

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO  
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS  
**INSTITUTO DE PESCA**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

**IDENTIFICAÇÃO MOLECULAR, BIOLOGIA E PESCA DE  
TUBARÕES DO GÊNERO *CARCHARHINUS*  
(CHONDRICHTHYES – CARCHARHINIFORMES): UMA  
CONTRIBUIÇÃO PARA A GESTÃO DA PESCA DO  
ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL.**

**Rodrigo Rodrigues Domingues**

**Orientador: Alberto Ferreira de Amorim**

**Co-Orientador: Alexandre W. S. Hilsdorf**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

**São Paulo**

**Novembro – 2011**

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO  
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS  
**INSTITUTO DE PESCA**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

**IDENTIFICAÇÃO MOLECULAR, BIOLOGIA E PESCA DE  
TUBARÕES DO GÊNERO *CARCHARHINUS*  
(CHONDRICHTHYES – CARCHARHINIFORMES): UMA  
CONTRIBUIÇÃO PARA A GESTÃO DA PESCA DO  
ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL.**

**Rodrigo Rodrigues Domingues**

**Orientador: Alberto Ferreira de Amorim**

**Co-Orientador: Alexandre W. S.Hilsdorf**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

**São Paulo**

**Novembro – 2011**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Elaborada pelo Núcleo de Informação e Documentação. Instituto de Pesca, São Paulo

D671i Domingues, Rodrigo Rodrigues  
Identificação molecular, biologia e pesca de tubarões do gênero *Carcharhinus*  
(Chondrichthyes: Carcharhiniformes) : uma contribuição para a gestão da pesca do  
Estado de São Paulo / Rodrigo Rodrigues Domingues. – São Paulo, 2011.  
v, 67f. ; gráf. ; tab.

Dissertação (mestrado) apresentada ao Programa de Pós-graduação em  
Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - Secretaria de Agricultura e  
Abastecimento.

Orientador: Alberto Ferreira Amorim.

1. Conservação. 2. Genética. 3. Pesca. 4. Tubarões. I. Amorim, Alberto  
Ferreira de. II. Título.

CDD 597.3

Permitida a cópia parcial, desde que citada a fonte – O autor

**DEDICATÓRIA**

*Dedico este trabalho ao autor e  
consumador da minha vida, Jesus.*

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
INTRODUÇÃO .....	1
OBJETIVOS.....	9
APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	10
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11

CAPÍTULO 1: Identificação genética de tubarões do gênero *Carcharhinus* (Chondrichthyes: Carcharhiniformes) capturados sudoeste do Oceano Atlântico: Uma contribuição para a gestão pesqueira

RESUMO.....	19
INTRODUÇÃO.....	20
MATERIAIS e MÉTODOS.....	22
RESULTADOS.....	24
DISCUSSÃO.....	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
TABELAS E FIGURAS.....	34

CAPÍTULO 2: Participação de Tubarões do Gênero *Carcharhinus* (Chondrichthyes – Carcharhiniformes) na Pesca Atuneira do Sudeste e Sul do Brasil.

RESUMO.....	39
INTRODUÇÃO.....	40
MATERIAIS E MÉTODOS .....	41
RESULTADOS.....	43
DISCUSSÃO.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60

## **AGRADECIMENTOS**

Este modesto trabalho não teria sido realizado sem a ajuda de várias pessoas que gostaria de agradecer. É certo que nessa hora nossa memória nos trai, mas sintam-se todos agradecidos!

Primeiramente a Deus, pelo seu imensurável amor e graça, sem Ele nada disso teria acontecido.

À minha mãe, por ter me ensinado os valores da vida, não somente com palavras, mas pelo exemplo de vida, pelo seu amor incondicional, incentivo e por toda ajuda. Valeu mãe, te amo muito!

Ao meu pai Manoel P. Domingues (em memória)

À minha avó e minha irmã, pelo amor, carinho, compreensão e pelos almoços de domingo... Amo vocês!

A minha esposa Juliana, pelo amor, compreensão e paciência (nem sempre!) que teve durante mais esta etapa da minha vida e por acreditar nos meus sonhos, chorando nas minhas derrotas e se alegrando nas minhas vitórias... Amo muito!

A minha pequena Giovanna que veio para trazer mais alegria a minha vida, pelos momentos de recreação e felicidades imensuráveis, depois de um dia cansativo de desembarques, bancadas, viagens, etc.

À família Vaquette, em especial aos meus sogros por terem feito essa mulher linda que é a minha esposa e a minha cunhada Daniele pelos quebragalhos na minha ausência!!!

Aos meus amados pastores, Eric e Sheila, pelo exemplo, cuidado e amor. Amo vocês!

Ao meu orientador Alberto Ferreira de Amorim, pela sua amizade, paciência, competência, confiança e inúmeros auxílios. Pelas conversas sobre as pescarias e sobre a vida. O senhor foi muito mais que orientador. Muito obrigado!

A professora Christina Amorim, por todos os auxílios durante estes anos de trabalho.

Aos colegas atuais e aos que já passaram pelo grupo de pesquisa de tubarões e agulhões do IP, Natálias, Barbara, Roberta, Bruna, Amanda, Caio

“neguim”, Guilherme, Alexandre, Victor, Bia, Bruno Mourato... obrigado por todo auxílio.

Ao meu co-orientador Alexandre Hilsdorf pela confiança, amizade, auxílio, incentivo e pelas oportunidades oferecidas durante o mestrado. O trabalho segue...

A todos os alunos do LAGOAA, Pâmela, Suhaila, William, Ju-Biasi, Gabriel “Evo”, Laura, Marcinha, Luiza, Caio, Juliana Viana, Sara e Léia por todos os auxílios e ensinamentos durante os trabalhos de bancada.

Ao Dr. Mahmood Shivji, por me permitir estagiar em seu laboratório, pelo auxílio e confiança, com certeza essa parceria vai perdurar por anos...

Aos alunos do Ocean Center da Nova Southeastern University, Rebeka Horn, Teagan Gray, Andrea Bernard, Shara Teter, Christine Testerman, por facilitar meu dia-a-dia no lab e também pela amizade. Flórida Panthers!!!

Ao Danillo Pinhal pelas preciosas dicas que antecederam minha ida ao EUA e a Tatiana Branco pelo auxílio durante minha estada por lá.

Ao Dr. Manoel Matheus e Alexandre Angrimani, pela amizade e disponibilidade do NUPEC durante a identificação das cabeças de tubarões.

Aos Professores da Pós-Graduação do IP que me enriqueceram com suas aulas: André Vaz, Evandro Severino, Carlos Arfelli, Alberto Amorim, Antonio Olinto, Acácio Tomas, Paula Genova e Luiz Miguel Casarini.

Aos “brothers” do dia-a-dia de pesca: Allan Scalco, Joelson “Joe”, Matheus Rotundo, João Paschoa, Caio Fernandes, Natália Piva-Silva, Thiago “yellow”, Juliana, Bruno. Valeu galera!

Aos colegas do Ômega, Márcia Regina, Auxi, Barbara, Claudia, Aninha, Marina, Natália, Janaina, Renatão, tia Ana, tia Wilma, tia Tânia, e a todos os funcionários.

Aos meus amigos mais chegados que irmãos: família Matsuda, Hugo e Alê, Paulinho e Mayra, Marcos e Jaqueline, Bruno e Priscila, Rodrigo e Yandra, Érika, Marcelo e Grazi... Valeu galera!

Aos membros da comissão avaliadora, Dr. Fernando F. Mendonça e Dr. Maria Cristina Oddone que vieram de tão longe enriquecer este trabalho.

Ao Santiago Monte-Alegre Quijano e Jules Soto pelo convite e ótima recepção durante VII Reunião da SBEEL.

Aos pescadores dos barcos atuneiros de Santos por possibilitar as amostragens.

Ao alvinegro da Vila Belmiro pelos vários momentos de felicidade... foram muitos títulos “vai pra cima deles Santos”!!!

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pela bolsa concedida.

## RESUMO

A captura de tubarões nas últimas décadas tem mostrado um aumento gradativo devido à valorização de sua carne e subprodutos. Conseqüentemente, essa alta demanda tem provocado um impacto sobre as populações. O objetivo deste trabalho foi realizar uma identificação molecular dos tubarões do gênero *Carcharhinus* capturados pela frota atuneira de São Paulo. Um total de 319 carcaças foi identificado pela técnica de PCR-multiplex. O DNA das amostras que não pode ser identificado por esta técnica foi sequenciado. Do total analisado 50,5% pertenceram a espécie *C. falciformis*, 47,6% a *C. signatus*, 0,6% a *C. brachyurus* e 0,3 a *C. plumbeus*. Outros gêneros também foram encontrados através das análises de sequências, de modo que 0,6% correspondeu a *Sphyrna zygaena* e 0,3% de *Isurus paucus*. A partir da identificação molecular foi possível a realização de um estudo biológico-pesqueiro das espécies *C. falciformis* e *C. signatus* e analisar a participação do gênero através das folhas de comercialização disponíveis no banco de dados do Instituto de Pesca. As maiores capturas do gênero *Carcharhinus* ocorreram entre o período 1971 e 1995, com a utilização do espinhel japonês, alcançando picos de até 362,402 kg. No segundo período, entre 1995 e 2009, as capturas apresentaram uma tendência decrescente. Os maiores valores de captura ocorreram na primavera e verão. As espécies *C. falciformis* e *C. signatus* foram bastante abundantes durante a primavera e os comprimentos totais (CT) variaram entre 75 e 295 cm para *C. falciformis* e 87 e 260 cm em *C. signatus*. A proporção sexual em *C. falciformis* foi 2,1:1 em 2009 e 3:1 em 2010. Para *C. signatus* a proporção sexual foi 1:1 em 2009 e 2010. O coeficiente de determinação na relação entre comprimento carcaça (origem da nadadeira peitoral – pedúnculo caudal - CC) e comprimento total de *C. falciformis* apresentaram altos valores,  $r^2=0,9923$  para machos e  $r^2 = 0,994$  para as fêmeas. Em *C. signatus* as regressões também foram bem ajustadas com  $r^2=0,948$  para machos e  $r^2=0,9894$  para fêmeas. As capturas de ambas as espécies incidiram principalmente sobre indivíduos juvenis. Desta forma, medidas protecionistas devem ser implementadas, uma vez que as espécies em questão, constam na Lista Vermelha da IUCN.

**Palavras chave:** Conservação, genética, biologia-pesqueira, tubarões.

## ABSTRACT

The shark catch in recent decades has shown a gradual increase due to the appreciation of its meat and by-products and hence this high demand has caused an impact on their populations. The objective of this study was to identify to species sharks of genus *Carcharhinus* through molecular techniques, from specimens caught by the Sao Paulo tuna fleet. A total of 319 carcasses were identified by PCR-multiplex technique. The DNA of samples that could not be identified by this technique were sequenced. Of the total analysed, 50.5% corresponded to *C. falciformis*, 47.6% to *C. signatus*, 0.6% to *C. brachyurus* and 0.3% to *C. plumbeus*. Other species revealed through the analysis of DNA sequences represented in the samples in less proportion were *S. zygaena* (0.6%) and *Isurus paucus* (0.3%). From the molecular identification it was possible to conduct a study of the fishery biology of *C. falciformis* and *C. signatus* and analyze the participation of the *Carcharhinus* genus through the logbook commercial available in the database of Instituto de Pesca of Sao Paulo State, Brasil. The highest catches of the *Carcharhinus* genus occurred from 1971 to 1995, using the Japanese longline, reaching peaks of 362.402 kg. In the second period, from 1995 to 2009, the catch showed a decreasing trend. The highest values of catches occurred in spring and summer in both years. The species *C. falciformis* and *C. signatus* were very abundant during the spring for the period in question. Total length (TL) ranged from 75 to 295 cm for *C. falciformis*, and from 87 to 260 cm for *C. signatus*. The sex ratio in *C. falciformis* was 2.1:1 for male and female, respectively in 2009 and 3:1 for male and female, respectively in 2010. To *C. signatus* sex ratio was 1:1 in 2009 and 2010. The *C. falciformis* coefficient of determination relationship (CC x CT) showed high values,  $r^2 = 0.9923$  for males and  $r^2 = 0.994$  for females. In *C. signatus* regressions were also well fitted with  $r^2 = 0.948$  for males and  $r^2 = 0.9894$  for females. Catches of both species were probably juveniles. Thus, protective management should be implemented as the catches were composed mostly by juveniles of species that are, included in the IUCN Red List.

**Key word:** Conservation, genetics, fishery biology, shark

## INTRODUÇÃO

Os tubarões são peixes cartilaginosos e junto com as raias formam a subclasse Elasmobrânchii, aproximadamente 1.100 espécies são conhecidas em todo o mundo (COMPAGNO, 2001). São demasiadamente explorados pela mídia devido a ataques a seres humanos, entretanto, representam uma importante fonte na obtenção de produtos e subprodutos para o homem, principalmente carne, nadadeiras e pele (LAST e STEVENS, 2009).

Podem estar presentes em diferentes ecossistemas como enseadas e estuários, em águas frias de costas rochosas, em recifes de coral tropical, em oceanos e profundas fossas abissais e até mesmo em rios (LAST e STEVENS, 2009; WHITE e SOMMERVILLE, 2010). Possuem um importante papel nesses ecossistemas, pois estão posicionados na parte superior da cadeia trófica, pelo fato de muito deles serem animais de grande porte e se alimentarem de uma ampla gama de presas, regulando o ecossistema, sobretudo em ambientes tropicais e subtropicais (GARRICK, 1982; CAMHI *et al.*, 1998).

De todas as ordens descritas, a ordem Carcharhiniformes, apresenta a maior quantidade de gêneros, espécies, abundância e biomassa, sendo espécies oceânicas e de águas temperadas encontradas desde plataformas continentais até 200 metros de profundidade (COMPAGNO, 2005). A família *Carcharhinidae* Jordan e Everman, 1896, principalmente o gênero *Carcharhinus* Blainville, 1816 compreende o maior número de espécies. No litoral brasileiro são registrados 06 gêneros e 22 espécies, sendo a família com o maior número de espécies registrada no Brasil. O gênero *Carcharhinus* compreende 31 espécies, das quais 15 existentes no Brasil, constituindo um grupo de difícil identificação (GADIG, 2001).

A maioria dos elasmobrânquios possui baixa fecundidade quando comparados com peixes ósseos e invertebrados marinhos, pois o número de filhotes produzidos por fêmeas pode variar entre espécies, crescimento lento, maturação gonadal tardia e alta longevidade (CAMHI *et al.* 1998). A

combinação dos fatores expostos acima torna esse grupo extremamente suscetível à sobrepesca, levando-os a rápidos declínios populacionais, fazendo da conservação e gestão das pescarias de tubarões uma questão de urgência e preocupação internacional. E o tempo necessário para o restabelecimento de uma população impactada pode ser de décadas (STEVENS *et al.*, 2000; MUSICK, 2005).

Com as dificuldades envolvidas na identificação de muitos tubarões, a maior parte das pescarias não registra os desembarques de tubarões por espécie, mas sim, agregando-os como um grupo genérico de “cação” ou dentro de grupos familiares (*Sphyrnas spp.*, *Alopias spp.*, *Isurus spp.*) na melhor das hipóteses, o que dificulta um ordenamento pesqueiro correto, uma vez que cada espécie responde de maneira diferente à pressão da pesca (STEVENS, 2005).

A pesca de tubarões nos últimos anos tem mostrado um aumento gradativo, devido à valorização de sua carne e subprodutos (barbatanas, pele e cartilagem), totalizando quase um milhão de toneladas anuais, ao passo que no Brasil na década de noventa a captura aumentou cerca de 60%, representando 4% da captura mundial do grupo (BONFIL 1994). Segundo dados estatísticos da FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) a captura mundial de Elasmobrânquios em 2007 foi de 781.000 toneladas (FAO, 2009). No Brasil, o total da captura de todas as espécies de tubarões em 2009 está incluído nos itens cações e foi de 12.000 toneladas, excluindo a categoria “cação-azul” (IBAMA, 2010). Essa demanda por produtos derivados dos tubarões e conseqüentemente a necessidade de um aumento na sua captura, vem exercendo um grande impacto sobre as populações dos mesmos (AMORIM *et al.* 2002).

Segundo PAESCH e MENESES (1999) a dificuldade na identificação de tubarões em nível de espécie e a sua classificação em grupos familiares geram dificuldades para uma correta avaliação de sua captura e estatística pesqueira. Já PEQUEÑO e LAMILLA (1997) sugerem que atualmente as espécies

desembarcadas e incluídas nas estatísticas pesqueiras, devem ser identificadas com maior precisão e a pesca deve ser fiscalizada de um modo mais eficaz, em tempos que a exploração desses peixes tem aumentado.

Devido à morfologia semelhante entre as espécies do gênero *Carcharhinus*, uma correta identificação torna-se difícil, pois, na pesca, esses animais são eviscerados e descabeçados ainda no mar (AMORIM *et al.* 1998). Como a maior parte das espécies do gênero *Carcharhinus* é identificada através do número, forma e disposição dos dentes, seu reconhecimento com o corte e descarte da cabeça é dificultado (GARRICK, 1982).

Portanto, a correta identificação, bem como dados estatísticos pesqueiros das referidas espécies do gênero *Carcharhinus* é indispensável, ao passo que, sem a mesma torna-se difícil um correto ordenamento pesqueiro dessas espécies

### ***Pesca e Biologia***

De acordo com BAUM *et al.* (2003) o espinhel pelágico é uma arte de pesca utilizada em todos os oceanos abertos do mundo. No Brasil, o espinhel pelágico teve início em 1956, com barcos japoneses sediados em Recife-PE, estendendo-se para o sudeste e sul do Brasil em 1958, com arrendamento de três embarcações japonesas sediadas em Santos-SP, que pescaram até 1961. No entanto, as estatísticas de tubarões nesse período são inexistentes (ARFELLI e AMORIM, 1988; MENEZES de LIMA *et al.* 2000).

Nos anos 1965 e 1966, também em Santos-SP, uma frota nacional iniciou suas atividades com duas embarcações, alcançando um máximo de vinte embarcações em 1998 e diminuindo gradualmente, com 14 embarcações em 2000 (AMORIM *et al.*, 2002). Em 2009 a frota sediada em São Paulo reduziu para três o número de embarcações e em abril de 2010 encerrou suas atividades. Desde 2000, com início em Itaipava-ES desenvolveu-se uma frota multi-específica pescando com embarcações de pequeno porte, capturando

grande quantidade de atuns, peixes-de-bico, tubarões e outros (PIMENTA *et al.*, 2007).

A pesca comercial de tubarões no sudeste e sul do Brasil, por meio de espinhel e rede de espera, baseia-se amplamente nas capturas de Carcharhinidae (FIGUEIREDO, 1977, SADOWSKI e AMORIM, 1977). Entretanto, a falta de séries históricas de captura, dados de desembarque em nível espécie-específico e dados de esforço, continuam sendo um problema para avaliação de estoque (WARD, 2000) e estudos biológicos e a estatística pesqueira relacionados aos tubarões do gênero *Carcharhinus* no sudeste e sul do Brasil são escassos e a maioria publicado sob forma de resumos.

TOMÁS *et al.* (1991) estudaram a participação dos cações pelágicos na pesca de arrasto dirigida ao camarão-rosa, entre os anos de 1987 a 1990. Neste trabalho foram encontrados as espécies *C. brevippina* (Müller e Henle, 1839) e *C. signatus* (Poey, 1868) como as mais abundantes, com picos de biomassa entre os meses março e setembro. NARDI e VOOREN (1997) estudaram a ocorrência de juvenis de *C. signatus* no sul do Brasil e verificaram maior abundância nos meses de novembro e dezembro. AMORIM *et al.* (1998) registraram a ocorrência doze espécies de *Carcharhinus* no sudeste e sul do Brasil em duas décadas, relacionando-os com suas frequências relativas, sendo as espécies *C. longimanus* (Poey, 1861) e *C. signatus* as mais abundantes.

ASANO-FILHO *et al.* (2004) relataram que entre as espécies de tubarão capturados pela pesca atuneira do norte do Brasil, *C. longimanus* foi a mais abundante, representando 39% e com 47% dos indivíduos acima do comprimento médio de primeira maturação gonadal. Já a espécie *C. falciformis* (Müller e Henle, 1839), mostrou diferenças significativas durante o período estudado, sendo os maiores indivíduos capturados no segundo semestre.

HAZIN *et al.* (2000; 2002; 2007a, 2007b) estudaram a reprodução de *C. signatus*, *C. falciformis*, *C. plumbeus* (Nardo, 1827) e *C. acronotus* (Poey, 1860). LESSA *et al.* (1998, 1999a) estudaram a estrutura populacional e aspectos reprodutivos de *C. porosus* (Ranzani, 1839) em águas costeiras do Maranhão. Estudos realizados sobre estrutura populacional, reprodução, idade e crescimento de *C. longimanus* foram realizados por LESSA *et al.* (1999b, 1999c). Mais recentemente VASKE-JUNIOR. *et al.* (2009) estudaram a estratégia alimentar de *C. signatus* no nordeste do Brasil.

### **Aplicação de Técnicas Moleculares na Identificação de Espécies**

O campo da genética da conservação se desenvolveu no início da década de 1980, principalmente para apoiar a aplicação das análises genéticas moleculares em problemas e questões da conservação das espécies (OGDEN *et al.* 2009).

Com a crescente demanda e conseqüentemente com o aumento da captura de diversos recursos pesqueiros, a comercialização desses produtos tem sido alvo de diversas medidas legais ao redor do mundo no sentido de regulamentar, fiscalizar e identificar corretamente as espécies de peixes provenientes da captura comercial (WOOLFE e PRIMROSE, 2004). Tal identificação é geralmente baseada em caracteres morfológicos que podem se perder devido ao processamento do pescado, que geralmente se inicia a bordo da embarcação.

A identificação por meio de marcadores moleculares pode ser realizada com mínimas amostras de tecido que independem do estado de modificação que o pescado possa apresentar. Diferentes regiões do genoma, tanto mitocondrial como nuclear, têm sido usadas para a identificação de espécies de organismos aquáticos de interesse econômico (KILE e WILSON, 2007; SEVILLA *et al.*, 2007)

No caso dos tubarões ambos os genomas têm sido testados para identificação correta de espécies, Sendo amplamente utilizadas as técnicas de PCR-RFLP, PCR-multiplex e análise de sequências. Nesta primeira técnica são gerados fragmentos espécie-específico, através de restrição enzimática, que possibilitem de forma rápida e eficiente a distinção de várias espécies de tubarões. MARTIN (1993) apontou o uso desta técnica para identificação de carcaças de tubarões principalmente do gênero *Carcharhinus*. HEIST e GOULD (1999) criaram padrões de diferenciação para 18 espécies da ordem *Carcharhiniformes* ocorrentes no Atlântico Norte, utilizando os genes Cyt B e RNAt treonina. CHAN *et al.* (2003) desenvolveram a mesma técnica para identificação de seis espécies de *Carcharhinus* em águas australianas.

Além da técnica da PCR-RFLP, a PCR-Multiplex, tem sido amplamente utilizada para a identificação de espécies de tubarões. Esta técnica foi desenvolvida com a finalidade de, com um único ensaio, altamente específico, promover a diferenciação entre várias espécies simultaneamente. Isto envolve a amplificação simultânea de mais de uma sequência alvo por reação, pela mistura de vários primers (OLIVEIRA, *et al.*2007).

Com esta técnica PANK *et al.* (2001) utilizaram a reação de PCR multiplex para regiões do DNA nuclear (ITS-2, internal transcribed spacer 2) e mitocondrial (citocromo b) para identificação de *C. obscurus* (Lesueur, 1818) e *C. plumbeus*. SHIVJI *et al.* (2002) discriminaram três espécies de tubarões da família família *Lamnidae*: *Isurus oxyrinchus*, Rafinesque, 1810 *I. paucus*, Guitart Manday, 1966 e *Lamna nasus* (Bonnaterre, 1788) três da família *Carcharhinidae*: *P. glauca* (Linnaeus, 1758), *C. obscurus* e *C. falciformis*. CHAPMAM *et al.* (2003) e SHIVJI *et al.* (2005) analisando carne e nadadeira de tubarões provenientes dos mercados asiáticos identificaram presença do tubarão-branco, *Carcharodon carcharias* (Linnaeus, 1758), espécie protegida por lei em vários países.

Com a mesma técnica, utilizando regiões do DNA mitocondrial e nuclear ABERCROMBIE *et al.* (2005) criaram padrões de identificação para três

espécies do gênero *Sphyrna*: *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834), *S. zygaena* (Linnaeus, 1758) e *S. mokarran* (Rüppell, 1837) e CLARKE *et al.* (2006) estimaram a composição de espécies de tubarões comercializados nos mercados asiáticos. MAGNUSSEN *et al.* (2007) desenvolveram a técnica de PCR-multiplex para a identificação de *Cetorhinus maximus* (Gunnerus, 1765) e constataram a comercialização de carne desta espécie em mercados de Hong Kong e no Japão. Já SEBASTIAN *et al.* (2008) estudando o comércio de nadadeiras para exportação no Chile, determinaram a composição e quantificação de espécies utilizadas para tal prática e concluíram que 83,9% das nadadeiras comercializadas para o mercado asiático eram de *P. glauca*.

Identificação pela análise de sequência foram realizadas por GREIG *et al.* (2005) que analisaram sequências de DNA mitocondrial de 35 espécies de tubarões, sendo 13 espécies do gênero *Carcharhinus* e verificaram uma similaridade intraespecífica e variedade interespecífica suficiente para discriminá-los. WARD *et al.* (2005) diferenciaram 61 espécies de Chondrichthyes e padronizaram regiões do COI 1 (citocromo oxidase subunidade 1 ou *cox 1*) como marcadores moleculares para identificação dessas espécies. WONG *et al.* (2009) também avaliaram sequências de 74 tubarões utilizando o gene COI.

No Brasil poucos trabalhos foram desenvolvidos para a identificação molecular de tubarões utilizando as técnicas citadas. PINHAL *et al.* (2008) discriminaram oito espécies de tubarões: *S. lewini*; *Galeocerdo cuvier* (Lesueur, 1822); *C. obscurus*; *C. leucas* (Müller & Henle, 1839); *C. limbatus* (Müller & Henle, 1839); *C. acronotus*; *Alopias superciliosus* (Lowe, 1839) e *I. oxyrinchus* utilizando regiões do DNA ribossomal 5s. Os mesmos autores desenvolveram uma metodologia para identificação de *Rhizoprionodon lalandii* (Müller & Henle, 1839) e *R. porosus* (Poey, 1861), com uso da técnica de PCR-RFLP e com DNA 5s. MENDONÇA *et al.* (2009a, 2009b) desenvolveram padrões de identificação molecular, combinando as técnicas de PCR-RFLP e PCR multiplex para espécies de tubarões da ordem Carcharhiniformes e Lamniformes. Já RODRIGUES-FILHO (2009), identificaram as espécies

capturadas no Município de Bragança, Belém-PA utilizando análises de sequências e encontraram 11 espécies de tubarões, sendo que *C. porosus* ou *Rhizoprionodon* sp. representaram mais de três quartos do total amostrado.

Mesmo com o desenvolvimento dessas técnicas moleculares para identificação de várias espécies de tubarões nos últimos anos, a aplicação efetiva no monitoramento de desembarques pesqueiros ainda é incipiente. Este trabalho constitui uma contribuição ao conhecimento de tubarões do gênero *Carcharhinus* capturados pelos barcos atuneiros no sudeste e sul do Brasil, através de: i) a aplicação da técnica de PCR-multiplex para identificação em nível de espécies (Capítulo I) e ii) a participação desse gênero na mesma pesca, (Capítulo II).

## OBJETIVOS

Objetivou-se para as espécies do gênero *Carcharhinus* desembarcadas no Estado de São Paulo e comercializadas com o mesmo nome comum de “cação-baía” e “machote”

- i) Identificá-las em nível de espécie através da técnica genética de PCR-multiplex.
- ii) Analisar à sua participação na pesca a fim compreender o impacto da mesma na população desta área.

## **APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO**

Os resultados da presente dissertação são apresentados sob a forma de dois artigos científicos. O primeiro artigo refere-se à identificação molecular das espécies de tubarões do gênero *Carcharhinus* desembarcados pela pesca atuneira em São Paulo, Brasil, entre os anos de 2009 e 2011, permitindo, assim, um estudo biológico-pesqueiro destas espécies que consta no segundo artigo.

**Capítulo I:** Identificação genética de tubarões do gênero *Carcharhinus* (Chondrichthyes: Carcharhiniformes) capturados no sudeste e sul do Brasil: Uma contribuição para a gestão pesqueira.

Neste artigo, espécies desembarcadas com o nome comum de “cação baia ou machote”, maioria pertencente ao gênero *Carcharhinus*, foram identificados molecularmente pelo método de PCR-multiplex. Este artigo foi submetido para publicação à revista **Neotropical Ichthyology**.

**Capítulo II:** Participação de Tubarões do gênero *Carcharhinus* (Chondrichthyes: Carcharhiniformes) capturados pela frota atuneira no sudeste e sul do Brasil.

A partir da identificação molecular apresentada no primeiro capítulo desta dissertação, foi possível relacionar os dados da biologia e pesca das espécies identificadas e realizar um este segundo capítulo, que foi submetido para publicação na revista **Neotropical Ichthyology**.

## Referências Bibliográficas

ABERCROMBIE D.L, CLARKE S.C, SHIVJI, M. S. 2005. Global-scale genetic identification of hammerhead sharks: Application to assessment of the international fin trade and law enforcement. *Conservation Genetics* 6:775-788.

AMORIM, A. F., ARFELLI, C. A., FAGUNDES, L. 1998. Pelagic elasmobranchs caught by longliners off southern Brazil during 1974-1997: an overview. *Marine and Freshwater Research.*, v. 49, p. 621-632.

AMORIM, A. F.; ARFELLI, C. A.; BACILIERI, S. 2002. Shark data from Santos longliners fishery off southern Brazil (1971-2000). *Collective Volume of Scientific Papers ICCAT*, 54(4): 1341-1348.

ARFELLI, C. A. e AMORIM, A. F. 1988. Description of the Brazilian Swordfish Fishery, in Santos. *Collective Volume of Scientific Papers*, ICCAT, Madrid, 27: pp 315-7.

ASANO-FILHO, M.; HOLANDA, F. C. A. F.; SANTOS, F. J. S.; LUCENA, F.; PANTALEÃO, G. S. L. 2005. A short note on the catch composition and weight-length relationship of tunas, billfishes and sharks of north Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 52: 249 – 253.

BAUM, J. K.; MYERS, R. A; KEHLER, D. G.; WORM, B.; HARLEY, S J; DOHERTY, P. A. 2003. Collapse and conservation of sharks populations in the northwest Atlantic. *Science*, 299: 389– 391.

BONFIL, R. 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. FAO Fisheries Technical Paper, N° 341.

CAMHI, M.; FOWLER, S.; MUSICK, J.; BRÄUTIGAM,A; FORDHAM, S.1998. Sharks and their Relatives Ecology and Conservation. Occas. Pap. *IUCN Spec. Survival Comm.* No. 20.

CHAN, R. W. K.; DIXON, P.I.; PEPPERELL, J. G.; REID, D. D. 2003. Application of DNA-based for the identification of whaler sharks (*Carcharhinus spp.*) caught in protective beach meshing and by recreational fisheries off the coast of New South Wales. *Fishery Bulletin*, 101:910-914.

CHAPMAN D. D.; ABERCROMBIE D .L.; DOUADY C. J.; PIKITCH, E. K.; STANHOPE M. J.; SHIVJI, M. S. 2003. Astreamlined, bi-organelle, multiplex PCR approach to species identification: Application to global conservation and trade monitoring of the great white shark, *Carcharodon carcharias*. *Conservation Genetics* 4:415-425

CLARKE, S. C; MAGNUSSEN, J. E; ABERCROMBIE, D. L; McALLISTER, M. K; SHIVJI, M. S. 2006. Identification of shark species composition and proportion in the Hong Kong shark fin market based on molecular genetics and trade records. *Conservation Biology*. 20:201-211.

COMPAGNO, L. J. V. 2001. FAO species catalogue Vol. 2. Sharks of the world. Bullhead, mackerel and carpet sharks (Heterodontiformes, Lamniformes, and Orectolobiformes). FAO Species catalogue for Fishery Purposes. No. 1, Vol. 2. Rome, FAO, 269 p.

COMPAGNO, L. J. V.; DANDO, M.; FOWLER, S. 2005. Sharks of the world. Princeton University Press, Princeton and Oxford, 368pp.

FAO. 2009. FishStat PC. CD-Rom (Fisheries Information - Data and Statistic Unit, FAO Fisheries Department). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome;

FIGUEIREDO, J. L. 1977. *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil, I – Introdução. Cações, raias e quimeras*. Museu de Zoologia . Universidade de São Paulo. São Paulo. 104p.

GADIG, O. B. F. 2001. Tubarões da Costa Brasileira. Rio Claro, 343p. (Tese de Doutorado), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

GARRICK, J. A. F. 1982. *Sharks of the genus Carcharhinus*. NOAA Technical Report NMFS, v. 445, p. 1-194.

GREIG, T. W.; MOORE, M. K.; WOODLEY, C. M. 2005. Mitochondrial gene sequences useful for species identification of western North Atlantic Ocean sharks. *Fishery Bulletin* 103:516-523.

HAZIN, F. H.; LUCENA, F.; SOUZA, T. S. L.; BOECKMAN, C.; BROADHURST, M.; MENNI, R. 2000. Maturation of the night shark, *Carcharhinus signatus*, in the southwestern equatorial Atlantic Ocean. *Bulletin of Marine Science*. V. 66, p. 173-185.

HAZIN, F. H.; OLIVEIRA, P. G. V.; BROADHURST, M. K. 2002. Reproduction of the Blacknose Shark (*Carcharhinus acronotus*) in Coastal Waters off Northeastern Brazil. *Fishery Bulletin* 100:143 – 148.

HAZIN, F. H.; OLIVEIRA, P. G. V.; MACENA, B. C. L. 2007a. Aspects of the reproductive biology of the Sandbar Shark, *Carcharhinus plumbeus* (Nardo, 1827), in coastal waters off Pernambuco, Brazil. *Collective Volume of Scientific Papers. ICCAT*, 60: 629-635.

HAZIN, F. H.; OLIVEIRA, P. G. V.; MACENA, B. C. L. 2007b. Aspects of the reproductive biology of the silk shark, *Carcharhinus falciformis* (Nardo, 1987), in the Vicinity of Archipelago of Saint Peter and Saint Paul, in the Equatorial Atlantic Ocean. *Collective Volume of Scientific Papers. ICCAT*, 60: 648-651.

HEIST, E. J. e GOLD J. R. 1999 . Genetic Identification of Sharks in the U.S. Atlantic large coastal Shark Fishery. *Fishery Bulletin*, 97: 53-61.

- IBAMA, 2010. Boletim estatístico da pesca e aquicultura, Brasil 2008 – 2009. 99p.
- KYLE, C, J.; WILSON, C. C. 2007. Mitochondrial DNA identification of game and harvested freshwater fish species. *Forensic Science International* 166: 68-76.
- LAST, P. R. e STEVENS, J. D. 2009. Sharks and rays of Australia, 2<sup>nd</sup> edition. CSIRO Division of Fisheries, Melbourne, Australia.
- LESSA, R. P.; SANTANA, F. M. 1998. Age determination and growth of the smalltail shark, *Carcharhinus porosus*, from northern Brazil. *Fisheries Research* 49: 705-711
- LESSA. R.P.; SANTANA, F.M.; MENNI, R.; ALMEIDA, Z. 1999a. Population structure and reproductive biology of the smalltail shark (*Carcharhinus porosus*) off Maranhão, Brazil. *Marine Freshwater Research* 50: 383.388.
- LESSA, R. P.; SANTANA, F. M.; PAGLERANI, R. 1999b. Age, growth and stock structure of the oceanic whitetip shark, *Carcharhinus longimanus*, from the southwestern equatorial Atlantic. *Fisheries Research* 42: 21-30.
- LESSA, R. P.; PAGLERANI, R.; SANTANA, F. 1999c. Morphometry and reproductive biology of *Carcharhinus longimanus* from southwestern equatorial Atlantic. *Cybius* 23: 353-368.
- MAGNUSSEN, J. E., PIKITCH, E. K., CLARKE S. C., NICHOLSON C., HOELZEL A. R.; SHIVJI, M. S. 2007. Genetic tracking of basking shark products in international trade. *Animal Conservation* 10: 199–207
- MARTIN A. P. 1993. Application of mitochondrial DNA sequence analysis to the problem of species identification of sharks. In: Branstetter, S. (Ed.) *Conservation Biology of Elasmobranchs*, pp. 53–59. U.S. Dept. Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration Technical Report NMFS-115.
- MENDONÇA, F. F., HASHIMOTO, D. T., DE-FRANCO, B.; PORTO-FORESTI, F., GADIG, O. B. F., OLIVEIRA, C., FORESTI, F. 2009. Genetic identification of lamniform and carcharhiniform sharks using multiplex-PCR. *Conservation Genetic Resource*. Published online em 02 de novembro de 2009.
- MENDONÇA, F. F., HASHIMOTO, D. T., PORTO-FORESTI, F., OLIVEIRA, C., GADIG, O. B. F., FORESTI, F. 2009b. Identification of the shark species *Rhizoprionodon lalandii* and *R. porosus* (Elasmobranchii, Carcharhinidae) by multiplex PCR and PCR-RFLP techniques. *Molecular Ecology Resources* 9, 771–773

MENESES de LIMA, J. H.; KOTAS, J. E.; LIN, C. F. 2000. A historical review of the Brazilian long-line fishery and catch of swordfish. *Collective Volume of Scientific Papers*, ICCAT, 51 (36): 1329 – 1358.

MUSICK, J. A. 2005. Introduction: Management of sharks and their relatives (Elasmobranchii) In: Musick, J.A.; Bonfil, R. (eds) Management techniques for elasmobranch fisheries. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 474. Rome, FAO. 2005. 251p.

NARDI, J.A., VOOREN, C.M. 1997. Juveniles of *Carcharhinus signatus* (Elasmobranchii – Carcharhiniformes) are abundant off southern Brazil in spring? I Reunião da Sociedade Brasileira para estudo dos elasmobrânquios. In 7<sup>o</sup>. Congresso Nordestino de Ecologia, Ilhéus – BA, 192 pp.

OGDEN, R.; DAWNAY, N.; MCEWING, R. 2009. Wildlife DNA forensics—bridging the gap between conservation genetics and law enforcement. *Endangered Species Research* 9.

OLIVEIRA, M. C. S., REGITANO, L. C. A., ROESE, A. D., ANTHONISEN, D.G., PATROCÍNIO, E., PARMA, M.M., SCAGLIUSI, S. M. M., TIMÓTEO, B. W. H., JARDIM, S. N. 2007. *Fundamentos Teórico – Prático e protocolos de extração de DNA por meio da reação em cadeia polimerase*. EMBRAPA Pecuária Sudeste. 43p.

PAESCH, L & MENESES, P. 1999. Estudios realizados sobre los elasmobrânquios dentro del Río de la Plata y la zona común de pesca argentino – uruguayo en el marco del “plan de investigación pesquera”; Instituto Nacional de Pesca, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca; *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*, Montevideo: 79p

PANK, M.; SHIVJI M. S.; STANHOPE, M.; NATANSON, L.; KOHLER, N. 2001. Rapid and simultaneous identification of body parts from the morphologically similar sharks *Carcharhinus obscurus* and *Carcharhinus plumbeus* (Carcharhinidae) Using Multiplex PCR. *Marine Biotechnology*. 3, 231–240.

PEQUEÑO, G. E J.LAMILLA, 1997. Las pesquerías de condriictios en Chile: primer análisis. *Revista Biología Pesquera* 26: 13-24. in apud PAESCH, L e MENESES, P. 1999. Estudios realizados sobre los elasmobrânquios dentro del Río de la Plata y la zona común de pesca argentino – uruguayo en el marco del “plan de investigación pesquera”; Instituto Nacional de Pesca, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca; *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*, Montevideo: 79p.

PIMENTA, E., VIDAL, M., LIMA, G., AMORIM, A. F. 2007. Analysis on Billfish fishery Off Rio De Janeiro State, Brazil (2002-03). *Collective Volume of Scientific Papers* ICCAT, 60(5): 1571-1575

PINHAL, D; O.B.F. GADIG; A. P. WASCO; C. OLIVEIRA; E. RON; F. FORESTI; C. MARTINS. 2008. Discrimination of Shark species by simple PCR of 5S rDNA repeats. *Genetics and Molecular Biology*, 31, 361-365.

RODRIGUES-FILHO, L. F. S., ROCHA, T. C., RÊGO, P. S., SCHNEIDER, H., SAMPAIO, I., VALLINOTO, M. 2009. Identification and phylogenetic inferences on stocks of sharks affected by the fishing industry off the Northern coast of Brazil. *Genetics and Molecular Biology*, 32, 2, 405-413

SADOWSKY, V. e AMORIM, A. F. 1977. Sobre a Composição da Fauna dos Esqualos Pelágicos no Brasil. Suplemento de Ciência e Cultura, Resumos, SBPC 29 (7),792.

SEBASTIAN, H., HAYE, P. A.; SHIVJI, M. S. 2008. Characterization of the pelagic shark-fin trade in north-central Chile by genetic identification and trader surveys. *Journal of Fish Biology* 73, 2293–2304

SEVILLA R.G.; DIEZ A.; NOREN M.; MOUCHEL O.; JEROME M.; VERREZ-BAGNIS V.; VAN PELT H.; FAVRE- KREY L.; KREY G.; CONSORTIUM T.F.; BAUTISTA J.M. 2007 Primers and polymerase chain reaction conditions for DNA barcoding teleost fish based on the mitochondrial cytochrome b and nuclear rhodopsin genes. *Molecular Ecology Notes* 7: 730-734.

SHIVJI, M; CLARKE, S; PANK, M; NATANSON L; KOHLER, N; STANHOPE, M. 2002. Genetic Identification of Pelagic Shark Body Parts for Conservation and Trade Monitoring. *Conservation Biology*, vol.16:1036-1047.

SHIVJI, M. S.; CHAPMAN, D. D., PIKITCH, E. K.; RAYMOND, P. W. 2005. Genetic profiling reveals illegal international trade in fins of the great white shark, *Carcharodon carcharias*. *Conservation Genetics*. 6:1035-1039.

STEVENS, J. D.; BONFIL, R.; DULVY, N. K.; WALKER, P. A. 2000. The effects of fishing on sharks, rays and chimaeras (Chondrichthyans), and implications for marine ecosystems. - *ICES Journal of Marine Science*.V.57: 476-494.

STEVENS, J. D. 2005. Sharks, rays and chimaerids: What are they and how are they classified? In: Musick, J.A.; Bonfil, R. (eds) Management techniques for elasmobranch fisheries. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 474. Rome, FAO. 2005. 251p.

TOMÁS, A. R. G.; TUTUI, S. L. S; TEIXEIRA, M.; MARCENIUK, A. P, CHRISTOL dos SANTOS, K. 1991. Cações pelágicos nos desembarques da pesca do camarão-rosa do estado de são Paulo. *Encontro Nacional de Pesca e Aquicultura*, Resumos, 98 p.

VASKE JUNIOR, T.; VOOREN, C. M.; LESSA R. P. 2009. Feeding strategy of the night shark (*Carcharhinus signatus*) and scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*) near seamounts off northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography* 57: 97-104.

WARD R.D. 2000. Genetics in fisheries management. *Hydrobiologia* 420: 191-201. In: Solé-Cava, A.M.; Russo, C.A.M & Thorpe, J.P (Eds.), *Marine Genetics*. Kluwer Academic Publishers.

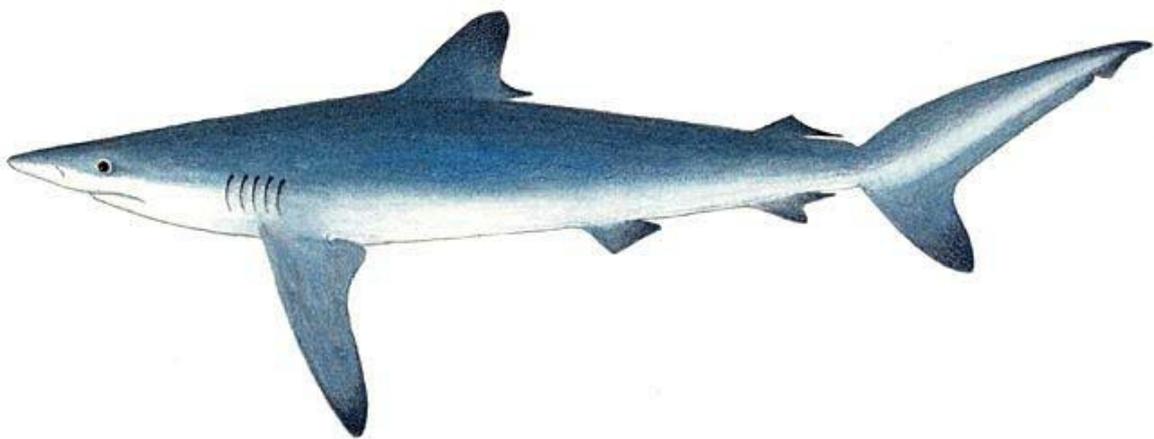
WARD, R.D; ZEMLAK, T.S; INNES, B.H; LAST, P.R; HEBERT, P.D.N. 2005. DNA Barcoding Australia's fish species. *Phil Trans Royal Soc B* 360:1847-1857.

WHITE, W. T.; SOMMERVILLE, E. 2010. Elasmobranchs of tropical marine ecosystems. In: Carrier, J. C.; Musick, A.; Heithaus, M. R. (Eds.) *Sharks and their relatives II: Biodiversity, adaptive physiology, and conservation*. CRC Press 711p.

WONG, E. H-K., SHIVJI, M. S., HANNER, R.H., 2009. Identifying sharks with DNA barcodes: assessing the utility of a nucleotide diagnostic approach. *Molecular Ecology Resources* 9 (Suppl. 1): 243–256.

WOOLFE, M., PRIMROSE, S., 2004. Food forensics: using DNA technology to combat misdescription and fraud. *Trends in Biotechnology* 22: 222-226.

**Capítulo I:** Identificação genética de tubarões do gênero *Carcharhinus* (Chondrichthyes: Carcharhiniformes) capturados no sudoeste do Oceano Atlântico: Uma contribuição para a gestão pesqueira



Identificação genética de tubarões do gênero *Carcharhinus* (Chondrichthyes: Carcharhiniformes) no sudeste e sul do Brasil: Uma contribuição para gestão pesqueira.

Rodrigo R. Domingues,<sup>1,3</sup> Mahmood S. Shivji,<sup>2</sup> Alexandre W. S. Hilsdorf,<sup>3</sup> Alberto F. Amorim,<sup>1,4</sup>

1. Programa de Pós Graduação em Aquicultura e Pesca, Instituto de Pesca, APTA-SAA, São Paulo, Brasil, Av. Bartolomeu de Gusmão, 192, Santos, SP, Brasil, 11030-906.
2. Guy Harvey research Institute, Oceanographic Center, Nova Southeastern University, 8000 North Ocean Drive, Dania Beach FL 33004, U.S.A.
3. Universidade de Mogi das Cruzes, Núcleo Integrado de Biotecnologia, Laboratório de Genética de Organismos Aquáticos e Aquicultura, CP 411, Mogi das cruces, São Paulo, Brasil, CEP. 08701-970.
4. Instituto de Pesca, APTA-SAA, São Paulo, Brasil, Av. Bartolomeu de Gusmão, 192, Santos, SP, Brasil, 11030-906.

Autor correspondente: Alexandre W. S. Hildorf, Universidade de Mogi das Cruzes, Núcleo Integrado de Biotecnologia, Laboratório de Genética de Organismos Aquáticos e Aquicultura, CP 411, Mogi das cruces, São Paulo, Brasil, CEP. 08701-970. Telefone (11) 47987106, e-mail: Wagner@umc.br

## Resumo

A conservação e o manejo efetivo das populações de tubarões tem sido uma questão considerada em escala internacional, sobretudo pela valorização da carne, pele e nadadeiras desses peixes. Alguns gêneros de tubarões, sobretudo *Carcharhinus*, possuem sutis diferenças morfológicas interespecíficas que, associadas à prática de evisceração e retirada da cabeça e nadadeiras, dificultam a identificação morfológica das espécies, algumas constando na Lista Vermelha da IUCN. Um total de 319 indivíduos agrupados com o nome comum de “cação-baía” ou “machote” capturados pela frota atuneira e desembarcados em Santos e Guarujá-SP, foram identificados por meio da técnica de PCR-Multiplex, que utiliza *primers* espécie-específicos para gerar padrões de bandas diagnósticas das espécies. Apenas quatro amostras não puderam ser identificadas por esta técnica, sendo posteriormente sequenciadas. Foram identificadas quatro espécies do gênero *Carcharhinus*: *C. falciformis* (n=161), *C. signatus* (n= 152), *C. brachyurus* (n= 2) e *C. plumbeus* (n= 1). Por meio do sequenciamento dois indivíduos pertencentes ao gênero *Sphyrna* foram identificadas, *S. zygaena* (n=2) e uma espécie pertencente ao gênero *Isurus* também foi identificada, *I. paucus* (n=1). Os resultados mostram que mais de um gênero (i.e., *Carcharhinus*, *Sphyrna* e *Isurus*) e várias espécies vêm sendo agrupados sob um mesmo nome comercial comum. Uma destas (*C. signatus*) possui sua captura proibida por lei. O uso da PCR-Multiplex ITS-2 poderá auxiliar na identificação dessas espécies de tubarões desembarcadas em várias regiões do mundo, auxiliando a estatística de desembarque por espécie, bem como na implantação de futuros planos de manejo.

**Palavras-chave:** Conservação, tubarão, PCR multiplex, ITS-2, pesca

## **Introdução**

A conservação e o efetivo manejo de populações de tubarões tem sido uma questão considerada em escala internacional (Shivji *et al.* 2002). Isto devido à grande expansão do esforço da pesca comercial nas últimas décadas que reduziu significativamente o tamanho da biomassa dos grandes peixes predadores (Myers & Worms, 2003; Stevens *et al.* 2000).

Desde meados da década de 1980, a pesca de tubarões tem sofrido um aumento substancial em todo o mundo, principalmente pela demanda por seus produtos, sobretudo as nadadeiras, que possuem alto valor comercial. Além disso, a captura acidental também contribui para a depleção de populações de tubarões (Stevens *et al.*, 2000, Abercrombie *et al.*, 2005, Clarke *et al.*, 2006)

De acordo com Stevens *et al.* (2000) poucos desembarques de tubarões tem seu registro por espécie. Segundo dados estatísticos da FAO (Food Agriculture Organization) em 2007 foram registrados desembarques de 102 espécies ou grupos de elasmobrânquios, porém somente 19,5% da biomassa foram registradas em nível de espécie (FAO, 2009). No Brasil, em 2009, a produção total de tubarões foi de 13.273 t, sendo 12.000 t agrupadas com o mesmo nome comum de cação (IBAMA, 2010). Este fato impede a implantação de ações conservacionistas, pois a acurácia na identificação das espécies é um pré-requisito para uma efetiva gestão pesqueira e os dados de desembarques são utilizados para estimar a biomassa e estipular cotas de captura (Ward, 2000).

Os tubarões da família Carcharhinidae Jordan & Evermann, 1896, sobretudo o gênero *Carcharhinus* Blainville, 1816 representam uma grande proporção das espécies capturadas acidentalmente em todo o mundo (Compagno, 2005). Por apresentarem uma grande similaridade fenotípica associada à usual prática de comercialização de carcaças, ou seja, sem a cabeça, vísceras e nadadeiras, no Brasil esses tubarões são agrupados

com o mesmo nome comum de tubarão-baía (indivíduos de grande porte) ou tubarão-machote (indivíduos de pequeno porte) (Amorim *et al.* 1998).

Esse agrupamento dificulta a exatidão na identificação da espécie no momento do desembarque, contribuindo com a escassez de dados de desembarque por espécie e conseqüentemente com a implantação de medidas protecionistas (Martin, 1993; Amorim *et al.*, 1998). Essa ausência de medidas pode levar a severos declínios populacionais e no caso dos tubarões o tempo necessário para o restabelecimento pode ser décadas. (Camhi *et al.* 1998; Stevens *et al.* 2000).

Recentemente, técnicas moleculares foram desenvolvidas para solucionar tais problemas de identificação de várias espécies de elasmobrânquios, teleósteos, mamíferos e crustáceos (*e.g.* Baker e Palumbi, 1994; Gusmão *et al.* 2000; Shivji *et al.* 2006; Garcia-Vazquez *et al.* 2011). Estas técnicas também podem auxiliar na fiscalização do comércio ilegal de espécies protegidas. Como exemplo, Chapman *et al.* (2003) e Shivji *et al.* (2005) detectaram a comercialização ilegal do tubarão branco *Carcharodon carcharias* (Linnaeus, 1758) em mercados asiáticos.

O objetivo deste estudo foi analisar a composição de espécies do gênero *Carcharhinus* no sudeste e sul do Brasil, capturados pela frota atuneira de São Paulo - Brasil, por métodos genéticos. A validação desta técnica também poderá auxiliar a estatística pesqueira por espécie deste grupo de tubarões em desembarques de outras regiões do mundo.

## **Materiais e Métodos**

Amostras de tecido da região próxima as nadadeiras peitorais (1cm<sup>3</sup>) de tubarões classificados vulgarmente como “tubarão-baia” ou “tubarão-machote”, foram coletadas durante os desembarques da frota atuneira no Terminal Pesqueiro Público de Santos, (TPPS) e na empresa ItaFish, em Guarujá, São Paulo, entre os anos de 2009 e 2011. Foram amostradas 319 carcaças denominadas “tubarão-baia”, quando os indivíduos possuem grande porte e “tubarão-machote” para os de pequeno porte. Os tecidos foram armazenados em ethanol 95% à -20°C até o momento da extração. A área de pesca (17°-33°S e 25°-50° W) compreendeu o sudeste e sul do Brasil.

DNA de carcaças de cada um dos tubarões foi isolado a partir de 25 mg de tecido muscular, utilizando QIAmp Tissue Kit (Qiagen Inc., Valencia, CA, U.S.A.) seguindo instruções do fabricante. A identificação das espécies ocorreu por meio da técnica de PCR multiplex detalhada por Shivji *et al.* (2002) utilizando dois *primers* universais e 11 *primers* espécie-específico descritos na Tabela I, gerando padrões de bandas específicas. Exceto para *C. longimanus* (Poey, 1861) que também pode amplificar o DNA de *C. obscurus* (Lesueur, 1818), (Shivji *et al.*, 2002).

Primeiramente, foram utilizados dois *primers* universais e três *primers* espécie-específico de *C. falciformis* (Müller & Henle, 1839), *C. signatus* (Poey, 1868) e *C. longimanus* em uma única reação, pelo fato dessas três espécies terem sido registradas como as mais frequentes por Amorim *et al.* (1998). Caso a primeira PCR multiplex não fornecesse um diagnóstico dessas espécies, uma segunda reação foi realizada com diferentes conjuntos de *primers* das outras espécies. Indivíduos não identificados por qualquer um dos 11 *primers* foram posteriormente sequenciados utilizando a região Cytochrome Oxidase I (COI) do DNA mitocondrial, seguindo os métodos descritos por

Ward *et al.* (2005) e comparadas com as sequências depositadas no banco de dados GenBank.

Para a amplificação da região ITS2, do DNA ribossomal foram realizadas reações de PCR contendo 1 µL de DNA *template*, 12,5 pmol de cada *primer*, 1X Buffer, 40 µM dNTP's e 0,075 unidade de Taq polimerase (Fermentas, *Life Science*<sup>®</sup>) e água esterilizada para um produto final de 25µL.

A amplificação foi realizada em termociclador PTC-220 (MJ Reserch Inc., Waltham, MA), programado para desnaturação inicial a 94°C por 15 minutos, seguido de 35 ciclos de amplificação. Cada ciclo consistiu de 1 minuto a 94°C, 1 minuto a 64°C, por 2 minutos a 72°C e extensão final de 5 minutos a 72°C. Os *amplicons* foram separados de acordo com tamanho em gel de agarose a 1% em TAE (Tris-acetate) banhado com brometo de etídio.

Para validação dos *primers* das espécies *C. signatus* e *C. limbatus* (Müller & Henle, 1839), foram sequenciadas a região COI de 25% das amostras identificadas pela técnica PCR multiplex de *C. signatus* e todas as amostras de *C. limbatus*.

As sequências das espécies que não foram ident

ificadas pela PCR multiplex e das espécies *C. signatus* e *C. limbatus* para validação dos *primers*, foram alinhadas e editadas usando o programa Mega 4 (Kumar *et al.* 2004). As divergências nas sequências foram calculadas pelo modelo de distância de Kimura dois parâmetros (Kimura, 1980). Uma árvore fenética de Neighbor-joining (NJ – K2P) foi criada para representar a divergência entre as espécies.

O teste não-paramétrico do  $X^2$  (qui-quadrado) (Zar, 1984) foi aplicado para verificar a significância nas proporções das espécies desembarcadas.

## Resultados

A combinação de *primers* espécie-específicos da região ITS2 pela técnica de PCR multiplex, foi altamente eficiente para identificação de carcaças desembarcadas pela pesca industrial de espinhel de superfície sediada no estado de São Paulo, Brasil.

Do total de 319 carcaças, 311 foram identificadas com sucesso pela técnica de PCR multiplex até o seu menor nível taxonômico (Fig. 1). Três amostras identificadas como *C. limbatus* foram pertencentes a outras espécies. Apenas quatro indivíduos não geraram *amplicons* com o uso desta técnica, sendo identificadas por análises de sequências da região COI.

Dos quatro indivíduos identificados por análise de sequências, dois pertenciam à espécie *C. falciformis*, um *C. brachyurus* (Günther, 1980) e um *Isurus paucus* Guitart Manday, 1966 (Fig. 2).

Quatro espécies de tubarões do gênero *Carcharhinus* foram observadas durante o período estudado (Tabela II). A espécie *C. falciformis*, foi representada com 161 indivíduos do total amostrado, seguida por *C. signatus*, com 152 indivíduos, *C. brachyurus* com duas ocorrências e *C. plumbeus* (Nardo, 1827) com um indivíduo. O gênero *Sphyrna* Rafinesque, 1810 foi representado por dois indivíduos da espécie *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758) e o gênero *Isurus* Rafinesque, 1810 foi representado pela espécie *Isurus paucus*, com apenas um indivíduo. Estes resultados mostram que tubarões chamados vulgarmente no Brasil de “tubarão-baia” ou “tubarão-machote” pertencem a mais de um gênero: *Carcharhinus*, *Sphyrna* e *Isurus*.

As amostras de *C. signatus* identificadas por PCR multiplex e posteriormente sequenciadas para validação dos *primer* foram corroboradas, mostrando que o *primer* desta espécie é altamente específico. O *primer* de *C. limbatus* também amplificou

amostras de *C. brachyurus* e *S. zygaena* revelando que este *primer* é inespecífico (Fig. 3).

As proporções na frequência de ocorrência das espécies tiveram diferenças significativas ( $X^2 = 603.326$ ,  $p = < 0.0001$ ), sendo as espécies *C. falciformis* e *C. signatus* as mais abundantes.

## **Discussão**

A precisão na identificação de espécies é fundamental no monitoramento de peixes, para evitar erros nas avaliações de estoques e conseqüentemente nas políticas de gestão (Ward, 2000; Beerkircher *et al.* 2009). O fato dos tubarões serem, normalmente, agrupados em grandes grupos no momento do desembarque (*e.g* martelo, anequim, raposa), gera uma falta de dados por espécie que segundo Rosa & Lima (2010) é um dos principais entraves para aplicação dos critérios de avaliação do estado de conservação de peixes marinhos.

A dificuldade na identificação de espécies por métodos fenotípicos encorajou o uso de técnicas moleculares, que pode ser realizada com mínimas amostras de tecido, independentem do estado de modificação (Waples, *et al.* 2008). Esses métodos de identificação molecular têm sido desenvolvidos para vários gêneros de tubarões cujas espécies possuem uma alta semelhança (Pank *et al.* 2001; Shivji *et al.* 2002 Abercombrie *et al.* 2005; Magnussen *et al.* 2007). A região mais utilizada no desenvolvimento desta técnica é o ITS2, principalmente por ser uma região altamente variável entre espécie do mesmo gênero (Shivji *et al.*, 2002; Yao *et al.* 2010).

Todas as espécies identificadas são conhecidas por ocorrerem na área estudada (Compagno *et al.* 2005; Amorim *et al.* 1998), porém foi possível observar uma mudança de abundância das espécies. Segundo Amorim *et al.* (1998) as espécies *C. signatus* e *C. longimanus* foram as mais abundantes no período entre 1974 a 1997,

enquanto que no presente estudo as maiores ocorrências foram de *C. falciformis* e *C. signatus*. No entanto, deve ser levado em consideração o período analisado e a mudança da estratégia de pesca, do espinhel meia-água para o de superfície.

A grande ocorrência de *C. falciformis* é justificada pelo seu hábito pelágico e por ser uma espécie de grande interesse econômico, estando entre as três principais espécies no comércio internacional de nadadeiras (Clarke *et al.*, 2006). Já *C. signatus* é citado por Amorim *et al.* (1998) como uma das espécies mais abundante do gênero *Carcharhinus* no sudeste e sul do Brasil e frequentemente capturada pela frota atuneira em toda a costa brasileira (Hazin, *et al.* 2000).

A ausência de indivíduos de *C. longimanus*, pode indicar um grande decréscimo em sua abundância, pois, segundo Amorim *et al.* (1998) esta espécie apresentou alta ocorrência e ocorreu ao longo de todo o ano na mesma área estudada. Domingo *et al.* (2007), também constataram um decréscimo dessa espécie no Atlântico sul e observou que sua captura consistiu majoritariamente sobre indivíduos juvenis. Essa diminuição de abundância também foi observada em outras regiões. No Atlântico Norte e Central foi registrado um decréscimo de 70% da captura entre os anos de 1992 a 2000 (Camhi, *et al.* 2009). Essa diminuição na abundância chamou a atenção da Comissão Internacional para a Conservação do Atum Atlântico (ICCAT) que vetou sua captura em qualquer tipo de pescaria (ICCAT, não publicado).

A baixa frequência das outras espécies pode ser explicada pela área de atuação da frota e a distribuição dessas espécies que possuem hábitos mais costeiros (Compagno, 2005). O baixo número de indivíduos dessas espécies também foi observado por Amorim *et al.* (1998), que as listou com baixa e rara frequência. De acordo com Lucifora *et al.* (2005) espécimes juvenis de *C. brachyurus* são abundantes em águas argentinas durante

meses quentes. No sudoeste do Atlântico esta espécie é considerada rara e sua captura foi sempre entre o outono e primavera. (Vooren 1997, Amorim *et al.* 1998).

*Isurus paucus* é uma espécie oceânica de águas tropicais de todo o mundo, contudo, sua distribuição e habitat são poucos conhecidos (Compagno *et al.*, 2005). Novas ocorrências dessa espécie têm sido registradas em novas áreas antes desconhecidas para esta espécie. Sebastian *et al.* (2008) também registraram a ocorrência desta espécie por análise molecular de nadadeiras no Chile. Hemida e Capapé (2008) registraram a ocorrência desta espécie no mar mediterrâneo. Já no Brasil, esta espécie é capturada raramente pela pesca atuneira e comercializada como tubarão-azul ou tubarão baia (Amorim, *et al.* 1998).

A utilização da PCR multiplex do ITS2 foi satisfatória para a identificação de tubarões do gênero *Carcharhinus* capturados no sudeste e sul do Brasil. Esta metodologia pode ser usada para identificação de espécies do gênero *Carcharhinus* em desembarques pesqueiros, como: *C. falciformis*, *C. signatus*, *C. plumbeus*. O primer da espécie *C. limbatus*, também amplificou *C. brachyurus* e *S. zygaena*. Neste caso, é necessário sequenciar as amostras para confirmar a identificação da espécie.

Atualmente os maiores esforços tem se concentrado no desenvolvimento de técnicas de identificação molecular, entretanto, a aplicação efetiva destas técnicas ainda são incipientes, podendo ser citado o trabalho de Clarke *et al.* (2006) que identificaram as principais espécies de tubarões comercializadas no mercado asiático de nadadeiras e listaram dentre os *Carcharhinus* as espécies *C. falciformis*, *C. obscurus* e *C. leucas* (Müller & Henle, 1839). Mais recentemente, Sebastian *et al.* (2008) identificaram as espécies de tubarões pelágicos capturadas pela frota atuneira chilena e relataram que entre as espécies classificadas como *Carcharhinus*, haviam *Galeorhinus galeus* (Linnaeus, 1758), *S. zygaena* e *I. paucus*.

As quatro espécies identificadas no presente estudo estão incluídas na Lista Vermelha da *Internacional Union for Conservation of Nature* (IUCN), duas classificadas como “vulnerável” (*C. signatus* e *C. plumbeus*) e duas como “quase ameaçada” (*C. falciformis* e *C. brachyurus*). Além disso, foi constatado que esta pesca captura em grande quantidade *C. signatus*, cuja captura é proibida por lei no Brasil. Sendo assim, o presente estudo demonstrou que a técnica de PCR multiplex pode ser adotada nas rotinas de desembarque de recursos altamente explorado pela pesca, como o caso de tubarões do gênero *Carcharhinus*, por ser eficiente para diferenciar espécies deste gênero e possibilitando o estabelecimento de planos de manejo espécie-específico.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelo auxílio financeiro (2009/54.660-6) e pela bolsa de mestrado (2009/13.186-0). Aos pesquisadores Marcelo Vallinoto, Danilo Pinhal pelas amostras cedidas e Alexandre Angrimani, Bruna Bernard, Natália Piva-Silva, Victor Fraga, pelas coletas de tecidos durante os desembarques. Este trabalho foi desenvolvido como parte do total requerido para obtenção de grau de Mestre do Programa de Pós-Graduação do Instituto de Pesca-SP.

### **Referências Bibliográficas**

Abercrombie, D. L.; Clarke, S. C, Shivji, M. S. 2005. Global-scale genetic identification of hammerhead sharks: Application to assessment of the international fin trade and law enforcement. *Conservation Genetics* 6:775-788.

Amorim, A. F.; Arfelli, C. A.; Fagundes, L. 1998. Pelagic elasmobranchs caught by longliners off Southern Brazil during 1974-97: an overview. *Marine Freshwater Research* 49,

- Baker, C. S. & Palumbi, S. R. 1994. Which whales are hunted? A molecular genetic approach to monitoring whaling. *Science*, 265,1538–1539.
- Beerkircher, L. R., Arocha, F., Barse, A., Prince, E. D., Restrepo, V., Serafy, J. E., Shivji, M. S. 2009. Effects of species misidentification on population assessment of overfished white marlin *Tetrapturus albidus* and roundscale spearfish *T. georgii*. *Endangered Species Research* 9:81-90.
- Camhi, M; Fowler, S; Musick, J.; Bräutigam, A; Fordham, S. 1998. Sharks and their Relatives Ecology and Conservation. Occas. Pap. IUCN Spec. Survival Comm. No. 20.
- Camhi, M. D., Valenti, S.V., Fordham, S.V., Fowler, S.L. and Gibson, C. 2009. The Conservation Status of pelagic Sharks and Rays: Report of the IUCN Shark Specialist Group Pelagic Shark Red List Workshop. IUCN Species Survival Commission Shark Specialist Group. Newbury, UK. x + 78p.
- Chapman D.D.; Abercrombie D.L.; Douady C.J.; Pikitch, E.K.; Stanhope M.J.; Shivji, M.S. 2003. A streamlined, bi-organelle, multiplex PCR approach to species identification: Application to global conservation and trade monitoring of the great white shark, *Carcharodon carcharias*. *Conservation Genetics* 4:415-425
- Clarke, S.C; Magnussen, J.E; Abercrombie, D.L; McAllister, M.K; Shivji, M.S. 2006. Identification of shark species composition and proportion in the Hong Kong shark fin market based on molecular genetics and trade records. *Conservation Biology* 20:201-211.
- Compagno, L. J. V.; Dando, M.; Fowler, S. 2005. *Sharks of the world*. Princeton University Press, Princeton and Oxford, 368 pp..
- Domingo, A.; Miller, P.; Forselledo, R.; Pons, M.; Berrondo, L. 2007. Abundancia del tiburón loco (*Carcharhinus longimanus*) en el Atlántico Sur. *Collective Volume of Scientific Paper ICCAT* 60 (2): 561-565.

FAO (Food and Agriculture Organization). 2009. FISHSTAT Plus (v. 2.30), Capture Production Database, 1950–2007, and Commodities Trade and Production Database 1976–2007. FAO, Rome, Italy.

Garcia-Vasquez, E.; Schiafinno, G. M.; Campo, D.; Juanes, F. 2011. Species misidentification in mixed hake fisheries may lead to overexploitation and population bottlenecks. *Fisheries research* (2011)

Gusmão, J.; Lazoski, C.; Solé-Cava, A. M. 2000. A new species of *Penaeus* (Crustacea: Penaeidae) revealed by allozyme and cytochrome oxidase I analyses. *Marine Biology* 137: 435-446.

Hazin, F. H.; Lucena, F.; Souza, T. S. L.; Boeckman, C.; Broadhurst, M.; Menni, R. 2000. Maturation of the night shark, *Carcharhinus signatus*, in the southwestern equatorial Atlantic Ocean. *Bulletin of Marine Science*. v 66, p. 173-185.

Hemida, F.; Capapé, C. 2008. On the occurrence of the longfin mako, *Isurus paucus* (Chondrichthyes: Isuridae) off the Algerian coast (southwestern Mediterranean). *ACTA ADRIATICA* , 49 (2), 185-189.

Henning, M. L. 2005. Highly streamlined PCR-based genetic identification of carcharhinid sharks (Family Carcharhinidae) for use in wildlife forensics, trade monitoring, and delineation of species distributions. Unpublished. M.S. thesis. Nova Southeastern University Oceanographic Center, Dania Beach, Florida.

IBAMA 2010. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura Brasil 2008-2009. 99 p.

Kimura, M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rate of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *Journal of Molecular Evolution* 16:111-120

- Kumar, S.; Tamura, K., Nei, M. 2004. MEGA4: Integrated software for Molecular Evolutionary Genetics Analysis and sequence alignment. *Briefings in Bioinformatics* 5:150-163.
- Lucifora, L. O.; Menni, R. C.; Escalante, A. H. 2005. Reproduction and seasonal occurrence of the copper shark, *Carcharhinus brachyurus*, from north Patagonia, Argentina. *ICES Journal of Marine Science*, 62: 107-115
- Magnussen, J. E., Pikitch, E. K., Clarke S. C., Nicholson C., Hoelzel A. R. & Shivji, M. S. (2007). Genetic tracking of basking shark products in international trade. *Animal Conservation* (10) 199–207
- Martin A. P. 1993. Application of mitochondrial DNA sequence analysis to the problem of species identification of sharks. In: *Conservation Biology of Elasmobranchs* (ed. Branstetter S), pp. 53–59. U.S. Dept. Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration Technical Report NMFS-115.
- Myers, R. A & Worm, B. 2003. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature*, (432), 280-283.
- Nielsen J. T. 2004. Molecular genetic approaches to species identification and delineation in elasmobranchs. Unpublished. M.S. thesis. Nova Southeastern University Oceanographic Center, Dania Beach, Florida.
- Pank, M., Shivji, M.S., Stanhope, M., Natanson, L., Kohler, N. 2001. Rapid and Simultaneous Identification of Body Parts from the Morphologically Similar Sharks *Carcharhinus obscurus* and *Carcharhinus plumbeus* (*Carcharhinidae*) Using Multiplex PCR. *Marine Biotechnology*. 3, 231–240.
- Rosa, R. R. & Lima, F. C. T. 2010. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. Ministério do Meio Ambiente, 275p.

- Sebastian, H., Haye, P. A. & Shivji, M. S. 2008. Characterization of the pelagic shark-fin trade in north-central Chile by genetic identification and trader surveys. *Journal of Fish Biology* 73, 2293–2304
- Shivji, M. S., Clarke, S. C., Pank, M., Natanson, L., Kohler, N., Stanhope, M. 2002. Genetic Identification of Pelagic Shark Body Parts for Conservation and Trade Monitoring. *Conservation Biology*, vol.16:1036-1047.
- Shivji, M.S; Chapman, D.D, Pikitch, E.K; Raymond, P.W. 2005. Genetic profiling reveals illegal international trade in fins of the great white shark, *Carcharodon carcharias*. *Conservation Genetics*. 6:1035-1039.
- Shivji, M., J. E.; Magnussen, L. R.; Beerkircher, G. F.; Hinteregger, D.; Lee, W.; Serafy, J. E.; Prince E. D. 2006. Validity, identification, and distribution of the roundscale spearfish, *Tetrapturus georgii*, (Teleostei: Istiophoridae): morphological and molecular evidence. *Bulletin of Marine Science* 79:483-491
- Stevens, J. D.; Bonfil, R.; Dulvy, N.K.; Walker, P.A. 2000. The effects of Fishing on Sharks, Rays and Chimaeras (Chondrichthyans), and implications for marine ecosystems. - *ICES Journal of Marine Science*.V.57: 476-494
- Vooren, C.M. 1997. Dermasal elasmobranchs. *In* Subtropical Convergence Environments: The Coast and Sea in the Southwestern Atlantic, pp. 141-146. Ed. By U. Seeliger, C. Odebrecht, and J.P. Castello. Springer, Heidelberg, 308pp.
- Waples, R.S.; Punt, A.E.; Cope, J.M. 2008. Integrating genetic data into management of marine resources: how can we do it better?. *Fish and Fisheries*, 9, 423–449.
- Ward R.D. 2000. Genetics in Fisheries Management. *Hydrobiologia* 420: 191-201. *In*: Solé-Cava, A.M.; Russo, C.A.M & Thorpe, J.P (Eds.), *Marine Genetics*. *Kluwer Academic Publishers*.

Ward R.D, Zemlak T.S, Innes B.H, Last P.R, Hebert P.D.N. 2005. DNA barcoding Australia's fish species. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 360, 1847– 1857.

Yao, H., Song, J., Liu, C., Luo, K., Han, J., Li, Y, Pang, X., Xu, H., Zhu, Y., Xiao, P., Chen, S. 2010. Use of ITS2 region as the universal DNA barcode for plants and animals. *PLoS ONE* 5(10)

Zar, J. H. 1984. *Biostatistical Analysis*. Second Edition. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J. 718pp

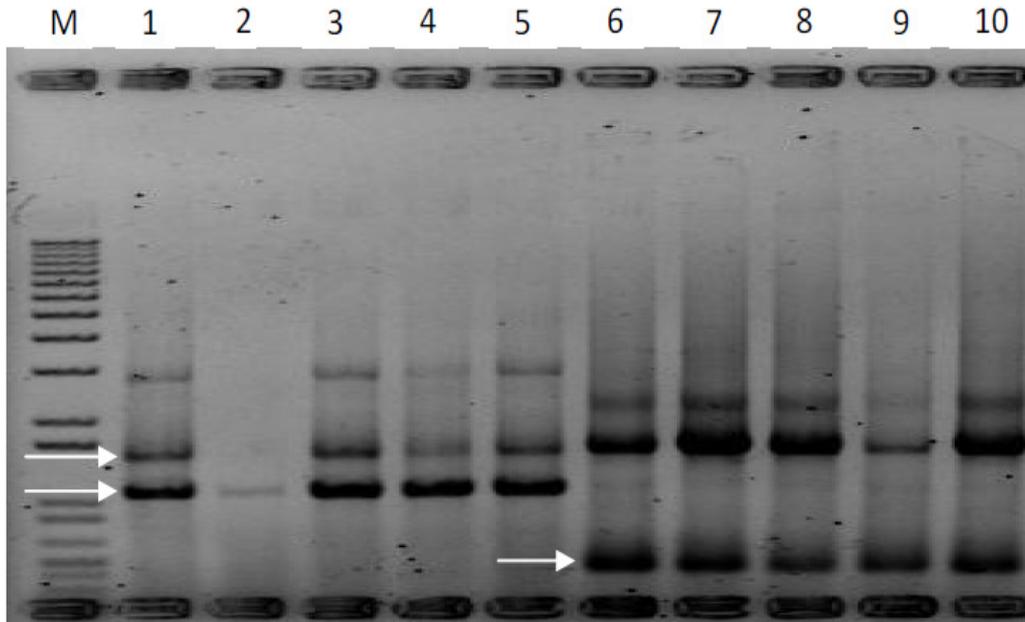
## Tabelas e Figuras

**Tabela 1.** *Primers* universais e *primers* espécie-específicos utilizados para identificação molecular de tubarões do gênero *Carcharhinus* capturados no sudeste e sul do Brasil pela frota atuneira sediada em São Paulo, Brasil.

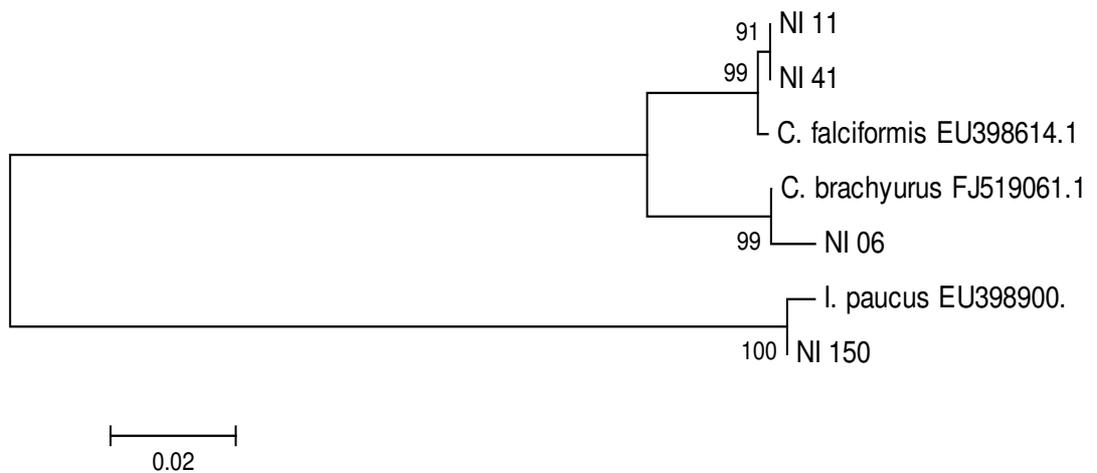
<b>Espécie</b>	<b>Fonte</b>
<i>Univ.Fish5.8SF</i>	Pank <i>et al.</i> (2001)
<i>Univ.Fish 28SR</i>	Pank <i>et al.</i> (2001)
<i>Carcharhinus falciformis</i>	Shivji <i>et al</i> (2002)
<i>Carcharhinus longimanus</i>	Shivji <i>et al</i> (2002)
<i>Carcharhinus plumbeus</i>	Pank <i>et al.</i> (2001)
<i>Carcharhinus plumbeus</i>	Pank <i>et al.</i> (2001)
<i>Carcharhinus brevipinna</i>	Nielsen (2004)
<i>Carcharhinus leucas</i>	Nielsen (2004)
<i>Carcharhinus limbatus</i>	Henning (2005)
<i>Carcharhinus signatus</i>	Henning (2005)
<i>Carcharhinus perezii</i>	Nielsen (2004)
<i>Carcharhinus isodon</i>	Henning (2005)

**Tabela 2.** Frequência de ocorrência das espécies de tubarões do gênero *Carcharhinus* capturados no sudeste e sul do Brasil pela pesca atuneira e desembarcadas em São Paulo, Brasil (N=número total de indivíduos, % percentagem).

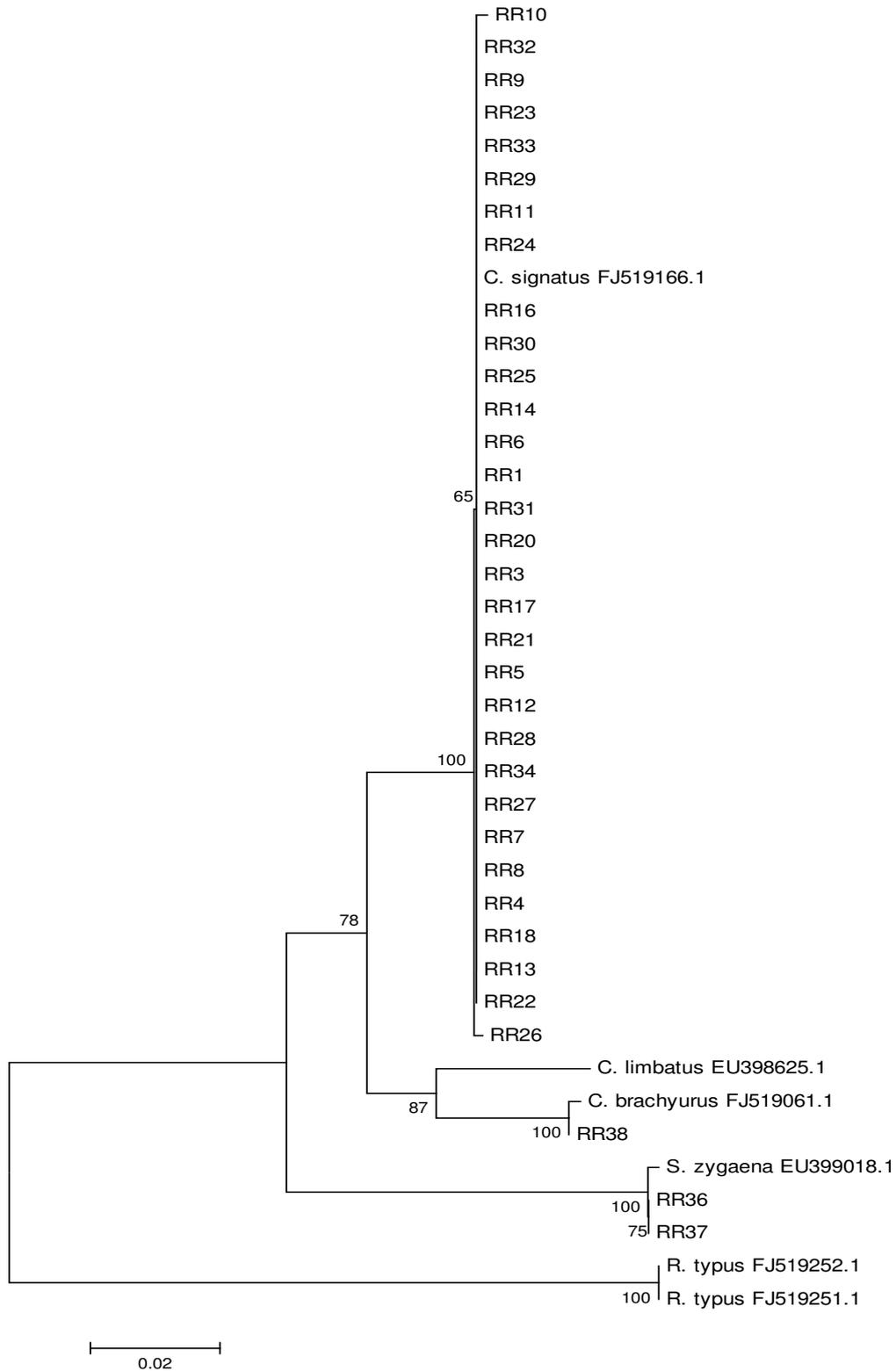
<b>Espécie</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
<i>Carcharhinus falciformis</i>	161	50,5
<i>Carcharhinus signatus</i>	152	47,6
<i>Carcharhinus brachyurus</i>	2	0,6
<i>Carcharhinus plumbeus</i>	1	0,3
<i>Sphyrn zygaena</i>	2	0,6
<i>Isurus paucus</i>	1	0,3



**Fig. 1.** Identificação molecular de tubarões do gênero *Carcharhinus* produzidos pela técnica de PCR multiplex da região ITS2. M: Marcador, 1-5: *Carcharhinus falciformis* e 6-10: *Carcharhinus signatus*.

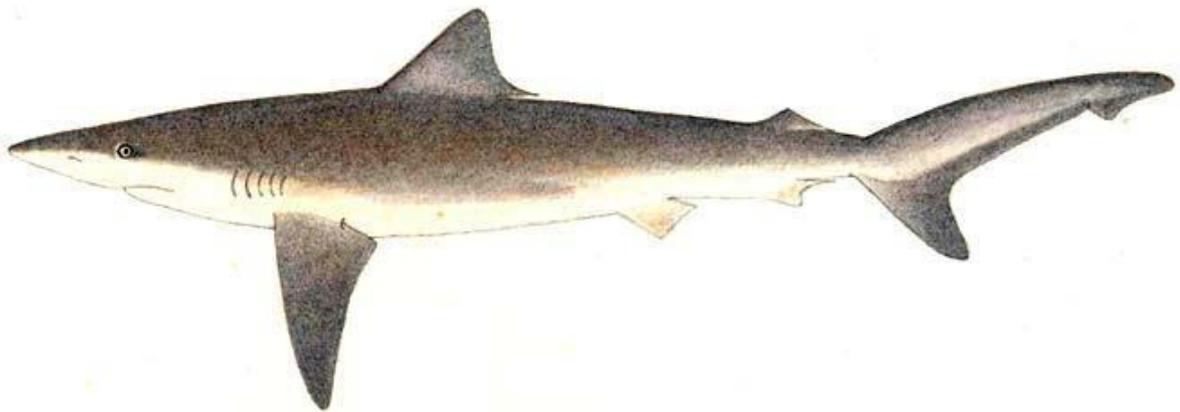


**Fig. 2.** Árvore fenética de Neighbor-joining, para indivíduos do gênero *Carcharhinus* identificados através de análise de sequência da região COI do DNA mitocondrial, usando distância K2P, de amostras não identificadas pela PCR-Multiplex (NI: não identificado)



**Fig. 3.** Árvore fenética de Neighbor-joining, usando distância K2P, para validação dos *pimers* de amostras identificadas pela PCR-Multiplex como *C. signatus* e *C. limbatus*. (RR- amostras do presente estudo)

**Capítulo II:** Participação de tubarões do gênero *Carcharhinus* (Chondrichthyes: Carcharhiniformes) na pesca atuneira do sudeste e sul do Brasil, Atlântico Sul Ocidental, a partir da década de 1970.



Participação de tubarões do gênero *Carcharhinus* (Chondrichthyes: Carcharhiniformes) na pesca atuneira do sudeste e sul do Brasil, Atlântico Sul Ocidental, a partir da década de 1970

Rodrigo Rodrigues Domingues<sup>1</sup>, Alexandre Wagner Silva Hilsdorf<sup>2</sup>, Alberto Ferreira de Amorim<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação do Instituto de Pesca, São Paulo, Brasil, Av. Bartolomeu de Gusmão, 192, Santos, SP, Brasil, 11030-906.

<sup>2</sup>Universidade de Mogi das Cruzes, Núcleo Integrado de Biotecnologia, Laboratório de Genética de Organismos Aquáticos e Aquicultura, CP 411, Mogi das cruces, São Paulo, Brasil, CEP. 08701-970

<sup>3</sup> Instituto de Pesca, APTA-SAA, São Paulo, Brasil, Av. Bartolomeu de Gusmão, 192, Santos, SP, Brasil, 11030-906

Autor Correspondente: Alberto Ferreira de Amorim, Instituto de Pesca, São Paulo, Brasil, Av. Bartolomeu de Gusmão, 192, Santos, SP, Brasil, 11030-906. Telefone (13) 32616571, e-mail: [prof.albertoamorim@gmail.com](mailto:prof.albertoamorim@gmail.com)

## Resumo

Nas capturas atuneiras de Santos/Guarujá-SP, os tubarões são comercializados em cinco grupos, sendo que os do gênero *Carcharhinus* devido a sua semelhança interespecífica, são popularmente conhecidos como “tubarão-machote” (quando possuem pesos menores que 30 kg) e como “tubarão-baía” (quando possuem pesos acima de 30 kg, sendo considerados de grande porte). O material analisado incluiu: a coleta de cabeças de tubarões do gênero *Carcharhinus*, informações de dois cruzeiros de pesca e o acompanhamento de desembarques da pesca comercial de espinhel, entre 2009 e 2010. Durante os desembarques foram obtidos os comprimentos das carcaças e sexo. A pesca atuneira ocorreu no sudeste e sul do Brasil (20° a 33°S e 30° a 46° W). Foram identificados 268 *C. falciformis*, sendo registrados o dados de 148 machos com CT entre 79 e 294 cm, e 56 fêmeas com CT entre 75 e 295 cm e 06 indivíduos com sexo não registrado, entre 99 e 254 cm, com proporção sexual de 2,1:1 (2009) e 3:1 (2010). A relação entre comprimento de carcaça (CC) e comprimento total (CT) para machos foi  $CC = 0,3122.CT^{1,099}$  ( $r^2 = 0,9923$ ), e fêmeas  $CC = 0,3615.CT^{1,0709}$  ( $r^2 = 0,994$ ). Para *C. signatus* foram identificados 183 indivíduos, sendo registrado dados de 43 machos entre 87 e 260 cm e 41 fêmeas entre 81,3 e 227 cm, com proporção sexual de 1:1 (2009 e 2010). A relação entre o CC e CT para machos foi  $CC = 0,3348.CT^{1,0894}$  ( $r^2 = 0,948$ ), e fêmeas  $CC = 0,4194.CT^{1,0421}$  ( $r^2 = 0,9894$ ). Com base nos tamanhos de primeira maturação sexual da literatura para as espécies em questão da área de estudo, *C. falciformis* foi majoritariamente representado por indivíduos imaturos (74% machos e 87,5% fêmeas). Isto foi igualmente constatado para , onde 93% dos machos e 98% de fêmeas capturadas eram imaturos. Medidas de manejo devem ser adotadas visando a conservação de ambas as espécies, devido a captura majoritária de indivíduos imaturos.

**Palavras-Chave:** Tubarão-baía, pesca de espinhel, Atlântico Sul, conservação

## Introdução

Ecologicamente os tubarões desempenham o papel primordial de reguladores do ecossistema marinho, pelo de fato de estarem no topo da cadeia alimentar. No entanto, a intensa pesca sobre os estoques de algumas espécies, principalmente devido à atual valorização de sua carne e subprodutos como nadadeiras e pele, juntamente com sua característica K-estrategista, tem levado a severos declínios populacionais (Garrick, 1982; Camhi *et al.* 1998; Heist & Gold, 1999).

Além disso, o falta de dados de desembarque por espécie, dificulta a implantação de medidas de manejo, uma vez que, os mesmos são necessários para a avaliação dos estoques. Isto se agrava no gênero *Carcharhinus* Blainville, 1816, por serem espécies que possuem apenas uma sutil diferença morfológica (Stevens, 2005).

No Brasil, a principal arte de pesca que captura *C. signatus* (Poey, 1868) e *C. falciformis* (Müller & Henle, 1839) é o espinhel pelágico (Mourato *et al.* 2011) e de acordo com Baum *et al.* (2003) esta arte de pesca é utilizada nos três oceanos. Entre o período de 1971 e 1995 a frota atuneira com sede em São Paulo atuou no sudeste e sul do Brasil utilizando o tradicional espinhel japonês (multifilamento), conhecido por atuar em maia-água. A partir de 1995, essa frota passou a utilizar o espinhel de superfície (monofilamento) direcionando seus esforços principalmente para a captura de *Xiphias gladius* (Linnaeus, 1758) e conseqüentemente capturando grandes quantidades de tubarões como fauna acompanhante (Amorim, *et al.* 1998).

As espécies *C. falciformis* e *C. signatus* são espécies oceânica e semi-oceânica, pelágicas, habitando águas subtropicais, tropicais e temperadas quentes dos três oceanos. No oeste do Oceano Atlântico *C. falciformis* ocorre desde Massachussets até o sul do Brasil em águas de até 500 m. Já *C. signatus* é encontrado na área insular e fora da plataforma continental, em profundidades menores que 100 m., com ocorrência

desde a Flórida até a Argentina, alcançando até 280 cm de comprimento total (Bigelow & Schroeder, 1948; Compagno, 2005; Last & Stevens, 2009). Ambas as espécies possuem alto valor comercial, principalmente pela valorização de suas nadadeiras. De acordo com Amorim *et al.* (1998) doze espécies do gênero *Carcharhinus* ocorrem no sudeste e sul do Brasil. Porém, devido as dificuldades de identificação poucos estudos biológicos foram realizados para essas espécies. Este fato inviabiliza um correto manejo e ações de conservação desses tubarões, uma vez que, cada espécie responde de maneira diferente à pressão pesqueira (Paesch & Meneses, 1999). O elevado esforço de pesca associado com a característica K-estrategista dos tubarões, pode levar, em curto período, a um colapso dos estoques, a menos que medidas conservacionistas sejam implantadas com rigor. Para isso é necessário informações biológicas das espécies (Bonfil, 1995; Heist & Gold, 1999). O presente estudo discute a participação do gênero *Carcharhinus* na pesca atuneira do sudeste e sul do Brasil e analisa as capturas pretéritas do mesmo através de informações nas folhas de comercialização do Instituto de Pesca de São Paulo, Brasil para o período entre 1971 e 2010.

### **Material e Métodos**

As amostras foram coletadas durante os desembarques mensais da frota atuneira no Terminal Pesqueiro Público de Santos, São Paulo, na empresa Itá Fish, em Guarujá, São Paulo e durante dois cruzeiros de pesca entre os anos de 2009 e 2010. A área de pesca compreendeu o sudeste e sul do Brasil, entre as latitudes 17° e 33°S e longitude 25° a 50° W (Fig. 1). A biomassa da carcaça mensal e anual do gênero *Carcharhinus*, foi retirada das folhas de comercialização para o período entre 1971 e 2009, disponíveis no Banco de Dados do Instituto de Pesca. Os dados foram agrupados em dois períodos de

acordo com a estratégia de pesca: O primeiro período compreendeu os anos entre 1971 e 1995, com a utilização de espinhel meia-água pela frota atuneira sediada em São Paulo, Brasil. O segundo período compreendeu os anos entre 1996 e 2009, com a utilização do espinhel de superfície pela mesma frota.

A identificação dos indivíduos inteiros observados durante os cruzeiros de pesca foram realizadas pela arcada dentária segundo Garrick (1982, 1985). As carcaças desembarcadas pela frota atuneira foram identificadas por meio da técnica de PCR multiplex descritas por Shivji *et al.* (2002), utilizando DNA nuclear.

Durante os cruzeiros nas embarcações atuneiras foram registrados dados de comprimento total, CT (distância entre a ponta do focinho e a ponta do lóbulo superior da nadadeira caudal), comprimento da carcaça, CC (distância entre a origem da nadadeira peitoral e origem da caudal) e sexo.

Para estimar o comprimento total através do comprimento da carcaça, foi estabelecida uma regressão linear entre CT e CC para machos e fêmeas. A equação  $CC = a \cdot CT^b$  foi obtida através da aplicação do método dos mínimos quadrados à transformação logarítmica:  $\ln CC = \ln a + b \cdot \ln CT$ . Os parâmetros a e b são as constantes (Santos, 1978).

A proporção sexual foi calculada por estação do ano: verão (janeiro, fevereiro e março), outono (abril, maio, junho), inverno (julho, agosto e setembro) e primavera (outubro, novembro e dezembro) aplicando-se o teste não-paramétrico do qui-quadrado ( $X^2$ ) (Zar, 1984), com 0,05% graus de liberdade.

A distribuição de frequência por classes de comprimento foi efetuada com base na estimativa da relação CC x CT. O agrupamento de dados foi realizado por estações do ano.

Para classificar os indivíduos capturados em maduros e imaturos, os comprimentos totais estimados foram comparados com os dados de primeira maturação sexual de Hazin *et al.* (1997 e 2000).

## **Resultados**

De acordo com a análise histórica da pesca de tubarões do gênero *Carcharhinus* ao longo de quatro décadas (1971-2009) as maiores capturas anuais foram durante o primeiro período (1971 – 1995), com uma captura crescente apresentando três picos de produção; o primeiro em 1981, com 232 kg; o segundo em 1990, com 329 kg e o terceiro em 1993 alcançando 365 kg. O segundo período (1996-2009) apresentou oscilações mais acentuadas, com picos em 1998 com 220 kg e em 2003 com 236 kg. (Fig. 2).

Os maiores valores de captura mensal do gênero *Carcharhinus* no primeiro período foram entre os meses de julho e novembro, alcançando um pico de 666.429 kg em novembro, seguida de uma queda a partir do mês de dezembro. Para o segundo período houve uma captura constante, com média de 97.560 kg, com um leve acréscimo a partir do mês de agosto, atingindo um máximo de 134.729 kg em dezembro (Fig. 3).

Um total de 268 exemplares de *C. falciformis* foi identificado durante o estudo, sendo possível registrar o comprimento de 210 deles. Desse total, 148 foram machos e tiveram o  $CT_s$  variando entre 79 e 294 cm e 56 foram fêmeas, com  $CT_s$  variando entre 75 e 295 cm. Em seis indivíduos o sexo não pode ser determinado. Estes tiveram  $CT_s$  variando entre 99 e 254 cm.

A distribuição de frequência por comprimento variou nas diferentes estações do ano de 2009 e 2010 para a espécie *C. falciformis* (Fig. 4.). No verão, não houve a presença de fêmeas e os machos variaram entre 123 cm e 202 cm (média= 180 cm). No outono, duas

fêmeas foram capturadas com comprimento total 107 e 112 cm respectivamente e cinco machos variando entre 101 cm e 200 cm (média= 127 cm). No inverno foram capturadas três fêmeas, medindo entre 99 cm e 145 cm (média=118 cm) e cinco machos entre 98 cm e 224 cm (média= 130 cm). A primavera foi a estação com a maior frequência da espécie, sendo observados 36 fêmeas com comprimento entre 75 cm e 295 cm (média=146 cm) e 78 machos entre 74 cm e 294 cm (média=180 cm). No verão de 2010 ocorreu a presença de quatro fêmeas com comprimento total variando 107 cm e 155 cm (média=133) e sete machos com comprimento entre 88 cm a 262 cm (média = 150). No inverno do mesmo ano o comprimento total de machos variou entre 100 cm e 267 cm.

De acordo com o teste do  $X^2$  a proporção sexual de *C. falciformis* no ano de 2009 foi significativa para machos ( $X^2 = 4.899$ ;  $p=0,0269$ ), sendo considerada 2.1:1 para machos e fêmeas, respectivamente. No verão do mesmo ano ocorreram apenas indivíduos machos, já no outono ocorreram quatro machos e uma fêmea. No inverno ocorreram cinco machos e três fêmeas. Na primavera, ocorreram diferenças significativas para machos ( $X^2= 14.617$ ,  $p= <0,0001$ ) na proporção sexual, com proporção 2.1:1 para machos e fêmeas,. No verão de 2010 a proporção sexual ( $X^2= 66,28$ ,  $p= <0,0001$ ) foi considerada 1,3:1 para machos e fêmeas respectivamente, também com predominância de indivíduos machos. Já no inverno do mesmo ano a proporção sexual foi significativa para machos ( $X^2= 4.899$ ,  $p= <0,0001$ ), sendo considerado 3,1:1 para machos e fêmeas, respectivamente (Tabela 1).

Comparando os tamanhos de primeira maturação sexual publicados, *C. falciformis* apresentou 74% de machos imaturos. Já as fêmeas imaturas representaram 87,5% da captura (Tabela 2).

As relações entre os logarítimos do CT x CC para machos apresentou o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) de 0,9923 ( $p= 0,3614$ ; ). Para as fêmeas, o  $r^2$  foi de 0.994 ( $p= 0,1784$ ) (Fig. 5). As regressões ajustadas entre o comprimento total e comprimento carcaça consultam a Tabela 3.

Durante o período de estudo foram identificados 183 *C. signatus*, no entanto foram tomados dados morfométricos de 43 machos entre 87 e 260 cm CT e 41 fêmeas variando entre 81.3 e 227 cm CT.

A distribuição de frequência por comprimento variou nas diferentes estações do ano de 2009 e 2010 (Fig. 6) No verão e inverno de 2009 não houve a presença de indivíduos de *C. signatus*. No inverno, apenas um macho foi registrado com 106 cm de CT. A primavera foi estação com o maior número de indivíduos amostrados, com machos variando entre 87 cm e 221 cm de CT e fêmeas entre 81.3 e 216 cm CT. No verão de 2010 apenas um macho foi registrado com 149 cm CT e fêmeas entre 83 cm e 149 cm CT. No inverno apenas uma fêmea com 227 cm CT estimado foi observada. Já na primavera ocorreram apenas machos entre 117 cm e 213 cm de CT.

A proporção sexual de *C. signatus* no ano de 2009 não foi significativa, sendo considerado 1:1 ( $X^2 = 0,048$ ;  $p=0,9131$ ). No verão e outono não houve captura dessa espécie. No inverno, apenas um macho foi registrado com 106 cm comprimento total. Na primavera, ocorreram 37 machos e 36 fêmeas com proporção sexual não significativa ( $X^2 = 0,014$ ;  $p=0,9068$ ), sendo considerada 1:1 (Tabela 4)

A captura de *C. signatus* incidiu majoritariamente sobre indivíduos imaturos, sendo 93% dos machos imaturos. As fêmeas tiveram 98% de indivíduos imaturos, conforme a Tabela 5.

As relações entre os logarítimos do CT x CC para machos apresentou o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) de 0,9923 ( $p= 0,3614$ ; ). Para as fêmeas, o  $r^2$  foi de 0.994 ( $p=$

<0,1784) (Fig. 7). As regressões ajustadas entre o comprimento total e comprimento carcaça consultam a Tabela 6.

### **Discussão**

No sudeste e sul do Brasil os tubarões do gênero *Carcharhinus* são capturados como fauna acompanhante da pesca atuneira, direcionada principalmente a captura do *Xiphias gladius*. Embora seja fauna acompanhante, suas capturas são economicamente importantes pela alto de valor de suas nadadeiras que são comercializadas nos mercados asiáticos. De acordo com Clarke *et al.* (2006), *C. falciformis* representou 3,5% do total de tubarões comercializados nos mercados de Hong Kong.

Segundo Hazin *et al.* (2007) as oscilações na captura de tubarões do gênero *Carcharhinus* na pesca atuneira do sudoeste do Atlântico está relacionada principalmente com a estratégia da frota brasileira para a captura alvo, visando esporadicamente a captura desses tubarões. Segundo Amorim *et al.* (2011) entre os períodos de 1971 e 1995 frota atuneira sediada em São Paulo utilizou o espinhel de meia-água, nos anos seguintes houve uma troca pelo espinhel de superfície. Contudo, deve ser levado em consideração a redução da frota atuneira sediada em São Paulo, que no período entre 1976 e 1993 possuía entre 3 e 16 barcos e em 2009 apenas três (Amorim *et al.* 2002). Análises no Atlântico norte entre 1992 e 1995 sugerem que um complexo de espécies do gênero *Carcharhinus* incluindo *C. falciformis*, *C. signatus*, *C. plumbeus* (Nardo, 1827) diminuiu significativamente em 70%. (Bonfil, *et al.* 2007)

A amplitude de comprimento total de *C. falciformis* foi similar aos encontrados por Hazin *et al.* (2007) entre 75cm e 295 cm. O mesmo ocorreu com *C. signatus*, com valores de comprimento total muito próximo ao encontrado por Vaske Junior *et al.* (2009) que encontrou indivíduos com média de 146,8 cm de CT. Os comprimentos

totais encontrados para ambas as espécies estão de acordo com os registrados por Compagno *et al.* (2005), com 350 cm para *C. falciformis* e 280 cm para *C. signatus*.

As espécies *C. falciformis* e *C. signatus* foram bastante abundantes durante a primavera de 2009, principalmente pela preferência por águas quentes (Compagno, 2005). O pequeno número de indivíduos de ambas as espécies na primavera de 2010 é explicada pela diminuição do esforço, devido à redução da frota. A proporção sexual diferente de 1:1 para machos e fêmeas de *C. falciformis*, está relacionada à segregação sexual ontogenética da espécie (Compagno, 1984). A proporção sexual 1:1 para *C. signatus* também foi observada por Hazin *et al.* (2000b) no nordeste do Brasil.

As capturas de ambas as espécies foram majoritariamente sobre indivíduos juvenis, sobretudo na espécie *C. signatus*. Segundo Vooren *et al.* (2005) há uma predominância de indivíduos juvenis para as duas espécies no sul do Brasil, em meses, quentes, indicando essa região como uma área de berçário dessas espécies.

As regressões entre CT x CC para *C. falciformis* e *C. signatus* capturados no sudeste e sul do Brasil são de extrema importância para gestão pesqueira destas espécies, pois o modo de evisceração dos pescadores é diferente do comumente realizado entre a origem das nadadeiras peitorais e forquilha (Kohler, 1995). Contudo, os parâmetros devem ser utilizados dentro da amplitude de comprimento observado.

De acordo com (Dulvy e Forresti, 2010) status populacional de muitas espécies de tubarão em todo o mundo é pouco conhecido o que dificulta práticas apropriadas de conservação e sustentabilidade em longo prazo. Isto se agrava nas espécies de tubarões pela condição intrínseca de seu modo de vida (K-estrategista).

Os resultados apresentados são de extrema importância para conhecimento da participação dessas espécies na pesca atuneira e para gestão da pesqueira no sudeste e sul do Brasil. De acordo com Dias-Neto (2011) o sudeste e sul do Brasil apresentam o

maior volume de desembarque da pesca extrativa marinha do Brasil e existe uma carência de dados de ambas as espécies (Hazin *et al.* 2000b).

*Carcharhinus falciformis* e *C. signatus* estão classificados na Lista Vermelha da *Internation Union for Conservation of Nature* (IUCN) como “quase ameaçada” e “vulnerável”, respectivamente (Santana *et al.* 2006; Bonfil *et al.* 2007). No Brasil, a espécie *C. signatus* tem sua captura proibida pela Instrução Normativa 05 de 21 de maio de 2004, editada pelo Ministério do Meio Ambiente, porém continua sendo capturada pela frota atuneira. Desta forma, além da proibição de *C. signatus* em águas nacionais, medidas protecionistas devem ser implementadas para *C. falciformis*, visando a conservação de ambas espécies. Contudo, uma fiscalização mais eficaz deve ser realizada para que espécies com capturas proibidas não continuem sendo capturadas.

#### **Agradecimentos**

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (proc. 2009/13186-0; 2009-54660-6) pelo auxílio e bolsa concedida. A Bruna Bernard e Alexandre Angrimani pela amostragem de campo. Este trabalho foi desenvolvido como parte do total requerido para obtenção de grau de Mestre do Programa de Pós-Graduação do Instituto de Pesca-SP.

## Referências Bibliográficas

- Amorim, A.F.; Arfelli, C. A.; Fagundes, L. 1998. Pelagic elasmobranchs caught by longliners off Southern Brazil during 1974-97: an overview. *Marine Freshwater Research* 49, 621-32.
- Amorim, A. F.; Arfelli, C. A.; Bacilieri, S. 2002. Shark data from Santos longliners fishery off southern Brazil (1971-2000). *Collective Volume of Scientific Papers*, 54(4): 1341-1348.
- Amorim, A. F.; Arfelli, C. A.; Domingues, R. R.; Piva-Silva, N.; Minte-Vera, C. V. *Coryphaena hippurus* and *Acanthocybium solandri* incidental catch off south and southeast Brazil (1971-2009) by Sao Paulo tuna longliners. 2011. *Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT*, 66(5): 2140-2152
- Baum, J.K; Myers, R.A; Kehler, D.G; Worm, B; Harley, S.J; Doherty, P.A.2003. Collapese and Conservation of Sharks Populations in the Northwest Atlantic. *Science*, 299: 389– 391.
- Bigelow, H. B., & W. C. Schroeder. 1948. Sharks. In J. Tee-Van, C. M. Breder. S. F. Hildebrand, A. E. Parr. and W. C. Schroeder(eds.). *Fishes of the western North Atlantic. Part I. Vol. I.* p. 59-546. *Mem. Sears Found. Mar. Res., Yale Univ.*
- Bonfil, R., Amorim, A., Anderson, C., Arauz, R., Baum, J., Clarke, S.C., Graham, R.T., Gonzalez, M., Jolón, M., Kyne, P.M., Mancini, P., Márquez, F., Ruíz, C.; Smith, W. 2007. *Carcharhinus falciformis*. In: IUCN 2011. *IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.1.* <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 26 October 2011.
- Bonfil, R. 1995. The purpose of stock assessment and the objectives fisheries management. In In: Musick, J.A.; Bonfil, R. (eds) *Management techniques for elasmobranch fisheries. FAO Fisheries Technical Paper. No. 474.* Rome, FAO. 2005. 251p.

Camhi, M; Fowler, S; Musick, J; Bräutigam, A; Fordham, S. 1998. Sharks and their Relatives Ecology and Conservation. Occas. Pap. IUCN Spec. Survival Comm. No. 20.

Clarke, S.C; Magnussen, J.E; Abercrombie, D.L; McAllister, M.K; Shivji, M.S. 2006. Identification of shark species composition and proportion in the Hong Kong shark fin market based on molecular genetics and trade records. *Conservation Biology* 20:201-211.

Compagno, L. J. V. 1984. FAO Species Catalogue. Sharks of the World. A, Annotated and Illustrated Catalogue of Shark Species Known to Date. Part 2. Carcharhiniformes. FAO Fish. Synop., v. 4, n. 125, p. 251-655, 1984.

Dias-Neto, 2011. Proposta de Plano Nacional de Gestão para o uso sustentável de elasmobrânquios sobre-explotados ou ameaçados de sobre-exploração no Brasil. Brasília, IBAMA, 154p.

Dulvy, N. K.; Forrest, R. E. 2010. Life histories, population dynamics, and extinction risks in Chondrichthyans. In: (Carriker, J. C.; Musick, J. A.; Heithaus, M. R. Eds. ). 2010. Sharks and their relatives II: Biodiversity, adaptive, physiology, and conservation. CRC Press, 711pp.

Garrick, J. A. F. 1982. Sharks of the genus *Carcharhinus*. NOAA Technical Report NMFS, v. 445, p. 1-194.

Garrick, J. A. F. 1985. Additions to a revision of the shark genus *Carcharhinus*: synonymy of *Aprionodon* and *Hypoprion*, and description of a new species of *Carcharhinus* (Carcharhinidae). NOAA Technical Report NMFS, v. 34, p.1-26,

Hazin, F.H; Oliveira, P.G.V; Macena, B.C.L. 2007. Aspects of the Reproductive Biology of the Silk Shark, *Carcharhinus falciformis* (Nardo, 1987), in the Vicinity of

Archipelago of Saint Peter and Saint Paul, in the Equatorial Atlantic Ocean. Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT, 60: 648-651.

Hazin, F. H. V.; Broadhurst, M. K.; Hazin, H. G. 2000a. Preliminary analysis of the feasibility of transferring new longline technology to small artisanal vessels off northeastern Brazil.. Marine Fisheries Review, EUA, v. 62, n. 1, p. 27-34, 2000.

Hazin, F. H.; Lucena, F.; Souza, T. S. L.; Boeckman, C.; Broadhurst, M.; Menni, R. 2000b. Maturation of the night shark, *Carcharhinus signatus*, in the southwestern equatorial Atlantic Ocean. Bulletin of Marine Science. V. 66, p. 173-185.

Heist, E.J & Gold J. R. 1999. Genetic Identification of Sharks in the U.S. Atlantic large coastal Shark Fishery. Fishery Bulletin, 97: 53-61.

Kohler, N.E., Casey, J. G., Turner, P.A. 1995. Length-weight relationships for 13 species of sharks from the western North Atlantic. Fishery Bulletin 93:412-418.

Last, P. R. e Stevens, J. D. 2009. Sharks and rays of Australia, 2<sup>nd</sup> edition. CSIRO Division of Fisheries, Melbourne.

Mourato, B. L.; Arfelli, C. A.; Amorim, A. F.; Hazin, H. G. Carvalho, F. C.; Hazin, F. V. H. 2011. Spatio-temporal distribution and target species in a longline fishery off the southeastern coast of Brazil. Brazilian Journal of Oceanography, 59 (2): 185-194

Paesch, L & Meneses, P. 1999. Estudios realizados sobre los elasmobranquios dentro del Rio de La Plata y la zona común de pesca Argentino – Uruguay en el marco de investigación pesquera. Instituto Nacional de Pesca, Ministério de Ganadería, Agricultura y Pesca; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Montevideo, Uruguay, 79p.

Santana, F.M., Lessa, R.; Carlson, J. 2006. *Carcharhinus signatus*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>.

Downloaded on 26 October 2011.

- Shivji, M. S., Clarke, S. C., Pank, M., Natanson, L., Kohler, N., Stanhope, M. 2001. Genetic Identification of Pelagic Shark Body Parts for Conservation and Trade Monitoring. *Conservation Biology*, vol.16:1036-1047
- Vaske Junior, T.; Vooren, C. M.; Lessa, R. P. 2009. Feeding strategy of the night shark (*Carcharhinus signatus*) and scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*) near seamounts off northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 57(2):97-104.
- Vooren, C. M.; Klippel, S.; Galina, A.B. 2005. Os elasmobrânquios das águas costeiras da Plataforma Sul. In: Vooren, C.M.; Klippel, S. (Ed.). *Ações para conservação de tubarões e raias no sul do Brasil*. Porto Alegre: Igaré, p. 114 – 120

## Tabelas e Figuras

**Tabela 1:** Número de indivíduos capturados de machos e fêmeas (N); proporção sexual (M:F) e média do comprimento total (CT) de *Carcharhinus falciformis*. Os valores entre parênteses representam o mínimo e máximo.

Mês	N (macho)	N (fêmea)	M:F	CT m	CT f
<b>2009</b>					
verão	7	0	-	180 (123 - 202)	-
outono	7	2	3.5:1	126 (101 - 200)	110 (107 - 112)
inverno	5	3	1.7:1	130 (98 - 227)	118 (99 - 145)
primavera	78	37	2.1:1	180 (74 - 287)	146 (75 - 295)
<b>2010</b>					
verão	6	4	1.5:1	150 (88 - 262)	133 (107 - 155)
Inverno	45	11	4.1:1	130 (100 - 267)	124 (99 - 233)

**Tabela 2:** Participação de indivíduos adultos e jovens de *C. falciformis* baseado na estimativa de comparados com os dados de Hazin *et al.* (2007).

	Adultos N	Jovens N	Adultos %	Jovens %	Hazin et al. (2007)
<b>M</b>	39	109	26	74	210 - 230 cm
<b>F</b>	7	49	12.5	87.5	> 230 cm

**Tabela 3:** Relação entre CT x CC para machos (M) e fêmeas (F), com as respectivas equações, coeficiente de determinação e tamanho amostral de *C. falciformis*.

	Sexo	N	Equação	r <sup>2</sup>
CT-CC	Macho	38	CC=0,3122* CT <sup>1,099</sup>	0.9923
CT-CC	Fêmea	21	CC=0,3615*CT <sup>1,0709</sup>	0.994

**Tabela 4:** Número de indivíduos capturados de machos e fêmeas (N); proporção sexual (M:F) e média do comprimento total (CT) de *Carcharhinus signatus*. Os valores entre parênteses representam o mínimo e máximo e os valores de CT com apenas um indivíduo representa o valor absoluto.

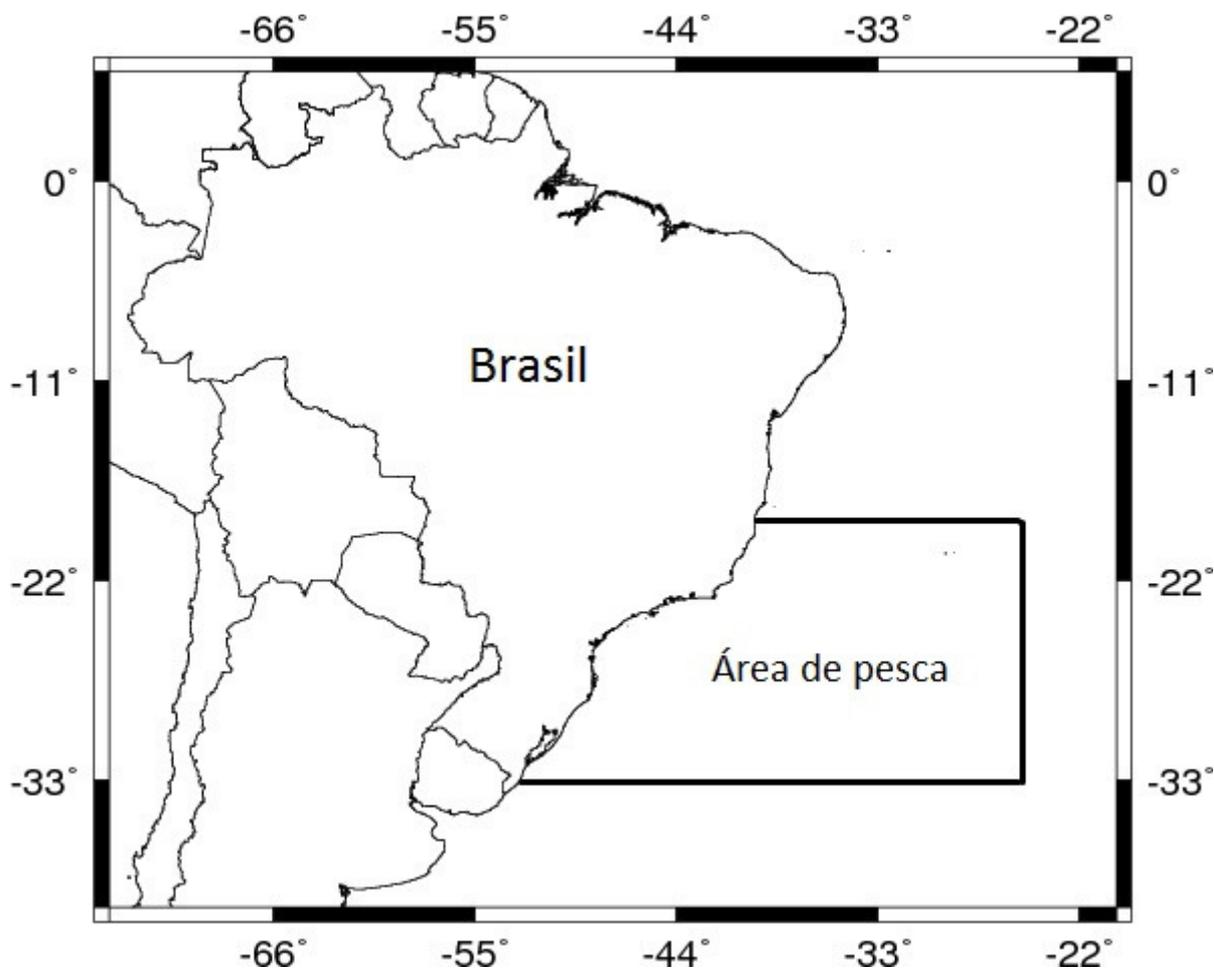
Estações	N (macho)	N (fêmea)	M:F	CT m	CT f
<b>2009</b>					
Verão	-	-	-	-	-
Outono	-	-	-	-	-
Inverno	1	0	-	106	-
primavera	37	36	01:01	118 (87 - 221)	115 (81.3 - 216)
<b>2010</b>					
Verão	1	4	0.25:1	149	121 (83 - 149)
Inverno	-	1	-	-	227

**Tabela 5:** Participação de indivíduos adultos e jovens de *C. signatus* baseado na estimativa de comparados com os dados de Hazin *et al.* (2000).

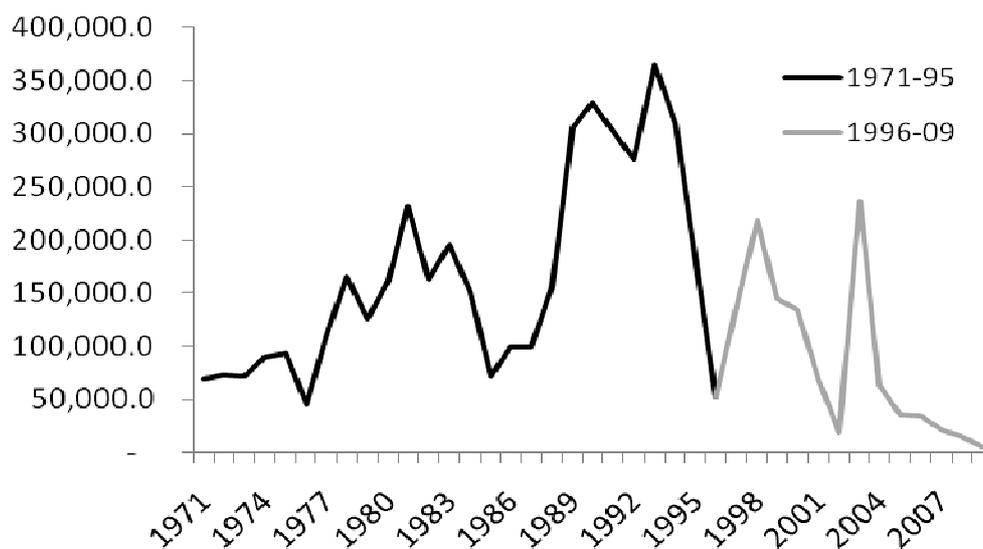
	Adultos	Jovens	Adultos	Jovens	Hazin <i>et al.</i> (2000)
	N		%		
<b>M</b>	3	40	7	93	185 - 190
<b>F</b>	1	40	2	98	200 - 205 cm

**Tabela 6:** Relação entre CT x CC para machos (M) e fêmeas (F), com as respectivas equações, coeficiente de determinação e tamanho amostral de *C. falciformis*.

	Sexo	N	Equação	r <sup>2</sup>
CT-CC	Macho	24	CC=0.3348*LT1.0894	98,43
CT-CC	Fêmea	21	CC=0.4194*LT1.0421	98.94

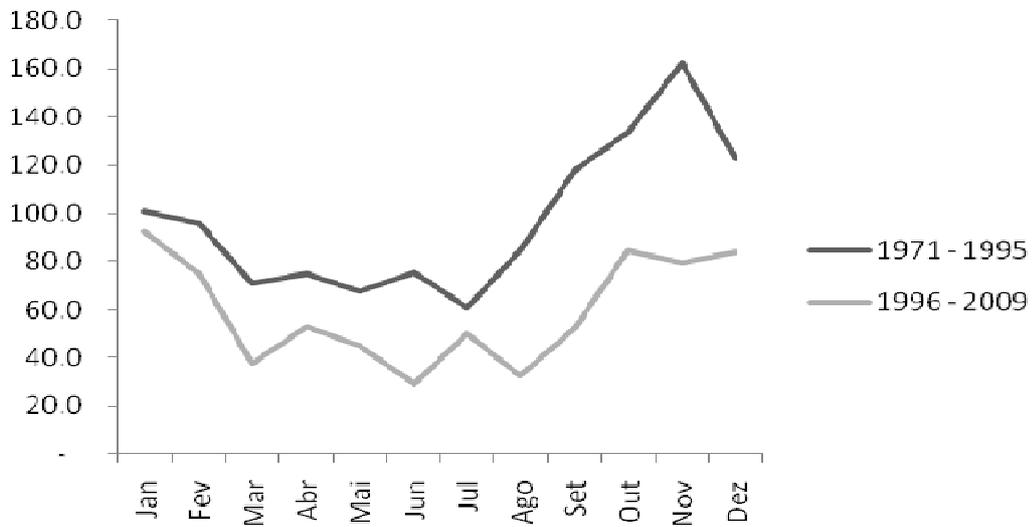


**Fig. 1.** Área de pesca da frota atuneira sediada em São Paulo compreendendo o sudeste e sul do Brasil.



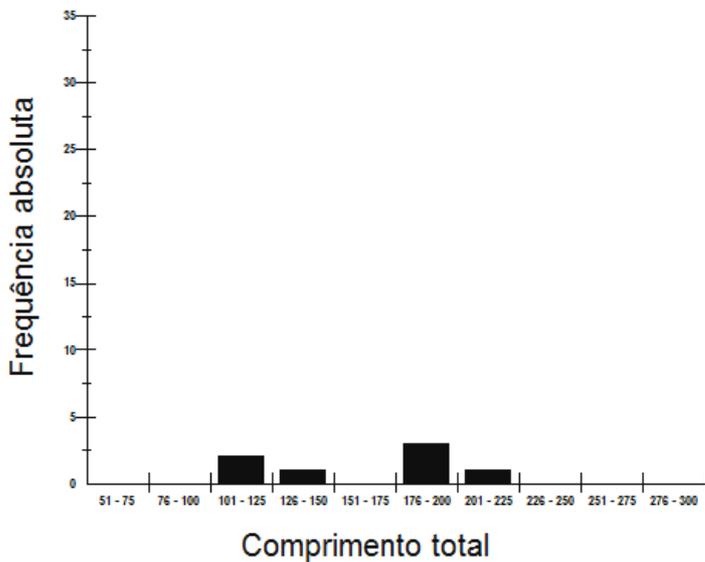
**Fig. 2.** Captura anual de tubarões do gênero *Carcharhinus* no sudeste e sul do Brasil pelos atuneiros de São Paulo. A linha preta compreende o período entre 1971 e 1995

com a utilização do espinhel de fundo e a linha cinza o período entre 1996 e 2009 com a utilização do espinhel de superfície

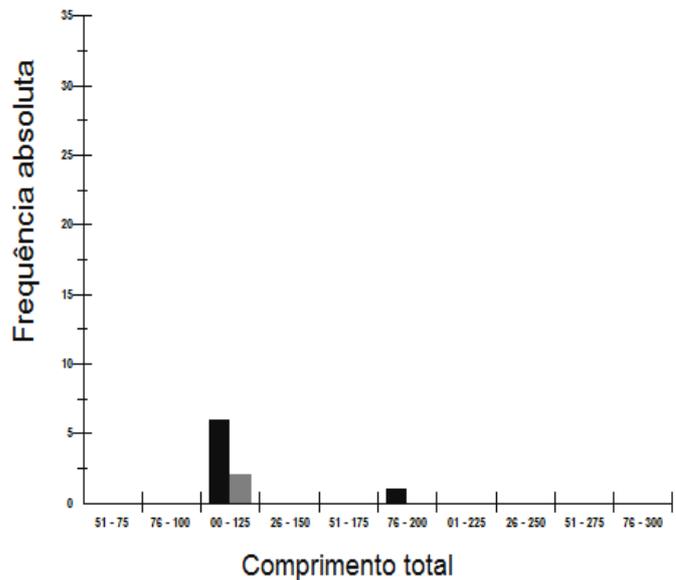


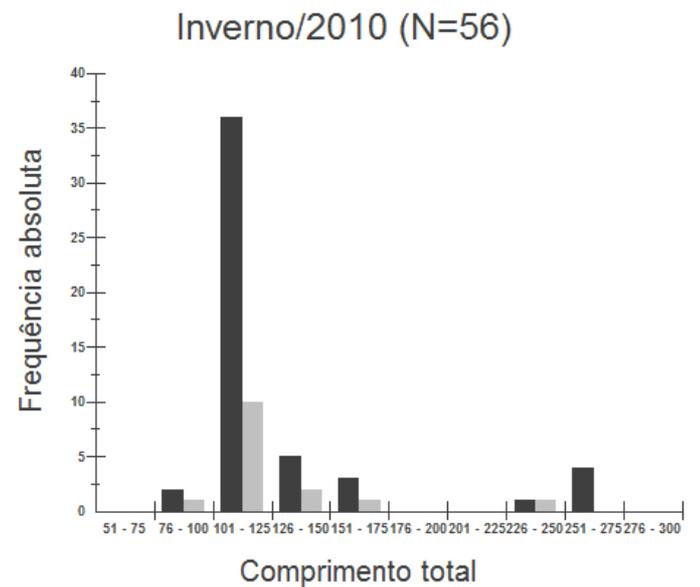
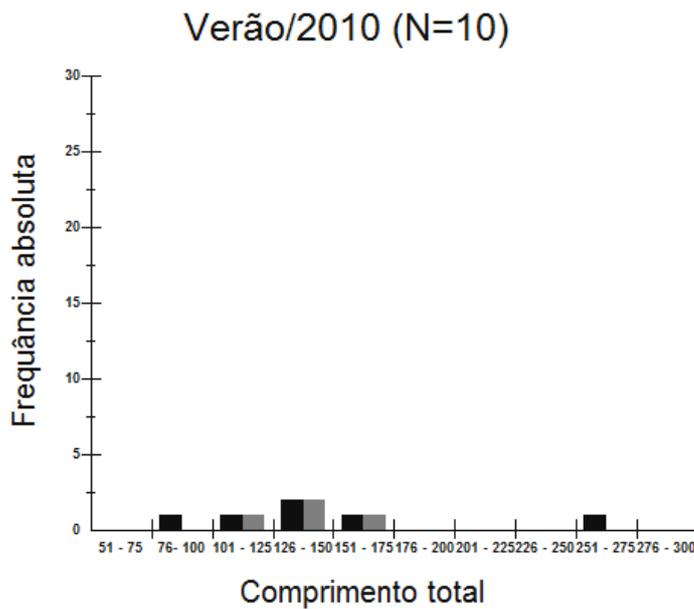
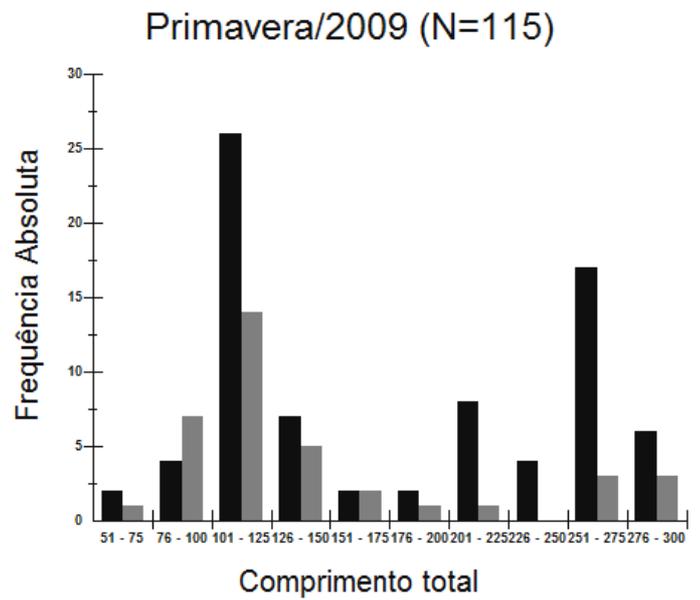
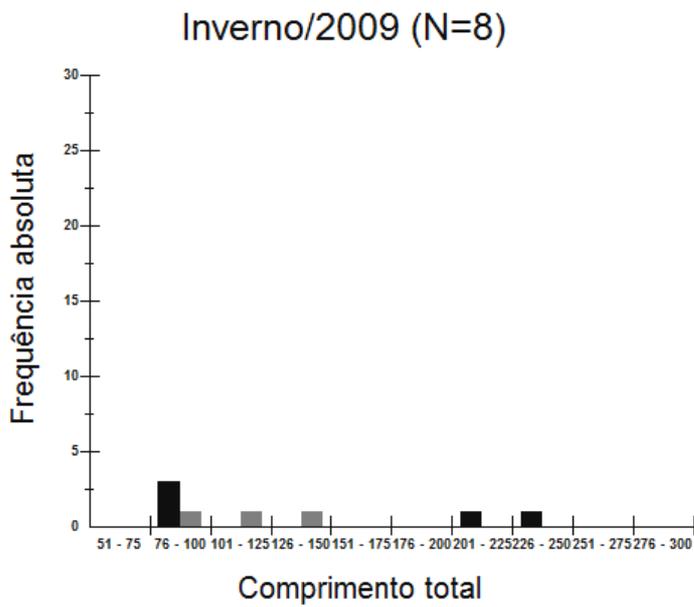
**Fig. 3.** Captura mensal de tubarões do gênero *Carcharhinus* no sudeste e sul do Brasil pelos atuneiros de São Paulo. A linha preta compreende o período entre 1971 e 1995 com a utilização do espinhel de fundo e a linha cinza o período entre 1996 e 2009 com a utilização do espinhel de superfície.

Verão/2009 (N=7)

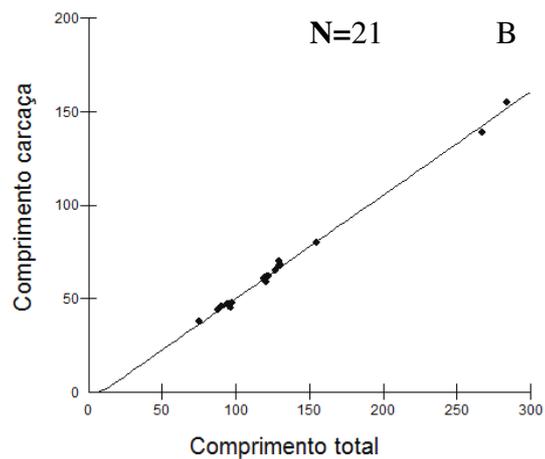
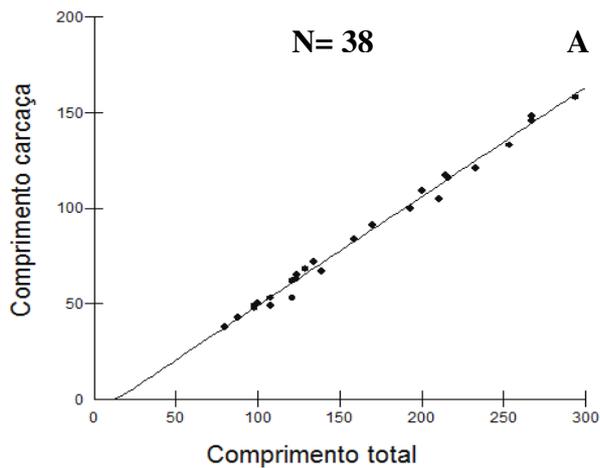


Outono/2009 (N=9)

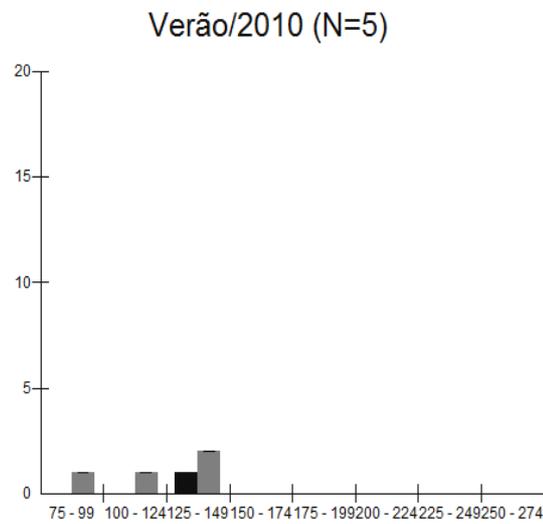
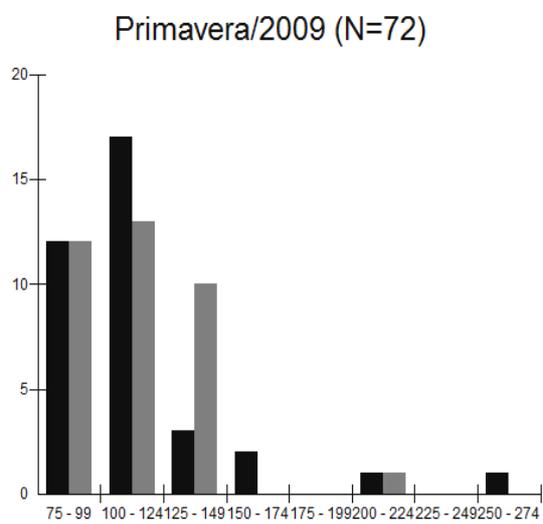


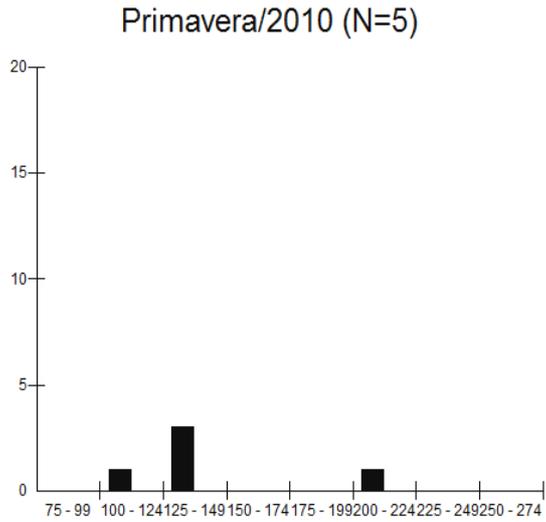


**Fig. 4.** Distribuição de frequência por classes de comprimento total de machos e fêmeas de *C. falciiformis* por estação nos de 2009 e 2010, capturados pela frota atuneira sediada em Santos-SP.

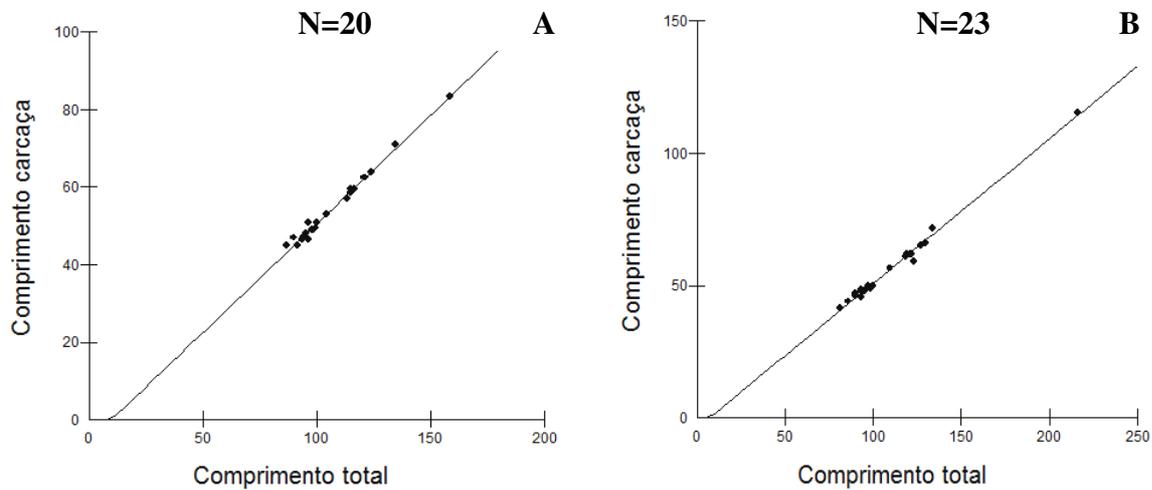


**Fig. 5.** Relação entre comprimento total e comprimento carcaça de *C. falciformis*, macho (fig. A) e fêmea (fig. B) capturados pela pesca atuneira no sudeste e sul do Brasil.





**Fig. 6.** Distribuição de frequência por classes de comprimento total de machos (colunas pretas) e fêmeas (colunas cinzas) de *C. signatus* nas estações de primavera de 2009 (fig. A), verão de 2010 (fig. B) e primavera de 2010 (fig. C), capturados pela frota atuneira no sudeste e sul do Brasil. As estações de verão e inverno de 2009 não estão representadas pois não foram amostrados indivíduos e a estação de inverno de 2010 por apresentar apenas um indivíduo.



**Fig. 7.** Relação entre comprimento total e comprimento carcaça de *C. signatus*, macho (fig. A) e fêmea (fig. B) capturados pela pesca atuneira no sudeste e sul do Brasil.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em face da elevada exploração dos tubarões em todo o mundo, medidas de proteção devem ser empregadas visando sua conservação. Este quadro exige ações da gestão pesqueira, por ser essa a principal responsável pela diminuição de abundância das populações desses peixes.

O monitoramento dos desembarques de tubarões é extremamente importante para a gestão desses organismos, pois a partir desses dados, medidas protecionistas podem ser estimadas, como cotas de captura, áreas de exclusão de pesca, tamanhos mínimo de captura entre outros.

No entanto, a semelhança morfológica entre vários grupos de tubarões (e.g. *Sphyrnas* spp., *Alopias* spp., *Isurus* spp., *Mustelus* spp.), associado com as práticas da pesca, dificulta o monitoramento por espécie, tornando ineficaz a gestão da pescarias, pois cada espécie, por mais semelhante que seja, possui características biológicas singulares.

A técnica de PCR-multilplex foi extremamente satisfatória para identificação de um complexo de espécies do gênero *Carcharhinus* capturados no sudeste e sul do Brasil. Desta forma, foi possível identificar uma amostra considerável do que é desembarcado em Santos e Guarujá-SP e verificar que a abundância dessas espécies pode estar modificando devido ao alto esforço de pesca empregado durante anos. Também foi possível observar que grande parte da captura desse gênero incide sobre a espécie *C. signatus*, cuja captura, no Brasil, é proibida pela Instrução Normativa 5, editada pelo Ministério do Meio Ambiente e que a espécie *C. longimanus* que outrora era bastante abundante não apareceu nas capturas como já evidenciadas em outras regiões do mundo.

A partir da identificação molecular, um estudo biológico-pesqueiro pode ser realizado para as duas espécies mais abundantes, *C. falciformis* e *C. signatus*, além de uma análise de dados de quatro décadas do gênero na pesca atuneira da frota sediada em São Paulo. Foi possível observar que a

participação dessas espécies na pesca é majoritariamente de indivíduos juvenis em ambas as espécies e que *C. falciformis* está sendo capturado com proporção desigual de macho e fêmea. Este quadro mostra que a pesca é extremamente prejudicial e possivelmente não sustentável, uma vez que atua principalmente sobre indivíduos que não se reproduziram e conseqüentemente não contribuíram com a reposição dos estoques.

Esses resultados são de extrema importância para a gestão desses recursos pesqueiros no sudeste e sul Brasil, principalmente pela carência de dados dessas espécies e por essa região apresentar o maior volume de desembarque da pesca industrial no Brasil. Desta forma sugere-se um monitoramento mais eficaz da pesca atuneira, por ser a principal arte de pesca que capturam essas espécies, como a ampliação do programa de observadores de bordo, fiscalizando a captura ilegal ainda a bordo, permitindo que indivíduos protegidos possam ser devolvidos ao ambiente.

A adoção das ferramentas moleculares como prática rotineira no monitoramento de desembarques, ajudaram a elucidar problemas de identificação de espécies e estoques. Desta maneira, recomenda-se a utilização contínua desta técnica no sudeste e sul do Brasil e em outras regiões do país.