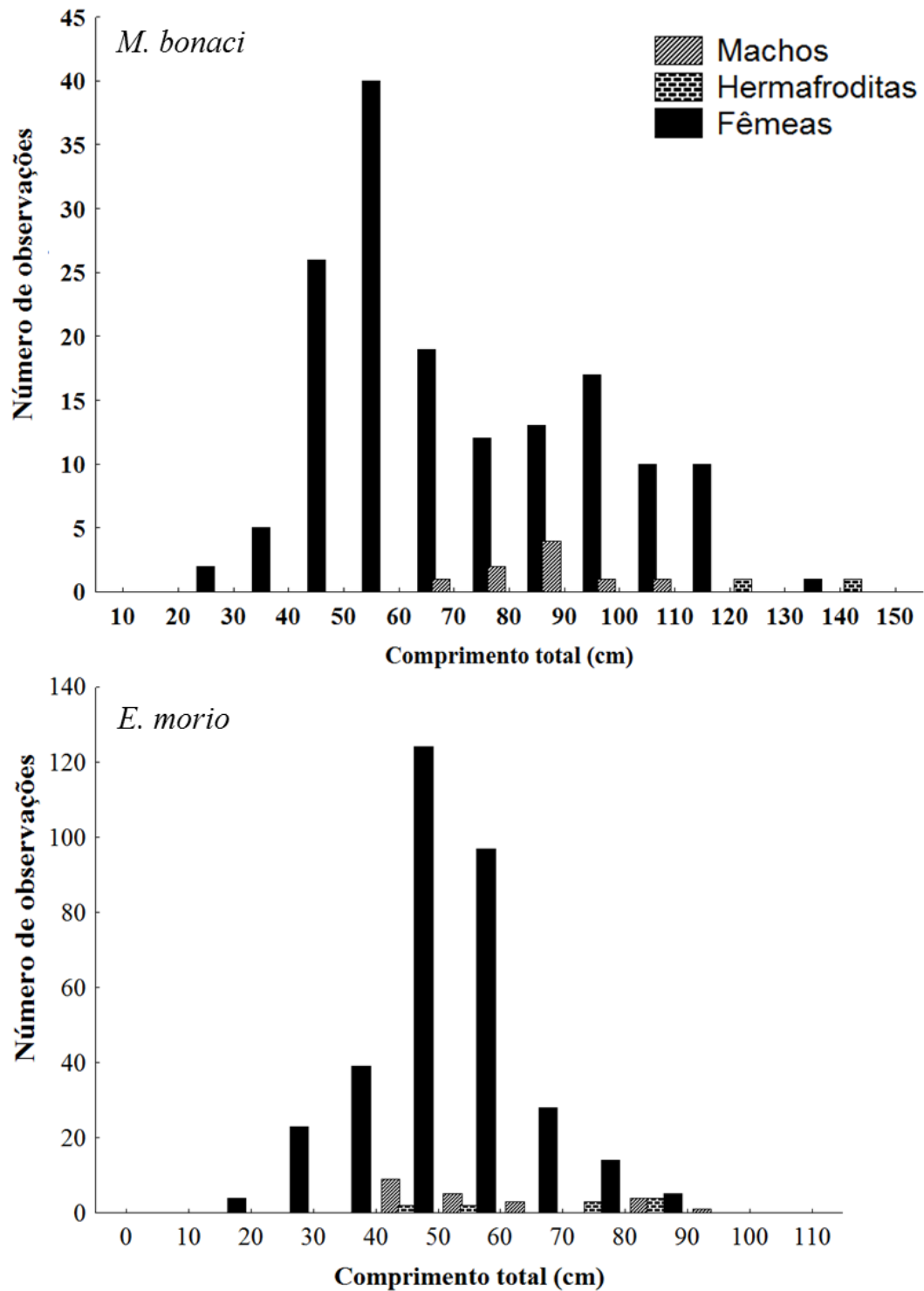


Fig. 3. Composição de tamanho das fêmeas, machos e exemplares hermafroditas de *E. morio* e *M. bonaci* coletados entre maio de 2005 e setembro de 2012 no Banco dos Abrolhos.

Fêmeas sexualmente ativas em estágios DV ou SC foram registradas entre os meses de julho e outubro, com uma maior incidência de SC no mês de setembro. Fêmeas

classificadas como RG estiveram presentes nos meses de setembro e novembro (Fig. 6). Uma fêmea com ovócitos hidratados foi registrada no dia 07 de setembro de 2010. Não foram observadas fêmeas com folículos pós-ovulatórios nas amostras de *M. bonaci*. Os picos de IGS de fêmeas estiveram concentrados entre os meses de agosto e outubro, com um pico no mês de setembro, indicando uma desova no inverno austral (Fig. 7). Machos SC foram registrados nos meses de setembro e outubro. O L_{50} estimado para fêmeas foi de 62,0 cm de CT (Fig. 08) (média da distribuição posterior, 90% intervalo de credibilidade = 59,3 – 64,8, Fig. 9) e L_{100} de 78,0 cm de CT, com a menor fêmea ativa registrada com 47,7 cm de CT. A fecundidade relativa foi estimada para as fêmeas como variando de 71,0 a 128,0 cm de CT, e os as contagens de ovócitos variaram de 2 milhões a 15.481.391,6 milhões para fêmeas de 83,0 cm e 98,0 cm TL com média de 6.639.391,6 ovócitos (Fig. 10). A fecundidade relativa em relação ao CT é descrita pela equação $y = 404988 \times 0.0281$ ($n=19$, $r^2 = 0,3686$).

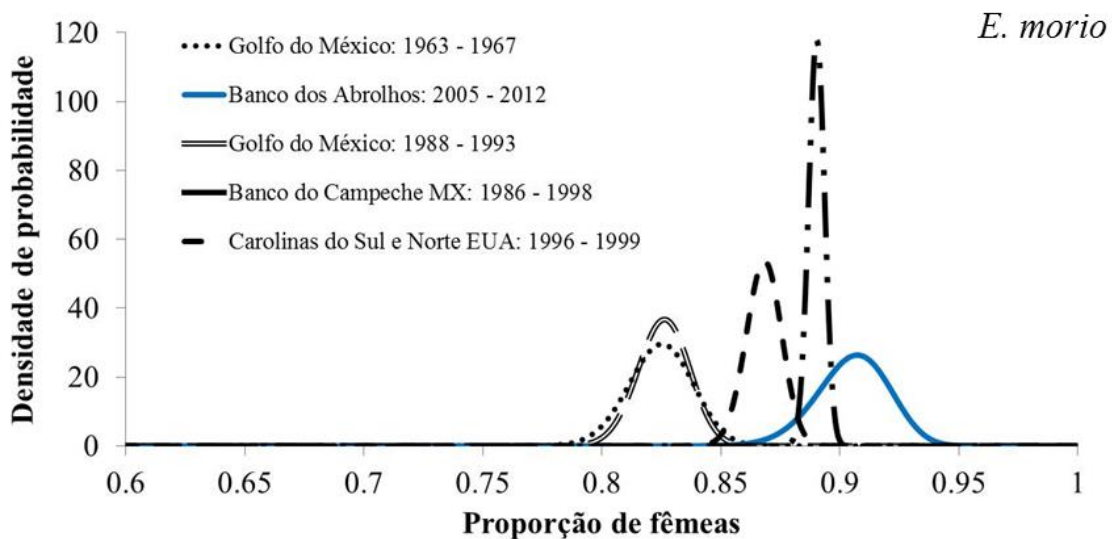
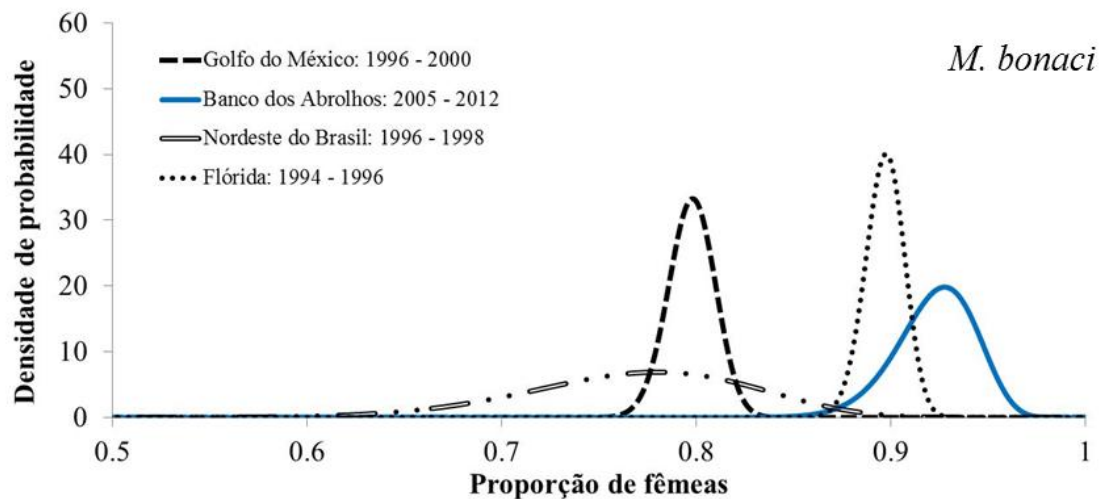


Fig. 4. Distribuição posterior da proporção de fêmeas nas amostras de *E. morio* e *M. bonaci* em comparação com as estimativas apresentadas na bibliografia. *Epinephelus morio*: Golfo do México 1963-1967 corresponde a Moe 1969; Banco dos Abrolhos 2005-2012 a este estudo; Golfo do México 1988-1993 a Brulé et al. 1999; Banco do Campeche MX 1986-1998 a Gimenez-Hurtado et al. 2003; Carolinas do Sul e do Norte EUA 1996 a 1999 a Burgos et al. 2007. *Mycteroperca bonaci*: Golfo do México 1996-2000 corresponde a Brulé et al. 2003; Nordeste do Brasil 1996-1998 a Teixeira et al. 2004 e Flórida 1994-1996 a Cabtree e Bullock 1998.

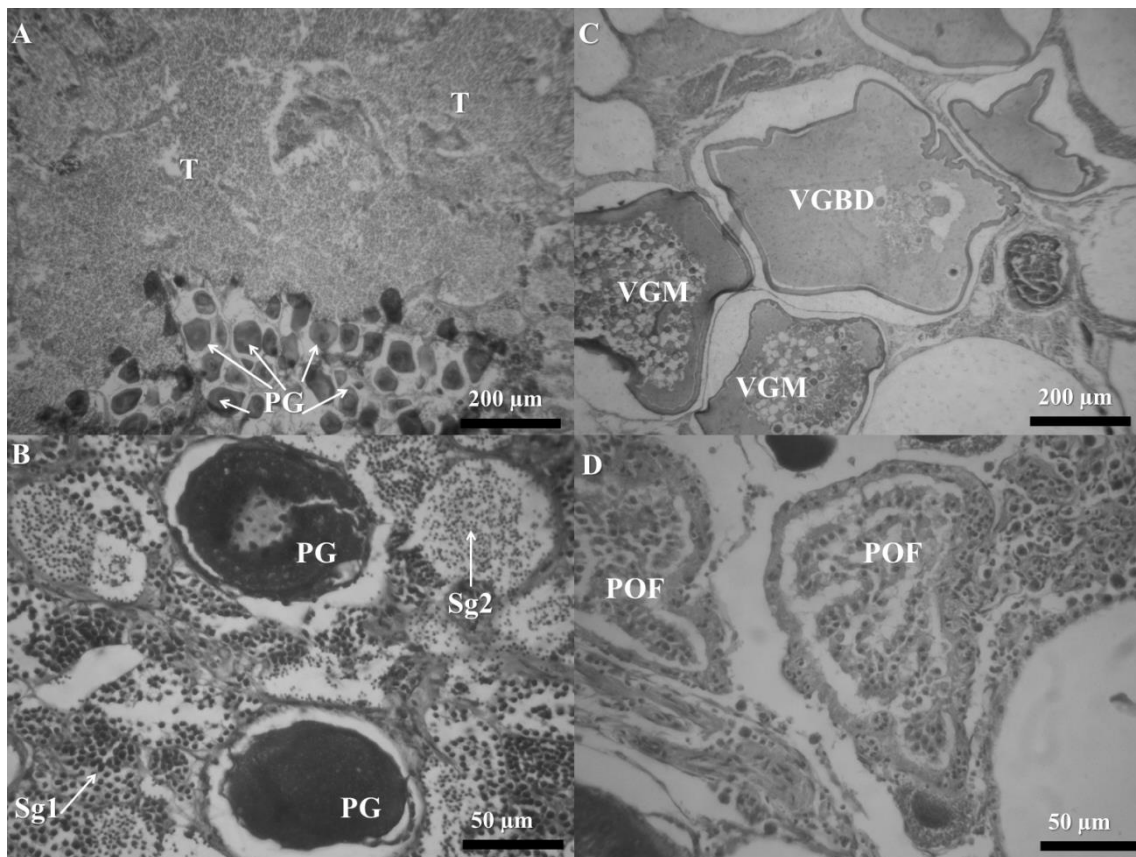


Fig. 5. Foto micrografias de histologia de gônadas de *E. morio* e *M. bonaci* amostrados no Banco dos Abrolhos. A= Testículo (T) de *E. morio* em transição, evidenciando a presença de ovócitos em desenvolvimento inicial (PG). B= Testículo de *M. bonaci* em transição, evidenciando a presença de ovócitos em desenvolvimento inicial (PG), espermatogonia primária (Sg1) e secundária (Sg2). C= exemplar de *M. bonaci* capaz de desovar, evidenciado pela presença de ovócitos com migração da vesícula germinal (VGM) e colapso da vesícula germinal (VGBD). D= Corte histológico de *E. morio* classificado como regredindo, caracterizado pela presença de folículos pós-ovulatórios (POF).

3.5.2 *Epinephelus morio*

Um total de 367 espécimes de *E. morio* foi amostrado, destes 334 eram fêmeas (91,0%) e 33 machos (9,0%) (Fig. 3) confirmados histologicamente com a confecção de lâminas de 281 (76,6%) dos exemplares. Fêmeas variaram de 15,0 a 88,0 cm de CT (média 48,8 cm) e machos de 43,6 a 96,0 cm (média 63,7 cm). A proporção sexual de nossa amostra foi de 1:10 (machos:fêmeas) com a média da distribuição posterior da proporção de fêmeas igual a 0,098 (Fig. 4). O padrão hermafrodita protogínico também foi registrado neste estudo para *E. morio*, pela presença de ovócitos em crescimento primário envoltos por células testiculares proliferativas (Fig. 5), que assim como para o badejo, pode ser evidenciado na distribuição de frequência de tamanhos da razão sexual em função do tamanho para machos e fêmeas e pela ausência de machos pequenos e/ou jovens (Fig. 3), sugerindo que machos desta espécie também tornam-se ativos após a transição de sexo. Exemplares classificados como hermafroditas variaram de 45,0 cm a 90,0 cm de CT, com média de 70,6 cm.

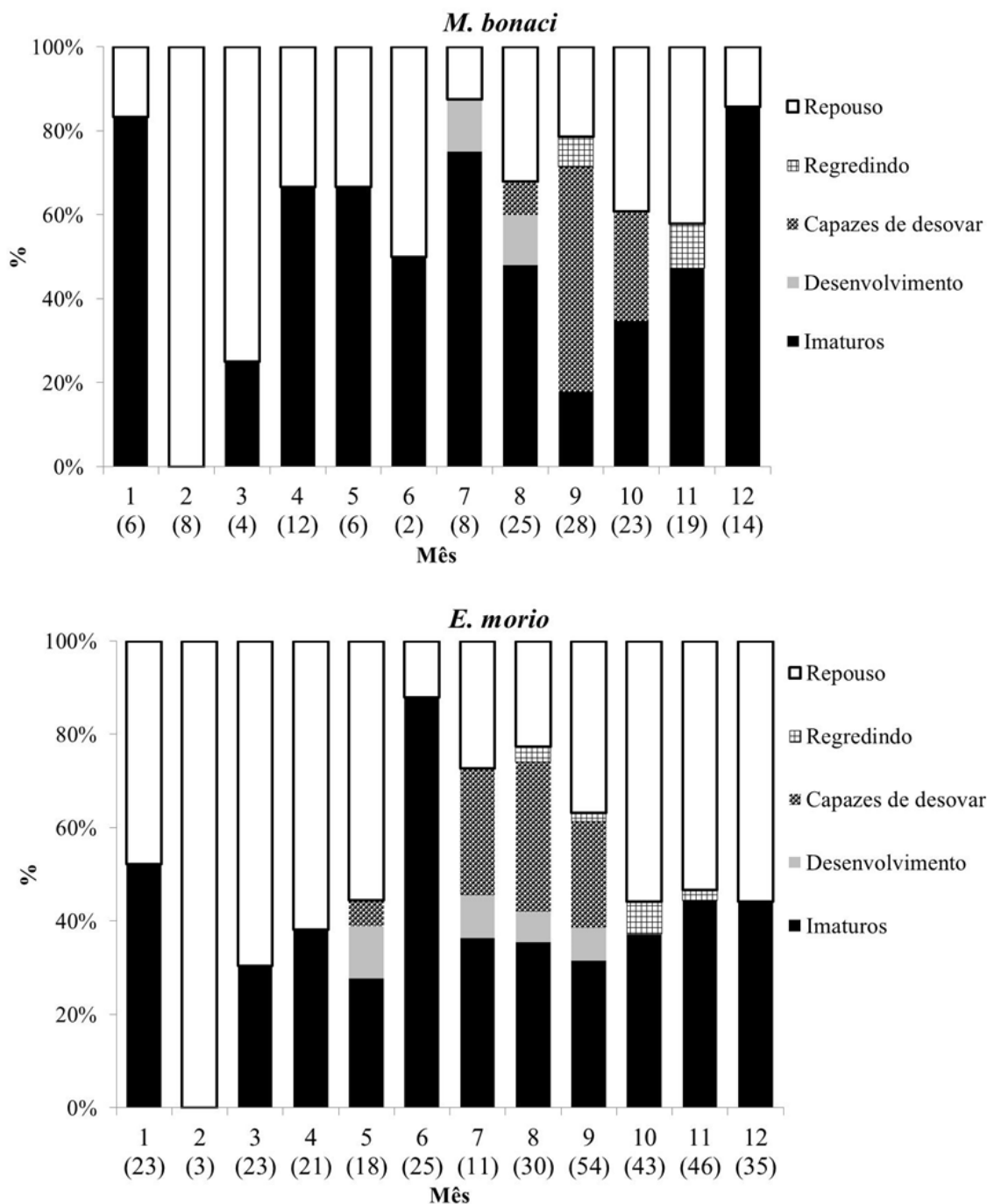


Fig. 6. Frequência relativa dos estádios de maturação para fêmeas de *E. morio* e *M. bonaci* por mês coletados entre maio de 2005 e setembro de 2012 no Banco dos Arolhos. Os números abaixo dos meses representam o n amostral.

Fêmeas sexualmente ativas em estágios DV ou SC foram registradas entre os meses de julho e setembro, com uma maior incidência de SC no mês de agosto. Fêmeas classificadas como RG estiveram presentes nos meses de agosto e novembro (Fig. 6).

Fêmeas com ovócitos hidratados foram registradas nos dias 29 de setembro de 2006, 24 de agosto e 08 de setembro de 2010 e 30 de agosto de 2012. Folículos pós-ovulatórios foram observados em amostras coletadas nos dias 28 de setembro de 2007, 30 de agosto de 2011 e 30 de agosto de 2012. Os picos de IGS de fêmeas ocorreram entre os meses de julho a outubro, com picos nos meses de agosto e setembro, indicando desova no inverno austral (Fig. 7). Machos SC foram registrados nos meses de setembro. O L_{50} estimado para fêmeas foi de 47,0 cm de CT (Fig. 8) (média da distribuição posterior, intervalo de credibilidade 90% = 45,8 – 47,4 – Fig. 9) e L_{100} foi de 63,0 cm de CT. A menor fêmea adulta registrada teve 39,7 cm de CT.

A fecundidade relativa foi estimada para fêmeas variando de 40,0 a 81,0 cm de CT, as contagens de ovócitos variaram de 1.575.032,7 milhões a 13.793.103,4 milhões para fêmeas de 40,0 cm e 81,0 cm de CT com média de 5.620.871,3 ovócitos (Fig. 10). A fecundidade relativa em relação ao CT é descrito pela equação $y = 897,77 \times 2,0358$ ($n=21$, $r^2 = 0,237$).

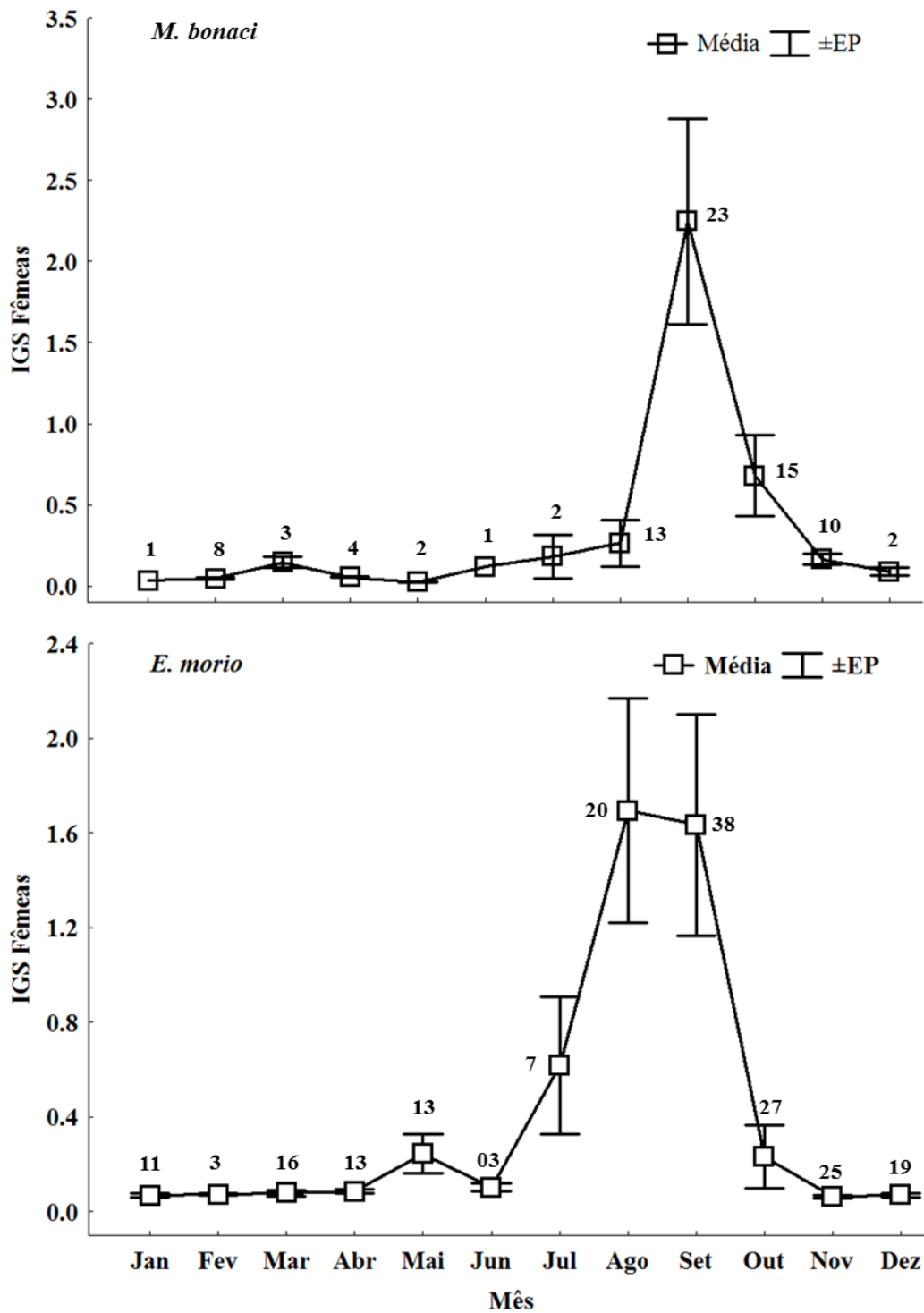


Fig. 7. Médias mensais (quadrados) e desvios padrão (barras 0.95%) do IGS de fêmeas de *E. morio* e *M. bonaci* amostrados entre maio de 2005 e setembro de 2012 no Banco dos Abrolhos. Os valores próximos à média representam o n amostral.

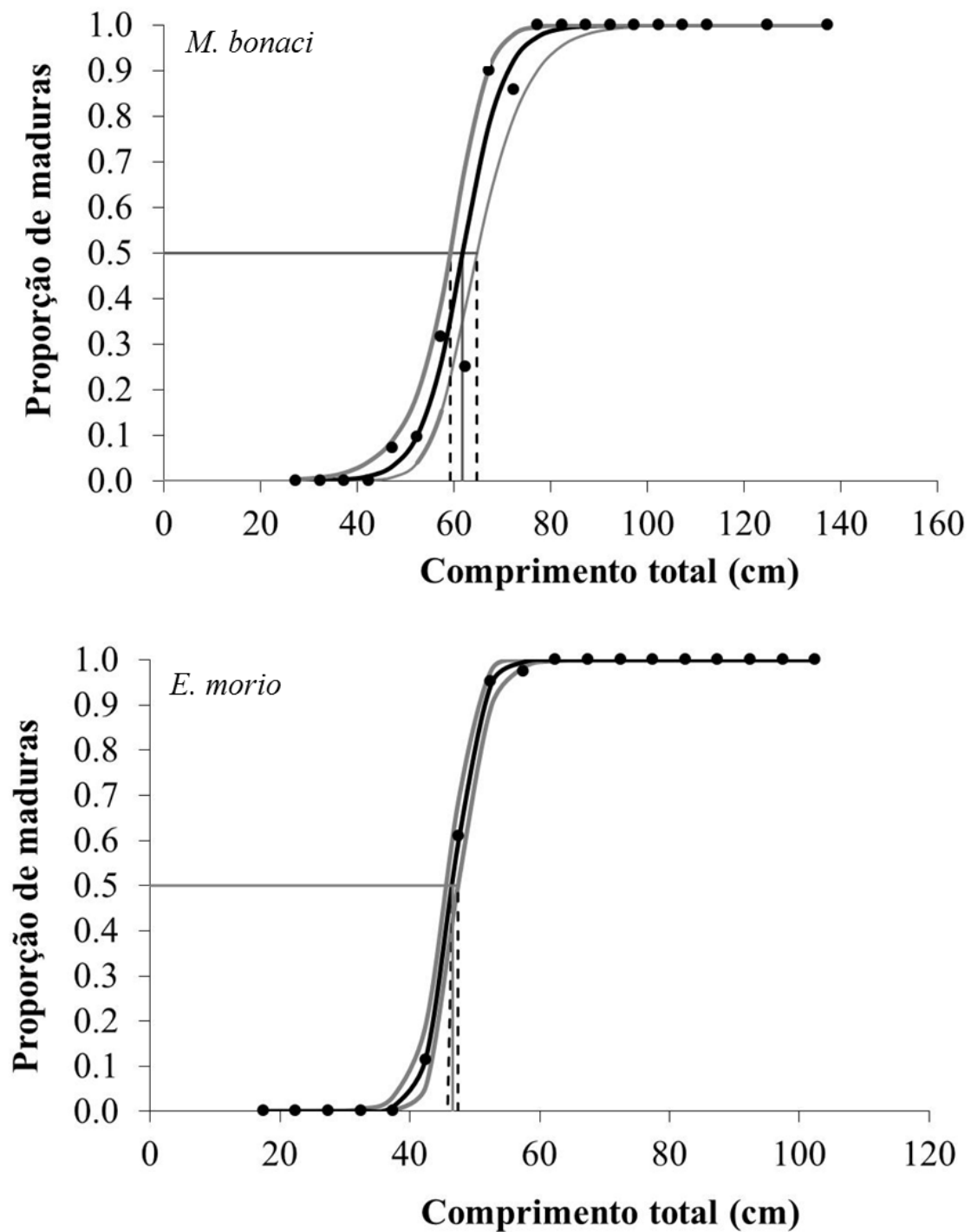


Fig. 8. Regressão logística estimada das proporções de fêmeas maduras de *E.morio* e *M. bonaci* (máximo da distribuição posterior) em relação ao comprimento total de amostras coletadas no Banco de Abrolhos, nordeste do Brasil. Linha preta indica comprimento no qual 50% (L₅₀) dos indivíduos estavam maduros (média da distribuição posterior L₅₀), e as linhas tracejadas e cinzas indicam 95% do intervalo de credibilidade.

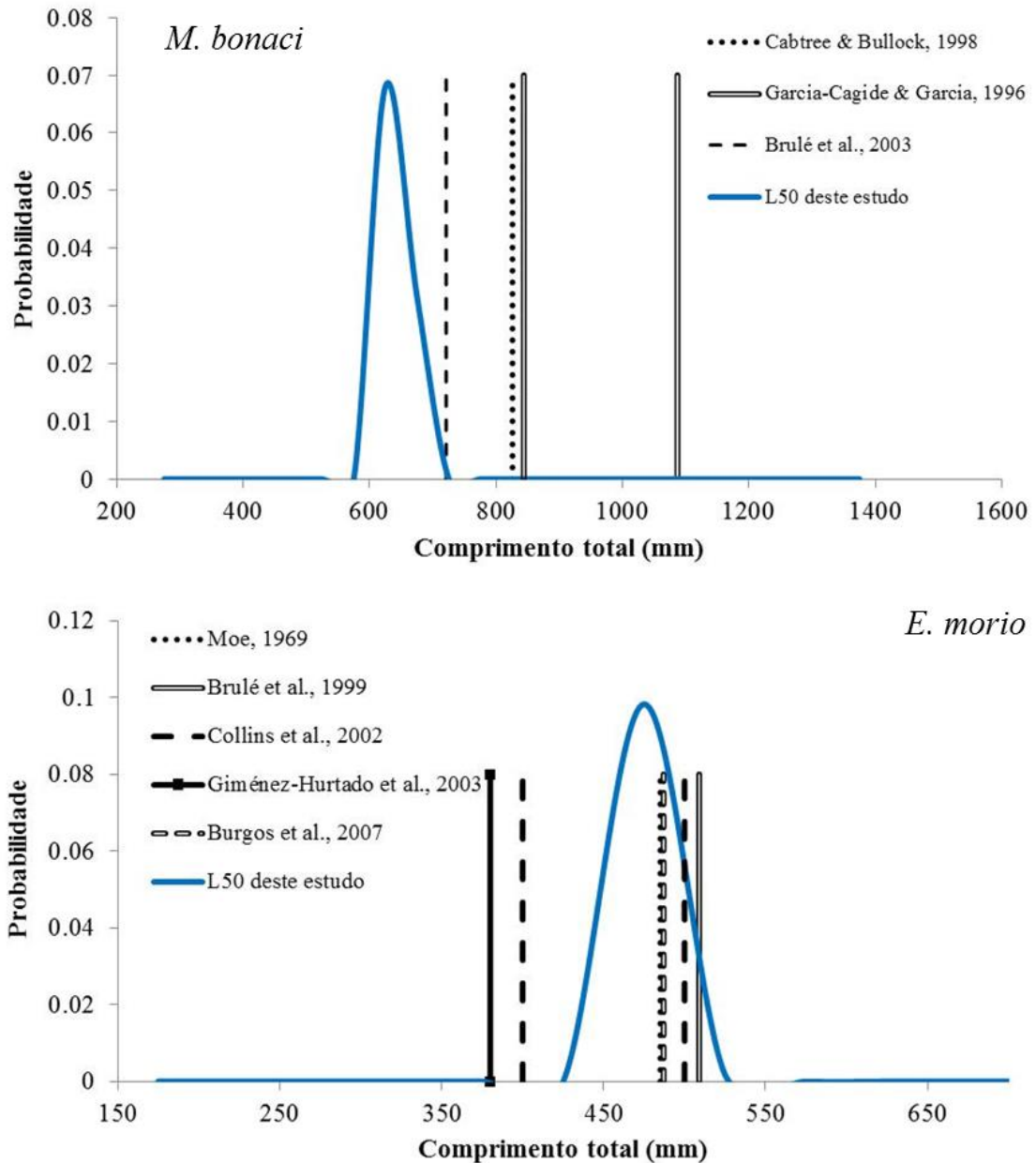


Fig. 9. Distribuição posterior do comprimento quando no mínimo 50% das fêmeas são maduras (L_{50}) para *E. morio* e *M. bonaci* amostrados no Banco dos Abrolhos. Para efeito de comparação, os valores de L_{50} disponibilizados na literatura para ambas as espécies também são mostrados.

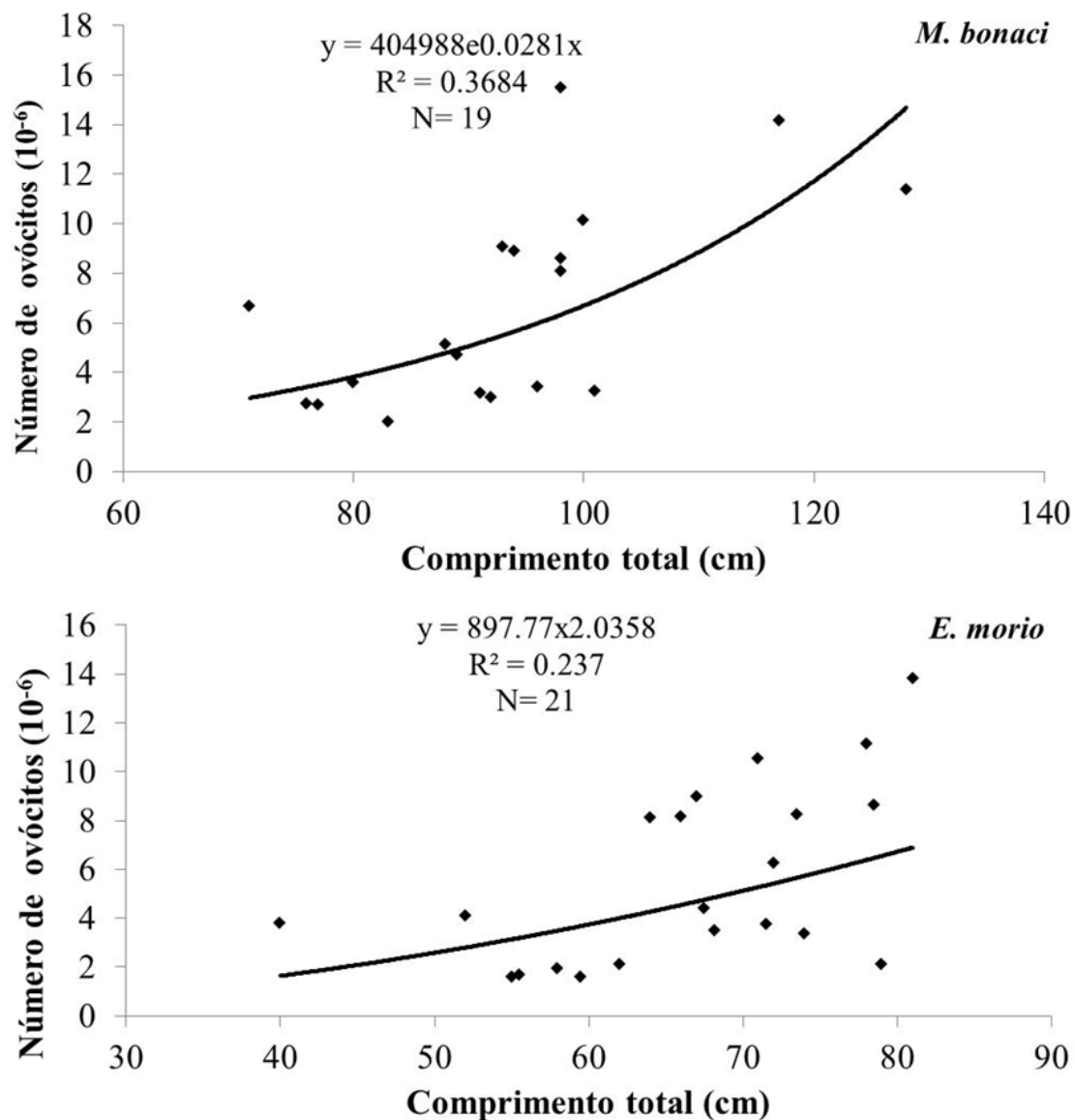


Fig. 10. Estimativa de fecundidade relativa por comprimento total para fêmeas de *E. morio* e *M. bonaci* amostrados no Banco dos Abrolhos.

3.5.3 Conhecimento ecológico local

Um total de 56 pescadores foi entrevistado, com variação de 6 a 69 anos de pesca e média de 29,2 anos de pesca. Destes 33 (58,9%) pescavam exclusivamente com linha de mão, 8 com linha e espinhel de fundo (14,3%) e 15 exclusivamente com mergulho. Cinco pescadores acertaram pelo menos um dos 3 meses compreendidos nos picos de IGS de *E. morio* e *M. bonaci* (julho a setembro) correspondendo a 8,9% das respostas. Vinte e dois pescadores (39,3%) deram respostas que não coincidiram com os picos de IGS e vinte e nove (51,8%) não souberam responder e não arriscaram uma resposta. Os

resultados dos modelos lineares generalizados ajustados indicaram o desconhecimento por parte dos pescadores da época de reprodução das espécies *E. morio* e *M. bonaci* no Banco dos Abrolhos. Para os pescadores que responderam a pergunta “Qual o mês que a garoupa/badejo desovam”, a probabilidade de acerto foi independente da experiência ($p=0,57$). A probabilidade de acerto foi estimada em 0,09 que é similar à probabilidade de que o pescador escolha um mês ao acaso para dar como resposta ($1/12=0,08$).

3.6 Discussão

3.6.1 *Proporção sexual e hermafroditismo protogínico*

Os resultados das análises histológicas realizadas neste estudo corroboraram o padrão hermafrodita monândrico e a reversão sexual anteriormente registrados para *E. morio* (Moe 1969, Valdés e Padrón 1980, Brulé et al. 1999) e *M. bonaci* (Smith 1959, 1961, Garcia-Cagide e Garcia 1996, Crabtree e Bullock 1998, Brulé et al. 2003). No presente estudo, dois dos cinco critérios de identificação de protoginia para peixes descritos por Sadovy e Shapiro (1987) foram identificados na garoupa e no badejo: indivíduos em transição (fêmeas para machos) e ovócitos em regeneração revestidos por tecido masculino. A incidência de indivíduos em transição nas amostragens é difícil de ser evidenciada e geralmente correspondem a 0,1% das amostras (Cabtree e Bullock 1998). Porém as percentagens registradas em Abrolhos podem ser consideradas altas (1,2% para o badejo e 3,0% para a garoupa) corroborando a reversão protogínica de sexo para as espécies avaliadas. A distribuição bimodal de frequências de tamanhos registradas para *E. morio* e *M. bonaci* em Abrolhos, onde machos são maiores que as fêmeas também evidenciam o padrão hermafrodita, e estão de acordo os registros para estas espécies no hemisfério norte (Brulé et al. 1999, 2003) e é um padrão comum para epinephelideos (Ferreira 1993, 1995, Brulé et al. 2003, Caballero-Arango et al. 2013). Como esperado para espécies protogínicas, a proporção sexo para as populações de *E. morio* e *M. bonaci* no Banco dos Abrolhos apresentou uma tendência para fêmeas nas menores classes de tamanho e para machos nas maiores classes de tamanho. Para *M. bonaci* não foram registrados machos abaixo de 73,0 cm de CT e para *E. morio* abaixo de 43,6 cm de CT, e todas os indivíduos pequenos (abaixo do tamanho de primeira maturação sexual) eram fêmeas sem tecido espermatogênico, indicando que nestas espécies os machos são fêmeas funcionais antes da inversão de sexo.

As distribuições posteriores da proporção de fêmeas nas amostras de *E. morio* e *M. bonaci* foram maiores em Abrolhos quando comparadas com as estimativas apresentadas na bibliografia (Moe 1969, Brulé et al. 1999, 2003, Gimenez-Hurtado et al. 2003, Burgos et al. 2007, Teixeira et al. 2004, Cabtree e Bullock, 1998). Os resultados destas análises indicam que em estudos anteriores o número de machos nas populações amostradas era maior, o que pode indicar indícios de sobrepesca de machos para ambas as espécies em Abrolhos, que fica evidente quando comparamos os nossos resultados com estudos ao longo dos anos (Fig. 09). Segundo Harris e Collins (2000) populações protogínicas são particularmente mais susceptíveis a sobre-pesca. Se assim for, é possível que a remoção seletiva dos indivíduos maiores (geralmente machos) esteja provocando a mudança de sexo como uma forma de mecanismo compensatório (Ferreira 1995). Entretanto as proporções sexuais de adultos são bastante variáveis e podem depender do local ou tempo das amostragens. Por exemplo, para *M. tigris* machos foram predominantes nas amostras e possivelmente este padrão anormal pode estar relacionado com movimentos diferenciados de machos e fêmeas dentro e fora das agregações reprodutivas (Caballero-Arango et al. 2013).

A seletividade de tamanhos pode estar relacionada também com os métodos de pesca utilizados. Em Abrolhos as amostras de *E. morio* e *M. bonaci* foram provenientes das pescarias de linha de mão e pesca subaquática, sendo a pesca subaquática responsável por grande parte das amostras de indivíduos adultos, amostrados na cidades de Alcobaça e Prado. Possivelmente pescadores subaquáticos de Abrolhos, assim com os de Porto Rico (Caballero-Arango et al. 2013) preferem pescar peixes maiores, que geralmente são os machos em populações protogínicas (Sadovy et al. 1994). De fato, isto pode ser um problema sério para a gestão destas espécies que tem crescimento lento, maturação sexual tardia, vida longa e baixas taxas de mortalidade natural (Coleman et al. 1999, Jennings et al. 1999, Sadovy de Mitcheson et al. 2008). Este problema já foi relatado para *E. morio* por Moe (1969) que afirma que explorações continuadas podem diminuir as populações de machos a níveis críticos, causando um rápido declínio no número de indivíduos na população.

3.6.2 *Época reprodutiva*

A época reprodutiva registrada para *E. morio* e *M. bonaci* entre julho e outubro, com pico de IGS para *E. morio* em agosto e setembro para *M. Bonaci*, compreendida entre o inverno e primavera, é similar aos resultados registrados para ambas as espécies no hemisfério norte (Smith 1961, Moe 1969, Garcia-Cagide e García, 2003, Brulé et al. 1999, Giménez-Hurtado et al. 2003, Burgos et al. 2007) e no nordeste do Brasil para *M. bonaci* (Freitas et al. 2011, Teixeira et al. 2004). Teixeira et al. (2004) registrou um pico de desova coincidente com o de Abrolhos (Freitas et al. 2011), que verificou um pico de IGS entre agosto e setembro. Registramos fêmeas de *M. bonaci* capazes de desovar nos meses de julho a outubro e fêmeas regredindo nos meses de setembro e novembro. No hemisfério norte (HN) os registros de desova para *M. bonaci* estão compreendidos entre os meses de dezembro a março, com picos de desova em janeiro e fevereiro, correspondendo à estação de inverno no HN (Smith 1961, Cabtree e Bullock 1998, Garcia-Cagide e García 2003, Brulé et al. 2003).

Para *E. morio* informações sobre o ciclo reprodutivo no hemisfério sul foram inicialmente descritas por Freitas et al. (2011). Os padrões observados para esta espécie em Abrolhos, onde fêmeas capazes de desovar foram visualizadas de maio a setembro, com picos de desova registrados pelo IGS de fêmeas nos meses de agosto e setembro, corroboram com as informações sobre *M. bonaci* e com os padrões observados de desova no inverno e primavera para o HN observados por Valdez e Padron (1980), Moe (1969), Coleman et al. (1996), Johnson et al. (1998) e Brulé et al. (1999). As diferenças entre picos de desova descritos pelos autores citados anteriormente (inverno e primavera) possivelmente estão relacionadas com as diferenças de temperatura entre áreas ao norte e sul do HN, padrão que foi anteriormente registrado para epinepelídeos do atlântico oeste por Sadovy (1996).

Certamente a temperatura é o fator mais importante para determinar os processos reprodutivos de epinephelídeos. Em Abrolhos, verificamos uma forte relação entre os fatores climáticos (temperatura, direção e intensidade de vento) com os picos de desova das espécies avaliadas. Os picos de IGS para as espécies avaliadas foram equivalentes e registrados logo após as menores temperaturas do ar e superficial da água do mar, e esta associada ainda com as maiores incidências de ventos sul e sudoeste. No nordeste do

Brasil, onde as condições climáticas são menos variáveis, e águas frias são registradas entre maio e setembro, não ultrapassando a marca de 5° C de variação em águas rasas (Freitas et al. 2011), para as espécies que se tem registro, os picos de reprodução estão concentrados entre os meses de julho a setembro (*Cephalopholis fulva* – Freitas et al. 2011, *M. bonaci* – Teixeira et al. 2004, *Alphesthes afer* – Marques e Ferreira 2011).

Nonaka et al. (2000), que realizaram um estudo com as larvas de peixes no Banco dos Abrolhos, verificaram que para Serranidae as percentagens de larvas registradas foram semelhantes nas estações de inverno, outono e verão. Porém os autores observaram que as médias de macro-zooplâncton foram de 33,0 a 50,0% maiores no verão, comparada com as outras estações, sugerindo que muitas espécies de peixes têm seus padrões de desova sincronizados com a produtividade de zooplâncton na região de Abrolhos. Para a garoupa (Beaumariage e Bullock 1976) e para o badejo (Keener et al. 1998) o período de duração larval (PDL) registrado é de cerca de 40 dias. Apesar do Banco dos Abrolhos ser considerado uma área oligotrófica (Ekau e Knoppers 1999), as concentrações de clorofila *a* são maiores no inverno. Possivelmente esta associação de condições climáticas adversas, que promovem uma maior mistura da coluna d'água com os picos de IGS deve estar relacionada com a produtividade de plâncton para nutrir as larvas e ainda com as correntes marinhas para dispersar os ovos e larvas, potencializada pelo vórtice de Vitória (Nonaka et al. 2000).

Em Abrolhos as pescarias em áreas mais *offshore* são condicionadas pelas condições de mar e estas, são mais inviabilizadas nos meses de inverno e primavera, épocas em que são verificadas as maiores incidências de frentes frias na região (Teixeira et al. 2013). Esta associação direta do pico de IGS com forçantes climáticas pode indicar um “defeso” natural para as populações de *E. morio* e *M. bonaci* em Abrolhos. Para diversas espécies de epinepelídeos são registrados eventos de agregações reprodutivas em locais e tempos específicos (Sadovy et al. 1994, Colin et al. 2003). Para *M. bonaci* agregações reprodutivas foram bem documentadas no HN entre os meses de janeiro e fevereiro (Carter 1989, Fine 1990, Eklund et al. 2000) e sugeridas para a Florida por Cabtree e Bullock (1998) e Banco do Campeche por Brulé et al. (2003). De acordo com Sadovy et al. (1994), o comportamento de agregação da garoupa *E. morio* ocorre em áreas físicas relativamente distribuídas e Brulé et al. 1999 sugere a espécie desova em vários sites distribuídos ao longo do Banco do Campeche.

Tanto para *E. morio* como para *M. bonaci* agregações reprodutivas nunca foram descritas para a costa brasileira. O evento de “correição” que supostamente estava associado a uma agregação reprodutiva de *M. bonaci* e que ocorre do estado do Ceará ao sul do estado da Bahia, segundo Teixeira et al. (2004) representa uma agregação alimentar. Expedições embarcadas realizadas entre os dias 02 e 05 de setembro de 2012, capturaram fêmeas com folículos pós-ovulatórios de *E. morio* e fêmeas capazes de desovar de *M. bonaci* em diversos pontos ao longo da área norte do Banco dos Abrolhos (Fig. 5 C e D), evidenciando a área de estudo como um local de desova destas espécies em sítios distribuídos ao longo do Banco dos Abrolhos (Fig. 1). As espécies avaliadas neste estudo possivelmente desovam em dias próximos as luas nova (Brulé et al. 2003) e cheia (Brulé et al. 1999). Entretanto, maiores informações, como observações diretas dos eventos e comportamentos de desova, e registros de densidades de peixes nos locais potenciais de agregações reprodutivas, dentro e fora dos períodos de reprodução são necessários para determinar quando e em quais outras áreas *M. bonaci* e *E. morio* se agregam para desovar no Banco dos Abrolhos.

3.6.3 Tamanho de primeira maturação gonadal (L_{50})

De acordo com Sadovy (1996) o tamanho mínimo que os peixes tornam-se sexualmente maduros é muitas vezes uma proporção previsível do tamanho máximo obtido na população. Isto é obtido nos valores da razão CT_{\min}/CT_{\max} , que podem variar de 33,0% a 74,0% em fêmeas de 27 espécies de groupas. No Banco dos Abrolhos as estimativas de 47,0 cm de CT (49,0% do CT máximo registrado) para *E. morio* estão de acordo com os valores apresentados em Sadovy (1996) e são similares a das populações do HN (Burgos et al. 2007 – $L_{50}= 48,5$; $CT_{\min}/CT_{\max}= 47,6\%$; Brulé et al. 1999 – $L_{50}= 50,9$; $CT_{\min}/CT_{\max}= 46,0\%$). Porém, são muito superiores aos valores apresentados por Moe (1969) (fêmeas maduras não correndo abaixo de 48,7, $CT_{\min}/CT_{\max}= 33,0\%$ em Sadovy 1996) e Gimenez-Hurtado et al. (2003) 30,5%. Para *M. bonaci* os registros da proporção CT_{\min}/CT_{\max} encontrados, 42,22% do CT máximo registrado, estão de acordo com valores apresentados em Crabtree e Bullock (1998 - $L_{50}= 82,6$; $CT_{\min}/CT_{\max}= 40,0\%$), Brulé et al. (2003 - $L_{50}= 72,1$; $CT_{\min}/CT_{\max}= 47,0\%$). Os valores de L_{50} registrados para Abrolhos ($L_{50}= 62,2$ cm de CT) são os valores mais baixos registrados para a espécie, comparado com Crabtree e Bullock, (1998) $L_{50}= 82,6$ cm de CT, Brulé et al. (2003)

$L_{50} = 72,1$ cm de CT e Garcia-Cagide et al. (2003) 84,4 a 108,7 cm de CT, o que pode indicar um indício de sobre-pesca das populações de badejo em Abrolhos. Apesar de ocorrerem variações regionais intrínsecas, o L_{50} pode ser afetado por fatores externos como níveis de exploração pesqueira (Freitas et al. 2011). Este processo foi descrito para *Lutjanus synagris* em Cuba, onde Claro et al. (2001) compararam alterações do L_{50} ao longo do tempo (Entre 1960 e 1972) e verificaram uma redução do L_{50} de 18-20 cm de comprimento furcal (CF) para 13-16 cm de CF. Acreditamos que os valores das estimativas de primeira maturação sexual apresentadas neste trabalho possam ser úteis em futuras análises comparativas e gestão destes recurso na costa brasileira.

3.6.4 Fecundidade

As estimativas de fecundidade são informações chave para o entendimento das relações entre a biomassa do estoque desovante e recrutamento, que estão diretamente relacionados (Beverton e Holt 1957). O desenvolvimento dos ovócitos e os padrões de desova nas populações de *E. morio* do Banco dos Abrolhos coincidem com as informações previamente reportadas para as populações do HN (Moe 1969, Gimenez-Hurtado et al. 2003). Para *M. bonaci* o registro de 5 milhões de ovos foi relatado por Smith (1961). Fêmeas de ambas as espécies tem desenvolvimento ovocitário assíncrono e são desovantes em lotes. A reabsorção de um grande número de ovócitos Vtg em atresia inicial próximo do fim do período reprodutivo é geralmente associada para peixes que tem desova em lotes e fecundidade total indeterminada (Brow-Peterson et al. 2011, Murua et al. 2003). Fêmeas maiores e mais pesadas de *E. morio* e *M. bonaci* produzem mais ovócitos que fêmeas menores e mais leves, uma característica que é compartilhada com outros peixes recifais (Palumbi 2004). Porém, comparações de valores de fecundidade das espécies alvo deste estudo com outras espécies de epinepelídeos (eg. *M. microlepis* – Collins et al. 1998, *M. phenax* – Harris et al. 2002 e *M. tigris* – Caballero-Arango et al. 2013) devem ser realizadas com cautela, levando em consideração que os valores podem variar muito entre espécies e mesmo entre anos e locais para as mesmas espécies (Caballero-Arango et al. 2013).

3.5.5 Conhecimento ecológico local

O acesso ao conhecimento ecológico local (CEL) dos pescadores é tido como umas formas indiretas de se avaliar as épocas e locais de reprodução de peixes (Colin et al. 2003). Esta ferramenta já foi testada com sucesso na costa sul brasileira para *Epinephelus itajara* (Gerhardinger et al. 2006, 2009) e *Epinephelus marginatus* (Carvalho 2012) e segundo Hamilton et al. (2012) o uso do CEL para avaliar agregações reprodutivas de peixes é um dos temas onde mais se aplica esta ferramenta. De fato a integração de diferentes métodos com o objetivo de gestão pesqueira compartilhada é amplamente reconhecida (Johanes e Neis 2007, Castellanos-Galindo et al. 2011, Hamilton et al. 2011). Baseado nestas premissas, avaliamos a concordância entre os picos de IGS para *E. morio* e *M. bonaci* com o CEL dos pescadores de Abrolhos e verificamos um desconhecimento por grande parte dos pescadores (91,7%) de Abrolhos a respeito da época reprodutiva das espécies avaliadas e possivelmente esta associada com a forma de comercialização do pescado na região.

No Banco dos Abrolhos ainda na metade do século XVI a pesca de linha de mão sustentou uma economia em torno da exploração da categoria “garoupa”, que era salgada e seca (Olavo et al. 2005), modernizando-se durante o século XX, e que tinha como alvo a garoupa (*E. morio*) e o badejo (*M. bonaci*) (Lima et al. 1985). No final dos anos 80 um novo mercado, mais rentável e promissor, foi introduzido na região de Abrolhos, conhecido como “peixes de choque” (Martins et al. 2005). Neste novo mercado, que tinha como destino a exportação para os EUA e Europa, os peixes deveriam ser comercializados inteiros e em condições ideais de conservação. Neste caso, eram pescados exclusivamente com linha de mão e jogados ainda vivos em recipientes com gelo (choque térmico) (Martins et al. 2005). Sugerimos que este novo mercado introduzido em Abrolhos há quase 30 anos, foi o responsável pela perda do conhecimento das épocas de desova das espécies avaliadas neste estudo pelos pescadores. Os pescadores deixaram de abrir os peixes e conseqüentemente não mais visualizam os peixes com gônadas desenvolvidas. Este processo pode também ter sido influenciado pela falta de comunicação entre as gerações (Sáenz-Arroyo et al. 2005, Turvey et al. 2010) ou ainda por processos como ilusão de memória, onde os indivíduos mais velhos não lembram-se de condições passadas com precisão (Papworth et al. 2009).

Recentemente um estudo realizado por Bender et al. (2013) ao norte da nossa área de estudo, com o uso do CEL, registrou que os pescadores mais velhos (> 50 anos) perceberam uma redução do tamanho e classificaram *E. morio* e *M. bonaci* como espécies sobreexploradas na região. Desta forma, incentivamos que pesquisas multidisciplinares (conforme sugerido por Johanes e Neis 2007, Castellanos-Galindo et al. 2011, Hamilton et al. 2011), como séries temporais padronizadas de dados biológicos pesqueiros e uso do CEL dos pescadores sejam priorizadas, resultando em uma ferramenta eficiente, inclusiva e participativa na gestão dos recursos pesqueiros em Abrolhos.

3.5.6 Manejo e conservação

Tradicionalmente no Brasil as estratégias direcionadas à gestão de recursos pesqueiros em nível de espécie têm sido realizadas através do estabelecimento de tamanhos mínimos de captura ou estabelecimento de épocas de defeso (Freitas et al. 2011). Entretanto, a gestão pesqueira baseada em restrições de tamanho, além de difícil implementação (Birkeland e Dayton, 2005), não leva em consideração a proteção dos maiores indivíduos, que tem um potencial de reprodutivo maior (Coleman et al., 1999). Desta forma, delimitar o tamanho mínimo e máximo de captura, criando uma janela (faixa) de tamanho, é um procedimento que segundo Cochrane e Garcia (2009) e Froese (2004) possibilitaria um melhor recrutamento. Porém este tipo de medida de gestão pode ser muito difícil de implementar em comunidades que dependem das capturas de animais abaixo do L_{50} para sua sobrevivência (como é o caso de diversas comunidades de pescadores do Banco do Abrolhos, Freitas et al. in prep.) e das grandes “matrizes”, que tem um alto valor agregado, onde o preço tem uma relação direta com tamanho (Mullon et al. 2012), neste caso quanto maior o peixe, maior o rendimento econômico. O sucesso destas estratégias em comunidades tradicionais, segundo Busilacchi et al. (2012) depende ainda de fatores socioculturais e do entendimento destas regras pelos usuários. Em Abrolhos, um dos principais problemas relacionados à pesca é grande número de elos na cadeia produtiva do pescador. Uma mudança de paradigma nas rotas e elos de comercialização, poderiam auxiliar na gestão dos recursos pesqueiros. Um número menor de atravessadores e/ou o consumo local, realizado de forma participativa

e consciente poderia agregar valor aos peixes e induzir uma demanda por pescados sustentáveis.

Neste estudo descrevemos os locais potenciais de desova para *E. morio* e *M. bonaci* no Banco do Abrolhos. A localização e proteção das áreas onde as agregações reprodutivas ocorrem é uma das medidas mais eficientes de proteção para epinefelídeos (Coleman et al. 1999, Sadovy de Mitchenson et al. 2008, 2013) e uma das formas mais eficientes para o estabelecimento de áreas marinha protegidas (AMPs) (Sala et al. 2002). A rede atual de AMPs em Abrolhos é insuficiente para garantir a conservação da biodiversidade e da sustentabilidade da pesca em longo prazo (e.g. Francini-Filho e Moura, 2008a,b, Freitas et al. 2011, Moura et al., 2007, 2011, 2013), especialmente no que se refere à proteção de locais de agregação reprodutivas das espécies comerciais, como a garoupa e o badejo. O planejamento de novas AMPs em Abrolhos deve levar em consideração as características ecológicas e comportamentais das espécies (Coleman et al. 1999, Moura et al. 2011) e o engajamento dos atores no processo de decisão (Roberts e Polunin, 1994, Hilborn et al, 2004).

Sugerimos que as informações disponibilizadas neste trabalho possam subsidiar estratégias de conservação como o estabelecimento de tamanhos mínimos de captura nos planos de gestão regional, seguindo iniciativa recentemente adotada por um acordo de pesca na Reserva Extrativista de Cassurubá (Portaria ICMBIO N.179/2013) onde ficaram estabelecidos tamanhos mínimos de captura para diversas espécies de peixes recifais de Abrolhos. De forma a proteger os machos, que estiveram presentes apenas nas maiores classes de tamanho, o estabelecimento de uma janela de captura para estas espécies poderia ser discutido e esta medida poderia também proteger fêmeas com maiores fecundidades. Levando em consideração que os picos de reprodução de *E. morio* e *M. bonaci* estão concentrados na estação de inverno, período em que são registrados as piores condições climáticas, sugerimos que seja discutido o estabelecimento de uma época de defeso compreendida entre os meses de julho a outubro para a garoupa e o badejo em Abrolhos. Além do estabelecimento e ampliação de áreas marinhas fechadas à pesca, levando em consideração a proteção das áreas de vida das espécies avaliadas.

3.7 Agradecimentos

Somos gratos a Juliane Cebola por toda ajuda na coleta das amostras. Agradecemos também a Guilherme Dutra, Danilo Araújo, Jerônimo Amaral, Eduardo Camargo e Renata Pereira (Programa Marinho da Conservação Internacional) e Danieli Marinho Nobre (Universidade Estadual de Santa Cruz) pela ajuda logística de campo e laboratório. Somos muitos gratos também a Manoel Davi, Capitão Zá e quipe da expedição embarcada e ainda a Coral Fortunato e Cristiane Elfes pela ajuda na coleta e processamento nos portos de Alcobaça e Caravelas. Aos amigos Vinicius Abilhoa e Hugo Bornatowski pela ajuda nas análises, críticas e sugestões do manuscrito. Somos especialmente agradecidos a todos os pescadores e vendedores de peixes da RESEX Cassurubá e Marinha do Corumbau pelo suporte e ajuda, e às Colônias dos pescadores dos municípios de Prado, Alcobaça, Caravelas e Nova Viçosa. Suporte financeiro foi concedido pela Gordon e Betty Moore Foundation através da Conservation International, Conservation Leadership Programme (Projeto N: F024801 – www.peixesrecifais.org), FUNBIO (Pró-Arribada), CNPq (PROABROLHOS), CAPES (Processo BEX: 8938/11-3) e PPG - Ecologia Universidade Federal do Paraná. Esta é uma contribuição da Rede Abrolhos (www.abrolhos.org), financiada pelo Sistema Nacional de Biodiversidade (SISBIOTA) - CAPES/CNPq/FAPES.

3.8 Referências bibliográficas

- Azevedo T (1955) Povoamento da cidade do Salvador. São Paulo: Nacional. 250 p.
- Bagenal TB (1978) Aspects of fish fecundity. In: Gerking SD (ed) Ecology of freshwater fish production, pp 75-101. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Beaumariage DS, Bullock LH (1976) Biological research on snappers and groupers as related to fishery management requirements. In: Bullis KR, Jones AC (eds). Proceedings: colloquium on snapper-grouper fishery resources of the western central Atlantic Ocean, pp 86-94. Fla. Sea Grant, Rep. 17.
- Beçak W, Paulete J (1976) Técnicas de citologia e histologia. Vol. 1. Editora S.A, Rio de Janeiro. 230p.
- Bender MG, Floeter SR, Hanazaki N (2013) Do traditional fishers recognize reef fish species declines? Shifting environmental baselines in Eastern Brazil. Fisheries Manag Ecol 20:58–67

- Beverton RJH, Holt SJ (1957) On the Dynamics of Exploited Fish Populations. Fishery Investigations Series II, Volume XIX, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.
- Birkeland C, Dayton PK (2005) The importance in fishery management of leaving the big ones. *Trends Ecol. Evol.*, 20, 7.
- Brown-Peterson NJ, Wyansky DM, Saborido-Rey F, Macewicz BJ, Lowerre-Barbieri SK (2011) A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Mar Coast Fisher*, 3, 52–70. doi: 10.1080/19425120.2011.555724.
- Brulé T, Renan X, Colas-Marrufo T, Hauyon Y, Tuz-Slub AN, Déniel C (2003) Reproduction in the protogynous black grouper (*Mycteroperca bonaci* (Poey)) from the southern Gulf of Mexico. *Fish B-NOAA* 101:463-475.
- Brulé T, Avila DO, Crespo MS, Déniel C (1994) Seasonal and diel changes in diet composition of juvenile red grouper (*Epinephelus morio*) from Campeche Bank. *Bull Mar Scienc*, 55, 255–262.
- Brulé T, Déniel C, Colás-Marrufo T, Sánchez-Crespo M (1999) Red grouper reproduction in the southern Gulf of Mexico. *Transat. Amer. Fisher Soc*, 128, 385–402.
- Bueno E (1998). *Capitães do Brasil: a saga dos primeiros colonizadores*. Rio de Janeiro: Objetiva. v. 3, 287 p.
- Bullock LH, Murphy MD, Godcharles MF, Mitchell ME (1992) Age, growth, and reproduction of jewfish, *Epinephelus itajara*, in the eastern Gulf of Mexico. *Fish Bu-NOAA* 90:243–249.
- Burgos JM, Sedberry GR, Wyanski DM, Harris PJ (2007) Life history of red grouper (*Epinephelus morio*) off the coast of North Carolina and South Carolina. *Bull Mar Scien* 80, 45–65.
- Busilacchi S, Williams AJ, Russ GR, Begg GA (2012) Complexity of applying minimum legal sizes (MLS) of retention in an indigenous coral reef fishery. *Fishe Manag Ecol*, 19, 233–244.
- Caballero-Arango, D., Brulé, T., Nóbh-Quiñones, V., Colás-Marrufo, T., Pérez-Díaz, E. 2013. Reproductive biology of the Tiger grouper in the Southern Gulf of Mexico. *Transactions of the American Fisheries Society*, 142: 282-299.
- Carter J (1989) Grouper sex in Belize. *Nat. Hist.* 10:61–68.
- Carvalho FG (2012) *Etnoecologia e agregações de peixes das famílias Serranidae e Lutjanidae na costa de Santa Catarina*. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-

- Graduação em Ecologia e Conservação, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. 93p.
- Castellanos-Galindo, G.A., Cantera, J.R., Espinosa, S., Majía-Ladino, L.M. 2011. Use of local ecological knowledge, scientist's observations and grey literature to assess marine species at risk in a tropical eastern Pacific estuary. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 21: 37–48.
- Cochrane KL, Garcia SM (2009) *A Fishery Manager's Guidebook*. Second Edition. FAO and Wiley-Blackwell, UK. 518p.
- Colás-Marrufo T, Brulé T, Déniel C (1998) Análisis preliminar de las capturas de meros realizadas a través de unidades de la flota mayor en el Sureste del Golfo de México. *Proceed Gulf Caribb Fisher Inst* 50, 780-803.
- Coleman, FC, Koenig CC, Collins LA (1996) Reproductive styles of shallow-water grouper (Pisces: Serranidae) in the eastern Gulf of Mexico and the consequences of fishing spawning aggregations. *Environm Biol Fish* 47:129–141.
- Coleman FC, Koenig CC, Eklund AM, Grimes CB (1999) Management and conservation of temperate reef fishes in the grouper–snapper complex of the southeastern United States. *Ame Fisher Soc Symp* 23:233–242.
- Coleman FC, Koenig CC (2013) The effects of fishing, climate change, and other anthropogenic disturbances on red grouper and other reef fishes in the Gulf of Mexico. *Integrat Comparat Biol*, 50, 2:201-212.
- Colin PL, Sadovy Y, Domeier ML (2003) *Manual for the study and conservation of reef fish spawning aggregations*. Society for the Conservation of Reef Fish Aggregations, Special Publication. 102p.
- Collins LA, Johnson AG, Koenig CC, Baker Jr MS (1998) Reproductive patterns, sex ratio, and fecundity in gag, *Mycteroperca microlepis* (Serranidae), a protogynous grouper from the northeastern Gulf of Mexico. *Fisher Bull*, 96: 415-527.
- Crabtree RE, Bullock LH (1998) Age, growth, and reproduction of black grouper, *Mycteroperca bonaci*, in Florida waters. *Fish Bull*, 96,735-753.
- Craig MT, Sadovy de Mitcheson Y J, Heemstra PC (2011) *Groupers of the World: A Field and Market Guide*. Grahamstown: CRC Press.
- Dutra GF, Allen GR, Werner T, Mckenna SA (2006) A rapid marine biodiversity assessment of the Abrolhos Bank, Bahia, Brazil. *Rap Bulletin of Biological Assessment*, N° 38, 160p.

- Ekau W, Knoppers B (1999) An introduction to the pelagic system of the North–East and East Brazilian shelf. *Arch Fish Mar Res*, 47, 2, 113-132.
- Eklund AM, McClellan DB, Harper DE (2000) Black grouper aggregation in relation to protected areas within the Florida Keys National Marine Sanctuary. *Bull. Mar. Sci.* 66:721–728.
- Ferreira BP (1993) Reproduction of the inshore coral trout *Plectropomus leopardus* (Perciformes:Serranidae) from the Central Barrier Reef, Australia. *J Fish Biol*, 42: 831-844.
- Ferreira BP (1995) Reproduction of the common coral trout *Plectropomus leopardus* (Serranidae: Epinephelinae) from the central and northern great barrier reef, Australia. *Bull Mar Sci*, 56(2): 653-669.
- Fine JC (1990) Groupers in love: spawning aggregations of Nassau grouper in Honduras. *The Explo Jour*, Fall, 131–134.
- Fournier DA, Skaug HJ, Ancheta J, Ianelli J, Magnusson A, Maunder MN, Nielsen A, Sibert J (2012) AD Model Builder: using automatic differentiation for statistical inference of highly parameterized complex nonlinear models. *Optim. Methods Softw* 27:233–249.
- Francini-Filho RB, Moura RL (2008a) Dynamics of fish assemblages on coral reefs subjected to different management regimes in the Abrolhos Bank, eastern Brazil. *Aquatic Conservation: Mar Freshw Ecosyst*, 18, 1166–1179.
- Francini-Filho RB, Moura RL (2008b) Evidence for spillover of reef fishes from a no-take marine reserve: An evaluation using the before-after control-impact (BACI) approach. *Fisher Res*, 93, 346–356.
- Freitas MO, Moura RL, Francini-Filho RB, Minte-Vera CV (2011) Spawning patterns of commercially important reef fishes (Lutjanidae and Serranidae) in the tropical Western South Atlantic. *Sci Mar*, 75, 135-146.
- Froese R (2004) Keep it simple: three indicators to deal with overfishing. *Fish Fisher* , 5, 86–91.
- García-Cagide A, Claro R, Koshelev BV (2001) Reproductive patterns of fishes of the Cuban shelf: In Claro R, Lindeman KC, Parenti LR (eds). *Ecology of the marine fishes of Cuba*, pp. 71-102. Smithsonian Institution Press, Washington
- García-Cagide A, García T (1996) Reproducción de *Mycteroperca bonaci* y *Mycteroperca venenosa* (Pisces: Serranidae) en la plataforma cubana. *Rev Biol Trop*, 44(2): 771-780.

- Gelman A, Carlin J B, Stern H S, Rubin D B (2004) Bayesian Data Analysis. Second Edition. Chapman and Hall/CRC Texts in Statistical Science.
- Gerhardinger LC, Bertoincini AA, Hostim-Silva M (2006) Local ecological knowledge and Goliath grouper spawning aggregations in the South Atlantic Ocean: Goliath grouper spawning aggregations in Brazil. SPC Tradit Mar Res Manag Knowl Inform Bull #20.
- Gerhardinger LC, Hostim-Silva M, Medeiros RP, Matarezi J, Andrade AB, Freitas MO, Ferreira BP (2009) Fishers resource mapping and goliath grouper *Epinephelus itajara* (Serranidae) conservation in Brazil. Neotrop Ichthyol 7:93–102
- Giménez-Hurtado H, Garcia VMC, Rosas RB, Chioldes SA (2003) Reproduccion y fecundidad de la cherna americana (*Epinephelus morio*) en el Banco de Campeche. Océánides, 18(1): 13–21.
- Grier HJ, Uribe-Aranzábal UC, Patiño R (2009) The ovary, folliculogenesis, and oogenesis in teleosts. In Jamieson BGM (ed), Reproductive biology and phylogeny of fishes (agnathans and bony fishes), pp. 25–84. Vol. 8A. Science Publishers, Enfield, New Hampshire.
- Hamilton RJ, Giningele M, Aswani S, Ecochard JL (2011) Fishing in the dark-local knowledge, night spearfishing and spawning aggregations in the Western Solomon Islands. Biol. Conserv. doi:10.1016/j.biocon.2011.11.020.
- Hamilton RJ, Sadovy IM, Aguilar-Pereira A (2012) The Role of Local Ecological Knowledge in the Conservation and Management of Reef Fish Spawning Aggregations. In: Sadovy IM, Colin PL (eds), Reef fish spawning aggregations: Biology, research an management. Fish an Fisheries Series. Volume 35
- Harris PJ, Wyanski DM, White DB, Moore JL (2002) Age, growth, and reproduction of scamp, *Mycteroperca phenax*, in the southwestern North Atlantic, 1979–1997. Bull Mar Sci 70:113–132.
- Harris PJ, Collins MR (2000) A comparison of the age, growth, and age at maturity for gag, *Mycteroperca microlepis*, from the southeastern United States during 1976-1982 and 1994-1995. Bull Mar Sci, 66:105-117.
- Heemstra PC, Randall JE (1993) FAO Species Catalogue. Groupers of the world (Family Serranidae, Subfamily Epinephelinae). An annotated and illustrated catalogue of the grouper, rockcod, hind, coral grouper and lyretail species known to date. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- Hilborn R, Stokes K, Maguire J, Smith T, Botsford LW, Mangel M, Parma A, Rice J, Bell J, Cochrane KL, Garcia S, Hall SJ, Kirkwood GP, Sainsbury K, Stefansson G, Walters K (2004) When can marine reserves improve fisheries management ? *Ocean Coast Manag*, 47, 197–205.
- Jennings S, Reynolds JD, Polunin NVC (1999) Predicting the vulnerability of tropical reef fishes to exploitation with phylogenies and life histories. *Cons Biol*, 13 (6): 1466-1475.
- Jhonson AK, Thomas P, Wilson Jr RR (1998) Seasonal cycles of gonadal development and plasma sex steroid levels in *Epinephelus morio*, a protogynous grouper in the eastern Gulf of Mexico. *J Fish Biol*, 52: 502-218.
- Johannes R E, Neis B (2007) The value of anecdote. In: Haggan N, Neis B, Baird IG, (eds), *Fishers Knowledge in Fisheries Science and Management*, pp. 41-58. 437. Paris: Coastal Management Sourcebooks, 4. UNESCO.
- Keener P, Johnson GD, Stender BW, Brothers EB, Beatty HR (1998) Ingress of postlarval gag, *Mycteroperca microlepis* (Pisces: Serranidae), through a South Carolina barrier island inlet. *Bull Mar Sci*, 42(3): 376-396.
- Kinas PG, Andrade HA (2010) *Introdução à Análise Bayesiana (com R)*. MaisQnada, Porto Alegre, Brasil.
- King M (1995) *Fisheries Biology, Assessment and Management*. Fishing News Books, Oxford. 341p.
- Lima, JMHM, Helmer JL, Gomes PM, Silva HR (1985) Grupo de trabalho sobre peixes de linha de Abrolhos e Mar Novo. Relatório da segunda reunião do Grupo de Trabalho e Treinamento (GTT) sobre avaliação de estoques. PDP – Serie documentos técnicos, Brasília. v. 34. p. 302-339.
- Lombardi-Carlson L, Fitzhugh G, Palmer C, Gardner C, Farsky R, Ortiz M (2008) Regional size, age and growth differences of red grouper (*Epinephelus morio*) along the west coast of Florida. *Fish Res*, 91, 239–251.
- Marchioro GB, Nunes MA, Dutra GF, Moura RL, Pereira PGP (2005) Avaliação dos impactos da exploração e produção de hidrocarbonetos no Banco dos Abrolhos e adjacências. *Megadiversidade*, 1(2): 225-310.
- Marques S, Ferreira BP (2011) Sexual development and reproductive pattern of the Mutton hamlet, *Alphestes afer* (Teleostei: Epinephelidae): a dyandric, hermaphroditic reef fish. *Neot Ichth*, 9(3): 547-558.

- Martins AS, Olavo G, Costa PAS (2005) A pesca de linha de alto mar realizada por frotas sediadas no Espírito Santo, Brasil. In: Costa PAS, Martins AS, Olavo G (eds.), Pesca e potenciais de exploração de recursos vivos na região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira, pp.35-55. Rio de Janeiro: Museu Nacional, (Serie livros n.13).
- Moe MA Jr (1969) Biology of the red grouper, *Epinephelus morio* (Valenciennes) from the eastern Gulf of Mexico. Flor. Dep. Nat. Res., Marine Research Laboratory. Professional Papers Series, 10, 1-95.
- Moura RL, Dutra GF, Francini-Filho RB, Minte-Vera CV, Curado IB, Guimarães FJ, Oliveira RF, Alves DC (2007) Fisheries management in the Marine Extractive Reserve of Corumbau, Bahia. In Prates AP, Blanc D (eds), Aquatic protected areas as fisheries management tools, pp.175-187. Brasília, MMA/SBF. Série Áreas Protegidas do Brasil.
- Moura RL, Francini-Filho RB, Chaves EM, Minte-Vera CV, Lindeman KC (2011) Use of riverine through reef habitat systems by dog snapper (*Lutjanus jocu*) in eastern Brazil. Estuar Coast Shelf Sci, 95, 274-278.
- Moura RL, Secchin NA, Amado-Filho GM, Francini-Filho RB, Freitas MO, Minte-Vera CV, Teixeira JB, Thompson FL, Dutra GF, Sumida PYG, Guth AZ, Lopes RM, Bastos AC (2013) Spatial patterns of benthic megahabitats and conservation planning in the Abrolhos Bank. Cont Shelf Res, 70, 109-117. doi: 10.1016/j.csr.2013.04.036.
- Mullon C, Field JG, Thébaud O, Cury P, Chaboud C (2012) Keeping the big fish: Economic and ecological tradeoffs in size-based fisheries management. J Bioecon 14:267–285.
- Murua H, Kraus G, Saborido-Rey F, Witthames PR, Thorsen A, Junquera S (2003) Procedures to estimate fecundity of marine fish species in relation to their reproductive strategy. J. Northw. Atl. Fish. Sci. Vol. 33:33-54.
- Neis B, Schneider DC, Felt L, Haedrich RL, Fischer J, Hutchings JA (1999) Fisheries assessment: what can be learned from interviewing resource users? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56: 1949–1963.
- Nonaka RH, Matura Y, Suzuki K (2000) Seasonal variation in larval fish assemblages in relation to oceanographic conditions in the Abrolhos Bank region off eastern Brazil. Fisher Bull, 98(4): 767-784.

- Olavo G, Costa PA, Martins AS (2005) Caracterização da pesca de linha e dinâmica das frotas linheiras da Bahia. In: Costa, PAS, Martins AS, Olavo G (eds), Pesca e potenciais de exploração de recursos vivos na região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira, pp.13-34. Rio de Janeiro: Museu Nacional, Serie livros n.13.
- Palumbi, SR (1994) Why mothers matter. *Nature*, 430: 621-622.
- Papworth SK, Rist J, Coad L, Milner-Gulland EJ (2009) Evidence for shifting baseline syndrome in conservation. *Cons Lett* 2, 93–100.
- Roberts CM, Polunin NVC (1994) Hol-Chan: demonstrating that marine reserves can be remarkably effective. *Coral Reefs*, 13, 90–91.
- Sadovy de Mitcheson Y, Cornish A, Domeier M, Colin PL, Russell M, Lindeman KC (2008) A Global baseline for spawning aggregations of reef fishes. *Conserv Biol*, 22, 1233–1244.
- Sadovy de Mitcheson Y, Craig MT, Bertoncini AA, Carpenter KE, Cheung WWL, Choat JH, Cornish AS, Fennessy ST, Ferreira BP, Heemstra PC, Liu M, Myers RF, Pollard DA, Rhodes KL, Rocha LA, Russell BC, Samoily MA, Sanciangco J (2013) Fishing groupers towards extinction: a global assessment of threats and extinction risks in a billion dollar fishery. *Fish and Fisheries*, 14: 119–136. doi: 10.1111/j.1467-2979.2011.00455.x.
- Sadovy Y, Shapiro DY (1987) Criteria for the Diagnosis of Hermaphroditism in Fishes. *Copeia*, 1:136-156.
- Sadovy Y (1996) Reproduction of reef fishes species. In: Polunin NVC, Roberts CM (eds), Reef fisheries, pp 15-59. Chapman and Hall, London.
- Sadovy Y, Rosario A, Román A (1994) Reproduction in na aggregating grouper, the red hind, *Epinephelus guttatus*. *Envirom Biol Fishes*, 41: 269-286.
- Sáenz-Arroyo A, Roberts CM, Torre J, Carino-Olivera M, Enríquez-Andrade RR (2005) Rapidly shifting environmental baselines among fishers of the Gulf of California. *Proc. Royal Soc. B*. 272, 1957–1962.
- Sala E, Aburto-Oropeza O, Paredes G, Barrera JC, Dayton PK (2002) A general model for designing networks of marine reserves. *Science*, 298: 1991-1993.
- Shapiro DY (1987) Reproduction in groupers. In: Polovina JJ, Ralston S (eds), Tropical Snnapers and Groupers. Biology and Fisheries manegment, pp. 295-373. Westview Press/Boulder and London.
- Smith CL (1959) Hermaphroditism in some serranids fishes from Bermuda. *Pap Mich Acad Sci, Arts, and Lett*, 44: 111-119.

- Smith CL (1961) Synopsis of biological data on groupers (*Epinephelus* and allied genera) of the western North Atlantic. FAO Fish. Biol. Synops. 23, 1: pp. 1-62.
- Smith CL (1965) The patterns of sexuality and the classification of serranid fishes. Am. Mus. Novit., 2207:1-20.
- Teixeira CEP, Lessa GC, Cirano M, Lentini CAD (2013) The inner shelf circulation on the Abrolhos Bank, 18 S, Brazil. Cont Shelf Res. 70, 1: 13–26. doi.org/10.1016/j.csr.2013.09.003.
- Teixeira SF, Ferreira BP, Padovan IP (2004) Aspects of fishing and reproduction of the black grouper *Mycteroperca bonaci* (Poey 1860) (Serranidae: Epinephelinae) in the Northeastern Brazil. Neot Ichth 2, 19-30.
- Turvey ST, Barrett LA, Yujiang H, Lei, Z, Xinqiao Z, Xianyan W, Yadong H, Kaiya Z, Hart T, Ding W (2010) Rapidly shifting baselines in Yangtze fishing communities and local memory of extinct species. Cons Biol 24(3): 778-787.
- Valdés E, Padrón G (1980) Pesquerías de palangre. Rev Cub Investig Pesq. 5(2):38-52.
- Vazzoler AEAM (1996) Biologia da Reprodução de Peixes Teleósteos: Teoria e Prática. Maringá. Editora: Eduem/Sbi, 169p.

4. CAPÍTULO 3: IDADE E CRESCIMENTO DE GAROUPA *Epinephelus morio* E DO BADEJO QUADRADO *Mycteroperca bonaci* NO BANCO DOS ABROLHOS E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O MANEJO E CONSERVAÇÃO

Capítulo formatado nas normas da revista
Journal Fish Biology. Fator de Impacto:
1,834. Qualis Biodiversidade 2012: B1

4.1 Abstract

We estimate the age and growth of red *Epinephelus morio* and black *Mycteroperca bonaci* groupers, two large and commercially important Epinephelidae in Abrolhos Bank. The otoliths of individuals caught by artisanal fisheries and sampled from spearfishing, hand line and long-line between May 2005 and September 2012. A total of 283 otoliths from red ranging from 15.0 to 96.0 cm TL (mean = 49.7, SD = 14.17) and 121 of black ranging from 26.1 to 147.0 cm (mean = 72.9, SD = 24.85) were processed and read twice. To the grouper ages ranged from 0 to 30 for reading 1 and 0-29 years in reading 2. In black grouper the first reading estimated, ages ranged from 1 to 34 and the second reading 1-33 years were followed. The average percentage error (APE) in *E. morio* between the two readings was 1.874% and the variation coefficient (VC) was 2.651%. For the species *M. bonaci* the APE was 1.9% and VC of 2.687 %. For both species, an opaque band is established annually from late winter (August and September) and early summer (December). The parameters of von Bertalanffy growth estimates for the total sample of otoliths of *E. morio* ranged from 110,03 a 118,80 cm (L_{∞}), to 0,38 to 0,45 (K), and -5.02 to -5.66 (t_0). In *M. bonaci* growth parameters estimated for the total sample of otoliths ranged from 161.04 to 183.61 cm (L_{∞}), from 0.28 to 0.35 (K), and -5.93 , -6.54 to (t_0). No significant differences in the estimated parameters separately for each sex were observed. The relationship between weight and length reveals that this species has isometric growth. We suggest that the results presented in this study are used as a subsidy for the establishment of strategies for regulating their fisheries in the Abrolhos Bank and support a basis for these important stock fishery resources in the northeastern Brazil.

Keywords: Epinephelidae, management, reef fisheries.

4.2 Resumo

Estimamos a idade e o crescimento da garoupa *Epinephelus morio* e do badejo *Mycteroperca bonaci*, dois Epinepelídeos de grande porte e comercialmente importantes no Banco dos Abrolhos. Os otólitos de foram amostrados de indivíduos capturados pela pesca artesanal e provenientes de pescarias subaquáticas, de linha de mão e espinheis de fundo entre maio de 2005 e setembro de 2012. Um total de 283 otólitos de garoupas variando de 15,0 a 96,0 cm de CT (média= 49,7, dp= 14,17) e 121 badejos variando de 26,1 a 147,0 cm (média= 72,9, dp= 24,85) foram processados e lidos duas vezes. Para a garoupa as idades variaram de 0 a 30 para as leitura 1 e 0 a 29 anos na leitura 2. Nos badejos as idades estimadas na leitura 1 variaram de 1 a 34 e na segunda leitura de 1 a 33 anos. O erro percentual médio (APE) em *E. morio* entre as duas leituras foi de 1,874% e o Coeficiente de Variação foi de 2,651%. Para a espécie *M. bonaci* o APE foi de 1,9 e CV de 2,687%. Para ambas as espécies, uma banda opaca é estabelecida anualmente a partir do final do inverno (agosto e setembro) e início do verão (dezembro). Os parâmetros de crescimento de von Bertalanffy estimados para a amostra total de otólitos de *E. morio* variaram de 110,03 a 118,80 cm (L_{∞}), de 0,38 a 0,45 (K), e -5,02, a -5,66 (t_0). Em *M. bonaci* os parâmetros de crescimento estimados para a amostra total dos otólitos variaram de 161,04 a 183,61 cm (L_{∞}), de 0,28 a 0,35 (K), e -5,93, a -6,54 (t_0). Não foram observadas diferenças significativas entre os parâmetros estimados para cada sexo separadamente. A relação entre peso e comprimento revela que esta espécie possui crescimento isométrico. Sugerimos que os resultados apresentados neste estudo sejam utilizados como subsidio para o estabelecimento de estratégias de regulamentação de suas pescarias no Banco dos Abrolhos e que sirvam de base para avaliações dos estoques destes importantes recursos pesqueiros do nordeste do Brasil.

Palavras-Chave: Epinephelidae, gestão, pescarias recifais.

4.3 Introdução

Ao longo de toda a sua área de distribuição na costa oeste tropical do Atlântico, de Massachusetts nos EUA ao Sul do Brasil, incluindo o golfo do México, Caribe e Bermuda (Heemstra & Randall, 1993; Craig *et al.*, 2011) a garoupa *Epinephelus morio* e o badejo quadrado *Mcycteroperca bonaci* são espécies de alto valor comercial e alvo de pescarias comerciais e recreacionais (Brulé *et al.*, 1994; Burgos *et al.*, 2007; Crabtree & Bullock, 1998; Colás-Marrufo *et al.*, 1998). Na região central da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) do Brasil estes dois epinephelideos são considerados peixes nobres, capturados principalmente com anzóis e linha de mão, espinhéis de fundo e pesca subaquática (Costa *et al.*, 2003; Freitas *et al.*, 2011; Teixeira *et al.*, 2004) e desembarcados principalmente nos portos de Porto Seguro, Prado, Alcobaça, Vitória e Vila Velha juntamente com outras espécies das famílias Lutjanidae e Epinephelidae. No Banco dos Abrolhos, ainda na metade do século XVI a pesca de linha sustentou uma economia em torno da exploração da garoupa, que era salgada e seca (Olavo *et al.*, 2005), modernizando-se durante o século XX, e que tinha como alvo a garoupa (*E. morio*) e o badejo (*M. bonaci*) (Lima *et al.*, 1985). Apesar da histórica importância na pesca recifal da costa central do Brasil, não existem informações sistematizadas sobre os volumes desembarcados e estimativas de Captura por Unidade de Esforço (CPUE's) destas duas espécies, e quando ocorrem estão classificadas em categorias juntamente com outras congêneres, impossibilitando o acesso da informação por espécie (Freitas *et al.*, *in prep*).

Os peixes recifais piscívoros são extremamente vulneráveis à pesca, devido principalmente ao seu grande porte, ciclo de vida longo, crescimento lento e maturação tardia (Coleman *et al.*, 1999; Morris *et al.*, 2000; Sadovy, 2001; Sadovy de Mitcheson *et al.*, 2013). Dadas essas peculiaridades, tais espécies são excelentes indicadoras para programas de monitoramento que, quando adequadamente delineados, permitem que se façam inferências sobre os impactos ambientais decorrentes da pesca e, também a proposição de regimes alternativos de gestão pesqueira (Russ & Alcala, 1996). Informações ecológicas e pesqueiras sobre *E. morio* e *M. bonaci* foram amplamente estudadas no Hemisfério Norte (HN) (Moe 1969; Lombardi-Carlson *et al.*, 2008; Crabtree & Bullock, 1998; Brulé *et al.*, 1994, 2003; Burgos *et al.*, 2007; Hurtado *et al.*, 2003). No entanto, para a costa sul do oceano Atlântico Ocidental poucas informações

estão disponíveis (Teixeira *et al.*, 2004; Freitas *et al.*, 2011). Atualmente inexistem estudos básicos (estrutura etária, taxas de crescimento, mortalidade, idade de recrutamento) para gerenciar a exploração destas espécies na costa brasileira. Essa falta de informações é agravada ainda pelo estado de conservação em que se encontram estas espécies. *Epinephelus morio* e *Mycteroperca bonaci* têm suas populações em declínio e atualmente são classificadas como “quase ameaçada - Near Threatened (NT)”, pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) (IUCN, 2013).

As composições por idade e os parâmetros de crescimento são um dos primeiros passos para se conhecer a biologia de uma espécie e utilizados na formulação dos principais modelos de dinâmica populacional, possibilitando a avaliação e administração dos estoques pesqueiros (Green *et al.*, 2009; Panfili *et al.*, 2002). Neste trabalho utilizamos otólitos saggitae de *E. morio* e *M. bonaci* coletados ao longo do Banco do Abrolhos para estimar os parâmetros de crescimento com o objetivo de descrever os parâmetros populacionais da garoupa e do badejo no Atlântico sul, fornecendo algumas das informações básicas necessárias para a gestão de suas pescarias e populações.

4.4 Material e Métodos

4.4.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada dentro da chamada região central da costa brasileira que vai do Cabo de São Tomé-RJ a Salvador-BA, incluindo as ilhas de Trindade e Martins Vaz e inserida também na Costa Leste Brasileira (13° - 22°S) (Ekau & Knoppers, 1999). Segundo Martins *et al.* (2005), esta área é caracterizada por uma topografia complexa, derivada de atividades vulcânicas e tectônicas intensas, devido ao acúmulo de sedimentos entre montes vulcânicos marinhos e a margem continental.

O Banco dos Abrolhos localiza-se em um alargamento da plataforma continental na costa leste brasileira, com profundidade baixa, geralmente até 30m, e ocupa aproximadamente 46000km² localizado no extremo sul do estado da Bahia e norte do Espírito Santo (Fig. 1). É área de grande importância para a conservação de ecossistemas marinhos e costeiros no Brasil, uma vez que abriga diversos mega-habitats, como os maiores recifes coralíneos do Atlântico Sul, bancos de rodólitos,

buracas, bancos de algas e fanerógamas marinhas, manguezais, margeados por remanescentes costeiros de mata Atlântica (Leão *et al.*, 2003; Bastos *et al.*, 2013; Moura *et al.*, 2013).

As pescarias no Banco dos Abrolhos são predominantemente artesanais e visam à captura de espécies recifais (Costa *et al.*, 2003). Cerca de 270 espécies de peixes recifais e peri-recifais da costa brasileira ocorrem no Banco dos Abrolhos (Moura & Francini-Filho, 2006). Apesar de sua importância, com cerca de 20.000 pescadores artesanais que operam na área (Marchioro *et al.*, 2005), a pesca nos recifes da região ainda são pouco conhecidos e não foram incluídas na avaliação regional das pescarias recifais do nordeste realizada por Fredou *et al.* (2006). Os municípios de Alcobaça e Prado, localizados no extremo sul da Bahia, possuem portos pesqueiros onde desembarcam frotas atuantes em todo o Banco dos Abrolhos e também no Banco Royal Charlotte. No município de Caravelas as pescarias são provenientes principalmente de pesqueiros próximos à costa (Freitas, 2009).

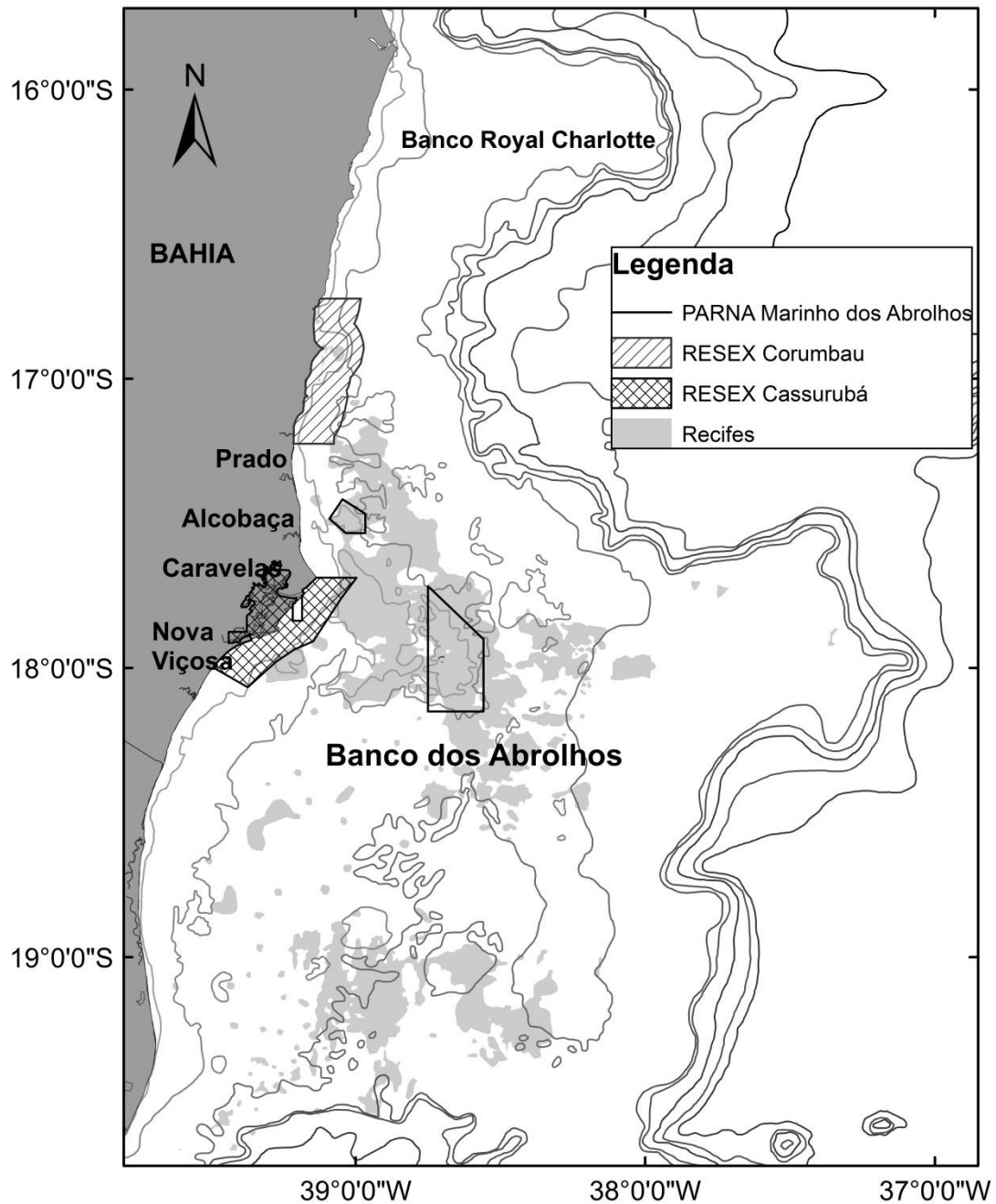


Fig. 1. Mapa do Banco dos Abrolhos e adjacências, evidenciando os municípios onde foram realizadas as amostragens.

4.4.2 Coleta e processamento das amostras

Exemplares de *E. morio* e *M. bonaci* foram obtidos através do monitoramento de desembarques pesqueiros da frota de linha de mão, espinhel de fundo e pesca subaquática realizado nas cidades de Prado, Alcobaça, Caravelas e Nova Viçosa, estado da Bahia, entre junho de 2005 e setembro de 2012. Após dois anos de amostragens

mensais, houve um esforço para a amostragem de exemplares maiores, sendo assim, esses comprimentos apresentados não representam as classes de tamanho da pesca. De cada exemplar coletado foram registrados os comprimentos total (CT) e padrão (CP), o peso inteiro, sexo, o local e a data de captura. Os otólitos sagitta foram removidos, lavados em água e preservados em potes de acrílico (Secor *et al.*, 1991, Panfili *et al.*, 2002). Posteriormente foram pesados em balança de precisão, e inspecionados quanto a problemas (ausentes ou quebrados). Os otólitos direitos apresentaram menos problemas e foram selecionados para emblocagem em resina poliéster. Após esse procedimento foram seccionados transversalmente em sua região central por um disco diamantado acoplado a uma serra metalográfica (Buehler-Isomet). Para cada otólito foram realizados dois ou três cortes, com espessura de 0,40mm e fixados em lâminas de vidro (Secor *et al.*, 1991).

Os cortes de otólitos foram fotografados em alta resolução com câmera “Scientific Digital Microscope Câmera”, modelo “OPT5000 Power” e as imagens posteriormente foram tratadas no programa Photoshop 4.1 (Campana, 2001). Para a contagem do número de anéis, padronizou-se um eixo que vai do núcleo do otólito até sua região dorsal. Nesse eixo, as bandas claras observadas foram consideradas anéis etários (Fig. 2). Foram realizadas duas leituras para cada otólito de *E. morio* e *M. bonaci*, de modo aleatório, sem conhecimento prévio da data da coleta, tamanho ou idade do peixe (Campana, 2001). Durante essas leituras foram descartados os otólitos que não permitiram uma correta visualização de seus anéis.

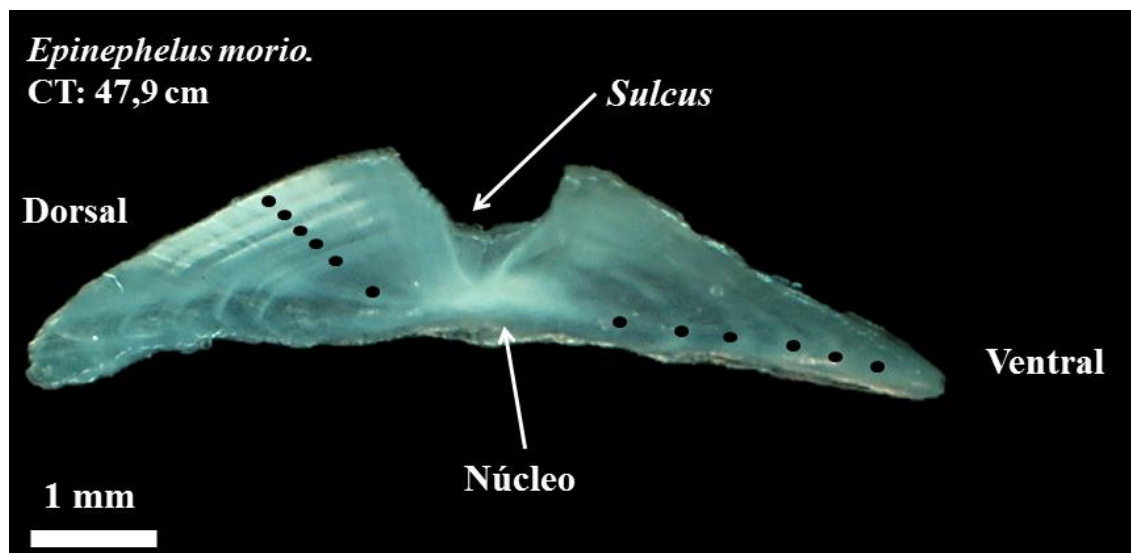


Fig. 2. Otólito seccionado de *Epinephelus morio* (6 anos) observado sob luz refletida, evidenciando a disposição de bandas translúcidas e opacas observadas. A denominação das estruturas foram baseadas em Secor *et al.* (1991).

A precisão entre as leituras foi computada usando o índice de Média Percentual de Erro (APE) (Beamish & Fournier, 1981),

$$APE = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left[\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \left[\frac{|X_{i,j} - X_j|}{X_j} \right] \right]$$

onde,

n é o tamanho da amostra

R é o número de leituras por otólito

$X_{i,j}$ é a idade para o otólito j na leitura i

X_j é a idade média para todas as leituras do otólito j

e o Coeficiente de Variação (CV) (Campana, 2001)

$$CV = 100x \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^R (X_{ij} - X_j)^2}{R-1}}}{X_j}$$

A fim de verificar tendências nas leituras foram realizadas análises de probabilidade de discordância (PD) e magnitude média da discrepância entre as leituras (IRD) (Marriott & Mapstone, 2006). A periodicidade anual da formação das marcas de crescimento nos otólitos foi baseada para *E. morio* em Moe (1969), Johnson & Collins (1994), Stiles & Burton (1994), Burgos *et al.* (2007) e para *M. bonaci* em Crabtree & Bullock (1998) e Rénan *et al.* (2013). A periodicidade da deposição da banda foi analisada pela proporção mensal de margens opacas e translúcidas em otólitos seccionados.

O crescimento em comprimento foi modelado utilizando a função de crescimento de von Bertalanffy (VBGF, Beverton & Holt, 1957), onde o tamanho esperado para uma dada idade a é L_a , obtido pela equação:

$$L_t = L_\infty[1 - e^{-K(t-t_0)}]$$

Onde:

a é a idade do peixe, assumido-se equivaler a um grupo etário (ano, variável explanatória),

L_t é o comprimento total do peixe na idade t (cm, variável resposta),

L_∞ é o comprimento assintótico (cm, parâmetro da função),

k é a taxa de crescimento constante (por ano, parâmetro da função),

t_0 é a idade quando o comprimento é teoricamente zero (ano, parâmetro da função). O comprimento observado por idade $L_{t,j}$ para um peixe individual j na amostra é:

$$L_{t,j} = L_t + \varepsilon_{t,j}$$

Onde $\varepsilon_{t,j}$ é o resíduo. Assumiu-se que os resíduos possuem distribuição normal.

Os parâmetros de crescimento de von Bertalanffy também foram estimados para cada sexo separadamente, para a leitura 1 e 2, e para a média das leituras. As curvas de crescimento obtidas para machos e fêmeas foram comparadas entre si por meio do teste de taxa de probabilidade de Kimura (Kimura, 1980). Para as espécies avaliadas a relação entre o comprimento total (CT) e o peso total (PT) foi estabelecida por meio da expressão matemática proposta por Le Crên (1951).

$$PT = \alpha CT^b$$

Onde α e b são parâmetros de coeficientes angular e linear. Os modelos foram estimados utilizando o programa R 3.0.1, rotina FSA, e as interfaces-gráficas foram realizadas utilizando o programa Excel.

4.5 Resultados

Um total de 376 espécimes de *E. morio* foi coletado, destes foram amostrados 283 otólitos saggita. Para a espécie *M. bonaci* foram analisados 175 exemplares dos quais 121 otólitos foram coletados para as estimativas de idade. Em *Epinephelus morio* o

tamanho dos exemplares que foram retirados e lidos os otólitos variou de 15,0 a 96,0 cm (média= 49,7, dp= 14,17) (Tab. I). Nas amostras de *Mycteroperca bonaci* a variação registrada foi de 26,1 a 147,0 cm (média= 72,9, dp= 24,85) (Tab. II). Na primeira leitura realizada em *E. morio* foram contados de 0 a 30 anéis e na segunda leitura de 0 a 29 anéis nos otólitos. A maioria dos indivíduos apresentou de 2 e 13 anéis nos otólitos. A partir de 65,0 cm de comprimento total, os indivíduos podem ter 17 anéis ou mais (Tabela I). Na primeira leitura realizada em *M. bonaci* foram contados de 1 a 34 anéis nos otólitos e na segunda leitura de 1 a 33 anéis. A maioria dos indivíduos apresentaram de 1 e 16 anéis nos otólitos. A partir de 70 cm de comprimento total, os indivíduos podem ter 8 ou mais anéis (Tabela II).

O índice de precisão entre as duas leituras (APE) para *E. morio* foi de 1,874% e o Coeficiente de Variação (CV) foi de 2,651%. Na espécie *M. bonaci* o APE entre as duas leituras foi de 1,9% e o Coeficiente de variação foi de 2,687%. A Porcentagem de discordância entre as leituras (PD) para ambas as espécies foi maior para as maiores idades, onde o número de indivíduos analisados foi menor (Fig. 3a e b). Em *E. morio* a magnitude da variância entre as leituras (IRD) varia entre 0,1 e 1,0 na maioria das idades e chega a 2,0 para indivíduos mais velhos. Para *M. bonaci* o IRD variou de 0,2 a 1,0 na maioria das idades e chegando a 2,0 nos indivíduos mais velhos (Fig. 4).

Na garoupa *E. morio* a maior proporção de bandas opacas ficou concentrada entre os meses de agosto a novembro e para as bandas translúcidas de março a julho (Fig. 5). Um padrão semelhante foi observado no badejo *M. bonaci*, onde a maior proporção de bandas opacas ficou concentrada entre os meses de setembro a março e as bandas translúcidas de abril a agosto. Conclui-se que para ambas as espécies, uma banda opaca é estabelecida anualmente a partir do final do inverno (agosto e setembro) e início do verão (dezembro). Maiores proporções de margens ilegíveis (não legíveis ou duvidosas) ocorreu durante os meses de transição, quando os peixes estão começando a depositar anéis opacos (agosto a setembro) ou translúcidos (novembro e dezembro).

Tabela I. Chave idade-comprimento para *E. morio*: número de indivíduos por idade em cada classe de comprimento. A idade é baseada no número de anéis contados na primeira leitura.

CT (cm)	Idade																								Total Geral			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19	20	21	22	23	25		27	28	30
0 - 5																												
5 - 10																												
10 - 15																												
15 - 20	1	2																										3
20 - 25		2	5																									7
25 - 30		2	4	4	5																							15
30 - 35		1	2	6	1	3	1		1																			15
35 - 40			1	2	7	5		1	1																			17
40 - 45				3	5	9	9	10	5	2	1	1																45
45 - 50					2	2	5	9	13	5	4	5	3	2	1													51
50 - 55					1	1	2	5	6	11	9	6	4	1	3				1									50
55 - 60							1	1	5	2	5	1	4	2	5	1	1	2										30
60 - 65										1	1	2	7	1	3	1	1	1			2							20
65 - 70													4	1					1									6
70 - 75													1	2				1	2									6
75 - 80																2			2				1					5
80 - 85																			1	1	1	1		2		2		8
85 - 90																	1				1		1				1	4
90 - 95																										1		1
95 - 100																												
Total	1	7	12	15	21	20	18	26	31	21	20	15	18	11	15	4	2	6	6	3	2	1	2	2	1	2	1	283
Tamanho médio (cm)	15.0	24.4	26.5	33.9	37.9	41.4	45.1	46.9	48.8	51.3	52.8	52.4	57.0	60.8	59.6	69.5	62.0	66.3	76.0	70.0	83.8	81.0	82.8	82.3	96.0	83.5	86.5	49.7
Desvio padrão	--	5.9	4.5	5.0	7.2	5.7	5.6	4.1	6.0	4.7	4.4	6.3	5.3	8.0	7.4	10.4	4.2	12.6	4.7	11.4	3.9	--	10.3	1.8	--	0.7	--	14.2

Tabela II. Chave idade-comprimento para *M. bonaci*: número de indivíduos por idade em cada classe de comprimento. A idade é baseada no número de anéis contados na primeira leitura.

CT (cm)	Idade																																		Total Geral		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	23	24	25	26	27	31	34									
0 - 5																																					
10 - 15																																					
15 - 20																																					
20 - 25																																					
25 - 30	2																																			2	
30 - 35	1	2																																			3
35 - 40	1	2	1																																		4
40 - 45	2	1	1	2	1																																7
45 - 50				2	2	1	2																														7
50 - 55			4	1		2	4	3																													14
55 - 60						1	2	4	1	1																											9
60 - 65										1	1	1	1	2																							6
65 - 70										1	2	1		1	1	1	1		1	1																	10
70 - 75												2		1	1	2					2																6
75 - 80								2			1			1	1	2																					7
80 - 85											1	1	1	1	1	1					1	1	1													8	
85 - 90												1				1							1														4
90 - 95														1		1				1	3																6
95 - 100											1	1	1	1	1	1					1	1			1		1									10	
100 - 105											1		1									1					1		1								6
105 - 110																								1													1
110 - 115																					1			1			1	1	2								6
115 - 120														1										1										1			3
120 - 125																																					
125 - 130																											1										1
130 - 135																																					
135 - 140																																					
140 - 145																																					
145 - 150																																				1	1
Total Geral	6	5	6	5	3	4	8	11	4	4	4	8	5	7	5	5	1	4	6	3	2	3	2	3	2	3	2	3	1	1			121				
Tamanho médio (cm)	35.4	36.6	49.1	46.4	46.3	53.4	53.3	61.7	63.3	66.8	85.9	75.8	86.7	87.3	82.0	83.9	70.0	92.8	89.2	90.8	99.0	105.7	97.0	113.7	108.5	108.3	117.0	147.0					73.0				
Desvio padrão	6.7	4.1	7.0	3.5	4.1	4.1	4.0	9.3	4.7	8.1	19.0	13.2	14.1	17.1	11.7	11.4	--	17.3	9.3	10.4	21.2	10.0	15.6	14.0	7.8	6.4	--	--					24.9				

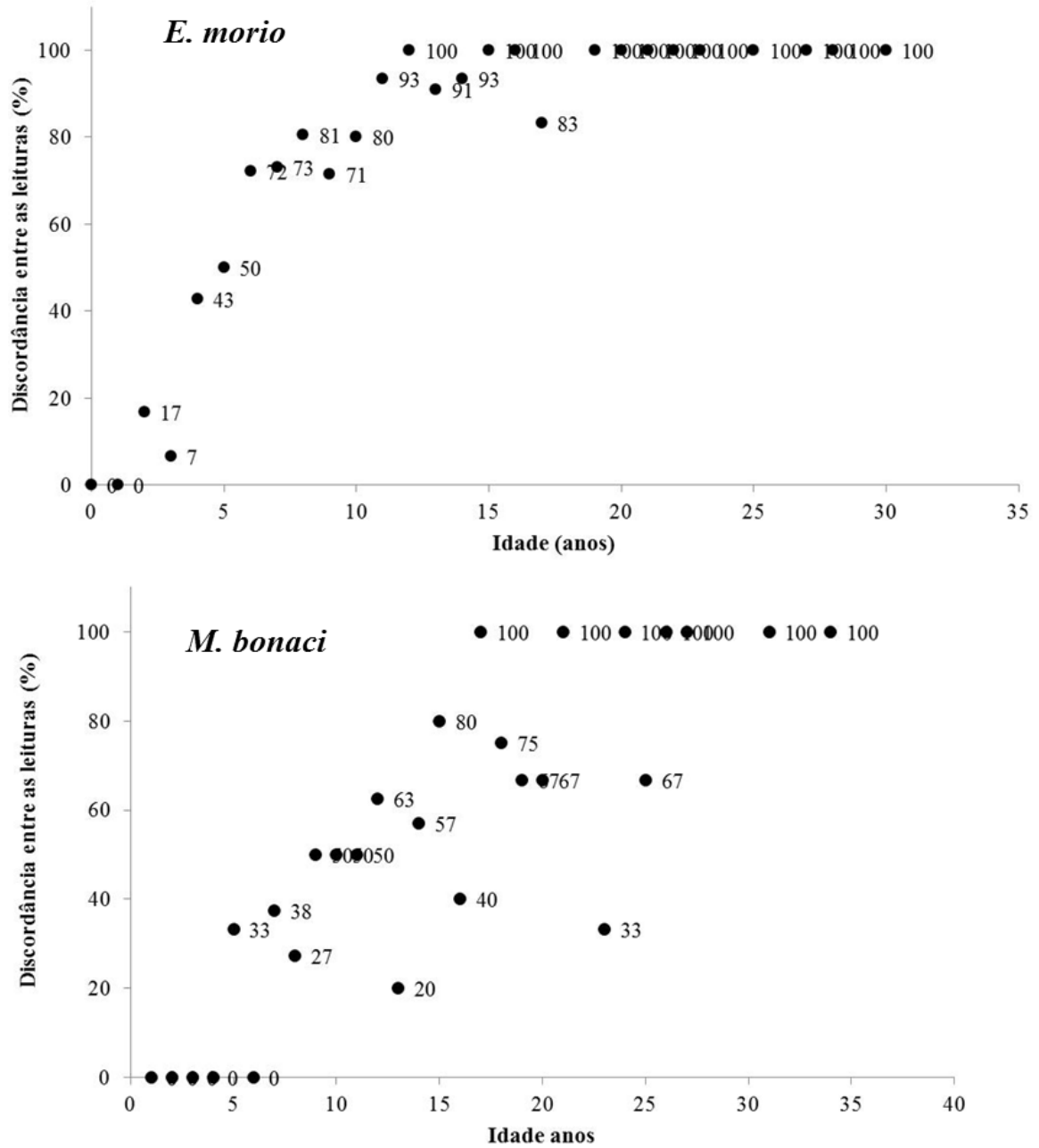


Fig. 3. Porcentagem de discordância (PD) entre as leituras 1 e 2 de *E. morio* e *M. bonaci*. Os números ao lado dos círculos representam o tamanho da amostra. A idade representa o número de anéis encontrados na primeira leitura.

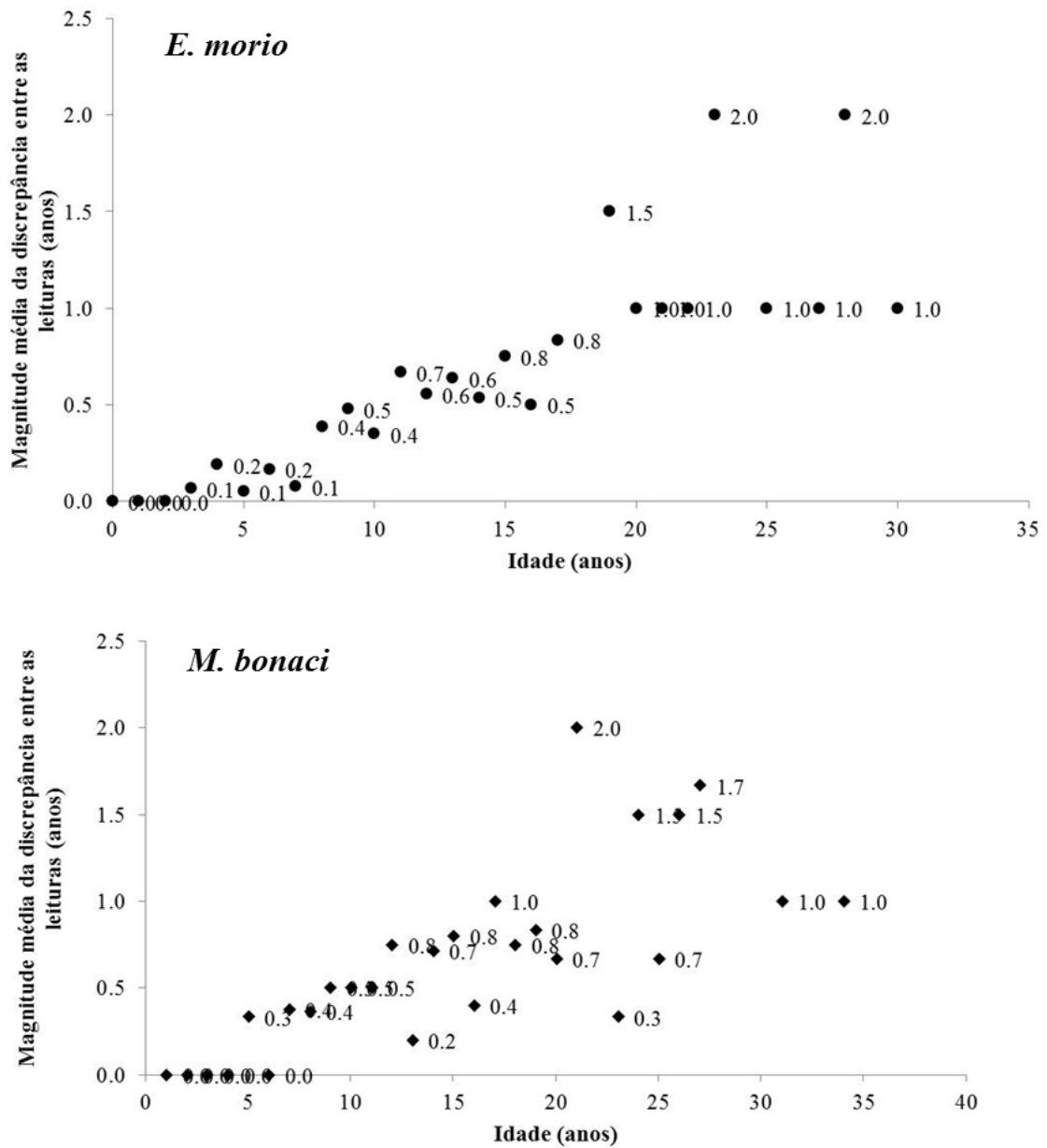


Fig. 4. Magnitude media da discrepância (IRD) entre as leituras, observada em *E. morio* e *M. bonaci*. Os números ao lado dos círculos representam o tamanho da amostra. A idade representa o número de anéis encontrados na primeira leitura.

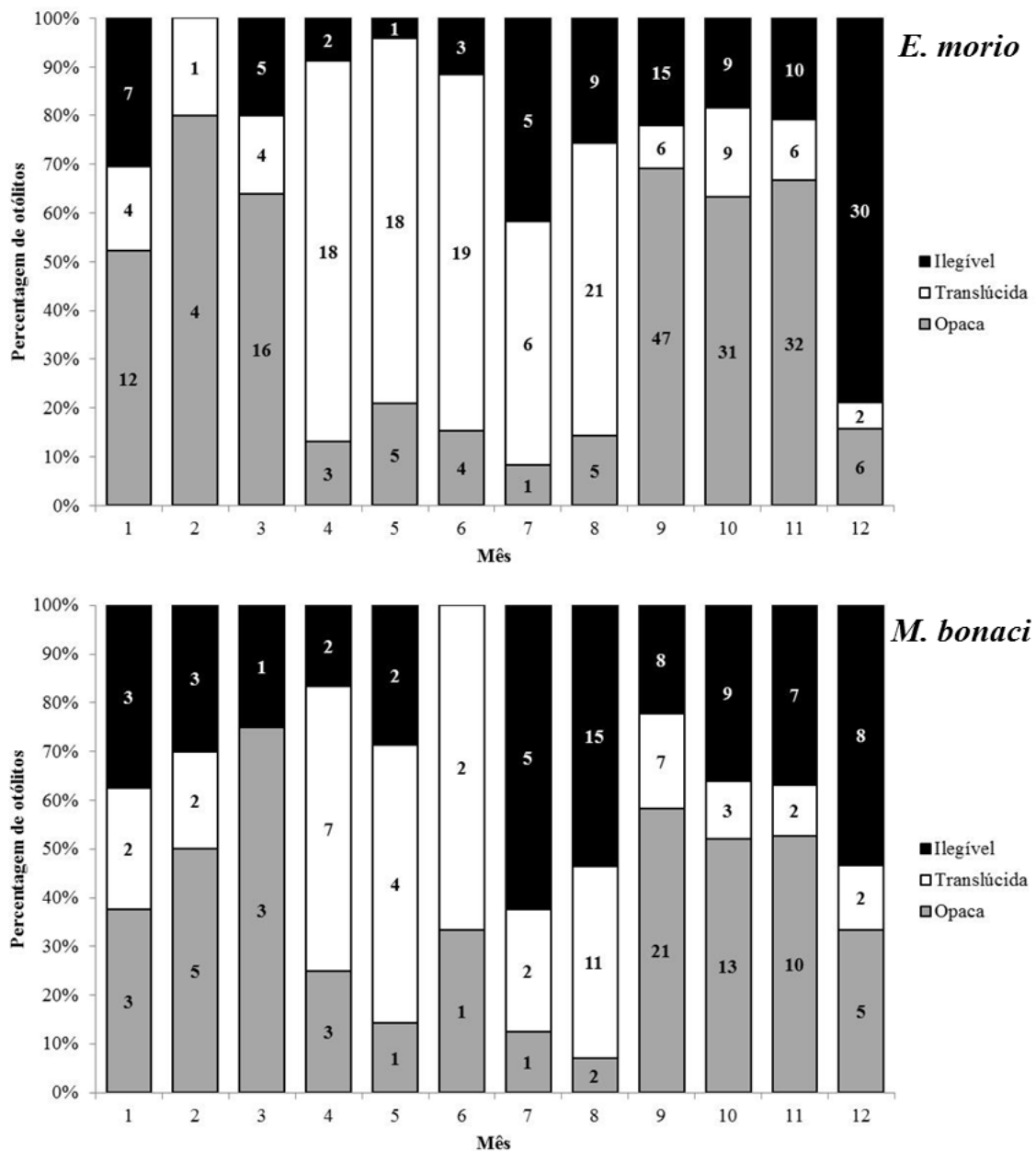


Fig. 5. Proporção mensal de bordas opacas, translúcidas e ilegíveis observadas em otólitos seccionados de *E. morio* e *M. bonaci* no Banco dos Abrolhos.

Os parâmetros de crescimento de von Bertalanffy estimados para a amostra total de otólitos de *E. morio* variaram de 110,03 a 118,80 cm (L_{∞}), de 0,38 a 0,45 (K), e -5,02, a -5,66 (t_0) (Tab. III). Para *Mycteroperca bonaci* os parâmetros de crescimento de von Bertalanffy estimados para a amostra total dos otólitos variaram de 161,04 a 183,61 cm (L_{∞}), de 0,28 a 0,35 (K), e -5,93, a -6,54 (t_0) (Tabela IV).

A curva de crescimento representa graficamente o ajuste dos parâmetros de crescimento aos dados observados para a leitura 1 e para a leitura 2 em *E. morio* e *M. bonaci* (Fig.

6). Na leitura 1, os anéis de *E. morio* variam de 0 a 30 anos e de 0 a 29 anos na leitura 2. Em relação a *M. bonaci*, na leitura 1 o número de anéis variou de 1 a 34 e na segunda leitura de 1 a 33 anéis.

Tab. III. Parâmetros de crescimento de von Bertalanffy estimados para a leitura 1, 2 e para a média das duas leituras realizadas nos otólitos de *E. morio*.

Leitura	L_{∞}	Erro	K	Erro	t_0	Erro
1	118,81	13,229	0,038162	0,007869	-5,66576	0,826534
2	110,03	10,287	0,045140	0,00836	-5,02308	0,752590
média	115,15	11,871	0,041020	0,00804	-5,35300	0,786220

Tab. VI. Parâmetros de crescimento de von Bertalanffy estimados para a leitura 1, 2 e para a média das duas leituras realizadas nos otólitos de *M. bonaci*.

Leitura	L_{∞}	Erro	K	Erro	t_0	Erro
1	183,62	41,475	0,028300	0,01109	-6,54182	1,64259
2	161,04	28,408	0,035650	0,01219	-5,93849	1,56196
média	172,78	34,944	0,031440	0,01158	-6,26438	1,60586

Os parâmetros de crescimento estimados para cada sexo separadamente de *E. morio* revelaram maior L_{∞} nos machos, em ambas as leituras, K maior nas fêmeas na segunda leitura e t_0 maior em fêmeas na primeira leitura (Tab. V). No badejo *M. bonaci* os parâmetros estimados entre os sexos foram maiores nas fêmeas em ambas as leituras para o L_{∞} , o K maior nos machos nas duas leituras e t_0 maior para fêmeas na primeira leitura (Tab. V). As curvas com os parâmetros de crescimento de machos e fêmeas representam graficamente essas diferenças (Fig. 07). Machos de *E. morio* variaram de 6 a 30 anos e fêmeas de 0 a 25 anos. Nas amostras de *M. bonaci*, machos variaram de 12 a 34 anos e fêmeas de 1 a 31 anos.

Tab. V. Parâmetros de crescimento de von Bertalanffy estimados para machos e fêmeas para a leitura 1, 2 e para a média das leituras realizadas nos otólitos de *E. morio*.

Leitura	Sexo	L_{∞}	Erro	K	Erro	t_0	Erro
1	Fêmeas	90.75012	7.48718	0.06273	0.01157	-4.18454	0.71584
1	Machos	108.0246	20.83076	0.05559	0.03202	-3.50400	3.94326
2	Fêmeas	83.40712	5.25013	0.07845	0.01232	-3.38216	0.60344
2	Machos	106.1029	18.2319	0.06123	0.03295	-2.74598	3.53325
média	Fêmeas	87.34774	6.37304	0.06945	0.01188	-3.79378	0.65885
média	Machos	107.0343	19.26741	0.05861	0.03229	-3.04247	3.67946

Tab. VI. Parâmetros de crescimento de von Bertalanffy estimados para machos e fêmeas para a leitura 1, 2 e para a média das leituras realizadas nos otólitos de *M. bonaci*.

Leitura	Sexo	L_{∞}	Erro	K	Erro	t_0	Erro
1	Fêmeas	150.04	23.146	0.04093	0.01289	-5.20897	1.41764
1	Machos	107.03	19.267	0.05861	0.03229	-3.04247	3.67946
2	Fêmeas	137.04	17.034	0.04963	0.01401	-4.62883	1.32421
2	Machos	107.03	19.267	0.05861	0.03229	-3.04247	3.67946
média	Fêmeas	172.77	34.944	0.03144	0.11580	-6.26424	1.60586
média	Machos	107.03	19.267	0.05861	0.03229	-3.04247	6.67946

Não foi registrada diferença significativa para os parâmetros estimados entre os sexos em *E. morio* (Tab. VII), porém comparando todos os parâmetros foi verificada diferença significativa ($p=0,020$). Em *M. bonaci*, devido ao baixo N amostral de machos, não foi possível realizar o teste de Kimura entre os sexos.

Tab. VII. Teste de razão de verossimilhança comparando os parâmetros de von Bertalanffy estimados para a machos e fêmeas de *E. morio*.

Teste	Hipótese	χ^2	df	p
H0 vs H1	$L_{\infty 1}=L_{\infty 2}$	0.00	1	1.000
H0 vs H2	$K1=K2$	0.27	1	0.603
H0 vs H3	$t_{01}=t_{02}$	0.43	1	0.512
H0 vs H4	$L_{\infty 1}=L_{\infty 2}, K1=K2, t_{01}=t_{02}$	9.85	3	0.020

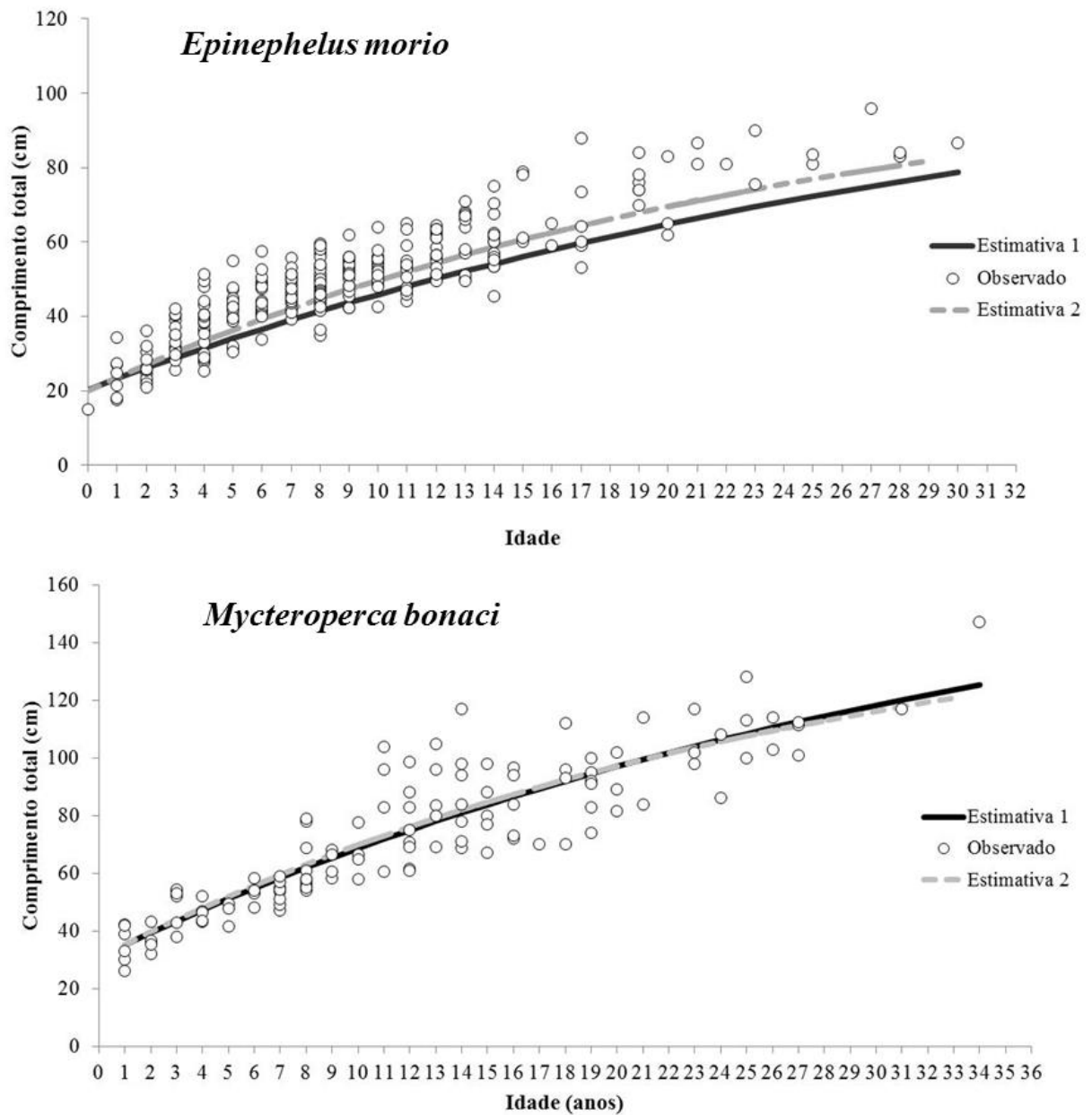


Fig. 6. Curva de crescimento de von Bertalanffy ajustada para *E. morio* (n=283) e para *M. bonaci* (n=121) amostrados no Banco dos Abrolhos. Observado representam a leitura 1.

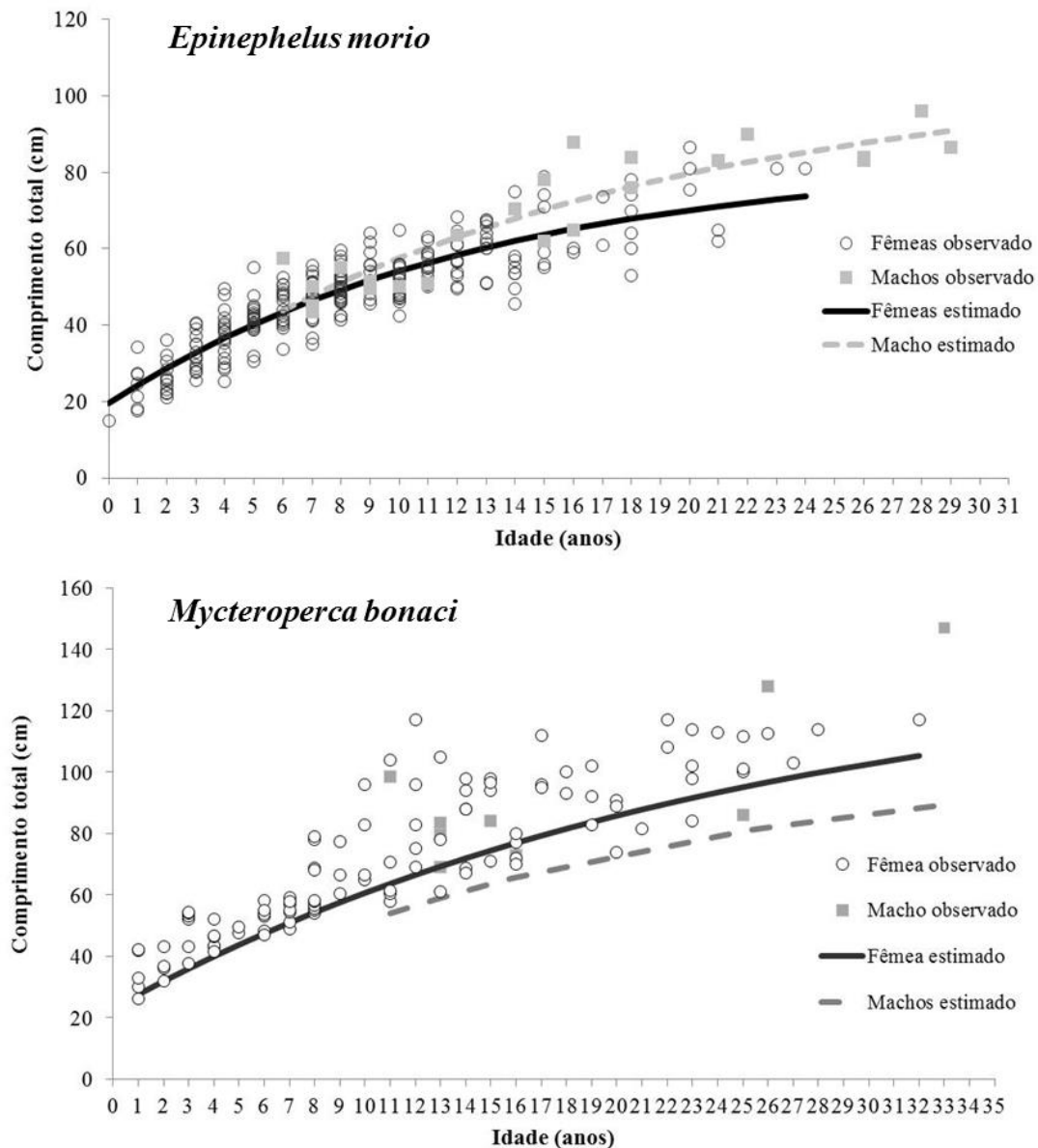


Fig.7. Curva de crescimento de von Bertalanffy ajustada para machos (n=25) e fêmeas (n=249) de *E. morio* e machos (n=9) e fêmeas (n=107) de *M. bonaci* no Banco dos Abrolhos.

A relação entre o peso total e o comprimento total de *E. morio*, com $b=2,9823$ e *M. bonaci* com $b= 2,9562$ mostra que estas espécies possuem crescimento isométrico (Froese, 2006). As regressões entre as diversas variáveis de tamanho e peso podem ser verificadas na Tab. VIII.

Tab. VIII Relação entre as variáveis de comprimento e peso para *E. morio* e *M. bonaci* no Banco do Abrolhos. (CT= Comprimento Total, CP= Comprimento Padrão, PT= Peso total).

<i>Epinephelus morio</i>			
Variáveis	Equação	R ²	n
CT-CP	CT=1,1714*CP 2,3555	0,9877	376
CT-PT	PT=0,0155*CT 2,9823	0,9557	376
PT-CT	PT=4,5193*CT 0,3205	0,9557	376
PT-CP	PT=3,3865*CP 0,3315	0,9580	376
<i>Mycteroperca bonaci</i>			
Variáveis	Equação	R ²	n
CT-CP	CT= 0,7209*CP 1,0347	0,9824	175
CT-PT	PT=0,0156*CT 2,9562	0,9643	175
PT-CT	PT=4,5127*CT 0,3262	0,9643	175
PT-CP	PT=3,3435*CP 0,3405	0,6967	175

4.6 Discussão

O uso de otólitos para estimar a idade e crescimento em epinephelideos é amplamente utilizado e aceito (Manooch & Manson, 1987, Claro & Garcia-Arteaga, 2001), sendo a formação anual de anéis de crescimento um padrão geral para garoupas e outras espécies de peixes tropicais (Manooch & Manson, 1987; Choat *et al.*, 2009; Renones *et al.*, 2007; Costa *et al.*, 2011; Araujo & Martins, 2006; Crabtree & Bullock, 1998; Moe 1969; Burgos *et al.* 2007). Os resultados de incremento marginal e deposição de bandas translúcidas e opacas avaliados para *E. morio* por Moe (1969), Johnson & Collins (1994), Stiles & Burton (1994), Burgos *et al.* (2007) e para *M. bonaci* por Crabtree & Bullock (1998) e Rénan *et al.* (2013) corroboram a afirmação de periodicidade anual na formação de bandas para *E. morio* e *M. bonaci*. A formação de bandas translúcidas e opacas é geralmente relacionada com períodos de baixo crescimento (ou pela ausência deste) e taxas de crescimento rápida, respectivamente (Araujo & Martins, 2006). Ou ainda, como observado por Renones *et al.* (2007), as marcas de crescimento podem se desenvolver ao mesmo tempo entre jovens e adultos, sugerindo que o mecanismo de formação das bandas pode não estar relacionado apenas com o crescimento somático ou

a atividade reprodutiva. O mais provável é que seja um processo fisiológico independente, diretamente associado às variações ambientais (Wright *et al.*, 2002).

Em Abrolhos zonas translúcidas dominaram os meses de outono e inverno (abril a agosto) em ambas as espécies, e bandas opacas foram mais frequentes no resto do ano, com uma forte correlação entre as épocas de formação de bandas translúcidas com os menores valores de temperatura superficial da água do mar e ar atmosférico (Teixeira *et al.*, 2013) e época de reprodução (Freitas *et al.*, 2011, *in prep*) das espécies de garoupas avaliadas neste estudo. Estes autores reportam que no Banco dos Abrolhos o pico reprodutivo de epinephelideos é muito homogêneo, com valores máximos do Índice Gonadossomático (IGS) registrados no inverno e primavera do hemisfério sul (HS) (junho a setembro) para *Cephalopholis fulva*, *Epinephelus morio* e *Mycteroperca bonaci*. No hemisfério norte esta correlação também é intimamente reportada, com desovas registradas no fim do outono até o início da primavera (dezembro a abril) (Smith, 1961; Moe, 1969; Munro, 1983; García-Cagide & García, 1996; Brulé *et al.*, 1999; Giménez-Hurtado *et al.*, 2003; Burgos *et al.*, 2007) e formação de anéis entre maio e junho em *M. bonaci* (Crabtree & Bullock, 1998) e em *E. morio* entre maio a julho (Moe, 1969) e julho e agosto (Burgos *et al.*, 2007).

Epinephelus morio e *Mycteroperca bonaci* são espécies de vida longa, assim como outros epinephelideos (*E. itajara* 37 anos - Bullock *et al.*, 1992; *E. niveatus* 54 anos - Costa *et al.*, 2011; *Cephalopholis fulva* 25 anos – Araújo & Martins, 2006; *E. marginatus* 61 anos – Renones *et al.*, 2007), que depois de um curto período de crescimento rápido, crescem mais lentamente. Neste estudo as estimativas máximas de idade reportadas de 30 anos para *E. morio* e 34 para *M. bonaci* estão muito próximas aos valores apresentados para as populações do HN (*E. morio*: 27 anos por Lombardi-Carlson *et al.*, 2008; 20 anos por Burgos *et al.*, 2007; 25 anos por Moe, 1969, 16 anos por Stiles & Burton, 1994) (*M. bonaci*: 33 anos por Crabtree & Bullock, 1998; 19 anos por Manooch & Mason, 1987; 27 anos por Renán *et al.*, 2013). Com os baixos valores de APE registrados neste estudo (APE=1,874, CV de 2,651% para *E. morio* e APE=1,9, CV de 2,687%, para *M. bonaci*) que segundo Chang (1982) é o melhor indicador de diferenças entre as leituras, indica que as duas leituras dos otólitos de ambas as espécies apresentaram entre si um alto grau de precisão e estão muito abaixo dos valores reportados para diversas espécies ao redor do mundo (APE= 5,5%, CV= 7,6%,

Campana, 2001). Valores de porcentagem de discordância e magnitude de variância para ambas as espécies foram baixos e maiores nos peixes mais velhos e as estimativas dos parâmetros de crescimento (L_{∞} , K e t_0). Com base nisso consideramos que as medidas de discordância e precisão realizadas entre as leituras 1 e 2 são precisas entre si e que os parâmetros de crescimento obtidos neste estudo podem ser utilizados para representar as população de *Epinephelus morio* e *Mycteroperca bonaci* amostrados durante o período de maio de 2005 a setembro de 2012 no Banco dos Abrolhos.

No entanto, os parâmetros de crescimento do nosso estudo com *E. morio* (L_{∞} = 90,75 CT, K = 0,062, t_0 = -4,184) foram diferentes dos parâmetros obtidos no HN, Flórida por Moe (1969) (L_{∞} = 67,2 CP, K = 0,179, t_0 = -0,449), Carolina do Norte a Key West na Florida por Stiles & Burton (1994), Golfo do México por Johnson & Collins (1994) (L_{∞} = 79,9 CT, K = 0,226, t_0 =-0,056) e costa oeste da Florida por Lombardi-Carlson *et al.* (2008) (L_{∞} = 96,0 CT, K = 0,080, t_0 =-6,090). O mesmo padrão de diferenças foi verificado para *M. bonaci* em Abrolhos em relação aos diferentes parâmetros obtidos por Crabtree & Bullock (1998), Manooch & Mason (1987) e Rénan *et al.* (2013). O L_{∞} para o badejo em Abrolhos (L_{∞} =183,62 CT) foi o maior que o reportado para a espécie. No Banco do Campeche (L_{∞} = 138,4 centímetros CF) Rénan *et al.* (2013) registraram valores maiores que as populações da Flórida (L_{∞} = 135,2 centímetros CT - Manooch & Mason, 1987; e L_{∞} = 130,6 centímetros CT - Crabtree & Bullock, 1998). O K do nosso estudo (K = 0,028) seguiu o mesmo padrão com valor maior em relação aos reportados para o HN (K = 0,12 - Rénan *et al.* 2013; K = 0,115 - Manooch & Mason, 1987; K = 0,169 - Crabtree & Bullock, 1998).

Em todas as estimativas avaliadas neste estudo e na bibliografia citada sobre as espécies alvo, valores negativos de t_0 foram registrados sendo frequentes nas espécies que apresentam crescimento rápido durante os primeiros anos de vida e reduzem o crescimento nos anos seguintes (Sadovy *et al.*,1992; Newman *et al.*, 1996; Craig *et al.*, 1999). Estas diferenças registradas no crescimento entre as populações de *E. morio* e *M. bonaci* do HN com as populações de Abrolhos podem ser atribuídas ao crescimento diferenciando entre as populações, padrões de dieta e variações ambientais (Wootton, 1990) como, temperatura da água e eventos climáticos extremos (como furacões), muito comuns no HN, e com pouca variação climática em Abrolhos (Teixeira *et al.* 2013). A exploração das populações de peixes também pode afetar sua demografia e alterar a

estrutura etária (Goñi, 1998), pela remoção dos indivíduos maiores, que no caso de epinephelideos são os machos (Ferreira 1993, 1995; Brulé *et al.*, 2003; Caballero-Arango *et al.*, 2013) e presumivelmente os mais velhos (Renones *et al.*, 2007).

Dados sobre as capturas por unidade de esforço (CPUE), volume de desembarques e dados de tamanhos são inexistentes para os grandes peixes recifais de Abrolhos. Informações que junto com os parâmetros de crescimento apresentados neste de estudo, possibilitariam uma avaliação de estoque destes importantes recursos pesqueiros, que vêm sendo explorados por mais de um século no Banco dos Abrolhos (Olavo *et al.*, 2005). De fato, valores inferiores de L_{∞} , K e t_0 para *E. morio* e *M. bonaci* eram esperados em relação às populações destas espécies no HN, em virtude do histórico de exploração reportado por Olavo *et al.* (2005). No entanto estes autores descrevem que a modernização desta frota só ocorreu durante o século XX. Com base nisso, vislumbramos dois cenários, um anterior ao século XX, onde uma pesca predominantemente artesanal de baixo impacto ocorria, e após este período, com o aumento do poder de pesca das embarcações e diversificação das artes. Desta forma a exploração destas espécies é relativamente recente, e suas populações com o registro de indivíduos velhos (acima dos 25 anos) podem ter sido beneficiadas pela grande área de plataforma rasa (cerca de 46000km²) e complexa que forma o Banco dos Abrolhos, com diversos mega-habitats, região como os maiores recifes coralíneos do Atlântico Sul, bancos de rodólitos e buracas (Bastos *et al.*, 2013; Moura *et al.*, 2013).

A seletividade das pescarias também é outro fator importante para determinar as taxas de crescimento dentro de uma população, pois selecionam primeiramente os organismos de crescimento rápido, permitindo que aqueles com crescimento mais lento escapem e sobrevivam por mais tempo (Sinclair, 2002). Em populações de peixes hermafroditas protogínicos (e.g *E. morio* e *M. bonaci*) onde machos geralmente são os maiores (Sadovy *et al.*, 1994). Os resultados do teste de Kimura entre sexos na espécie *E. morio* não registraram diferenças entre os sexos, apesar que os valores dos parâmetros de L_{∞} , K e t_0 serem maiores para os machos da garoupa. Freitas *et al.* (2011, in prep) reportam que o tamanho de primeira maturação (L_{50}) nas espécies *E. morio* e *M. bonaci* é de 47,0cm CT e de 63,0 cm CT, respectivamente. Com base nestes valores a idade de primeira maturação das espécies avaliadas em Abrolhos variam de 7 a 8 anos em *E.*

morio e de 10 a 12 em *M. bonaci*, concordantes com os valores disponíveis na literatura (Moe, 1969; Crabtree & Bullock, 1998; Burgos *et al.*, 2007).

Em Abrolhos uma pesca subaquática direcionada as populações de *E. morio* e *M. bonaci* foi estabelecida no início da década de 80, sendo este responsável por grande parte das amostras de indivíduos adultos em nossa amostra, coletados nas cidades de Alcobaça e Prado. Pescadores subaquáticos preferem pescar peixes maiores (Caballero-Arango *et al.* 2013), que tem um alto valor agregado, onde o preço tem uma relação direta com tamanho (Mullon *et al.*, 2012), neste caso quanto maior o peixe, maior o rendimento econômico. O que pode acarretar uma diminuição das populações de machos a níveis críticos, causando um rápido declínio no número de indivíduos na população (Moe, 1969), pela não fertilização dos ovos durante os eventos de reprodução. A garoupa e o badejo são predadores de topo e espécies com crescimento lento e maturação tardia, característica dos grandes epinefelídeos. Essas características, aliadas aos complexos processos de protogínicos de reversão sexual, tornam estas espécies vulneráveis a sobrepesca (Coleman *et al.*, 2000; Morris *et al.*, 2000). A garoupa e o badejo quadrado têm suas populações em declínio e atualmente são classificadas como “quase ameaçada - Near Threatened (NT)”, pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) (IUCN, 2013). Sugerimos que os resultados apresentados neste estudo possam subsidiar estratégias de regulamentação de suas pescarias no Banco dos Abrolhos e que sirvam de base para avaliações dos estoques destes importantes recursos pesqueiros do nordeste do Brasil.

4.7 Agradecimentos

Somos gratos a Juliane Cebola por toda ajuda na coleta das amostras. Agradecemos também a Guilherme Dutra, Danilo Araújo, Jerônimo Amaral, Eduardo Camargo e Renata Pereira (Programa Marinho da Conservação Internacional) e Danieli Marinho Nobre (Universidade Estadual de Santa Cruz) pela ajuda logística de campo e laboratório. Somos muitos gratos também a Manoel Davi, Capitão Zé e quipe da expedição embarcada e ainda a Coral Fortunato e Cristiane Elfes pela ajuda na coleta e processamento nos portos de Alcobaça e Caravelas. Aos amigos Vinicius Abilhoa e Hugo Bornatowski pela ajuda nas análises, críticas e sugestões do manuscrito. Somos especialmente agradecidos a todos os pescadores e vendedores de peixes da RESEX

Cassurubá e Marinha do Corumbau pelo suporte e ajuda, e às Colônias dos pescadores dos municípios de Prado, Alcobaça, Caravelas e Nova Viçosa. Suporte financeiro foi concedido pela Gordon e Betty Moore Foundation através da Conservation International, Conservation Leadership Programme (Projeto N: F024801 – www.peixesrecifais.org), FUNBIO (Pró-Arribada), CNPq (PROABROLHOS), CAPES (Processo BEX: 8938/11-3) e PPG - Ecologia Universidade Federal do Paraná. Esta é uma contribuição da Rede Abrolhos (www.abrolhos.org), financiada pelo Sistema Nacional de Biodiversidade (SISBIOTA) - CAPES/CNPq/FAPES.

4.8 Referências bibliográficas

- Araujo, J. N. & Martins, A. S. (2006). Age and growth of coney (*Cephalopholis fulva*), from the central coast of Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **86**: 187-191.
- Bastos, A. C., Moura, R. L., Amado-Filho, G. M., D'Agostini, D. P., Secchin, N. A., Francini-Filho, R. B., Güth, A. Z., Sumida, P. Y. Z., Mahiques, M. M. & Thompson, F. L. (2013). Buracas: Novel and unusual sinkhole-like features in the Abrolhos Bank. *Continental Shelf Research*, **1**:1-8.
- Beamish, R. J. & Fournier, D. A. (1981). A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **38**:982-983.
- Beverton, R. J. H. & Holt, S.J. (1957). On the dynamics of exploited fish populations. United Kingdom Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.
- Brulé, T., Avila, D. O., Crespo, M. S. & Déniel, C. (1994). Seasonal and diel changes in diet composition of juvenile red grouper (*Epinephelus morio*) from Campeche Bank. *Bulletin of Marine Science*, **55**: 255–262.
- Brulé, T., Déniel, C., Colás-Marrufo, T. & Sánchez-Crespo, M. (1999). Red grouper reproduction in the southern Gulf of Mexico. *Transactions of American Fisheries Society*, **128**: 385–402.
- Brulé, T., Renan, X., Colas-Marrufo, T., Hauyon, Y., Tuz-Slub, A. N. & Déniel, C. (2003). Reproduction in the protogynous black grouper (*Mycteroperca bonaci* (Poey)) from the southern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin NOAA*, **101**:463-475.

- Bullock, L. H., Murphy, M. D., Godcharles, M. F. & Mitchell, M. E. (1992). Age, growth, and reproduction of jewfish, *Epinephelus itajara*, in the eastern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin NOAA*, **90**:243–249.
- Burgos, J. M., Sedberry, G. R., Wyanski, D. M. & Harris, P. J. (2007). Life history of red grouper (*Epinephelus morio*) off the coast of North Carolina and South Carolina. *Bulletin of Marine Science*, **80**: 45–65.
- Caballero-Arango, D., Brulé, T., Nöh-Quñones, V., Colás-Marrufo, T., Pérez-Díaz, E. 2013. Reproductive biology of the Tiger grouper in the Southern Gulf of Mexico. *Transactions of the American Fisheries Society*, **142**: 282-299.
- Campana, S. E. (2001). Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology*, **59**:197- 242.
- Chang, W. Y. B. B. (1982). A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **39**:1208-1210.
- Choat, J. H., Kritzer, J. P. & Ackerman, J. L. (2009). Ageing in coral reef fishes: do we need to validate the periodicity of increment formation for every species of fish for which we collect age-based demographic data? In: Green, B. S., Mapstone, D. B., Carlos, G. & Begg G. A. (eds), Tropical fish otoliths: information for assessment, management and ecology, pp. 23–54. Reviews: methods and technologies in fish biology and fisheries 11. Berlin: Springer Science + Business Media B.V.
- Claro, R. & García-Arteaga, J. (2001). Grow patterns of fishes of the Cuban Shelf. In: Claro, R., Lindeman, K. C. & Parenti, L.R. (eds), Ecology of the marine fishes of Cuba, pp. 149-178. Smithsonian Institution Press, Washington and London.
- Colás-Marrufo, T., Brulé, T. & Déniel, C. (1998). Análisis preliminar de las capturas de meros realizadas a través de unidades de la flota mayor en el Sureste del Golfo de México. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, **50**, 780-803.
- Coleman F. C., Koenig C. C., Huntsman G. R., Musick J. A., Eklund A. M., MCGovern J. C., Chapman R. W., Sedberry G. R. & Grimes C. B. (2000). Long-lived Reef Fishes: The Grouper Snapper Complex. *Fisheries*, **25**(3):14-20.
- Coleman, F. C., Koenig, C. C., Eklund, A. M. & Grimes, C. B. (1999). Management and conservation of temperate reef fishes in the grouper–snapper complex of the southeastern United States. *American Fisheries Society Symposium*, **23**: 233–242.

- Costa, P. A. S., Braga, A. C., Rubinich, J.P., Vila-da-Silva, A. O. A. & Neto, C. M. (2011). Age and growth of the snowy grouper, *Epinephelus niveatus*, off the Brazilian coast. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 91. doi:10.1017/S0025315411000142.
- Costa, P. A. S., Braga, A. C. & Rocha, L. O. F. (2003). Reef fisheries in Porto Seguro, eastern Brazilian coast. *Fisheries Research*, **60**: 577-583.
- Crabtree, R. E. & Bullock, L. H. (1998). Age, growth, and reproduction of black grouper, *Mycteroperca bonaci*, in Florida waters. *Fishery Bulletin*, **96**: 735-753.
- Craig, M. T., Pondella, D. J. & Hafner, J. C. (1999). Analysis of age and growth in two eastern pacific groupers (Serranidae: Epinephelinae). *Bulletin of Marine Science*, **65**(3): 807–814.
- Craig, M. T., Sadovy de Mitcheson, Y. J. & Heemstra, P. C. (2011). Groupers of the World: A Field and Market Guide. Grahamstown: CRC Press.
- Ekau, W. & Knoppers, B. (1999). An introduction to the pelagic system of the North–East and East Brazilian shelf. *Archive of Fishery and Marine Research*, **47**(2):113-132.
- Ferreira, B. P. (1993). Reproduction of the inshore coral trout *Plectropomus leopardus* (Perciformes:Serranidae) from the Central Barrier Reef, Australia. *Journal of Fish Biology*, **42**: 831-844.
- Frédou, T., Ferreira, B. P. & Letourneur, Y. (2006). A univariate and multivariate study of reef fisheries off northeastern Brazil. *ICES Journal of Marine Science*, **63**: 883-896.
- Freitas, M. O., Moura, R. L., Francini-Filho, R. B., Minte-Vera, C. V. (2011). Spawning patterns of commercially important reef fishes (Lutjanidae and Serranidae) in the tropical Western South Atlantic. *Scientia Marina*, **75**: 135-146.
- Freitas, M. O. (2009). Pesca artesanal e Biologia reprodutiva do Ariocó *Lutjanus synagris* (Lutjanidae) no Banco dos Abrolhos. Dissertação de Mestrado em Sistemas Aquáticos Tropicais – Universidade Estadual de Santa Cruz Ihéus-BA. 125P.
- García-Cagide, A. & García, T. (1996). Reproducción de *Mycteroperca bonaci* y *Mycteroperca venenosa* (Pisces: Serranidae) en la plataforma cubana. *Revista de Biología Tropical*, **44**(2): 771-780.
- Giménez-Hurtado, H., Garcia, V. M. C., Rosas, R. B. & Chioldes, S. A. (2003). Reproducción y fecundidad de la cherna americana (*Epinephelus mIorio*) en el Banco de Campeche. *Oceánides*, **18**(1): 13–21.

- Goñi, R. (1998). Ecosystem effects of marine fisheries: an overview. *Ocean and Coastal Management*, **40**: 37–64.
- Green, B. S., Mapstone, B. D., Gary, C. & Begg, G. A. (2009). Introduction to otoliths and fisheries in the tropics. In: Green, B. S., Mapstone, B. D., Gary, C. & Begg, G. A. (eds), *Tropical Fish Otoliths: Information for Assessment, Management and Ecology*. pp 1-22. Springer, New York.
- Heemstra, P. C. & Randall, J. E. (1993). *FAO Species Catalogue. Groupers of the world (Family Serranidae, Subfamily Epinephelinae)*. An annotated and illustrated catalogue of the grouper, rockcod, hind, coral grouper and lyretail species known to date. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Hurtado, E. G., Garcia, V. M. C., Rosas, R. B. & Chioldes, S. A. (2003). Reproducción y fecundidad de la cherna americana (*Epinephelus morio*) en el Banco de Campeche, México. *Oceánides*, **18**: 13-21
- IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on: **21 January 2014**.
- Johnson, A. G. & Collins, L. A. (1994). Age-size structure of red grouper, *Epinephelus morio*, from the eastern Gulf of Mexico. *Northeast Gulf Science*, **13**:101–106.
- Kimura, D. K. (1980). Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve. *Fishery Bulletin*, **77**(4):765-776.
- Le Crên, E. D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonadal weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, **20**: 201-219.
- Leão, Z. M. A. N., Kikuchi, R. K. P. & Testa, V. (2003). Corals and coral reefs of Brazil. In: Cortes, J. (ed), *Latin America Coral Reefs*. Elsevier Science, Amsterdam, pp 9-52.
- Lima, J. M. H. M., Helmer, J. L., Gomes, P. M., Silva, H. R. (1985). Grupo de trabalho sobre peixes de linha de Abrolhos e Mar Novo. Relatório da segunda reunião do Grupo de Trabalho e Treinamento (GTT) sobre avaliação de estoques. PDP – Serie documentos técnicos, Brasília. v. 34. p. 302-339.
- Lombardi-Carlson, L., Fitzhugh, G., Palmer, C., Gardner, C., Farsky, R. & Ortiz, M. (2008). Regional size, age and growth differences of red grouper (*Epinephelus morio*) along the west coast of Florida. *Fisheries Research*, **91**: 239–251.

- Manooch, C. S. & Manson, D. L. (1987). Age and growth of the Warsaw grouper, and black grouper from the southeast region of the United States. *Northeast Gulf Science*, **9**: 65–75.
- Marchioro, G. B., Nunes, M. A., Dutra, G. F., Moura, R. L., Pereira, P. G. P. (2005). Avaliação dos impactos da exploração e produção de hidrocarbonetos no Banco dos Abrolhos e adjacências. *Megadiversidade*, **1**(2): 225-310.
- Marriott, R. J. & Mapstone, B. D. (2006). Consequences of inappropriate criteria for accepting age estimates from otoliths, with a case study for a long-lived tropical reef fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **63**(10): 2259-2274.
- Martins, A. S., Olavo, G. & Costa, P. A. S. (2005). A pesca de linha de alto mar realizada por frotas sediadas no Espírito Santo, Brasil. In: Costa, P. A. S., Martins, A. S. & Olavo, G. (eds). Pesca e potenciais de exploração de recursos vivos na região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira, pp. 35-55. Rio de Janeiro: Museu Nacional, Série Livros n.13.
- Moe, M. A. Jr. (1969). Biology of the red grouper, *Epinephelus morio* (Valenciennes) from the eastern Gulf of Mexico. Florida Department of Natural Resources, Marine Research Laboratory. *Professional Papers Series*, **10**: 1-95.
- Morris, A. V., Roberts, C. M. & Hawkins, J. P. (2000). The threatened status of groupers (Epinephelinae). *Biodiversity and Conservation*, **9**: 919-942.
- Moura, R. L. & Francini-Filho, R. B. (2006). Reef and shore fishes of the Abrolhos Region, Brazil. In: Dutra, G. F., Allen, G. R., Werner, T. & McKenna, A. S (eds), A Rapid Marine Biodiversity Assessment of the Abrolhos Bank, Bahia, Brazil, pp. 40–55. Washington, DC: Conservation International.
- Moura, R. L., Secchin, N. A., Amado-Filho, G. M., Francini-Filho, R. B., Freitas, M. O., Minte-Vera, C. V., Teixeira, J. B., Thompson, F. L., Dutra, G. F., Sumida, P. Y. G., Guth, A. Z., Lopes, R. M. & Bastos, A. C. (2013). Spatial patterns of benthic megahabitats and conservation planning in the Abrolhos Bank. *Continental Shelf Research*, **70**: 109-117. doi: 10.1016/j.csr.2013.04.036.
- Mullon, C., Field, J. G., Thébaud, O., Cury, P. & Chaboud, C. (2012). Keeping the big fish: Economic and ecological tradeoffs in size-based fisheries management. *Journal of Bioeconomics*, **14**:267–285.
- Munro, J. L. (1983). Caribbean coral reef fishery resources. International center living aquatic resources management (ICLARM) *Studies Reviews*, **7**: 1-276.

- Newman, S. J., Williams, D. M. B. & Russ, G. R. (1996): Age validation, growth and mortality rates of the tropical snappers (Pisces: Lutjanidae), *Lutjanus adetii* (Castelnau, 1873) and *L. quinquelineatus* (Bloch, 1790) from the central Great Barrier Reef, Australia. *Marine Freshwater Research*, **47**: 575–584.
- Olavo, G., Costa, P. A. & Martins, A. S. (2005). Caracterização da pesca de linha e dinâmica das frotas linheiras da Bahia. In: Costa, P. A. S., Martins, A. S. & Olavo, G. (eds), Pesca e potenciais de exploração de recursos vivos na região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira, pp.13-34. Rio de Janeiro: Museu Nacional, Serie livros n.13.
- Panfili, P. H., Troadec, H. & Wright, P. J. (2002). Manual of fish sclerochronology. Ifremer-IRD coedition, Brest.
- Réan, X., Seca-Chablé E. & Brulé, T. (2013). Age and Growth of *Mycteroperca bonaci* from Southern Gulf of Mexico. *Proceedings of Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, **65**: 390-394.
- Reñones, O., C. Piñeiro, X. Mas, and R. Goñi. (2007). Age and growth of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe 1834) in an exploited population of the Western Mediterranean. *Journal of Fish Biology*, **71**: 346-362.
- Russ, G. R. & Alcala, A. C. (1996). Marine reserves: rates and patterns of recovery and decline of large predatory fish. *Ecological Applications*, **6**: 947-961.
- Sadovy de Mitcheson, Y., Craig, M. T., Bertoncini, A. A., Carpenter, K. E., Cheung, W. W. L., Choat, J. H., Cornish, A. S., Fennessy, S. T., Ferreira, B. P., Heemstra, P. C., Liu, M., Myers, R. F., Pollard, D. A., Rhodes, K. L., Rocha, L. A., Russell, B. C., Samoilys, M. A. & Sanciangco, J. (2013). Fishing groupers towards extinction: a global assessment of threats and extinction risks in a billion dollar fishery. *Fish and Fisheries*, **14**: 119–136. doi: 10.1111/j.1467-2979.2011.00455.x.
- Sadovy, Y. (2001). The threat of fishing to highly fecund fishes. *Journal Fish Biology*, **59**: 90-108.
- Sadovy, Y., M. Figuerola & Roman, A. (1992). Age and growth of red hind, *Epinephelus guttatus*, in Puerto Rico and St. Thomas. U.S. *Fishery Bulletin*, **90**: 516-528.
- Secor, D. H., Dean, J. M. & Laban, E. H. (1991). Manual for otolith removal and preparation for microstructure examination. Baruch Institute for Marine Biology and Coastal Research/ <http://cbl.umces.edu/~secor/otolith-manual.html>. Acesso em 08 de outubro de 2013.

- Sinclair, A. F., Swain, D. P. & Hanson, J. M. (2002). Disentangling the effects of size selective mortality, density and temperature on length-at-age. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **59**:372-382.
- Smith, C. L. (1961). Synopsis of biological data on groupers (*Epinephelus* and allied genera) of the western North Atlantic. *FAO Fishery Biology Synopsis*, **23**, 1: pp. 1-62.
- Stiles, T. C. & Burton, M. L. (1994). Age, growth and mortality of red grouper, *Epinephelus morio* from the southeastern U. S. Gulf. *Proceedings Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, **43**:123-137.
- Teixeira, C. E. P., Lessa, G. C., Cirano, M. & Lentini, C. A. D. (2013). The inner shelf circulation on the Abrolhos Bank, 18 S, Brazil. *Continental Shelf Research*, **70**: 1: 13–26. doi.org/10.1016/j.csr.2013.09.003.
- Teixeira, S. F., Ferreira, B. P., Padovan, I. P. (2004). Aspects of fishing and reproduction of the black grouper *Mycteroperca bonaci* (Poey 1860) (Serranidae: Epinephelinae) in the Northeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, **2**: 19-30.
- Wootton, R. J. (1990). *Ecology of Teleost Fishes*. Chapman and Hall, New York.
- Wright, P. J., Panfili, J., Morales-Lín, B. & Greffen, A. J. (2002). Types of calcified structures otoliths. In Panfili, J., Pontual, H., Troadec, H. & Wright, P. J. (eds), *Manual of fish sclerochronology*, pp. 31–57. Brest: Ifremer–IRD co-edition.