

**RAYD IVANOFF NUNES**

**IDADE, CRESCIMENTO E BIOLOGIA REPRODUTIVA DA RAIA-VIOLA  
*Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) CAPTURADA PELO ARRASTO DE PRAIA  
EM CAIÇARA DO NORTE/RN**

**RECIFE**

**2012**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA**

**IDADE, CRESCIMENTO E BIOLOGIA REPRODUTIVA DA RAIA-VIOLA**  
***Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) CAPTURADA PELO ARRASTO DE PRAIA**  
**EM CAIÇARA DO NORTE/RN**

**Rayd Ivanoff Nunes**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco como exigência para obtenção do título de Mestre

**Profa. Dra. Rosangela Lessa**  
**Orientadora**

**Prof. Dr. Francisco Marcante Santana**  
**Co-orientador**

**Recife**  
**Junho/2012**

Ficha Catalográfica

I93i

Ivanoff, Rayd

Idade, crescimento e biologia reprodutiva da Raia-viola  
*Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) capturada pelo arrasto  
de praia em Caiçara do Norte/RN / Rayd Ivanoff. -- Recife, 2012.  
94 f. : il.

Orientador (a): Rosangela Paula Teixeira Lessa.  
Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e  
Aquicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Departamento de Pesca e Aquicultura, Recife, 2012.  
Inclui referências e apêndice.

1. Reprodução 2. Maturidade 3. Estrutura etária  
4. Crescimento 5. Raia-viola 6. Berçário de elasmobrânquios  
I. Lessa, Rosangela Paula Teixeira, Orientadora II. Título

CDD 639.3

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA**

**IDADE, CRESCIMENTO E BIOLOGIA REPRODUTIVA DA RAIA-VIOLA**  
***Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) CAPTURADA PELO ARRASTO DE PRAIA**  
**EM CAIÇARA DO NORTE/RN**

**Rayd Ivanoff Nunes**

Dissertação julgada adequada para obtenção do título de mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. Defendida e avaliada em 29/06/2012 pela seguinte Banca Examinadora.

---

**Profa. Dra. Rosângela Paula Teixeira Lessa**  
(Orientadora)  
Departamento de Pesca e Aquicultura  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

**Prof. Dr. Francisco Marcante Santana**  
(Co-orientador)  
Unidade Acadêmica de Serra Talhada  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

**Prof. Dr. Humber Agrelii Andrade**  
(Membro interno)  
Departamento de Pesca e Aquicultura  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

**Prof. Dr. Ricardo de Souza Rosa**  
(Membro externo)  
Departamento de Sistemática e Ecologia  
Universidade Federal da Paraíba

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho à conservação das raias-viola.

## **Agradecimentos**

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em especial ao Programa de Pós-Graduação em Recursos pesqueiros e Aquicultura e ao Laboratório de Dinâmica de Populações Marinhas (DIMAR) pelo apoio institucional e infraestrutura que propiciaram as condições necessárias para a realização deste estudo;

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela concessão da bolsa de mestrado;

À Profa. Dra Rosangela Lessa cuja admiração me fez sair da FURG (Universidade Federal do Rio Grande/RS) para que fosse orientada por ela. Muito obrigada pela oportunidade em poder aprender um pouco mais sobre as raias-viola e ter a possibilidade de promover a conservação desta linda espécie. Serei eternamente grata;

Ao meu co-orientador e querido amigo Prof. Dr Franciso Marcante Santana pelos ensinamentos, colaboração, discussões e apoio durante este meu período em Recife. Não tenho palavras para agradecer o quanto foi bom aprender ao seu lado.

Aos professores que aceitaram o convite para compor a banca examinadora da dissertação, em especial Dr. Ricardo S. Rosa, Dr. Humber A. Andrade, Dr. Renata A. Shinozaki Mendes e Dr. Paulo G. Oliveira, cujas considerações foram valiosas no sentido de contribuir para qualidade do trabalho;

Aos pescadores de Caiçara do Norte pela colaboração nos momentos de amostragem e aos pesquisadores envolvidos nas coletas de dados;

À cumplicidade e colaboração de todos os integrantes do DIMAR; que tranformou nossas exaustivas rotinas em algo prazeroso;

À minha família que sempre apoiou minhas decisões e sonhou os meus sonhos;

Ao Leandro pelo amor incondicional que a tempos me acompanha e que mesmo distante nunca esteve ausente. Este trabalho também é seu;

À todos que de certa forma, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e minha formação.

## Resumo

O município de Caiçara do Norte (05° 04'S e 36° 03'W) é considerado um dos 5 maiores produtores de pescado marinho e estuarino do estado do Rio Grande do Norte. Na região são efetuados arrastos de praia para a captura de camarão sendo a raia-viola *Rhinobatos percellens* a terceira espécie mais abundante no *by-catch*. Entre junho de 2003 a maio de 2011 foram acompanhados 714 lances de arrasto de praia com objetivo de analisar a estrutura populacional de *R. percellens*. Foram coletados 712 indivíduos, sendo 303 fêmeas (42,56%) e 409 machos (57,44%). A proporção sexual foi significativamente diferente da esperada de 1:1 (1,0 : 0,74 para os machos;  $p < 0,01$ ). O comprimento total (CT) das fêmeas variou de 14,8 a 69,4 cm (média=36,4 cm) e machos de 14,5 a 57,5 cm (média=34,5 cm). Embora as maiores fêmeas da amostra apresentem comprimento máximo 17,2% superior que os maiores machos da amostra, não houve diferença significativa ( $p = 0,11$ ) dos tamanhos médios por sexo. Estudos de idade e crescimento a partir da leitura de anéis etários em vértebras permitiram a análise da estrutura etária da população. Fêmeas apresentaram idades entre 0–10 anos e machos entre 0-6 anos, no entanto o crescimento não diferiu entre sexos. Os comprimentos de maturação gonadal para fêmeas foi de 44,3 cm e machos 43,2 cm, que correspondem a 2,9 e 2,8 anos, respectivamente. Todas as fases de vida estiveram presentes na amostra sendo representadas em 36,65% por neonatos, 44,52% por jovens e 18,82% por adulto. Foi possível observar através da composição etária que o recrutamento pesqueiro inicia-se com idade 0+ e que desta forma a pesca tem retirado da população principalmente os indivíduos imaturos. Este resultado confere à espécie uma alta vulnerabilidade e baixo poder de resiliência de acordo com análise de risco ecológico para elasmobrânquios capturados em arrastos de praia. Caso a espécie não apresente uma rápida resposta compensatória à pressão pesqueira poderá ocorrer a mesma situação observada a sua congênere *R. horkelii*, capturada no Rio Grande do Sul, que foi categorizada como espécie ameaçada de extinção.

**Palavras-chave:** *Rhinobatos*, idade, crescimento, reprodução, conservação.

## Abstract

Caiçara do Norte (05° 04'S and 36° 03'W) is considered one of the biggest marine fish producer in the Rio Grande do Norte State where beach seine captures shrimp. *Rhinobatos percellens* is the third most abundant species found in the by-catch. From June 2003 to May 2011, 714 beach seine hauls were closely monitored with the objective of analyzing the population structure of *R. percellens*. A total of 712 individuals were collected, including 303 females (42.56%) and 409 males (57.44%). The sexual proportion was significantly different of the expected ratio of 1:1 (1.0: 0.74 to male;  $p < 0.01$ ). Female total length (TL) varied from 14.8 to 69.4 cm (mean=36.4 cm) and male from 14.5 to 57.5 cm (mean=34.5 cm). Although the females presented maximum length 17.2% higher than male, there was no significant difference ( $p = 0.11$ ) in length by sex. Age and growth studies from annual rings allowed the age structure of the population to be known. Female ages ranged between 0-10 years and male between 0-6 years, however growth did not differ between sexes. The length at maturity of female was 44.3 cm and 43.2 for male, which corresponded to 2.9 and 2.8 years respectively. All life phases were included in the sample being represented by 36.65% of young-of-the-year, 44.52% of juveniles and 18.82% of adults. It was possible to assess that the recruitment to fisheries begins at age zero and a majority of juveniles are withdrawn through exploitation. Results reveal that the species is highly vulnerable and has low resilience according to the analysis of ecological risk of elasmobranchs caught by beach seine. Summing up, if the species is not able to develop a fast compensatory response to the fishing pressure, it may follow the same fate as its congener *R. horkelii*, from southern Brazil which is currently categorized as critically endangered.

**Key words:** *Rhinobatos*, age, growth, reproduction, conservation

## Lista de figuras

Página

### Revisão de literatura

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Espécime fêmea de <i>Rhinobatos percellens</i> (51,3 cm de comprimento total) capturada em Caiçara do Norte/RN..... | 19 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

### Artigo I

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Localização de Caiçara do Norte/RN (seta preta) na região nordeste do Brasil.....                                                                                                                                                                                                      | 38 |
| Figura 2: Distribuição de frequência por classe de comprimento de fêmeas e machos de <i>Rhinobatos percellens</i> capturadas em Caiçara do Norte/RN.....                                                                                                                                         | 42 |
| Figura 3: Relação entre o peso total (g) e o comprimento total (cm) para fêmeas (representadas por círculos cheios) e machos (representados por círculos vazios) de <i>Rhinobatos percellens</i> capturada no nordeste do Brasil.....                                                            | 43 |
| Figura 4: Relação entre o peso do fígado (g) e o comprimento total (cm) para fêmeas (representadas por círculos cheios) e machos (representados por círculos vazios) de <i>Rhinobatos percellens</i> capturada em Caiçara do Norte/RN.....                                                       | 43 |
| Figura 5: Relação entre o peso da gônada (g) e o comprimento total (cm) de machos de <i>Rhinobatos percellens</i> (n = 43) capturados em Caiçara do Norte/RN.....                                                                                                                                | 44 |
| Figura 6: Relação entre o comprimento do cláster (cm) e o comprimento total (cm) dos machos (n = 136) de <i>Rhinobatos percellens</i> capturados em em Caiçara do Norte/RN.....                                                                                                                  | 44 |
| Figura 7: Relação entre o peso médio (g) dos A) ovários, B) glândulas nidamentárias, C) úteros e o comprimento total (cm) das fêmeas de <i>Rhinobatos percellens</i> capturadas em Caiçara do Norte/RN.....                                                                                      | 46 |
| Figura 8: Estimativa do comprimento total de primeira maturidade gonadal para fêmeas de <i>Rhinobatos percellens</i> da região nordeste do Brasil.....                                                                                                                                           | 47 |
| Figura 9: Variação sazonal do A) diâmetro (mm) do maior ovócito vitelogênico e B) diâmetro (cm) das glândulas nidamentárias registradas em fêmeas de <i>Rhinobatos percellens</i> capturadas em Caiçara do Norte/RN. Os círculos indicam os valores absolutos e as linhas os valores médios..... | 47 |
| Figura 10: A) Peso médio (g) dos úteros ao longo do ano e B) Conteúdo dos úteros no decorrer do ano de <i>Rhinobatos percellens</i> capturada em Caiçara do Norte/ RN.....                                                                                                                       | 48 |
| Figura 11: Variação do índice gonadosomático ao longo do ano para fêmeas jovens e adultas das raias viola capturadas em Caiçara do Norte/RN. IGS individual jovens (—); IGS individual adultas (—); IGS médio mensal jovens (—) e IGS médio mensal adultos (—).....                              | 48 |
| Figura 12: Variação do índice gonadosomático ao longo do ano para machos jovens e adultos das raias viola capturadas em Caiçara do Norte/RN. IGS individual jovens (—);                                                                                                                          |    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| IGS individual adultos (—); IGS médio mensal jovens (—●—) e IGS médio mensal adultos (—●—).....                                                                                                                                                                                                                   | 49 |
| Figura 13: Relação do índice hepatossômico e meses do ano para fêmeas adultas de <i>Rhinobatos percellens</i> capturadas em Caiçara do Norte. IHS individual adultas (—); IHS médio mensal adultas (—●—).....                                                                                                     | 49 |
| Figura 14: Fêmea de <i>Rhinobatos percellens</i> com 52,3 cm de CT capturada em janeiro de 2011. Registro do momento em que o ovo (seta 2) é liberado pelo ovário ( seta 1) sendo fecundado na glândula nidamentária ( seta 4) e chega ao útero (seta 3) para se desenvolver.....                                 | 50 |
| Figura 15: A) Fêmea de <i>Rhinobatos percellens</i> (CT = 60,0 cm) capturada em novembro/2011 com útero em estado hemorrágico (*); B) Conteúdo reprodutivo de fêmea adulta de <i>Rhinobatos percellens</i> (CT = 54,7 cm) com ovócitos vitelogênicos no ovário (seta 1) e embriões a termo no útero (seta 2)..... | 51 |
| Figura 16: Relação entre A) peso do vitelo (g) e o peso do embrião(g) e B) peso do embrião (g) e comprimento total (cm), de embriões de <i>Rhinobatos percellens</i> capturados em Caiçara do Norte.....                                                                                                          | 51 |
| Figura 17: Variação ao longo do ano dos A) pesos (g) e B) comprimentos (cm) dos embriões de <i>Rhinobatos percellens</i> capturados em Caiçara do Norte.....                                                                                                                                                      | 52 |
| Figura 18: Relação entre o CT médio (cm) dos embriões a termo e o CT das fêmeas grávidas (cm) de <i>Rhinobatos percellens</i> capturadas em Caiçara do Norte.....                                                                                                                                                 | 52 |

## Artigo II

|                                                                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Localização da área de estudo de Caiçara do Norte (Rio Grande do Norte) no nordeste do Brasil.....                                                                                                                   | 66 |
| Figura 2: A) Distribuição de frequência de comprimentos de 712 espécimes de <i>Rhinobatos percellens</i> capturados em Caiçara do Norte. B) Frequência mensal de indivíduos amostrados em dois distintos períodos.....         | 71 |
| Figura 3: Relação linear entre LD e RV para uma amostra de 142 fêmeas (representadas por círculos cheios) e 149 machos (representados por círculos vazios) de <i>Rhinobatos percellens</i> capturadas em Caiçara do Norte..... | 72 |
| Figura 4: Vértebra de uma fêmea de <i>Rhinobatos percellens</i> coletada em Caiçara do Norte/ RN com 52,6 cm de CT e 4 incrementos de crescimento.....                                                                         | 72 |
| Figura 5: Gráfico do viés do erro para contagem do número de incrementos registrados nos cortes das vértebras de <i>Rhinobatos percellens</i> capturadas em Caiçara do Norte/ RN.....                                          | 73 |
| Figura 6: Relação linear entre CT e RV para uma amostra de 142 fêmeas (representadas por círculos cheios) e 149 machos (representados por círculos vazios) de <i>Rhinobatos percellens</i> capturadas em Caiçara do Norte..... | 73 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 7: Análise do incremento marginal relativo para sexos agrupados (n=178) de <i>Rhinobatos percellens</i> em Caiçara do Norte/RN. Os pontos representam as medianas, as caixas os intervalos de confiança superior e inferior e as barras os valores mínimos e máximos..... | 74 |
| Figura 8: Distribuição de frequência mensal das vértebras, com borda opaca, de <i>Rhinobatos percellens</i> , capturadas em Caiçara do Norte/RN.....                                                                                                                             | 74 |
| Figura 9: Curva de crescimento estimada para a raia-viola <i>Rhinobatos percellens</i> do nordeste do Brasil. Pontos indicam os valores observados e a linha contínua o modelo de von Bertalanffy.....                                                                           | 76 |
| Figura 10: Composição etária para amostra total de 712 espécimes de <i>Rhinobatos percellens</i> capturadas em Caiçara do Norte/RN.....                                                                                                                                          | 78 |

## Lista de tabelas

Página

### Artigo II

|                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Parâmetros estimados para os modelos de crescimento analisados no presente estudo. $L_{\infty}$ : Máximo comprimento assintótico (cm); $k$ : constante de crescimento ( $\text{ano}^{-1}$ ); $t_0$ : idade teórica em que o peixe teria comprimento igual a zero (anos)..... | 75 |
| Tabela 2: Critérios utilizados para a escolha do melhor modelo de crescimento. $\theta$ : valor da verossimilhança; $k$ : número de parâmetros de cada modelo, $AIC$ : valor do critério Akaike; $\Delta i$ : diferença de Akaike; $w_i$ : peso de Akaike.....                         | 75 |
| Tabela 3: Chave idade-comprimento para raia-viola <i>Rhinobatos percellens</i> . CC é a classe de comprimento dos indivíduos (cm) e 0-8 idade correspondente (anos), > 8: somatório de todos os indivíduos com idade superior a 8 anos.....                                            | 77 |

## Sumário

|                                  | Página |
|----------------------------------|--------|
| Dedicatória                      |        |
| Agradecimento                    |        |
| Resumo                           |        |
| Abstract                         |        |
| Lista de figuras                 |        |
| Lista de tabela                  |        |
| 1- Introdução.....               | 13     |
| 2- Revisão de literatura.....    | 15     |
| 3- Referência bibliográfica..... | 29     |
| 4- Artigo científico.....        | 36     |
| 4-1 Artigo científico I.....     | 36     |
| 4-2 Artigo científico II.....    | 63     |
| 4-3 Normas da revista.....       | 89     |
| 5- Considerações finais.....     | 94     |

## 1- Introdução

As raias-viola (Batoidea: Rhinobatidae) são representadas por aproximadamente 45 espécies que se distribuem nos mares temperados e tropicais dos oceanos Atlântico, Índico e Pacífico (COMPAGNO, 2005). Possuem características morfológicas que lhes permitem ser facilmente reconhecidas tais como disco em formato triangular, cauda robusta e nadadeiras dorsais e caudal bem desenvolvidas (FIGUEIREDO, 1977) podendo variar em tamanho máximo entre 50,0 cm e 300,0 cm, dependendo da espécie.

Ao longo da sua história evolutiva, utilizaram como estratégia de vida o investimento energético no aumento do tamanho corporal e na qualidade da prole ampliando sua probabilidade de sobrevivência. Esta característica, em conjunto com o crescimento lento, a maturação tardia e a baixa fecundidade, faz com que apresentem baixa taxa de crescimento populacional mesmo em qualquer nível de abundância (HOLDEN, 1974; VOOREN e KLIPPEL, 2005).

Por possuírem forte associação com as regiões costeiras, as raias são altamente suscetíveis aos impactos antrópicos entre os quais se destaca a degradação dos ambientes e as pescarias. A perda de habitat essenciais, como as áreas de berçários e alimentação, compromete o desenvolvimento do ciclo de vida de algumas espécies. Os impactos provocados pelas pescarias dirigidas ou ocasionais tem a capacidade de reduzir populações e em alguns casos causar a extinção de espécies.

Uma maneira de avaliar o risco de extinção de uma espécie é através da análise das ameaças ao qual ela está submetida. Para tanto, são necessários os conhecimentos sobre os aspectos da dinâmica populacional como idade, crescimento e reprodução. Estas informações são fundamentais em qualquer processo de avaliação de estoques e constituem a base para modelos que visam inferir sobre o *status populacional* e sobre ações de manejo adequadas.

Tubarões e raias constituem um importante elemento da biodiversidade marinha, o qual deveria ser protegido por uma gestão rigorosa dos sistemas de pesca e captura. Entretanto, as regulamentações existem apenas para alguns peixes ósseos, os quais envolvem interesse econômico e comercial e por esta razão possuem informações espécies-específicas.

Por outro lado, a pesca de batóideos, que têm baixo valor comercial e são considerados bycatch, apresenta a magnitude da pescaria quantificada unicamente na categoria de “arraias”, sem distinguir sequer o gênero, espécie ou ainda a família dos espécimes capturados.

Desta maneira, o nível de informação sobre os aspectos populacionais, ainda é modesto mesmo considerando espécies exploradas comercialmente, como é o caso de alguns rhinobatideos, dentre esses *R. horkelii* (LESSA, 1982). Em decorrência, a quase totalidade de espécies tem *status* populacional indefinido com amplo desconhecimento dos parâmetros populacionais necessários às avaliações de estoques, base para essa inferência.

O conhecimento da biologia é fator determinante para a exploração, que deve levar em conta a estratégia de vida e as características limitantes para a reação dos estoques à mortalidade excedente, em decorrência da estreita relação entre estoque e recrutamento (CORTÉS, 2009).

Em decorrência das características biológicas dos elasmobrânquios, não faltam exemplos de como a pesca em áreas críticas pode ocasionar o decréscimo de populações. Este foi o caso de *Rhinobatos horkelii* que hoje conta apenas com 16% da população original (VOOREN et al, 2005) e está classificada como ‘criticamente em perigo’ pela União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN).

Isso é particularmente preocupante se analisarmos o quadro dos rinobatídeos ao redor do mundo, em que das 37 espécies avaliadas, 12 encontram-se em alguma categoria de ameaça. Curiosamente, para as espécies classificadas como ‘menor preocupação’ (least concern), a tendência de aumento ou decréscimo da população é desconhecida.

Atualmente existem provas convincentes de que os elasmobrânquios são os mais vulneráveis de todos os animais marinhos, havendo a necessidade de compreender e manejar como elementos da biodiversidade marinha (LAST, 2007).

Conservar a raia-viola tem uma importância ecológica e histórica, pois entre os batóideos atualmente existentes, a família Rhinobatidae é o único táxon com registros fósseis do período Jurrásico e, portanto, uma das poucas famílias de elasmobrânquios atuais com idade paleontológica superior a 120 milhões de anos (VOOREN et al., 2005).

## **2-Revisão de literatura**

O período Devoniano marca o tempo geológico onde os oceanos continham apenas pequenos organismos planctônicos e no bentos marinho prosperava uma fauna muito diversificada de invertebrados, com conchas ou carapaças duras (TRICAS, 1998) e neste contexto iniciava-se ‘a era dos peixes’.

O marco na evolução do grupo (TEIXEIRA et al., 2003) foi o aparecimento dos peixes com e sem mandíbulas aptos a habitar amplas extensões de água marinha e doce do planeta. Destacavam-se entre estes peixes os ancestrais dos tubarões atuais (TRICAS, 1998).

Os Chondrichthyes são provavelmente o mais bem sucedido grupo dentre os peixes e seu sucesso, medido em termos de resistência histórica, basea-se na capacidade

de sobreviver às extinções em massa (GORGAN e LUND, 2004). Presentes na terra há aproximadamente 400 milhões de anos, atualmente estão representados por cerca de 1100 espécies (CAILLIET et al., 2005).

Acredita-se que os elasmobrânquios descenderam de ancestrais ósseos e evoluíram com notáveis adaptações, dentre as quais a mandíbula superior protrátil e uma dentição especializada que os transformaram em predadores muito eficientes, sistema sensorial extremamente bem desenvolvido e sistema reprodutivo altamente especializado. De acordo com Tricas (1998) estas são as características que possibilitaram este grupo a prosperar em uma ampla diversidade de habitats marinhos.

Quimeras, raias e tubarões são membros da classe taxonômica denominada Chondrichthyes e diferenciam-se dos demais grupos de peixes por possuírem um esqueleto cartilagenoso, podendo ser divididos em holocéfalos e elasmobrânquios.

Os elasmobrânquios, dos quais fazem parte tubarões e raias, se caracterizam por possuírem entre 5 a 7 aberturas branquiais externas, escamas placóides (denominadas dentículos), dentes que se renovam com regularidade e uma mandíbula superior não firmemente unida ao crânio (TRICAS, 1998).

Embora existam discordâncias a respeito das inter-relações entre batóideos (Torpediniformes, Pristiformes, Rhinobatiformes, Rajiformes, Myliobatiformes) e tubarões, as raias são consideradas como um grupo monofilético (MCEACHRAN e ASCHLIMAN, 2004) formado por uma espécie ancestral e todas as suas espécies descendentes.

Dentre as principais características comuns ao grupo das raias pode-se citar o corpo achatado dorso-ventralmente; as nadadeiras peitorais fusionadas à parte anterior do crânio ampliando-se grandemente para formar o disco corporal; a cauda, da maioria das espécies, apresentam dimensões reduzidas não sendo utilizada para locomoção, a

qual provém da ondulação dos extremos das nadadeiras peitorais; as nadadeiras dorsais e caudal são ausentes ou reduzidas, para maioria das espécies, a nadadeira anal está ausente (MCEACHRAN e CARVALHO, 2002).

As raias apresentam os olhos situados na parte superior do corpo, proporcionando uma boa vista do horizonte ou das águas acima, porém, são cegas à superfície inferior. Por tal razão, as presas que estão abaixo do animal são detectadas e localizadas por um sistema olfatório bem desenvolvido na parte frontal da boca, pela linha lateral e pelos eletroreceptores que cobrem grande parte da região ventral.

Possuem ainda espiráculos bem desenvolvidos por trás dos olhos, com os quais aspiram água para respirar enquanto descansam sobre o fundo ou utilizam a boca para se alimentar e fendas branquiais localizadas na região ventral do corpo (TRICAS, 1998; MCEACHRAN e CARVALHO, 2002).

As raias podem ser agrupadas em 17 famílias e 72 gêneros (NELSON 2006) constituindo 500 a 600 espécies correspondendo a, pelo menos, metade de todos os peixes elasmobrânquios vivos (LAST, 1998).

As raias da família *Rhinobatidae* Muller & Henle, 1837 distinguem-se das demais famílias de raias por apresentarem uma morfologia característica: corpo moderadamente achatado; disco triangular com nadadeiras peitorais fusionadas à cabeça; cauda não demarcada do resto do corpo; nadadeiras dorsais bem desenvolvidas e nadadeira caudal assimétrica sem lobo inferior (FIGUEIREDO, 1977).

Possuem ainda o corpo e nadadeiras densamente recobertos por dentículos de vários tamanhos; focinho, região orbital, área nugal-escapular com tubérculos e uma fileira dorsal mediana de espinhos, começando atrás do olho e terminando entre as nadadeiras dorsais (FIGUEIREDO, 1977; MCEACHRAN e CARVALHO, 2002).

A família *Rhinobatidae* é representada pelos gêneros *Aptychotrema* Norman, 1926; *Rhinobatos* Linck 1790; *Trygonorrhina* Muller & Henle, 1837 e *Zapteryx* Jordan & Gilbert, 1880 (COMPAGNO, 2005). A diferenciação entre os gêneros é dada pela posição, tamanho e orientação das narinas, sendo que as pertencentes ao gênero *Rhinobatos*, a expansão da cartilagem rostral, o comprimento da narina e a distância internasal são os caracteres diagnósticos (BIGELOW e SCHROEDER, 1953).

O gênero *Rhinobatos* Linck, 1790 é representado por 35 espécies válidas, 1 duvidosa e, pelo menos, 5 não descritas e composto por 3 subgêneros, *Acroteriobatus* Giltay, 1928; *Glaucostegus* Bonaparte, 1846 e *Rhinobatos* Linck, 1790, que de acordo com Compagno (2005) constituem uma classificação provisória na qual os subgêneros devem ser elevados a categoria de gênero segundo o Catálogo de Batoideos do Mundo da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO).

Em geral, as raias do gênero *Rhinobatos* são cosmopolitas de mares temperados a tropicais, vivendo no ambiente bentônico da plataforma continental e talude superior em fundos de areia ou lama (BIGELOW e SCHROEDER, 1953; COMPAGNO, 2005). Na costa brasileira o gênero é representado pelas espécies *Rhinobatos lentiginosus* (Garman, 1880), *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) e *Rhinobatos horkelii* Müller & Henle, 1841.

*Rhinobatos lentiginosus* tem sua distribuição geográfica situada entre Carolina do Norte nos Estados Unidos ao sul do México (LAST, 1998) e na costa brasileira sua distribuição não é claramente definida (RINCON et al., 1997; GOMES e GADIG, 1997) sendo comum no norte do Brasil (SOTO e MINCARONE, 2004) até o Maranhão (LESSA, 1986), *R. percellens* apresenta registros de ocorrência no Panamá, Jamaica, Antilhas, (MCEACHRAN e CARVALHO, 2002) e no Brasil distribui-se desde o Amapá até Paraná (VOOREN et al., 2005) e *R. horkelii* da Bahia ao Rio Grande do sul

estendendo-se até Província de Buenos Aires na Argentina (FIGUEIREDO, 1977; MENNI e STEHMANN, 2000). No Brasil as espécies de *Rhinobatos* são conhecidas como “viola” ou “raia-viola” (VOOREN et al., 2005)



Figura 1: Espécime fêmea de *Rhinobatos percellens* (51,3 cm de comprimento total) capturada em Caiçara do Norte/RN

A raia-viola *Rhinobatos percellens* tem como principal característica a coloração da face dorsal do corpo apresentar a tonalidade marrom, com a maioria dos espécimes com pintas claras e manchas escuras e bandas transversais na cauda (BIGELOW e SCHROEDER, 1953). É uma espécie de pequeno porte, alcançando um comprimento total máximo de 100,0 cm (FIGUEIREDO, 1977) sendo comumente registrados na Colômbia, adultos com comprimento total de 70 cm (CERVIGÓN, 1966).

## **2.1 Biologia reprodutiva**

A reprodução das raias-viola é definida como sendo por viviparidade saco vitelínica (MUSICK e ELLIS, 2005) em que o desenvolvimento total dos ovos fertilizados ocorre no interior do útero sem adição de material nutritivo pela mãe além do vitelo presente no ovo. Neste tipo de reprodução os embriões recebem da mãe proteção durante seus estágios mais vulneráveis e ao nascerem os neonatos apresentam um tamanho relativamente grande, reduzindo o número de predadores e competidores enquanto aumenta o número de suas potenciais presas, ampliando assim suas chances de sobrevivência.

De acordo com estudos filogenéticos (MCEACHRAN e ASCHLIMAN, 2004), este tipo de reprodução corresponde a plesiomorfia reprodutiva da coorte batoidea, mas não por isso consiste no modo reprodutivo menos especializado. Parte do sucesso evolutivo dos elasmobrânquios deve-se as complexas formas de reprodução por eles apresentadas.

Wourms (1981) citando Ranzi (1934) afirma que os modos de reprodução dos elasmobrânquios podem ser divididos com base no tipo de nutrição fetal, sendo denominada lecitotrófica quando todo o desenvolvimento do embrião é suportado apenas pela reserva de vitelo presente no ovo, ou na forma matrotrófica em que ao menos uma parte do desenvolvimento fetal é aumentada por uma adição de nutrientes maternos. Além disso, o desenvolvimento embrionário pode ocorrer fora do corpo da mãe, na chamada oviparidade ou no interior do corpo materno sendo denominado de viviparidade.

Nos elasmobrânquios o sistema reprodutor dos machos é composto por testículos, ductos genitais (ductus eferentes, epidídimos, ductus deferentes e vesícula seminal), glândulas acessórias e órgãos sexuais secundários (CONRATH, 2005). Os testículos são estruturas pares localizadas nas laterais da cavidade abdominal, cada um ao lado do eixo da coluna vertebral, envolvidos pelo órgão epigonal e suspensos pelo mesórquio (CARRIER et al., 2004). Nos testículos ocorre o processo da espermatogênese e também é o local de produção e secreção dos hormônios esteróides (CONRATH, 2005).

Em todas as espécies os machos fecundam internamente as fêmeas utilizando os pterigopódios ou cláspers, que são modificações das bordas internas das nadadeiras pélvicas (LAST, 1998). Ao nascer, os machos têm os pterigopódios como um par de lóbulos flexíveis ao redor da cloaca e à medida que atingem a maturidade gonadal se

expandem, adquirem firmeza ao desenvolver uma cartilagem interna e formam articulações com a base da nadadeira pélvica.

A evolução dos pterigopódios envolve ainda o desenvolvimento coordenado dos músculos necessários para bombear o esperma e manobrá-los durante a cópula quando apenas um dos cláspers é introduzido na fêmea para transferir o esperma. A escolha de qual será utilizado está relacionado a maneira como o macho consegue segurar a fêmea (MUSICK e ELLIS, 2005; CARRIER et al., 2004).

O extremo dos pterigopódios, denominado de glande, é dotado de inúmeras estruturas, que podem ser desde tecido esponjoso à placas, ganchos e estrias. Quando a glande se abre durante a cópula, estas estruturas tem a função de manter o contato com o interior da fêmea à medida que o esperma é transferido. Glândulas secretoras na base de cada pterigopódio se encarregam de produzir um líquido lubrificante e em alguns batóideos, este líquido também pode bloquear o oviduto da fêmea para evitar que ela seja fertilizada por outro macho (LAST, 1998).

O sistema reprodutor feminino dos condrites consiste em ovários e ovidutos. A organização de ambas as estruturas é altamente variável e está associada a grande variedade de padrões reprodutivos que apresentam (WOURMS, 1981). São estruturas que de acordo com os estágios de maturidade que a fêmea se encontra sofrem modificações morfo-funcionais.

Os ovários são estruturas localizadas na região anterior da cavidade abdominal onde estão envolvidos pelo órgão epigonal e suspensos pelo mesovário. Os ovários apresentam as funções de ovogênese (produção de células germinativas); vitelogênese (produção e acúmulo de vitelo) e hormonogênese (biosíntese e secreção de hormônios) (CONRATH, 2005).

Os ovidutos são estruturas tubulares longas, dispostas aos pares, que se estendem pela cavidade abdominal paralelamente à coluna vertebral. Possuem quatro regiões diferenciais as quais podemos denominar de ostium, glândula nidamentária, istmo e útero.

A ovulação é parte do ciclo reprodutivo das fêmeas, é um processo no qual o ovário libera um ou mais óvulos maduros. Dentro do ovário existem centenas de folículos, cada folículo é formado por um conjunto de células imaturas que circundam um óvulo imaturo (ovócito).

Ao início do ciclo, alguns folículos começam a crescer e se desenvolver enquanto outros podem degenerar. Em certo momento, o folículo para de crescer e começa a nutrir o ovócito em desenvolvimento dentro dele. Pouco antes da ovulação, o óvulo se desprende do interior do folículo.

O folículo saliente libera substâncias químicas, fazendo com que os dois ostium se aproximem contornando o folículo, este se torna túrgido e abre liberando o óvulo e o líquido do folículo na cavidade abdominal. Por conseguinte, o ostium que está próximo ao local da ovulação recolhe o óvulo, que seguirá pelo oviduto anterior até chegar a glândula nidamentária onde ocorrerá a fertilização do óvulo.

O óvulo fecundado agora é denominado de ovo e seguirá até o útero, passando pelo istmo, sofrerá uma série de divisões que resultará na formação do embrião.

Modificações nos órgãos dos aparelhos reprodutores de fêmeas e machos permitem caracterizar anatomicamente os estágios de maturidade, que podem ser examinados em termos qualitativos e quantitativos. Para qualitativos, tem-se a observação em escala macroscópica das gônadas e permite a classificação dos indivíduos em 1)Imaturo, 2)Em maturação e 3)Maduro, enquanto que o uso de termos

quantitativos, como os índices gonadosomáticos (IGS) e hepatossomático (IHS), estabelecem os períodos de alta atividade reprodutiva.

Aspectos da biologia reprodutiva de *Rhinobatos* foram estudados para *Rhinobatos horkelii* (LESSA et al., 1986), *R. annulatus* (ROSSOUW, 1984), *R. hynnicephalus* (WENBIN e SHUYUAN, 1993), *R. rhinobatos* (ISMEN et al., 2007; ENAJJAR et al., 2008), *R. productus* (TIMMONS e BRAY, 1997) e *R. cemiculus* (ENAJJAR et al., 2012).

Para *Rhinobatos percellens* estudos sobre a biologia reprodutiva foram conduzidos no Caribe Colombiano (GRIJALBA-BENDECK et al., 2008), mas no Brasil a exceção do estudo realizado por Barbosa (2006), o conhecimento sobre esta espécie é ainda incipiente.

## **2.2 Idade e crescimento**

Estudos de idade e crescimento podem ser conduzidos utilizando métodos estatísticos ou anatômicos. Nos métodos estatísticos assume-se que exemplares gerados pela mesma coorte tenham tamanhos aproximados, gerando modas nas frequências de tamanhos que são interpretadas como grupos de idades.

Na abordagem anatômica fundamenta-se na existência de períodos regulares de crescimento, que ficam registrados nas estruturas de aposição dos organismos (escamas, ossos operculares, vértebras, otólitos e espinhos de peixes, conchas dos bivalvos e gastrópodos e estatocistos de cefalópodos) e para os quais é possível associar uma escala regular de tempo.

No entanto, estudos de crescimento utilizando estruturas rígidas possuem como premissas: a proporcionalidade entre a estrutura analisada e comprimento total do

indivíduo e o conhecimento da periodicidade com que as marcas de crescimento se depositam na estrutura (BROTHERS, 1983).

Em elasmobrânquios são geralmente utilizadas na análise das estruturas rígidas as vértebras e as marcas de crescimento aparecem como anéis concêntricos em volta da cavidade central. São contadas bandas opacas e calcificadas adjacentes a bandas translúcidas e menos calcificadas que refletem fases de crescimento lento e rápido respectivamente.

O processo de estimação de idades e crescimento é constituído pelas etapas de coleção das amostras, preparação das estruturas para determinação de idades, leituras dos incrementos de crescimento, avaliação da validade e confiabilidade dos dados resultantes e a interpretação em acordo com modelos de crescimento (GOLDMAN, 2005).

A obtenção de uma estimativa de idade precisa e acurada é um componente crítico em qualquer estudo de crescimento (GOLDMAN, 2005). A precisão pode ser definida como a conformidade na interpretação de idades, ou seja, a reprodutibilidade de medidas repetidas para a estrutura dada (PANFILI et al., 2002; CAMPANA 2001). Enquanto que a acurácia esta relacionada à semelhança entre o valor estimado e o valor verdadeiro (PANFILI et al., 2002).

Para avaliar a precisão em estimativas de idade, comumente utiliza-se o erro percentual médio (APE), um índice que serve como bom indicador de precisão entre leituras e/ou leitores desde que cada vértebra ou cada leitura seja realizada o mesmo número de vezes. No entanto, esta análise quando utilizada para avaliar a precisão entre leitores, não identifica qual dos leitores é mais ou menos variável e ainda qual o melhor ou qual está errado (CAILLIET, 2006).

A análise da acurácia de uma estimativa de idade é feita pela validação da mesma (BEAMISH e MCFARLANE, 1983), o que representa a confirmação da periodicidade de deposição dos incrementos de crescimento e um requisito básico para estudos que utilizam estruturas rígidas (CASSELMAN, 1983).

Existe uma variedade de métodos através dos quais as interpretações de idades podem ser validadas, embora a distinção não tenha sido apresentada claramente na literatura, podendo ser no sentido de validar a idade absoluta, validar a periodicidade da formação ou para corroborar (mas não validar) uma estimativa de idade existente (CAMPANA, 2001).

Entre os métodos relacionados à validação de idades pode-se incluir: 1) Liberação com idade conhecida e marcação seguida de liberação no ambiente natural; 2) Bomba de radiocarbono; 3) Marcação-recaptura com marcadores químicos em indivíduos de vida livre; 4) Datação radioquímica; 5) Progressão de discretas modas de comprimento para uma amostra de estruturas etárias; 6) Captura de indivíduos de vida livre com marcas naturais específicas; 7) Análise de incremento marginal; 8) Manutenção em cativeiro desde o nascimento 9) Manutenção em cativeiro com indivíduos marcados quimicamente.

Estudos de validação têm sido pouco frequentes em elasmobrânquios principalmente em razão do limitado acesso aos indivíduos, grande tamanho e mobilidade dos espécimes e dificuldade de obter amostras mensalmente (CAILLIET e GOLDMAN, 2004).

No entanto, a falta da validação em um estudo impede a interpretação das marcas observadas nas estruturas como idades limitando tanto as avaliações dos estoques quanto o conhecimento sobre a distribuição etária na população e consequentemente nas interpretações de como a pesca impacta esta população.

Campana (2001) destaca a análise do Incremento Marginal (IM) como o método mais barato e comumente usado nos estudos com elasmobrânquios. Neste, assume-se que cada incremento de crescimento é formado com periodicidade conhecida a partir da análise da borda e sua variação ao longo do ano. Assim, se o incremento de crescimento é formado num ciclo anual, o estágio parcial de completar o incremento deve apresentar um ciclo sinusoidal quando plotado contra o tempo.

Segundo Lessa et al. (2006), existem razões para acreditar que este tipo de análise pode gerar resultados inconclusivos, no qual o erro pode estar associado ao tamanho reduzido da amostra, prolongados períodos de amostragem ou ainda períodos de nascimento muito extensos. Sendo assim, recomenda-se precaução ao uso desta análise e combinação com outras técnicas de verificação de idades.

Outra técnica bastante difundida e utilizada em estudos de idade e crescimento é a do retrocálculo, através da qual, é possível obter informações sobre os tamanhos nas idades prévias à captura sendo assim útil para estimar taxas de crescimento nas idades iniciais da vida dos peixes, ainda que se disponha apenas de dados oriundos de indivíduos adultos.

O crescimento é a expressão quantitativa do desenvolvimento que consiste num processo de mudanças irreversíveis que ocorrem desde o momento que o óvulo é fecundado até a morte do indivíduo (FONTELES, 1989). Assim, considerando toda a vida de um organismo, podemos associar a cada etapa de desenvolvimento uma taxa de crescimento.

Em conjunto ao crescimento individual, caracteres morfológicos, merísticos, genéticos e comportamentais, torna-se possível a identificação espécies e populações, sendo relevante em ações de manejo que necessitam levar em consideração as características de cada estoque.

O estudo do crescimento significa, basicamente, a determinação do tamanho do corpo em função da idade e, por consequência, todos os métodos de avaliação de estoques trabalham essencialmente com dados de composição de idades (SPARRE e VENEMA, 1997).

Os modelos de crescimento são simplificações de processos ecológicos que existem na natureza (KATSENEVACS, 2006) permitindo a explicação desses através do cálculo de seus parâmetros. O modelo de crescimento mais utilizado em biologia pesqueira é o de von Bertalanffy (1938), e tem sido ajustado em razão do seu embasamento biológico e fisiológico.

Por definição o modelo de von Bertalanffy (1938) é justificado partindo do pressuposto que o crescimento é resultado de dois processos antagônicos do metabolismo; anabolismo e catabolismo. Desta maneira, o crescimento do organismo ocorre quando a energia utilizada no anabolismo supera a energia consumida no catabolismo.

Sparre e Venema (1997) ainda salientam a facilidade com que as curvas de von Bertalanffy podem ser incorporadas aos modelos de manejo de estoques. Contudo, vários outros modelos e suas variações têm sido utilizados para estimar os parâmetros de crescimento em peixes (GOLDMAN, 2005) e mais recentemente tem havido consenso sobre a conveniência de descrever padrões de crescimento pelo uso diversos modelos.

O principal modelo usado em crescimento de elasmobrânquios é o modelo de von Bertalanffy (1954) porém tem sido identificadas sérias limitações em refletir o crescimento na fase inicial de desenvolvimento. Assim, o modelo de von Bertalanffy (1938) tem sido alterado com a inclusão de novos parâmetros, gerando os modelos de von Bertalanffy modificado com  $L_0$  (definido a partir do comprimento médio de

nascimento conhecido), o von Bertalanffy generalizado (CAILLIET et al., 2006) e von Bertalanffy duas fases (ARAYA e CUBILLOS, 2006).

O modelo crescimento de Gompertz (1825) pode ser interpretado como um modelo de crescimento regulado por diferentes períodos, um inicial acelerado seguido por um desacelerado quando o animal se aproxima do seu limite de tamanho (RICKER, 1979). Muitas vezes tem sido utilizado para descrever o crescimento na fase larval e nos primeiros anos de vida em peixes (CAILLIET e GOLDMAN, 2004).

Por sua vez, o modelo de Richards (1959) é categorizado como genérico, a partir do qual a adição de um quarto parâmetro, torna a posição do ponto de inflexão de uma curva bipartida variável. Este modelo foi desenvolvido de maneira a incorporar as influências ontogenéticas ou mudanças sazonais na trajetória do crescimento (CAILLIET et al., 2006).

Finalmente o modelo Logístico (1975) que é considerado de pouca aplicabilidade para descrever o crescimento individual para todo ciclo de vida, sendo mais empregado para descrever o crescimento populacional em biomassa.

Estimativas de idade e crescimento, a partir da análise de vértebras, foram realizadas com sucesso para outras espécies do gênero *Rhinobatos* tais como *Rhinobatos horkelii* (LESSA, 1982), *Rhinobatos annulatus* (ROSSOUW, 1983), *Rhinobatos productus* (TIMMONS e BRAY, 1997), *Rhinobatos rhinobatos* (BASUSTA et al., 2007), *Rhinobatos cemiculus* (ENAJJAR et al., 2012).

Em comum, as espécies desse gênero apresentam ampla variação em relação aos parâmetros de crescimento ( $L_{\infty}$ : 81,44 – 179,0; K: 0,016 – 0,95;  $T_0$ : -3,94 - -0,89) fato que tem sido correlacionado com as diferentes estratégias adaptativas que apresentam nas diferentes áreas onde ocorrem (LESSA et al., 2008).

### **2.3 Caiçara do Norte**

Caiçara do Norte situa-se a oeste do cabo calcanhar nas coordenadas 05 ° 04 'S e 36 ° 03' W, a 150 km da cidade de Natal (RN). Nesta região a pesca artesanal é a principal atividade econômica o que a torna uma das 5 maiores produtoras de pescado marinho e estuarino do estado do Rio Grande do Norte (IBAMA, 2002).

Na região operam cerca de 240 embarcações de pesca, incluindo botes a motor e vela, paquetes, jangadas e canoas (YOKOTA, 2005) e utilizam diversas artes de pesca, a saber: arrasto de praia, rede caçoeira, rede tainheira, rede chumbada, espinhel de fundo, espinhel de meia água e linha de mão; que atuam em larga amplitude de profundidades. Em comum, todas as pescarias capturam elasmobrânquios como fauna acompanhante de suas respectivas espécies-alvo.

De acordo com YOKOTA e LESSA 2006, *Rhinobatos percellens* utiliza a região como área de berçário primário e secundário, o que implica na utilização desse habitat desde o parto até a aquisição da maturidade, e compõe a terceira espécie mais abundante entre os elasmobrânquios do by-catch na captura de camarão. No entanto, diferentemente de outros rhinobatídeos que constituem um recurso pesqueiro, as capturas de *R. percellens* não são aproveitadas devido ao pequeno tamanho dos espécimes e baixo valor comercial.

## **3- Referência bibliográfica**

ARAYA, M.; CUBILLOS, L.A. Evidence of two phase growth in elasmobranchs. **Environ. Biol. Fish**, v. 77, p. 293-300, 2006.

BARBOSA, T. Aspectos da biologia de *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) no berçário de Caiçara do Norte (RN). 2006. 42p. **Monografia de Conclusão de Curso (Graduação)** - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

BAŞUSTA, N.; DEMIRHA, S.A.; ÇİÇEK, E.; BAŞUSTA, A.; KULELI, T. Age and growth of the common guitarfish, *Rhinobatos rhinobatos*, in Iskenderun Bay (north-eastern Mediterranean , Turkey). **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 88, p. 837-842, 2007.

BEAMISH, R.J.; MCFARLANE, G.A. Validation of age determination estimates: The forgotten requirement. In PRINCE, E. D.; PULOS, L.M.. (Eds.) Proceedings of the international workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes, and sharks. NOAA Technical Report NMFS circular 8, 1983. p. 29–33.

BIGELOW, H. B.; SCHROEDER, W.C. Sharks, volume 1 de *Memoir*. New Haven: Sears Foundation for Marine Research. 1953. 514 p. **Sawfishes, Guitarfishes, Skates and Rays**,

BROTHERS, E.B. Summary of round table discussions on age validation. **NOAA Technical Reports NMFS** v. 8, p. 35-44, 1983.

CAILLIET, G.M.; MUSICK, J.A.; SIMPFENDORFER, C.A.; STEVENS, J.D. Ecology and Life history Characteristics' of Chondrichthyan Fish. In: IUCN/SSC SHARK SPECIALIST GROUP. Sharks, Rays and Chimaeras: The status of the Chondrichthyan Fishes. 2005. p. 12-18.

CAILLIET, G.M.; SMITH, W.D.; MOLLET, H.F.; GOLDMAN, K.J. Age and growth studies of chondrichthyan fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. **Environ. Biol. Fish.** v. 77, p. 211–228, 2006.

CAILLIET, G.M.; GOLDMAN, K.J. Age determination and validation in chondrichthyan fishes. In: CARRIER, J. C; MUSICK, J.A; HEITHAUS, M.R. (Eds). Biology of sharks and their relatives. New York : CRC Press LLC, 2004. p. 399 – 447.

CAMPANA, S.E. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. **Journal of Fish Biology** v. 59, p. 197-242, 2001.

CARRIER, J.C.; PRATT, H.L.; CASTRO, J.I.. Reproductive biology of Elasmobranchs  
In: CARRIER, J. C; MUSICK, J.A; HEITHAUS, M.R. (Eds). Biology of sharks and  
their relatives. New York : CRC Press LLC, 2004. p. 269-286.

CASSELMAN, J. M. Age and growth assessment of fish from their calcified structures-  
techniques and tools. In PRINCE, E. D.; PULOS, L.M.. (Eds.) Proceedings of the  
international workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes,  
and sharks. NOAA Technical Report NMFS circular 8, 1983. p. 01-17.

CERVIGÓN, F. **Los Peces Marinos de Venezuela**. Caracas: Sociedad de Ciencias  
Naturales La Salle, 1966

COMPAGNO, L. J. V. Checklist of living Chondrichthyes. In: HAMLETT, W.  
C.(Eds.). Reproductive biology and phylogeny of chondrichthyes, Sharks, Batoids and  
Chimaeras, Enfield, NH: Science Publishers, 2005. p. 503-548.

CONRATH, C. Reproductive biology. In: MUSICK, J.; BONFIL, R. (Eds).  
Management techniques for elasmobranch fisheries. FAO Fisheries Technical Paper No.  
474, 2005. p. 103- 126.

CORTÉS, E. Comparative life history and demography of pelagic shark. In: CAHMI,  
M. D.; PIKITCH, E. K. AND BABCOCK, E. A. (Eds). Sharks of the Open Ocean:  
Biology, Fisheries and Conservation. Blackwell Publishing Ltd, 2009. p. 309- 320.

ENAJJAR, S.; BRADAI, M.N.; BOUAIN, A. Age, growth and sexual maturity of the  
blackchin guitarfish *Rhinobatos cemiculus* in the Gulf of Gabés (Southern Tunisia,  
central Mediterranean). **Cahier de biologie marine**. v. 53, p. 17-23, 2012.

FIGUEIREDO, J.L. **Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. I -  
Introdução. Cações, Raias e Quimeras**. Museu de Zoologia da Universidade de São  
Paulo, Sao Paulo, 1977. 104 p.

FONTELES, A. **Recursos Pesqueiros: Biologia e Dinâmica Populacional**. Fortaleza:  
Imprensa Oficial do Ceará, 1989. 312 p.

GOLDMAN, K.J. Age and growth of elasmobranch fishes. In: MUSICK, J.A.; BONFIL, R. (Eds) Management techniques for elasmobranch fisheries. FAO Fisheries Technical Paper. No. 474. 2005. p. 97–132.

GOMES, U. L.; GADIG, O.B.F. Marine Rays from Brazilian Coast. In. Reunião da Sociedade Brasileira para estudo de elasmobrânquios. 1997. Ilhéus. **Resumos** Universidade estadual de Santa cruz.: 1997. p. 137.

GRIJALBA-BENDECK, M.; ACERO, A.P.; GONZALEZ, E. Biología reproductiva de *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) (Batoidea: Rajiformes) en el Caribe colombiano. **Rev. Biol. Mar. Oceanogr.** v. 43, n. 3, p. 469-481, 2008.

GROGAN, E.D.; LUND, R. The origin and relationships of early Chondrichthyes. In: CARRIER, J. C; MUSICK, J.A; HEITHAUS, M.R. (Eds) Biology of Sharks and Their Relatives. New York : CRC Press LLC, 2004. p. 3-31.

HOLDEN, M.J. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggests solutions. In: Harden-Jones, F. R. (Eds.). Sea Fisheries Research. Elek Science, London, 1974. p.117-138.

IBAMA. Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil – 2000. MMA - Ministério do Meio Ambiente. CEPENE – Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Nordeste. ESTATPESCA, 139 p, 2002

ISMEN, A.; YIGIN, C.; ISMEN, P. Age, growth, reproductive biology and feed of the common guitarfish (*Rhinobatos rhinobatos* Linnaeus, 1758) in Iskenderum Bay, the eastern Mediterranean Sea. **Fisheries Research**, v. 87, p. 263-269, 2007.

KATSANEVAKIS, S. Modelling fish growth: model selection, multi-model inference and model selection uncertainty. **Fish. Res.** v. 81, p. 229–235, 2006.

LAST, P. Rayas In: TRICAS, T.C.; DEACON, K.; MCCOSKER, J.E.; WALKER, T.I.; TAYLOR, L. (EDS). Tiburones y Rayas. Planeta, 1998. 288p.

LAST, P. The State of chondrichthyan taxonomy and systematics. **Marine and Freshwater Research**, v.58, p. 7-9, 2007.

LESSA, R.P.T. ; VOOREN, C.M. ; LA HAYE, J. Desenvolvimento e ciclo sexual das fêmeas, migrações e fecundidade da viola *Rhinobatos horkelii* (Muller & Henle, 1841) do Sul do Brasil. **Atlântica**. v. 8, p. 5-34, 1986.

LESSA, R. P. Levantamento faunístico dos elasmobrânquios (Pisces, Chondrichthyes) das reentrâncias maranhenses. **Boletim do laboratório de hidrobiologia**, São Luis 7: 27-41, 1986

LESSA, R.P.T. Biologie et dynamique des populations de *Rhinobatos horkelii* du plateau continental du Rio Grande do Sul (Brésil). 1982. 238p. **Tese (Doutorado)** - Universite de Bretagne Occidentale, Brest, França.

LESSA, R.P.; BARRETO, R.R.; QUAGGIO, A.C.; VALENÇA. L.R.; SANTANA, F.; YOKOTA L.; GIANETTI, M.D. Levantamentos das espécies de elasmobrânquios capturados por aparelhos de pesca que atuam no berçário de Caiçara do Norte (RN). **Labomar Arq. Ciên. Mar, Fortaleza**, 2008, 41(2): 58 – 64

LESSA, R.; MARCANTE SANTANA, F.; DUARTE-NETO, P. A critical appraisal of marginal increment analysis for assessing temporal periodicity in band formation among tropical sharks. **Environmental biology of fishes**. v.77, p. 309-315, 2006.

MCEACHRAN, J.D.; ASCHLIMAN, N. Phylogeny of batoida In: CARRIER, J. C; MUSICK, J.A; HEITHAUS, M.R. (Eds) *Biology of Sharks and Their Relatives*. New York : CRC Press LLC, 2004. p.79 – 114.

MCEACHRAN, J.D.; CARVALHO, M.R. Batoid Fishes. In: *The living marine resources of the Western Central Atlantic Vol. 1. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5*. Rome. Carpenter, K. E. FAO. 2002.

MENNI, R.C.; STEHMANN, M.F.W. Distribution, environment and biology of batoid fishes off Argentina, Uruguai and Brazil. A review. **Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat.** v. 2, n. 1, p. 69-109, 2000.

MUSICK, J. A.; ELLIS, J. K. Reproductive evolution of chondrichthyans. In: HAMLETT, W. C., Reproductive biology and phylogeny of chondrichthyes, sharks, batoids and chimaeras, Enfield, NH: Science Publishers, 2005. p. 45-71.

NELSON, J.S. **Fishes of the World**. New York: John Wiley and Sans, Inc, 2006. 601p

PANFILI, J.; DE PONTUAL, H.; TROADEC, H.; WRIGHT, P.J. (Eds) (2002) **Manual of fish schlerochronology**. Ifremer-IRD coedition, Brest, France, 464 pp

RICKER, W.E. Growth rates and models. In: W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett (eds) Fish Physiology, vol viii, Bioenergetics and Growth. Academic Press, New York, NY, pp. 677-743.

RINCÓN, G.; VOOREN, C.M.; STEHMANN, M. List of species of skates and rays off Brazil. An update based on captures and bibliography. In: Reunião da Sociedade Brasileira para Estudo dos Elasmobrânquios. 1997. Ilhéus. **Resumos** Universidade estadual de Santa cruz.: 1997. p. 135.

ROSSOUW, G. J. Age and growth of the sand shark, *Rhinobatos annulatus*, in Algoa Bay, South Africa. **J. Fish Biol.**v. 25, p. 213-222, 1984 .

SOTO, J.M.R.; MINCARONE, M.M. Collections of the Museu Oceanográfico do Vale do Itajaí 1. Catálogo de Peixes Cartilaginosos (Myxini, Cephalaspidomorphi, Elasmobranchii, Holocephali). **Mare Magnum** v. 2, 2004.

SPARRE, P.E.; VENEMA, S.C. **Introduction to tropical fish stock**. Part 1. Manual. FAO Fisheries Technical Paper No. 306(1). Rome, 1997. 337 p.

TEIXEIRA , W. Terra: passado, presente e future. In. TEIXEIRA, W.; TOLEDO M.C.M.; FAIRCHILD. T.; TAIOLI, F. (Eds). Decifrando a terra. Editora Saraiva, 2003

TIMMONS, M.; BRAY, R.N. Age, growth and sexual maturity of shovelnose guitarfish, *Rhinobatos productus* (Ayres). **Fishery Bulletin** v. 95, p. 349 – 359, 1997.

TRICAS, T.C. Entender a los tiburones y rayas. In: TRICAS, T.C.; DEACON, K.; LAST, P.; MCCOSKER, J.E.; WALKER, T.I.; TAYLOR, L (Eds) Tiburones y rayas. Ed. Planeta. 1998. 288p.

VOOREN, C.M.; LESSA, R.P.T.; KLIPPEL, S. Biologia e status de conservação da viola *Rhinobatos horkelii*. In: VOOREN, C.M.; KLIPPEL, S. (Eds) Ações para a conservação de tubarões e raias no Sul do Brasil. Ed. Igaré, Porto Alegre. 2005. 261p.

VOOREN, C.M.; KLIPPEL, S. Diretrizes para a conservação de espécies ameaçadas de elasmobrânquios In: VOOREN, C.M.; KLIPPEL, S. (Eds) Ações para a conservação de tubarões e raias no Sul do Brasil. Ed. Igare, Porto Alegre. 2005. 261p.

YOKOTA L Caiçara do Norte (RN): Um berçário de tubarões e raias?. 2005 **Dissertação**, Universidade Federal de Pernambuco.

YOKOTA L, LESSA RP (2006) A nursery area for sharks and rays in Northeastern Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, 75:349-360, 2006

WENBIN, Z.; SHUYUAN, Q. Reproductive biology of the guitarfish *Rhinobatos hynnicephalus*. **Enviroment biology of fishes**. v. 38, p. 81-93, 1993.

WOURMS, J. P. Viviparity: The maternal-fetal relationship in fishes. **Amer. Zool.**, v. 21, p. 473-515, 1981.

## **4- Artigo científico**

### **4. 1- Artigo Científico I**

Artigo científico a ser encaminhado a Revista Environmental Biology of Fishes

Biologia reprodutiva da raia-viola *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) do nordeste do Brasil

Todas as normas de redação e citação, deste capítulo, atendem as estabelecidas pela referida revista (em anexo).

## **Biologia reprodutiva da raia-viola *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) do nordeste do Brasil**

Rayd Ivanoff Nunes e Rosangela Paula Lessa,

Departamento de Pesca e Aquicultura - Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Recife, PE, CEP 52171-900.

+ 55 81 3320-6523.

Corresponding author: [rosangela.lessa@pq.cnpq.br](mailto:rosangela.lessa@pq.cnpq.br)

### **RESUMO**

A reprodução de *Rhinobatos percellens* foi estudada através de 261 espécimes, 126 fêmeas (48,28%) e 135 machos (51,72%). A proporção sexual observada não diferiu da esperada de 1:1. O comprimento total (CT-cm) das fêmeas variou de 16,5 – 69,4 cm e dos machos de 14,7 – 57,5 cm. Para cada sexo foi calculada a relação entre peso (PT-g) e CT e a aquisição da maturidade foi verificada através das relações entre o peso do fígado (g) e o PT. A maturidade gonadal dos machos foi inferida a partir da relação entre o peso dos testículos (g) e CT e o comprimento relativo dos cláspers. Machos atingiram a maturidade no CT de 43,2 cm. A maturidade gonadal das fêmeas foi verificada pela relação entre o peso dos ovários (g), peso das glândulas nidamentárias (g) e peso dos úteros (PU- g) em relação ao CT. O comprimento de primeira maturidade foi estimado em 44,3 cm. O ciclo reprodutivo foi definido com base no diâmetro do maior ovócito vitelogênico, diâmetro reglândula nidamentária, e conteúdo dos úteros ao longo dos meses do ano. Índices gonadosomático e hepatossomático confirmaram o período de alta atividade reprodutiva em ambos os sexos. Foram registrados 59 embriões com CT entre 4,5 – 16,2 cm, o consumo do vitelo pelo embrião foi descrito pela equação  $\text{Peso vitelo} = 9,0045 \text{ Peso embrião}^{-0,881}$  e o crescimento em peso por  $\text{Peso embrião} = 0,0058 \text{ CT}^{2,65}$ . Fêmeas apresentam fecundidade e fertilidade média de 3 e 1 embrião, respectivamente.

Palavras chave: *Rhinobatos*, reprodução, maturidade, ciclo reprodutivo, período gestacional.

## INTRODUÇÃO

A raia-viola *Rhinobatos percellens* é uma das três espécies de rinobatídeos que ocorrem na costa do Brasil, entre as quais, a que apresenta maior área de distribuição desde o Amapá ( $03^{\circ}68'N/51^{\circ}15'W$ ) ao Paraná ( $25^{\circ}16'S/48^{\circ}42'W$ ) (Vooren et al., 2005).

Embora relativamente comum em registros de pescarias ao longo da costa brasileira, o conhecimento sobre aspectos populacionais da espécie é escasso e pontualmente limitado, impossibilitando inferir sobre sua abundância dentro da área de ocorrência.

Na região nordeste do Brasil *R. percellens* encontra condições ambientais, especialmente favoráveis ao seu desenvolvimento, em áreas identificadas como berçários primários e secundário para a espécie (Yokota e Lessa, 2006), entre estas, o município de Caiçara do Norte/RN.

Em Caiçara do Norte ( $05^{\circ} 04' S$  e  $36^{\circ} 03' W$ ) (Fig. 1), reconhecidamente, existe uma área de grande produtividade biológica, refletida no volume e diversidade de peixes, crustáceos e moluscos capturados pelas artes de pesca da região (Lessa et al., 2008). Chama especialmente à atenção a frequência de capturas de várias espécies de elasmobrânquios na região (Yokota e Lessa, 2006).

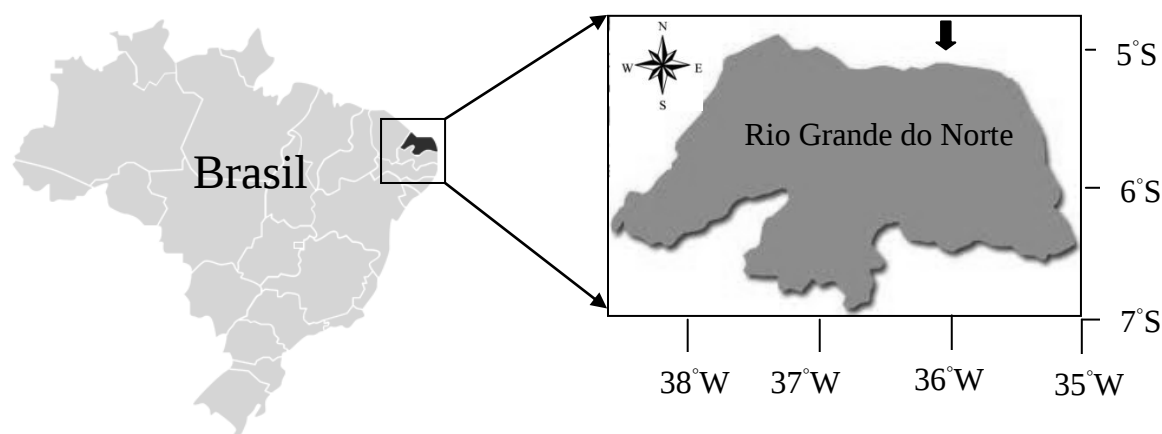


Figura 1: Localização de Caiçara do Norte/RN (seta preta) na região nordeste do Brasil.

Acompanhamentos de arrasto de praia, para captura de camarão, nesta região registram *R. percellens* como a terceira espécie mais capturada, entre os batoideos, nas pescarias artesanais (Lessa et al., 2008) sendo representada por neonatos, jovens e

adultos. Porém, em razão do reduzido tamanho dos indivíduos e do baixo valor de mercado, as capturas não são utilizadas nem para o consumo nem para a comercialização, sendo dessa forma descartadas.

Considerada uma espécie de pequeno porte, a *R. percellens* pode alcançar um comprimento total máximo de 100,0 cm (Bigelow e Schroeder, 1953), e indivíduos com aproximadamente 50,0 cm são sexualmente maduros (Figueiredo, 1977). Apresentam como modo de reprodução a viviparidade saco vitelínica (Musick e Ellis, 2005) com alto investimento energético na qualidade da prole.

Em vista da estreita relação existente entre elasmobrânquios e seus habitats, é evidente que qualquer alteração no ambiente tem a capacidade de modificar sua distribuição e abundância (Taylor et al., 1998). Caiçara do Norte é visivelmente, uma região fortemente impactada pelas pescarias locais e as raias viola, assim como todos os elasmobrânquios, são extremamente suscetíveis a sobrepesca em razão das suas características biológicas intrínsecas (Holden, 1974).

Neste contexto, o conhecimento sobre os aspectos da biologia reprodutiva de *R. percellens* se torna essencial para garantir o manejo adequado da espécie. Para tanto, informações específicas sobre fecundidade-idade são necessárias para serem utilizadas em análises demográficas.

Assim, é imprescindível esclarecer para esta espécie o tamanho de maturidade, o ciclo ovariano e gestacional, levando em consideração a vitelogênese concomitante a gestação e a o fenômeno da diapausa, peculiaridades descritas para outras espécies da família Rhinobatidae (Lessa et al., 1986), bem como para *R. percellens* de outras regiões (Grijalba- Bendeck et al 2008).

## MATERIAL E MÉTODOS

Entre setembro de 2004 e junho de 2005 e entre janeiro 2010 e março de 2011, amostragens periódicas de pescarias de arrasto de praia em Caiçara do Norte/RN, foram realizadas para coleta de espécimes da raia-viola *Rhinobatos percellens*.

De todos os indivíduos capturados registrou-se, o comprimento total (CT, cm), peso total (PT, g), peso fígado (PF, g) e o sexo. Os constituintes dos aparelhos reprodutores, de ambos sexos, foram removidos da cavidade abdominal sendo posteriormente fixados em formaldeído 10% e conservados em etanol 70% (Snelson et al., 1988).

Do aparelho reprodutor dos machos foi mensurado o peso (g) dos testículos (direito e esquerdo) e comprimento dos pterigopódios (cláspers, CCL, cm), desde a inserção interna até a extremidade distal (Compagno 1984).

Do aparelho reprodutor das fêmeas registrou-se o peso (g) dos ovários (direito e esquerdo), presença ou ausência de folículos ovarianos vitelogênicos (FOV), diâmetro (mm) do maior FOV, peso (g) e diâmetro (cm) das glândulas nidamentárias (direita e esquerda), peso (g) dos úteros (direito e esquerdo), presença ou ausência de ovos encapsulados e/ou embriões.

As relações entre PT (g) e CT (cm); PF (g) e CT (cm), foram calculadas e regressões foram ajustadas para fêmeas e machos utilizando-se a análise de covariância (ANCOVA) para testar a diferença entre sexos.

A funcionalidade simultânea dos pares de órgãos do aparelho reprodutor das fêmeas de *R. percellens* foi verificada através, da comparação dos pesos do lado direito e esquerdo, pelo teste de Mann-whitney ( $\alpha = 5\%$ ). Para os machos, esta análise foi realizada somente com os pesos dos testículos. Não havendo diferença significativa, as análises posteriores sobre peso médio serão conduzidas para os dados agrupados (direito + esquerdo) utilizando como medida de dispersão o desvio padrão.

Inferências sobre o desenvolvimento gonadal dos machos foram baseadas na relação entre o peso médio (g) dos testículos e CT dos indivíduos, enquanto que o comprimento total na maturidade foi estabelecido a partir do comprimento relativo do cláspers. Desta forma, machos foram classificados como 1) imaturos: cláspers eram curtos e flexíveis; 2) em maturação: os cláspers ultrapassando a nadadeira pélvica mas ainda parcialmente flexíveis e 3) maduros: cláspers longos e totalmente calcificados (Enajjar et al., 2012).

As fêmeas tiveram sua condição reprodutiva avaliada através da relação entre os pesos médios (g) dos ovários, glândulas nidamentares e úteros, com o CT (Conrath, 2005). A caracterização quanto ao estágio maturacional considerou o desenvolvimento dos folículos ovarianos nos ovário, condição dos ovidutos e conteúdo dos úteros (Carrier et al., 2004), sendo: 1) imaturas: ovários pequenos com estrutura granulada mas sem folículos em desenvolvimento; ovidutos filiformes e sem diferenciação na região da glândula e útero; 2) em maturação: ovários aumentados de volume com paredes mais transparentes, inúmeros folículos de pequenos tamanhos tornando-se diferenciados mas sem vitelogênese, útero ainda estreito mas alargado posteriormente.; 3) maduras: ovário

com ovócitos vitelogênicos, ovidutos bem distintos com glândulas nidamentárias desenvolvidas e úteros em forma de garrafa; 4) grávidas com ovos e/ou embriões no útero (Lessa et al 1986; Stehmann, 2002)

A estimativa do tamanho de primeira maturidade gonadal das fêmeas foi através do ajuste ao modelo logístico da proporção relativa de indivíduos maduros (% P) por classe de comprimento (Walker, 2005).

$$\%P = \frac{1}{1 + e^{-b(L-a)}}$$

Onde: a= intercepto; b = coeficiente angular; L = valores médios das classes de comprimento;  $L_{50} = a/b$

A condição reprodutiva de machos e fêmeas foi analisada através do cálculo dos índices biológicos gonadosomático (IGS) e hepatossomático (IHS) (Conrath, 2005; Grijalba- Bendeck et al., 2008, Kume et al., 2009). Variações mensais do IGS e IHS foram avaliadas ao longo do ano, para a porção jovem e adulta da população.

$$\text{IGS Machos} = \left( \frac{\text{Peso médio dos testículos (g)}}{\text{Peso corpo (g)}} \right) \times 100$$

$$\text{IGS Fêmeas} = \left( \frac{\text{Peso médio dos ovários (g)}}{\text{Peso corpo (g)}} \right) \times 100$$

$$\text{IHS Fêmeas} = \left( \frac{\text{Peso médio dos fígados (g)}}{\text{Peso corpo (g)}} \right) \times 100$$

onde o peso dos ovários contém o órgão epigonal e o Peso do corpo (g) = PT – peso dos ovários (g).

A fecundidade uterina foi estimada pelo número de embriões presente nos úteros e a fertilidade como medida do número de embriões fêmeas por fêmea capturada (Lessa et al., 1986) e para cada embrião foi registrado o sexo, CT (cm), peso do embrião (g) e peso do saco vitelínico (g).

O desenvolvimento embrionário foi analisado mediante as relações entre o peso do vitelo (g) e peso do embrião (g); peso do embrião e CT; e as variações do peso e CT dos embriões ao longo dos meses do ano (Walker, 2005; Márquez-Farías, 2007)

Foi verificada a relação entre o comprimento total dos embriões e o comprimento da fêmea grávida (Lessa et al., 1986) utilizando para tanto, apenas os embriões a termo, ou seja, aqueles em que a reserva vitelínica externa já havia sido totalmente consumida.

O período de gestacional e época de nascimento foi determinado a partir da combinação das análises do estágio de desenvolvimento dos ovócitos, glândula nidamentária, úteros e embriões (Carrier et al., 2004)

## RESULTADOS

### A amostra

Durante o estudo foram analisados 261 espécimes de *Rhinobatos percellens*, dos quais 126 fêmeas (48,28%) e 135 machos (51,72%). A proporção sexual (machos: fêmeas) observada foi de 1 : 0,93 e não diferiu significativamente da esperada de 1:1 ( $\chi^2 = 3,84$ ;  $p = 0,31$ ). O CT das fêmeas variou de 16,5 – 69,4 cm (média = 37,35 cm) e dos machos de 14,7 – 57,5 cm (média = 33,25 cm). A distribuição de frequência apresenta uma forma bimodal, que coincide para ambos os sexos, nas mesmas classes de comprimento de 20 e 55 cm de CT (Figura 2).

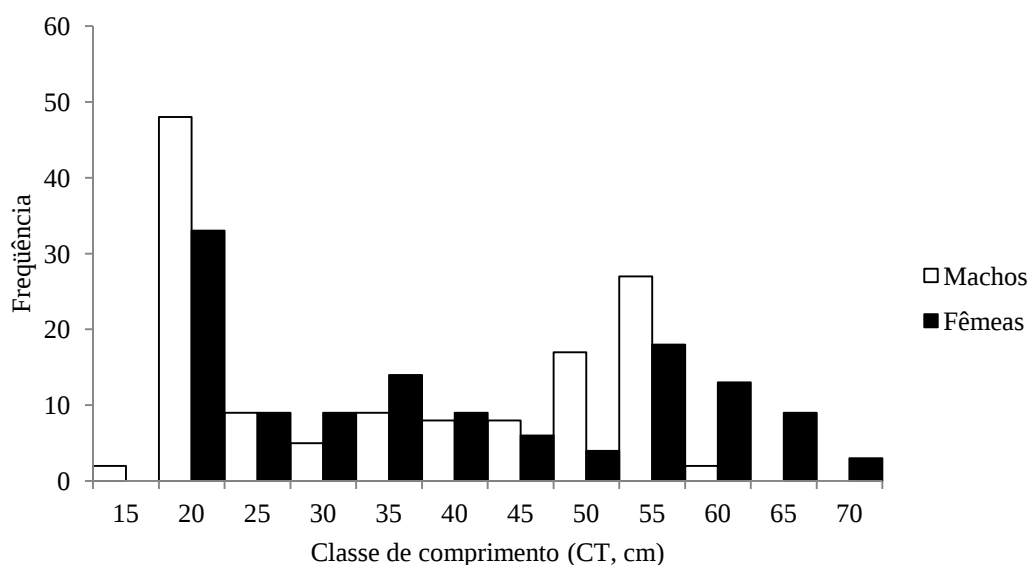


Figura 2: Distribuição de frequência por classe de comprimento de fêmeas e machos de *Rhinobatos percellens* capturadas em Caiçara do Norte/RN

### Relação entre PT e CT.

A análise de covariância mostrou que existe diferença significativa entre os sexos ( $p = 0,046$ ) para a relação linearizada entre o CT e PT. A equação que descreve a relação para as fêmeas é  $PT = 0,0019CT^{3,11}$  ( $r^2 = 0,99$ ,  $n = 126$ ) e possui uma alometria

positiva, enquanto que para os machos a relação é dada por  $PT = 0,0027CT^{2,98}$  ( $r^2 = 0,99$ ,  $n = 135$ ) e possui alometria negativa. O peso das fêmeas teve amplitude de 10,36 – 1173 g, para fêmeas de 16,5 e 69,4 cm de CT respectivamente enquanto que o peso dos machos variou entre 8,75 - 548,60 g para CT de 15,7 - 57,5 cm (Figura 3).

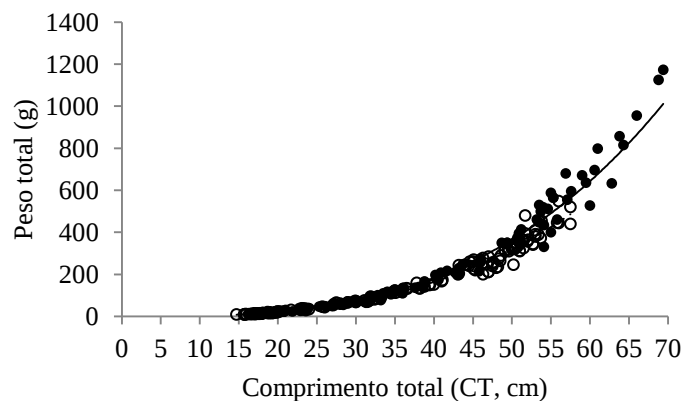


Figura 3: Relação entre o peso total (g) e o comprimento total (cm) para fêmeas (representadas por círculos cheios) e machos (representados por círculos vazios) de *Rhinobatos percellens* capturada no nordeste do Brasil.

#### Aquisição da maturidade

Na relação entre o PF e CT, em ambos os sexos, ocorre uma dispersão dos pontos a partir dos 45,0 cm de CT que pode estar diretamente relacionada à aquisição de maturidade. O menor peso do fígado entre as fêmeas foi de 0,09 g para um CT de 21,9 cm e maior peso de 20,54 g para um CT de 63,8 cm. Entre os machos os valores foram de 0,13g e 16,24g para indivíduos de 17,8 cm e 57,5 cm de CT (Figura 4).

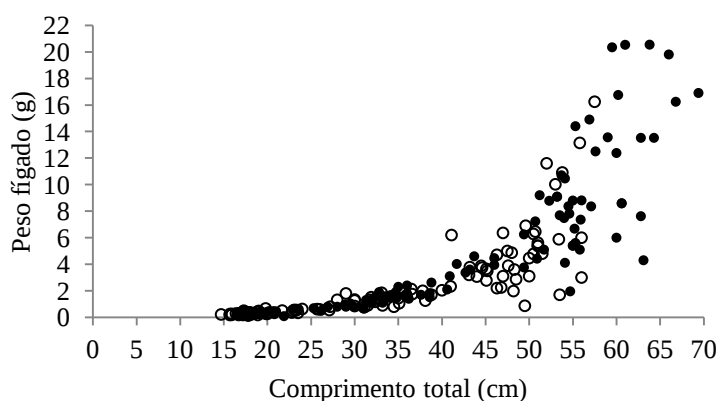


Figura 4: Relação entre o peso do fígado (g) e o comprimento total (cm) para fêmeas (representadas por círculos cheios) e machos (representados por círculos vazios) de *Rhinobatos percellens* capturada em Caiçara do Norte/RN

### Maturidade gonadal dos machos

Foi verificado que não existe diferença significativa entre os pesos dos testículos direito e esquerdo ( $p = 0,24$ ). Desta forma o peso médio foi de  $0,37 \pm 0,36$  g e variou 0,02g para um macho de 17,8 cm de CT a 1,51 g para um CT de 57,5 cm. O desenvolvimento gonadal dos machos possui uma relação positiva com o CT cuja dispersão dos pontos é evidenciada a partir do CT de 45,0 cm (Figura 5).

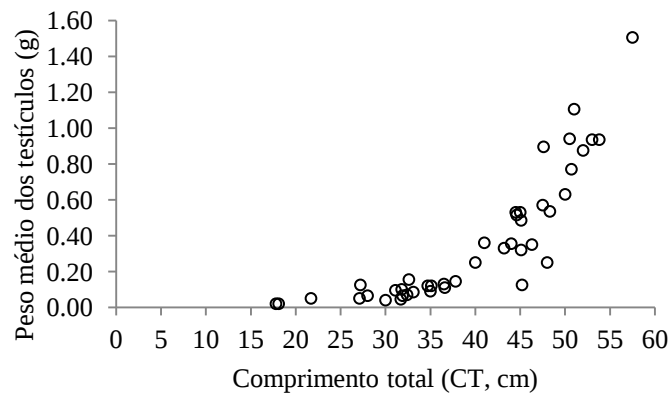


Figura 5: Relação entre o peso da gônada (g) e o comprimento total (cm) de machos de *Rhinobatos percellens* ( $n = 43$ ) capturados em Caiçara do Norte/RN.

O comprimento do cláster variou entre 0,32 – 9,3 cm ( $4,03 \pm 2,86$ ) e o crescimento ocorreu em 3 fases distintas (Fig 6). A fase 1 corresponde aos indivíduos da fase neonato e juvenis imaturos, com CT entre 14,7- 37,8 cm que apresentam os clásters pequenos e flexíveis. A segunda fase é caracterizada por indivíduos que possuem CT variando entre 34,7 - 46,3 cm, em que o crescimento do cláster é acelerado e em alguns casos já se encontram parcialmente calcificados. A última é representada por machos com CT a partir de 43,2 cm possuem clásteres totalmente rígidos e com comprimento que se estende além da nadadeira pélvica cerca de 3,0 cm.

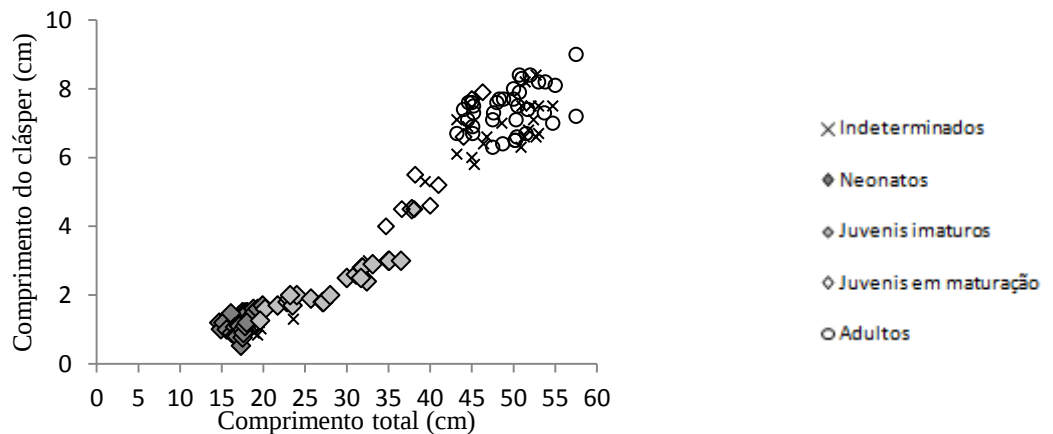


Figura 6: Relação entre o comprimento do cláster (cm) e o comprimento total (cm) dos machos ( $n = 136$ ) de *Rhinobatos percellens* capturados em Caiçara do Norte/RN.

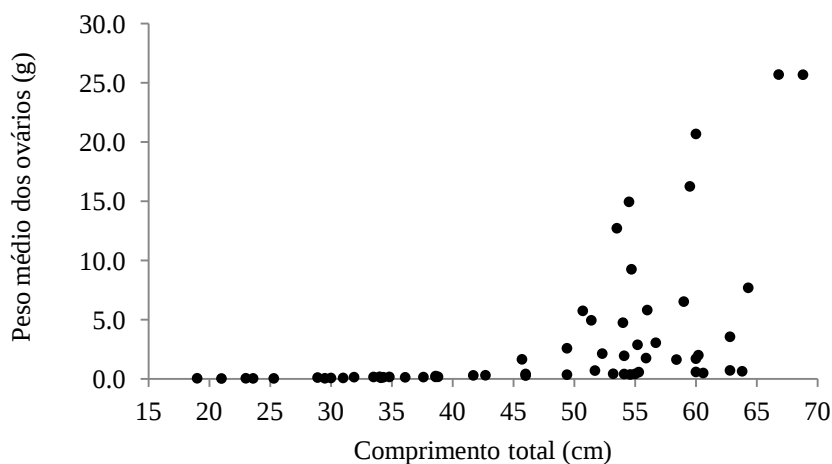
### *Maturidade gonadal das fêmeas*

A análise dos pesos médios dos órgãos reprodutores das fêmeas demonstrou não existir diferença entre o lado direito e esquerdo de cada órgão. Desta maneira, foram utilizados os pesos médios dos órgãos agrupados para evidenciar o desenvolvimento sexual decorrente do crescimento.

O peso do ovário direito variou de 0,04 – 34,35 g e do esquerdo de 0,02 – 36,08 g ( $p = 0,89$ ) e o peso médio foi  $3,46 \pm 6,59$  g em uma amostra de 59 indivíduos com amplitude de CT de 19,0 a 68,8 cm. Na glândula nidamentária direita o peso variou de 0,06 – 0,91 g e na esquerda de 0,04 – 0,92 g ( $p = 0,83$ ), com peso médio de  $0,40 \pm 0,20$  g. No útero direito os pesos variaram de 0,10 – 36,45 g, no esquerdo entre 0,27 – 32,22 g ( $p = 0,96$ ) e o peso médio foi  $10,44 \pm 10,06$  g. Tanto para as análises da glândula quanto para o útero foi utilizada uma amostra de 39 indivíduos com CT variando entre 45,7 – 68,8 cm.

Ao verificar a relação entre o peso médio do ovário e CT das fêmeas foi possível observar que o menor peso foi de 0,03 g para uma fêmea de 21,0 cm CT enquanto que o maior peso registrado foi de 25,7 g em uma fêmea de 68,8 cm CT. Na análise das glândulas nidamentárias com o CT, o menor peso foi de 0,05 g em uma fêmea de 45,7 cm de CT e o maior de 0,91 g para uma fêmea de 60,6 cm CT. Em relação aos úteros e o CT das fêmeas, o menor peso registrado foi de 0,28 g em uma fêmea de 46,0 cm enquanto que o maior foi de 31,82 g para uma fêmea de 60,0 cm (Figura 7).

A)



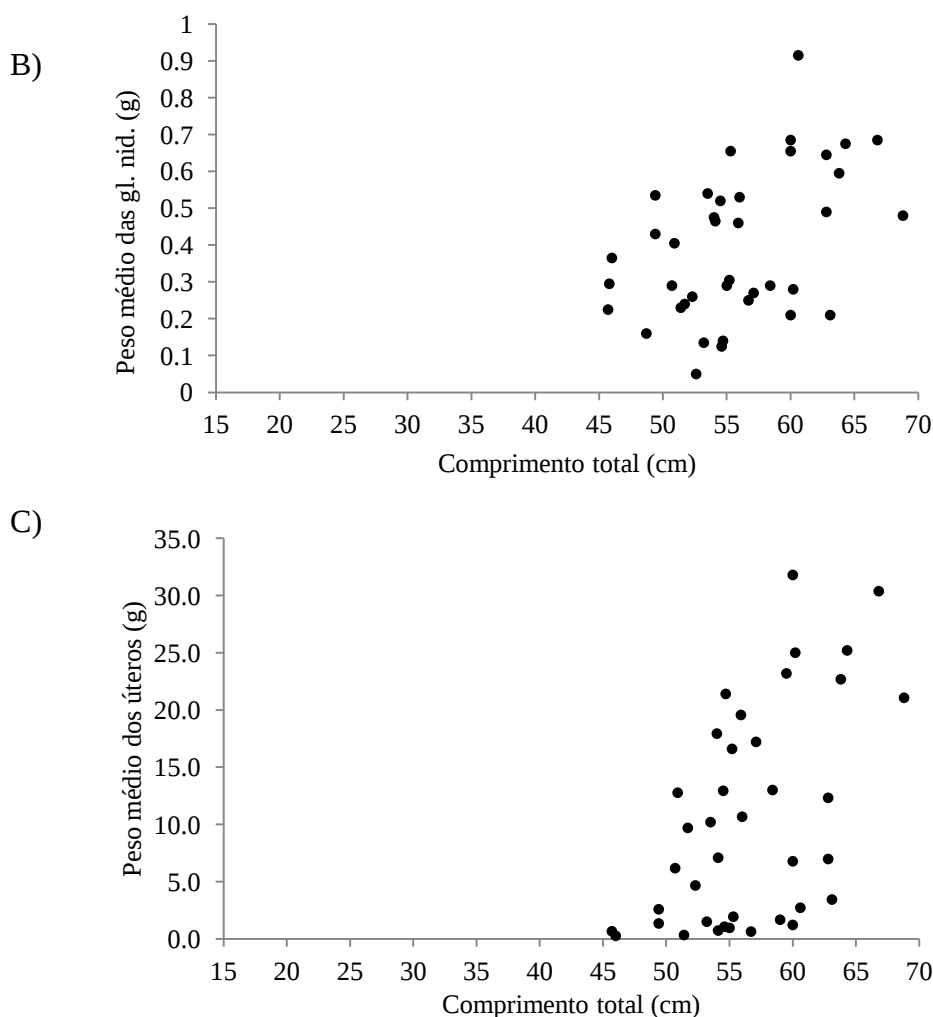


Figura 7: Relação entre o peso médio (g) dos A) ovários, B) glândulas nidamentárias, C) úteros e o comprimento total (cm) das fêmeas de *Rhinobatos percellens* capturadas em Caiçara do Norte/RN.

Nesta amostra, a menor fêmea classificada no estágio de “em maturação” apresentava 42,2 cm de CT, a menor fêmea “madura com ovócitos vitelogênicos” possuía 45,8 cm de CT, a menor fêmea “grávida com ovos” no útero tinha 49,5 cm e “grávida com embriões” no útero com 50,9 cm.

O comprimento de primeira maturidade gonadal estimado para as fêmeas de *Rhinobatos percellens* foi de 44,3 cm o que corresponde a 63,83% do CT máximo registrado para a espécie na área de estudo (Figura 8)

A partir dos 50,0 cm de CT todas as fêmeas da amostra se encontravam 100% maduras possuindo ovos ou embriões nos úteros e na classe de comprimento de 55,5 cm 50% das fêmeas possuíam ovos e as outras 50% embriões.

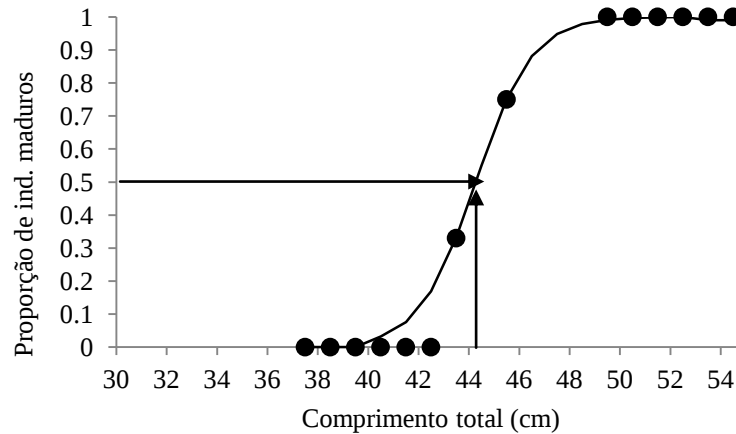


Figura 8: Estimativa do comprimento total de primeira maturidade gonadal para fêmeas de *Rhinobatos percellens* da região nordeste do Brasil

### Ciclo reprodutivo

Os diâmetros dos maiores ovócitos vitelogênicos assim como das glândulas nidamentárias foram analisados ao longo dos meses do ano para a porção adulta da população (> 44,3 cm). O menor diâmetro registrado, entre os maiores, foi de um ovócito de 4,0 mm em uma fêmea de 46,0 cm de CT capturada no mês de março. O diâmetro máximo registrado do ovócito foi de 34,0 mm em uma fêmea de 60,6 cm de CT no mês de abril. Para as glândulas nidamentárias, o diâmetro variou de 0,7 – 1,9 cm, em fêmeas de 52,6 cm de CT e 69,4 cm de CT, capturadas em novembro e fevereiro, respectivamente (Figura 9).

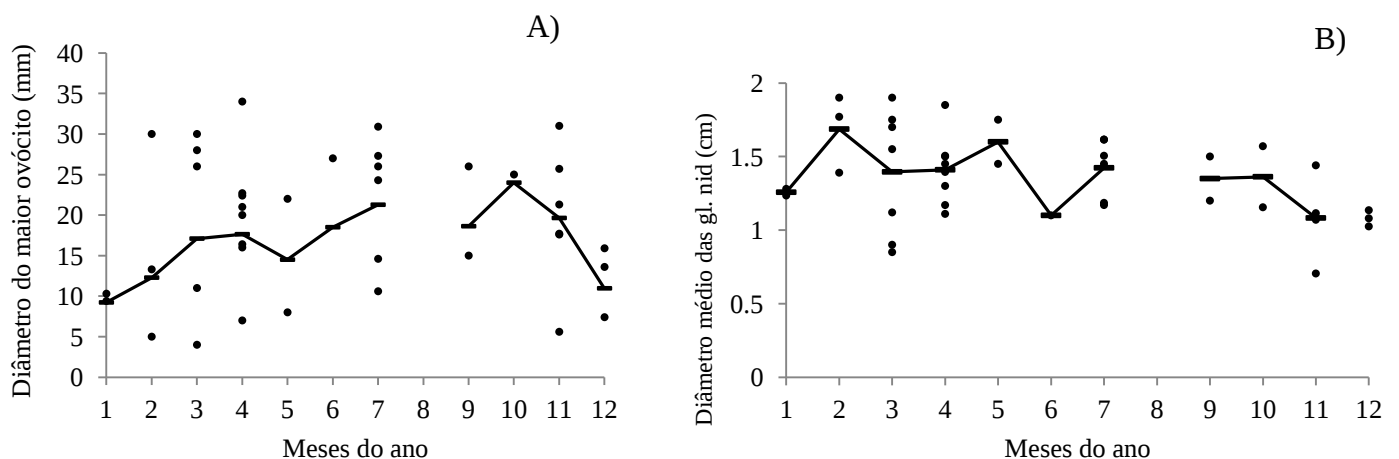


Figura 9: Variação sazonal do A) diâmetro (mm) do maior ovócito vitelogênico e B) diâmetro (cm) das glândulas nidamentárias registradas em fêmeas de *Rhinobatos percellens* capturadas em Caiçara do Norte/RN. Os círculos indicam os valores absolutos e as linhas os valores médios

O peso médio dos úteros variou entre 0,98 – 17,05 g ( 11, 29g  $\pm$  5,69) para os meses de junho e outubro, sendo que seu conteúdo apresentou a maior quantidade de ovos nos meses de dezembro a março e de embriões abril a fevereiro (Figura 10). Os embriões foram classificados de 1 a 3 de acordo com seu grau de desenvolvimento como segue: 1) embriões menores de 10,0 cm de CT; 2) embriões com CT entre 10,9 e 15,0 cm e 3) embriões a termo, com CT maior que 15,0 cm

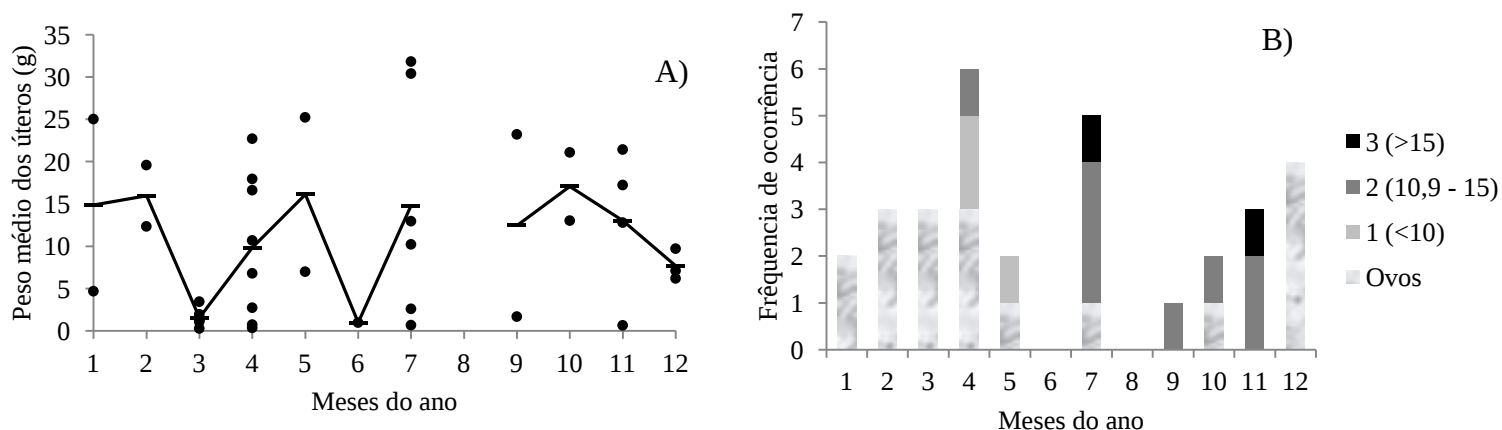


Figura 10: A) Peso médio (g) dos úteros ao longo do ano e B) Conteúdo dos úteros no decorrer do ano de *Rhinobatos percellens* capturada em Caiçara do Norte/ RN.

### Índices biológicos

A variação sazonal do IGS demonstrou que, tanto para as fêmeas jovens (n = 19) quanto para as adultas (n = 24), os maiores registros ocorreram no mês de outubro com valores de 0,56 e 4,11 (Fig.11). Na análise dos machos, os jovens (n = 26) apresentaram os maiores valores em março (0,78) e os adultos (n = 17) em fevereiro (0,29) (Figura 12).

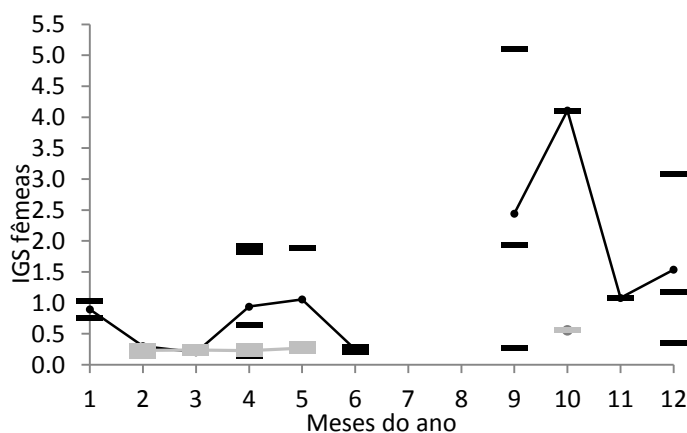


Figura 11: Variação do índice gonadossomático ao longo do ano para fêmeas jovens e adultas das raia viola capturadas em Caiçara do Norte/RN. IGS individual jovens (—); IGS individual adultas (—); IGS médio mensal jovens (—●—) e IGS médio mensal adultas (—●—).

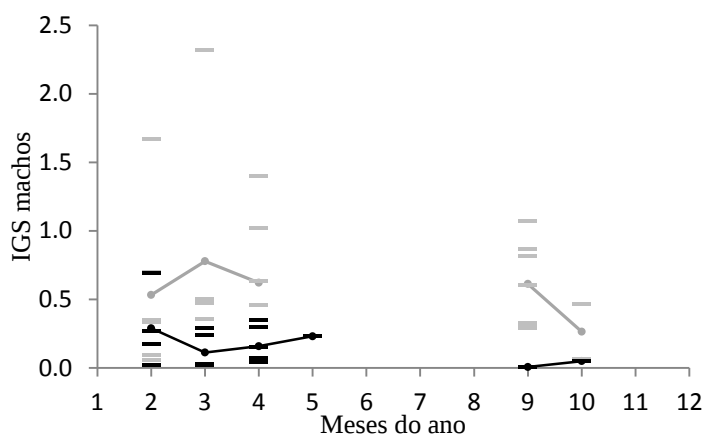


Figura 12: Variação do índice gonadosomático ao longo do ano para machos jovens e adultos das raias viola capturadas em Caiçara do Norte/RN. IGS individual jovens (—); IGS individual adultos (—); IGS médio mensal jovens (—●—) e IGS médio mensal adultos (—●—)

O valor do IHS nas fêmeas adultas (n = 34) teve valor máximo individual (3,19) e médio (2,61) no mês de setembro e menor individual (0,99) em fevereiro e médio (1,31) em novembro (Figura 13).

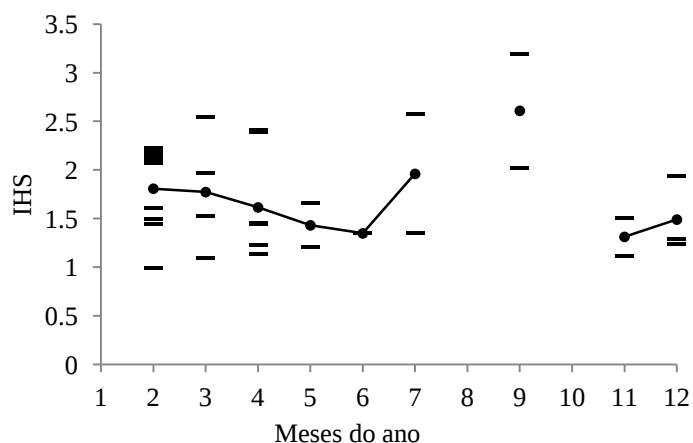


Figura 13: Relação do índice hepatossomático e meses do ano para fêmeas adultas de *Rhinobatos percellens* capturadas em Caiçara do Norte. IHS individual adultas (—); IHS médio mensal adultas (—●—).

#### Desenvolvimento embrionário

O ciclo reprodutivo foi definido em etapas, das quais a primeira corresponde ao período de cópula e fecundação, a segunda ao período de diapausa e a terceira e última, ao período de desenvolvimento embrionário propriamente dito e nascimento.

O primeiro período tem duração de aproximadamente 4 meses e se estende de dezembro a março. Neste período ocorre aumento progressivo nos diâmetros dos ovócitos vitelogênicos e maiores diâmetros das glândulas nidamentárias. Foi também

quando se registrou o exato momento (Figura 14) que um ovúlo estava sendo fecundado na glândula nidamentária

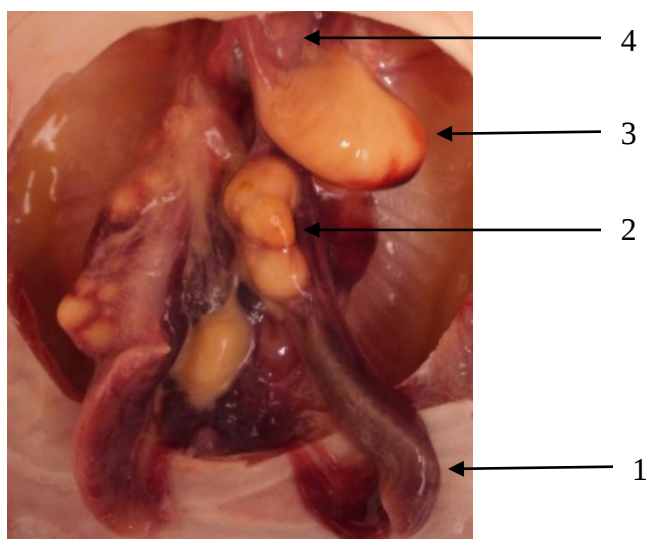


Figura 14: Fêmea de *Rhinobatos percellens* com 52,3 cm de CT capturada em janeiro de 2011. Registro do momento em que o ovo (seta 2) é liberado pelo ovário (seta 1) sendo fecundado na glândula nidamentária (seta 4) e chega ao útero (seta 3) para se desenvolver.

Ainda dentro deste período, ocorreu a captura simultânea de machos e fêmeas adultas próximos à costa e das fêmeas prenhes amostradas o conteúdo dos úteros possuíam apenas ovos.

O período de letargia foi identificado no decorrer dos meses de março a junho, neste período os índices IGS e IHS das fêmeas mantiveram-se com baixos valores bem como o IGS dos machos até maio.

Neste período o peso dos úteros apresentaram os menores valores e o conteúdo destes foi o mais variável em relação ao restante do ano, possuindo desde ovos encapsulados a embriões, que mesmo em diferentes estágios de desenvolvimento estavam associados a reservas vitelínicas na forma do saco do ovo.

O último período foi definido como aquele em que ocorre o desenvolvimento dos embriões e seu nascimento. Entre os meses de agosto e novembro foram observados os maiores valores do IGS e declínio abrupto do IHS, para as fêmeas, e nos úteros a maior proporção de embriões.

O período de nascimento também foi identificado com base no estágio de desenvolvimento dos embriões, que em sua grande maioria haviam consumido a reserva de vitelo externo, possuindo ainda reserva de vitelo interno.

Outra evidência foi a captura de fêmeas com indícios de desova recente e possuindo ovócitos vitelogênicos com tamanhos próximos aqueles em que comumente são fecundados (Figura 15).

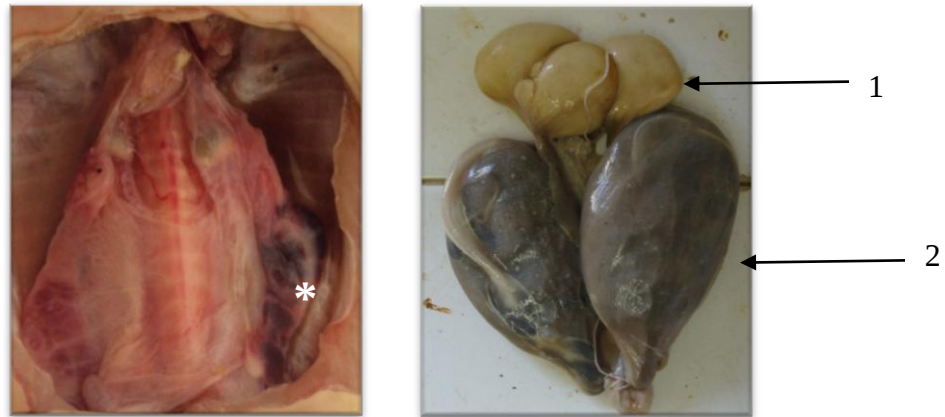


Figura 15: A) Fêmea de *Rhinobatos percellens* (CT = 60,0 cm) capturada em novembro/2011 com útero em estado hemorrágico (\*); B) Conteúdo reprodutivo de fêmea adulta de *Rhinobatos percellens* (CT = 54,7 cm) com ovócitos vitelogênicos no ovário (seta 1) e embriões a termo no útero (seta 2).

Durante o estudo foram registradas 37 fêmeas grávidas para as quais se estimou uma fecundidade uterina de 1 a 5 embrião ( $3 \pm 1$ ) e a fertilidade de 1 ( $\pm 0,4$ ). Dos 59 embriões registrados os comprimentos variaram de 4,5 – 16,6 cm e peso total de 4,94 – 14,9 g.

O peso dos embriões com vitelo externo variou de 0,5 – 7,28 g enquanto que o peso do vitelo propriamente dito foi de 1,1 – 14,4 g. Na relação entre estas variáveis a equação que a é  $PV = 9,0045 PE^{-0,881}$  ( $r^2 = 0,78$ ). Na análise entre o peso do embrião à termo (g) e o CT (cm) para sexos agrupados a relação pode ser expressa por  $PE = 0,0058 CT^{2,65}$  ( $r^2 = 0,92$ ,  $n = 40$ ) (Figura 16).

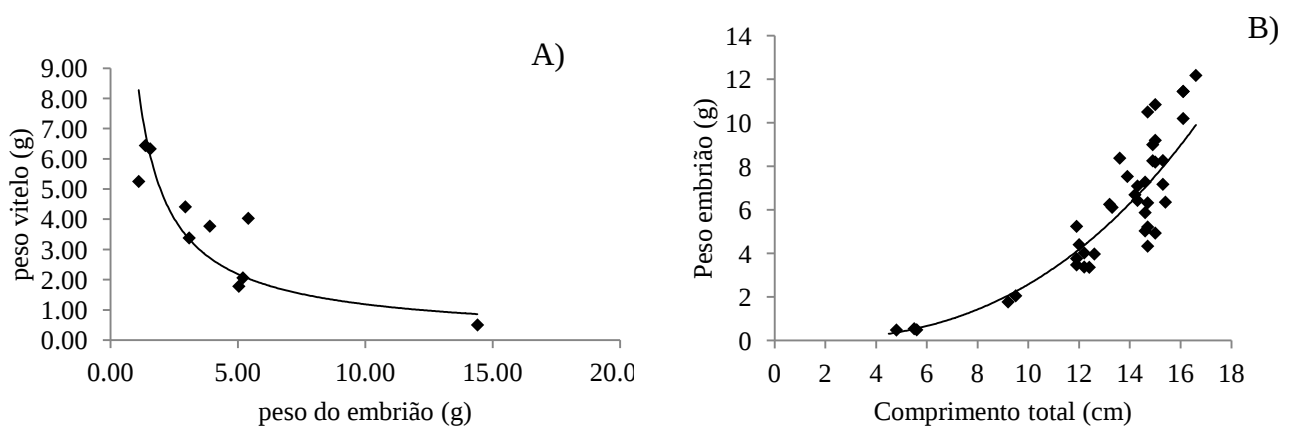


Figura 16: Relação entre A) peso do vitelo (g) e o peso do embrião(g) e B) peso do embrião (g) e comprimento total (cm), de embriões de *Rhinobatos percellens* capturados em Caiçara do Norte.

Ao observar a variação sazonal do peso dos embriões, o menor peso registrado ocorreu em abril de 0,49 g para um embrião de 4,8 cm CT que ainda possuía uma grande reserva de vitelo externo, sendo encontrado no útero de uma fêmea de 55,2 cm de CT. O registro do maior peso de embrião foi em julho de 12,18 g e CT de 16,6 cm, que havia consumido todo o vitelo externo e foi encontrado no útero de uma fêmea de 60,0 cm de CT (Figura 17 A).

Na análise do CT médio dos embriões ao longo dos meses do ano, os maiores foram registrados em julho (CT de 16,22 cm) de fêmea com 60,0 cm CT (Figura 17 B).

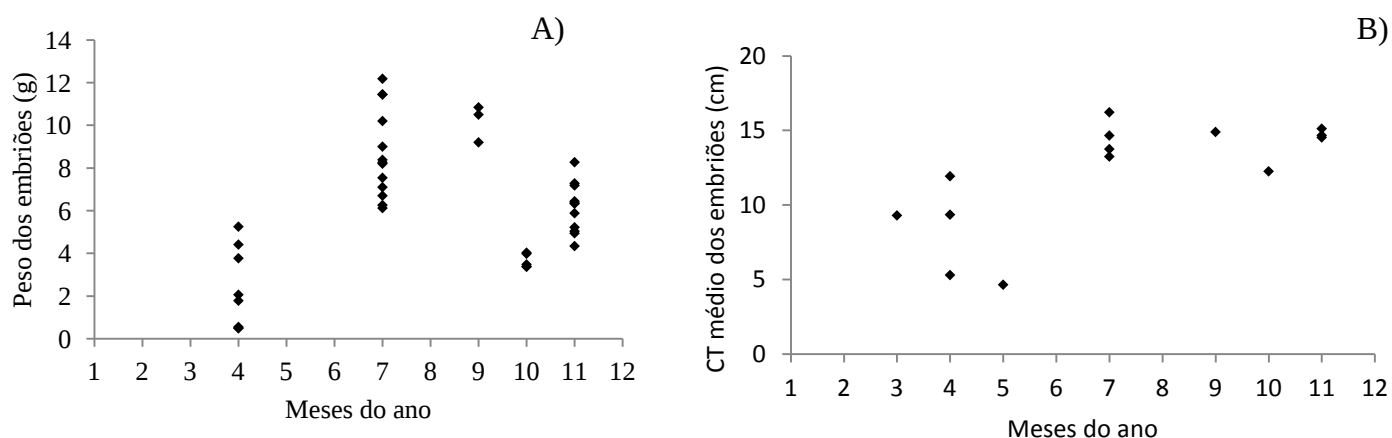


Figura 17: Variação ao longo do ano dos A) pesos (g) e B) comprimentos (cm) dos embriões de *Rhinobatos percellens* capturados em Caiçara do Norte.

Não foi verificada a existência da relação entre o CT (cm) das fêmeas grávidas (n=11) e o CT médio (cm) de seus respectivos embriões ao termo, para *R. percellens* capturada em Caiçara do Norte (Figura 18).

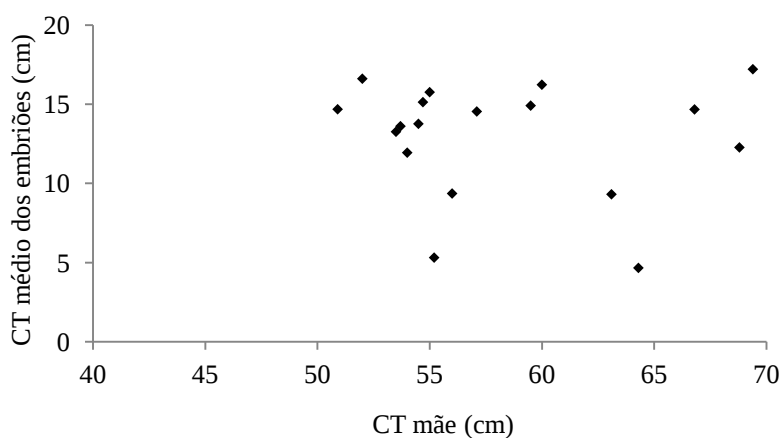


Figura 18: Relação entre o CT médio (cm) dos embriões a termo e o CT das fêmeas grávidas (cm) de *Rhinobatos percellens* capturadas em Caiçara do Norte.

## DISCUSSÃO

A raia viola *Rhinobatos percellens* é uma espécie comum nas pescarias artesanais de Caiçara do Norte, nas quais, fêmeas e machos de todas as fases de desenvolvimento reprodutivo são capturados como fauna acompanhante.

No presente estudo, o comprimento total máximo registrado para fêmeas foi da ordem de 17,14% maior do encontrado para o maior macho. Este mesmo padrão foi também identificado para *R. percellens*, capturada em arrastos de praia, efetuados em Santa Marta, na Colômbia (Grijalba-Bendeck et al., 2008).

Na análise da distribuição de frequência de *R. percellens* é notável que para ambos os sexos existe uma predominância nas classes 20 cm e 55 cm, que correspondem a fase de neonato e adulto, respectivamente. Esta informação corrobora a identificação de Caiçara do Norte como berçário primário e secundário para a espécie, que utiliza da região desde o parto à aquisição da maturidade (Yokota e Lessa, 2006).

Comparando-se os sexos através da relação entre o PT e CT, fêmeas foram maiores que os machos assim como em outros estudos com rhinobatídeos (Kume et al., 2009; Márquez-Farias, 2007; Ismen et al., 2007, Enajjar et al., 2012). Em geral fêmeas costumam apresentar uma alometria positiva na relação com o peso quando comparadas aos machos e neste estudo a presença de fêmeas grávidas contribuiu para esta diferença.

Estabelecer a relação entre peso e comprimento é totalmente relevante se considerarmos que estimativas de biomassa estão baseadas nos valores do parâmetro  $b$  da equação (Márquez-Farías, 2007) e, por conseguinte na avaliação dos estoques pesqueiros.

Diferentemente dos teleósteos, o bem estar reprodutivo dos elasmobrânquios não pode ser medido com base no acúmulo de gordura pelo músculo, sabida sua relação negativa com flutuabilidade. Desta forma, o fígado torna-se o órgão responsável pelo acúmulo de lipídio que servirá como estoque energético as demandadas fisiológicas da reprodução.

Para as raias viola, a aquisição da maturidade foi avaliada pela contribuição do fígado ao longo do desenvolvimento dos indivíduos. Esta relação foi exaustivamente estudada por Lessa et al., (1986) que identificou uma estreita relação entre o volume do fígado e o período de vitelogênese ativa e por isso esta abordagem é perfeitamente coerente. Para *Rhinobatos percellens*, tanto nas fêmeas quanto nos machos, o peso do

fígado varia amplamente a partir dos 45 cm tornando-se um indício do comprimento no qual os espécimes adquirem a maturidade.

A maturidade gonadal esta diretamente relacionada ao aparecimento de indivíduos aptos a acasalar e produzir filhotes viáveis, que nos machos aparece em termos da rigidez dos cláspers e nas fêmeas a produção de ovócitos vitelogênicos prontos para ser fecundados (Conrath, 2005).

Para os machos, na análise gráfica do comprimento dos cláspers em relação ao comprimento do indivíduo, Conrath (2005) descreve a curva na forma de um aumento acentuado, para uma faixa de comprimentos, antes de estabilizar. Segundo a autora, a porção do gráfico onde a inclinação é mais abrupta corresponde ao CT em que os indivíduos começam a tornarem-se maduros.

Neste estudo, o cláspers exibiu um crescimento em 3 fases e a faixa a partir da qual os indivíduos tornam-se totalmente maduros se inicia no CT de 43,2 cm, sendo portanto, este considerado o tamanho de maturidade para *R. percellens* no nordeste do Brasil. O padrão do crescimento em fases do órgão sexual masculino, assim como descrito neste estudo, também ocorreu para *R. horkelii*, *R. productus* e *R. cemiculus* para outros machos de *Rhinobatos* (Lessa, 1982; Marquez-Farías, 2007; Enajjar et al., 2012).

Corroborando com a análise do crescimento do cláspers, o peso da gônada masculina aumentou consideravelmente a partir dos 45,0 cm de CT, sugerindo que neste instante se inicie a produção de espermatozoides.

Ao processo de produção de espermatozoides em *R. percellens* foram definidas nove etapas de desenvolvimento espermático que compreenderam as fases de espermatocistos, espermatogonias, espermátides e espermatozoides, concluindo-se que machos já possuem os gametas prontos para a fecundação a partir de 44,5 cm de CT (Grijalba-Bendeck et al., 2008).

No que diz respeito as fêmeas, o sistema reprodutor de *Rhinobatos percellens* seguiu o mesmo padrão descrito para demais rhinobatídeos, um conjunto de órgãos pares e funcionais, composto por ovários e ovidutos, diferenciados em ostium, glândula nidamentária, istmo e úteros (Lessa, 1986).

Para a análise da maturidade gonadal, o peso dos órgãos reprodutivos foram plotadas contra o comprimento do animal para determinar a amplitude de tamanho em que a estrutura em questão começa a se desenvolver rapidamente, antes do seu crescimento diminuir novamente (Conrath, 2005).

Para as fêmeas de *Rhinobatos percellens*, a partir do CT de 45 cm existe um incremento de peso comum aos 3 órgãos, a saber, ovários, glândulas nidamentárias e úteros, o qual pode ser relacionado a mudança no grau desenvolvimento gonadal.

A definição de maturidade para fêmeas pode ser considerada desde o período de surgimento da mesma até o parto, considerando que em muitas espécies este período pode levar de meses a anos, é importante que este conceito seja bem definido (Conrath, 2005).

No presente estudo foi definida como maturidade a identificação de uma gravidez atual ou recente, ou ainda evidências que estão aptas a reproduzir num curto intervalo de tempo, através da observação da condição do ovócito no ovário e o tamanho do oviduto (Carrier et al., 2004).

Segundo Holden (1974) elasmobrânquios maturam após alcançarem 60% do seu comprimento teórico, neste estudo através da análise da proporção de indivíduos maduros estimou-se que a maturidade gonadal das fêmeas se inicia a partir de 44,3 cm, cerca de 63,83% do CT máximo registrado para a espécie na área de estudo.

Os dados também sugerem que a partir de 50,0 cm de CT, fêmeas são 100% maduras e que no CT de 55,5 cm, uma segunda gestação tenha sido iniciada, visto que neste CT 50% das fêmeas possuíam ovos e as outras 50% embriões. Essa informação complementa exatamente as observações feitas a respeito do crescimento das fêmeas, considerando seu ciclo gestacional de 1 ano.

É importante ainda destacar que a partir do CT estimado de maturação gonadal todas as fêmeas capturadas apresentavam gravidez, que de acordo com Conrath (2005) este é um indicativo da ausência de período de descanso entre a reprodução recorrente e a próxima.

Diferentemente dos demais estudos de reprodução neste, machos e fêmeas atingem a maturidade gonadal com tamanhos semelhantes. No entanto, a ausência de registros de machos com tamanhos próximos ao das maiores fêmeas pode estar relacionado a sua distribuição dentro na área de atuação da pesca, mortalidade diferenciada em alguma fase de desenvolvimento ou ainda redução da taxa de crescimento associado a aquisição da maturidade.

A definição do ciclo reprodutivo da espécie inicia com a determinação do ciclo ovariano, que está relacionado ao número de vezes que a fêmea produz ovócitos vitelogênicos e os ovula (Carrier et al. 2004). Para *R. percellens* foram definidos 4 estágios de desenvolvimento para os ovócitos, a partir do qual, alcançam quando

maduros tamanhos de 10mm no interior do ovário e 28,8 mm fora ( Grijalba-Bendeck et al.,2008). Neste trabalho, foi identificado que os ovócitos vitelogênicos podem atingir um diâmetro de 34,0 mm, a partir do qual seriam fecundados.

As glândulas nidamentares são os órgãos responsáveis pela estocagem de gametas para a fecundação em *R. horkelii* (Lessa et al., 1986 ) e para *R. percellens* tende a desempenhar o mesmo papel. No presente estudo, as glândulas nidamentárias foram imperceptíveis em indivíduos de pequeno porte sendo, no entanto analisadas em fêmeas com CT superior a 45,0 cm. Estes órgãos são caracterizados por apresentarem um crescimento alométrico e um ciclo sazonal no seu tamanho, que ocorre em função dos processos associados à ovulação, podendo inclusive dobrar de tamanho depois da fertilização e durante a passagem do ovo (Lessa et al 1986; Carrier et al., 2004).

Ao analisarmos o diâmetro das glândulas nidamentárias em relação aos meses do ano, o maior valor registrado ocorreu no mês de fevereiro e também quando registrou-se a passagem do óvulo por este órgão. Desta forma confirma-se, que ao menos parte do período fecundação dos ovos, ocorre no início do ano, mais precisamente ao redor do mês de fevereiro.

O cálculo dos índices biológicos foram indispensáveis para inferir sobre o ciclo reprodutivo da espécie. Os valores de IGS das fêmeas foram máximos no período em que se espera um maior crescimento dos ovócitos para que alcancem o diâmetro no qual são comumente ovulados. Para os machos, os maiores valores do IGS é muitas vezes utilizado para determinar quando o esperma começa a ser produzido, permitindo inferir quando deve ocorrer a cópula (Conrath, 2004). No presente estudo, os maiores valores foram registrados em fevereiro, período que também foi encontrado um dos maiores diâmetros do ovócito e assim sugerindo que nesta época ocorra a cópula da espécie.

Para os valores do IHS é esperado um crescimento abrupto anterior ao período de ovulação, isso em razão do fígado ser o órgão precursor à vitelogênese, sendo a partir dele que serão retiradas as reservas lipídicas que irão nutrir o ovócito para a reprodução. No presente estudo, é possível notar que as variações são mínimas no decorrer dos primeiros 6 meses e que a partir deste ponto aumentam bruscamente, no período em que os óvulos começam a ser nutridos para posterior ovulação.

Desta maneira, um padrão anual de ciclo reprodutivo foi proposto para *R. percellens* em Caiçara do Norte, segundo o qual existe um recesso na atividade reprodutiva de março a julho, quando os índices biológicos se mantiveram estáveis e o conteúdo dos úteros apresentou a maior diversidade, de ovos a embriões em início de

desenvolvimento. Um período de alta atividade de julho a novembro onde os valores do IGS e IHS das fêmeas indicam o período de nutrição e crescimento dos ovócitos em setembro e outubro, quando também foram registrados embriões na fase final de desenvolvimento. Finalizando com o período destinado a cópula e fecundação, de dezembro a março onde o valor de IGS dos machos indica uma maior produção de espermatozoides e o diâmetro dos maiores ovócitos foi registrado.

Para *R. horkelii*, Lessa et al (1986) descreve o ciclo reprodutivo em duas fases, a primeira denominada de “letargia do ovo” e a segunda fase de “desenvolvimento embrionário propriamente dito”. Este modelo foi primeiramente documentado entre os elasmobrânquios para as raia-viola e segundo a autora está relacionado a condições ambientais que sejam mais favoráveis a época de nascimento dos neonatos.

A diapausa, como também pode ser denominado a letargia do ovo, é um processo natural de pausa no desenvolvimento dos ovos fertilizados ou embriões durante seu desenvolvimento (Conrath, 2005) e para *R. horkelii*, na região sul do Brasil, está associado a excursões entre águas mais frias da plataforma e quentes das regiões costeiras.

Embora a região de Caiçara do Norte não apresente oscilações de temperatura tão marcadas como na região sul, o ciclo reprodutivo de *R. percellens* apresenta a mesma tendência que da sua congênere. Uma alternativa ao atraso do desenvolvimento dos embriões para esta espécie pode também ser relacionada a migrações em direção a quebra da plataforma, que é muito próxima na região de Caiçara do Norte.

Assim como Lessa et al (1986) identificou as migrações reprodutivas para *R. horkelii* através de amostragens na região costeira e também na plataforma continental do Rio Grande do Sul, estudos neste sentido também devem ser efetuados para *R. percellens* na região de Caiçara do Norte.

Wourms (1981) afirma que a sequência básica da viviparidade encontrada na maioria dos condrictes é ovulação, fecundação, eclosão e parto. No caso das raias viola, a eclosão seria o processo de reabsorção da casca do ovo e desenvolvimento dos embriões no útero. Nestas raias, no início da gestação, todos os ovos uterinos estão envolvidos por uma fina membrana presente no útero, a casca do ovo. Esta permanece intacta por alguns meses até o momento em que os embriões começam a crescer e por isso tem a necessidade de estabelecer contato com a parede do útero, quando terminam seu desenvolvimento (Ranzi, 1934).

Nas raias viola, a gestação é concomitante a vitelogênese, ocorrendo o desenvolvimento dos embriões no útero simultaneamente a produção de ovócitos vitelogênicos. Este fenômeno tem sido bem descrito em todos os trabalhos que abordaram a reprodução em Rhinobatídeos (Lessa, 1986; Ismen et al., 2006; Márquez-Farías, 2007; Enajjar et al., 2008; Grijalba-Bendeck et al., 2008; Kume et al., 2009; Enajjar et al., 2012).

Os embriões de *Rhinobatos* se desenvolvem com base na reserva de vitelo presente no ovo, e a medida que o embrião se desenvolve, o vitelo externo se reduz, restando uma reserva de vitelo interno que será utilizada pelo neonatos nos primeiros dias de vida livre, aumenta sua probabilidade de sobrevivência após o nascimento.

Assim como para *R. productus* (Marquez-Farias, 2007), neste trabalho também foi descrito o consumo do vitelo pelo embrião e o crescimento em peso do embrião, que para ambas as relações apresentaram um bom ajuste.

Diferentemente de todos os estudos sobre reprodução de Rhinobatos, Grijalba-Bendeck et al. (2008) descreve *R. percellens* como uma espécie com viviparidade matrotrofica, com úteros altamente especializados em secretar substâncias ricas em lipídios e proteínas, que incrementariam o desenvolvimento do embriões.

Porém, Lessa (1986) ao observar as paredes dos úteros, através de cortes histológicos, para avaliar o grau de desenvolvimento reprodutivo em *R. horkelii*, não registrou secreção de aporte de nutrientes, apenas a presença de pregas e fibras musculares que se distendem para abrigar os embriões durante a gestação e contraem logo em seguida retornando ao seu estado inicial.

Segundo Musick e Ellis (2005), neste grupo de raias, o útero é especializado em regular o meio intrauterino, incluindo suprimento de oxigênio, água e minerais, mas nenhum tipo de material orgânico para o desenvolvimento do embrião.

Com relação ao tamanho de nascimento, *R. percellens* em Caiçara do Norte teve seu CT estimado entre 14,7 – 16,2 cm, que corresponde ao tamanho do menor indivíduo de vida livre e o maior embrião registrado. Para os neonatos na Colômbia, o CT médio de nascimento é de 17,2 cm.

Devido a falhas reprodutivas ocorridas durante a gestação, onde alguns folículos podem não se desenvolver ou ainda serem reabsolvidos ou não ser fecundados. Neste estudo para estimativa da fecundidade foi considerada apenas a contagem de embriões no útero. Como descrito para outros rhinobatídeos o número de embriões sobreviventes

da gestação é consideravelmente menor que o número inicial de ovos encapsulados presentes no útero (Lessa et al., 1986)

Comparando as estratégias reprodutivas de espécies ovíparas e vivíparas, a fecundidade em formas ovíparas em média é uma ordem de grandeza maior que as espécies vivíparas, ou seja a média de fecundidade dos rajideos é 58,9 (ovos/ano) comparada a 5,5 (filhotes/ano) em vivíparas.

Uma hipótese para explicar tal evento está na morfologia achatada do corpo que parece relacionar intimamente o restrito espaço celomático e consequentemente a capacidade do útero (Musick e Ellis, 2004).

Informações sobre fecundidade são importantes para compreender o potencial reprodutivo e tamanho do futuro estoque de espécies ou populações (Figueiredo et al., 2008). Para *R. percellens* não foi observada o aumento da fecundidade com aumento da mãe que pode ser justificado pelo reduzido número de exemplares amostrados com embriões ao termo.

Segundo Conrath (2004) em muitas espécies de elasmobrânquios existe uma relação positiva, porém pouco evidente, entre fecundidade e tamanho da fêmea, presumidamente em fêmeas maiores o espaço na cavidade do corpo é maior para acomodar os embriões, sendo assim a fecundidade está mais relacionada ao tamanho do que a idade da espécie.

A falta de informações sobre a biologia reprodutiva, entre outras, da raia viola *R. percellens* em certas circunstâncias impossibilitou a avaliação do seu status populacional. Os resultados deste trabalho proporcionaram o ponto de partida para a criação de planos de manejo, mesmo que em caráter regional, para proteção da raia viola do nordeste.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos pescadores de Caiçara do Norte; aos estudantes, especialmente Leandro Yokota, Taciana Barbosa, Felipe Pessoa, Rogério Macieal e Gabriela Camargo, que participaram das amostragens, a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE pela concessão da bolsa de mestrado e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo financiamento do Projeto Berçário de Elasmobrânquios de Caiçara do Norte.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Bigelow HB, Schoeder WC (1953) Sawfishes, Guitarfishes, Skates and Ray, volume 1 de *Memoir*. New Haven: Sears Foundation for Marine Research. 514 p.

Carrier JC, Pratt HL, Castro JI (2004) Reproductive biology of Elasmobranchs. In: Carrier JC, Musick JA, Heithaus MR (ed) *Biology of Sharks and Their Relatives*. CRC Press. pp.269-286.

Compagno LJV (1984) Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of sharks species know to date. Parte 2, Carcharhiniformes. *FAO Fish.Sinop* 4: 251-655.

Conrath C (2005) Reproductive biology. In: Musick J, Bonfil R. (ed). *Management techniques for elasmobranch fisheries*. FAO Fisheries Technical Paper 474 pp. 1-251

Enajjar S, Bradai MN, Bouain A (2012) Age, growth and sexual maturity of the blackchin guitarfish *Rhinobatos cemiculus* in the Gulf of Gabés (Southern Tunisia, central Mediterranean). *Cahier de biologie marine*. 53: 17-23

Figueiredo JL (1977) *Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil*. I - Introdução. Cações, Raias e Quimeras. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Sao Paulo.

Grijalba-Bendeck M, Acero AP, Gonzalez E (2008) Biología reproductiva de *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) (Batoidea: Rajiformes) en el Caribe colombiano. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr*. 43: 469-481.

Holden MJ (1974) Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggests solutions. In: Harden-Jones FR (ed) *Sea Fisheries Research Elek Science*, London, pp.117-138.

Ismen A, Yigin C, Ismen P (2007) Age, growth, reproductive biology and feed of the common guitarfish (*Rhinobatos rhinobatos* Linnaeus, 1758) in Iskenderum Bay, the eastern Mediterranean Sea. *Fisheries Research* 87: 263-269.

Kume G, Furumitsu K, Tanaka S, Yamaguchi A (2009) Reproductive biology of the guitarfish *Rhinobatos hynnicephalus* (Batoidea: Rhinobatidae) in Ariake Bay, Japan. Environ. Biol. Fish. 85: 289-298.

Lessa RPT (1982) Biologie et dynamique des populations de *Rhinobatos horkelii* du plateau continental du Rio Grande do Sul (Brésil). Tese (Doutorado) Université de Bretagne Occidentale, Brest, França.

Lessa RPT, Vooren CM, La Haye J (1986) Desenvolvimento e ciclo sexual das fêmeas, migrações e fecundidade da viola *Rhinobatos horkelii* (Muller & Henle, 1841) do Sul do Brasil. Atlântica 8 : 5-34

Lessa, R.P.; Barreto, R.R.; Quaggio, A.C.; Valença. L.R.; Santana, F.; Yokota L.; Gianetti, M.D. Levantamentos das espécies de elasmobrânquios capturados por aparelhos de pesca que atuam no berçário de Caiçara do Norte (RN). Labomar Arq. Ciên. Mar, Fortaleza, 2008, 41(2): 58 – 64

Marquez-Farias JF (2007) Reproductive biology of shovelnose guitarfish *Rhinobatos productus* from the eastern Gulf of California Mexico. Mar. Biol. 151:1445– 1454.

Musick JA, Ellis JK (2005) Reproductive evolution of chondrichthyans. In: Hamelett WC (ed) Reproductive biology and phylogeny of chondrichthyes, sharks, batoids and chimaeras. Enfield, NH: Science Publishers, p. 45-71.

Stehmann MFW (2002) Proposal of a maturity stages scale for oviparous and viviparous cartilaginous fishes (Pisces, Condricthyes). Archive of Fishery and Marine Research. 50: 23-48.

Snelson F, Williams-Hooper S, Schmidt T (1988) Reproduction of the Atlântic Stingray, *Dasyatis Sabina*, in Florida coastal lagoons. Copeia 3: 729-739.

Taylor L, Walker T, Sowden C (1998) Tiburones y rayas e el hombre. In Tricas TC, Deacon K, Last P, McCosker JE, Walker TI, Taylor L (ed) Tiburones y rayas. Ed. Planeta.

Timmons M, Bray RN (1997) Age, growth and sexual maturity of shovelnose guitarfish, *Rhinobatos productus* (Ayres). Fishery Bulletin 95 : 349 – 359.

Vooren CM, Lessa RPT, Klippel S (2005) Biologia e status de conservacao da viola *Rhinobatos horkelii*. In: Vooren CM, Klippel S. (Eds) Ações para a conservação de tubarões e raias no Sul do Brasil. Ed. Igare, Porto Alegre. 2005. 261p.

Yokota L, Lessa RP (2006) A nursery area for sharks and rays in Northeastern Brazil. Environmental Biology of Fishes, 75:349-360.

Walker TI (2005) Reproduction in Fisheries Science. In: Hamlett WC (ed) Reproductive biology and phylogeny of Chondrichthyes. Science Publishers Inc., Plymouth. p. 81-127.

## 4.2 - Artigo científico II

Artigo científico a ser encaminhado a Revista Environmental Biology of Fishes

Idade e crescimento da raia viola *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) em uma área de berçário no nordeste do Brasil.

Todas as normas de redação e citação, deste capítulo, atendem as estabelecidas pela referida revista (em anexo).

**Idade e crescimento da raia-viola *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) em uma área de berçário do nordeste do Brasil**

Rayd Ivanoff Nunes, Rosangela Paula Lessa, Francisco Marcante Santana

Departamento de Pesca e Aquicultura - Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Recife, PE, CEP 52171-900.  
+ 55 81 3320-6523.  
[rosangela.lessa@pq.cnpq.br](mailto:rosangela.lessa@pq.cnpq.br)

**RESUMO**

Entre junho de 2003 e agosto de 2011, 712 espécimes de raias viola, *Rhinobatos percellens* (14,5 – 69,4 cm de comprimento total, CT) foram coletadas no arrasto de praia em Caiçara do Norte, na região nordeste do Brasil. Vértébras de 142 fêmeas (14,8 – 69,4 cm CT) e 149 machos (14,5 – 57,5 cm CT) foram analisadas. O gráfico do viés do erro e o índice de erro percentual médio avaliou a precisão entre duas leituras independentes de um mesmo leitor. A relação de proporcionalidade entre o CT e o raio da vértebra (RV) foi estatisticamente diferente entre sexos ( $p = 0,006$ ). Para fêmeas a equação é dada por  $CT = 11,47 RV + 7,37$  e para machos  $CT = 12,63 RV + 5,35$ . Através da análise do incremento marginal e da natureza da borda assumiu-se uma deposição anual dos incrementos de crescimento ocorrendo no mês de outubro. Foram estimados os parâmetros de crescimento dos modelos de *von Bertalanffy* (vB), *vB modificado*, *vB generalizado*, *vB duas fases*, *Logístico*, *Gompertz* e *Richards*. A escolha do melhor modelo foi baseada no critério de Akaike (AIC), na diferença do AIC ( $\Delta i$ ) e no peso de evidência calculado a partir do AIC. O modelo que melhor se ajustou aos dados observados foi o de *von Bertalanffy* cujos parâmetros e intervalo de confiança estimados foram  $L_{\infty} = 69,45$  cm (66,9 – 72,66),  $K = 0,24$  ano<sup>-1</sup> (0,22 – 0,27) e  $t_0 = -1,23$  anos (-1,34 – - 1,14). Fêmeas e machos apresentaram um padrão de crescimento similar, contudo fêmeas apresentam idades entre 0 – 10 anos enquanto machos de 0 – 6 anos.

Palavras chave: idade, crescimento, raia viola, modelos de crescimento, critério de Akaike.

## INTRODUÇÃO

A raia viola *Rhinobatos percellens* (Elasmobranchii, Rhinobatiformes) é uma espécie de pequeno porte, alcançando um comprimento total máximo de 100,0 cm, sendo comumente registrados adultos de 70,0 cm (Cervigón, 1966; Figueiredo, 1977) com maturidade a partir de 56,0 cm de CT (Bigelow e Schroeder, 1953).

Em geral, as raias-viola do gênero *Rhinobatos* Link, 1790 são cosmopolitas de mares temperados a tropicais (Compagno, 2005) estando representadas na costa brasileira por *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792), *Rhinobatos horkelii* Müller & Henle, 1841 e *Rhinobatos lentiginosus* (Garman, 1880), que em conjunto, somam 4,9% da riqueza de espécies de elasmobrânquios do Brasil (Bigelow e Schroeder, 1953; Figueiredo, 1977; Lessa, 1986).

As raias viola se distribuem na plataforma continental e talude superior sobre fundos de areia ou lama (Bigelow e Schroeder, 1953; Compagno, 2005). *Rhinobatos percellens* ocorre no Oceano Atlântico desde o Caribe até o Sudeste do Brasil (Menezes et al 2003; Compagno, 2005) apresentando, entre os rhinobatídeos, maior área de ocorrência ao longo da costa brasileira (Bigelow e Schroeder, 1953; Figueiredo, 1977).

Estudos realizados no nordeste do Brasil identificam Caiçara do Norte (RN) (5° 04' S e 36° 03' W) como um berçário primário e secundário de *R. percellens* (Yokota e Lessa, 2006; Yokota e Lessa, 2008), o que segundo definição de Heupel et al (2007), consiste na utilização da área pela espécie desde o parto até aquisição da maturidade.

Acompanhamentos de arrastos de praia para captura de camarão em Caiçara do Norte, registram *R. percellens* como a terceira espécie mais abundante entre os elasmobrânquios presentes como fauna acompanhante (Yokota e Lessa 2006). Nesta pescaria capturam-se neonatos, jovens e adultos, mas que devido ao seu baixo valor comercial acabam por ser descartados.

Informações publicadas sobre essa espécie são ainda escassas constituindo descrições taxonômicas (Bigelow e Schroeder, 1953), registros de ocorrência (Figueiredo, 1977; Menni e Stehmann, 2000), dieta alimentar (Shibuya et al., 2005; Bornatowski et al., 2010), identificação genética (Franco et al., 2010; Mariguela et al., 2009) e aspectos da biologia reprodutiva (Grijalba-Bendeck et al, 2008; Yokota e Lessa, 2006; Bornatowski e Abilhoa, 2009).

Estudos abrangentes sobre *R. percellens*, realizados na costa do Brasil, continuam restritos a literatura secundária (Lima, 2007; Barbosa, 2006; Rocha, 2010), por sua vez,

estimativas de idade e crescimento para esta espécie são pioneiras. Para outros rhinobatídeos, como *R. horkelii* (Lessa, 1982), *R. annulatus* (Rossouw 1983), *R. productus* (Timmons e Bray, 1997) e *R. rhinobatos* (Basusta et al., 2007) e *R. cemiculus* (Enajjar et al., 2012) esta abordagem foi realizada com sucesso.

Em um contexto geral em que a depleção de populações das espécies capturadas incidentalmente tem crescido devido ao aumento do esforço de pesca sobre as espécies alvo (Camhi et al., 1998), urge conhecer os parâmetros de crescimento requeridos por modelos estruturados em idade que são úteis ao manejo e a conservação da espécie.

Assim, devido à pesca em áreas críticas com ausência de manejo adequado, o presente trabalho tem por objetivo fornecer a primeira curva de crescimento e análise da estrutura etária para *Rhinobatos percellens* capturada em uma área de berçário para a espécie.

## MATERIAL E MÉTODOS

Entre junho de 2003 e agosto de 2011 foram acompanhados lances de arrasto de praia, destinados à pesca de camarão, em Caiçara do Norte/RN (Fig. 1). Esta pescaria foi desenvolvida entre a linha de costa até aproximadamente 3 m de profundidade, utilizando redes de 210 m de comprimento e 5 m de altura, com malha de 30-35 mm entre nós opostos na asa e 20-25 mm no saco (Lessa et al., 2008).

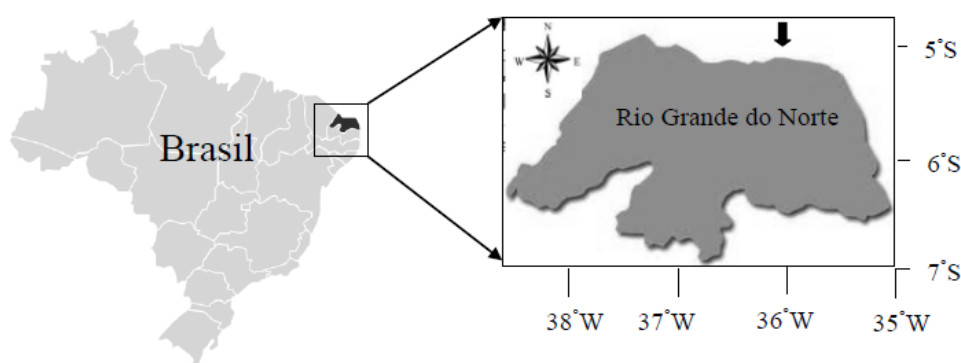


Figura 1: Localização da área de estudo de Caiçara do Norte (Rio Grande do Norte) no nordeste do Brasil

De cada exemplar capturado foi registrado o comprimento total (CT, cm), a largura do disco (LD, cm) e identificado o sexo a partir da modificação na parte interna da nadadeira pélvica dos machos. Para avaliar se existem diferenças entre as medidas de

CT e LD de fêmeas e machos foi utilizado o teste estatístico de Mann-Whitney ( $\alpha = 5\%$ ). Ao longo do texto sempre que o tamanho for mencionado refere-se ao comprimento total.

Da parte posterior da coluna vertebral (vértebras pós-cefálicas) foram retiradas cinco a seis vértebras (Lessa, 1982) sendo limpas, para remoção do excesso de tecido, mantendo-se o arco neural. Em seguida foram fixadas em formaldeído 4% por 24h e preservadas em etanol 70% (Casey et al., 1983).

Uma vértebra de cada conjunto foi imersa em resina poliéster transparente e os blocos preparados foram cortados longitudinalmente, passando pelo foco da vértebra, em serra metalográfica de baixa velocidade com disco de corte diamantado (Cailliet e Goldman, 2004).

Após serem polidas em disco de feltro e pó de alumina de  $3\mu\text{m}$ , as lâminas foram analisadas sob luz transmitida em microscópio estereoscópico sob aumento de  $1.6 \times$  (1 unidade micrométrica - u.m= 1,6 mm) equipado com ocular micrométrica.

Em cada lâmina observou-se os incrementos de crescimento, dispostos ao longo do *corpus calcareum*, em pares de bandas translúcidas (estreitas) e opacas (largas) (Cailliet e Goldman, 2004). A marca de nascimento foi identificada como uma mudança de ângulo ao longo da região intermediária e/ou *corpus calcareum* com um anel associado ao *corpus calcareum* no centro do eixo de corte longitudinal (Goldman, 2005).

Foram realizadas duas leituras de cada lâmina ( $L_1$  e  $L_2$ ) pelo mesmo leitor e em períodos distintos, sem conhecimento do sexo ou CT dos indivíduos, registrando-se as distâncias entre o foco da vértebra à cada incremento de crescimento e o raio da vértebra (RV). Para aquelas que tiveram resultados discordantes, uma terceira leitura foi efetuada para consenso (Campana, 2001).

Para avaliar a variação entre as duas leituras de cada incremento de crescimento foi utilizado o gráfico do viés de erro das leituras das idades (Campana et al., 1995). O índice de porcentagem do erro médio (IAPE) (Beamish e Mc Farlane, 1983) foi calculado para comparar a reprodutibilidade na determinação de idades entre as duas leituras, sendo aceito como limite máximo de variação o valor de 10%.

$$\text{IAPE} = \frac{1}{N} \sum_j \left( \frac{1}{R} \sum_j (|\frac{x_{ij} - x_j}{x_j}|) \right) 100$$

onde: N é o número de vértebras, R é o número de leituras,  $X_{ij}$  é a idade do indivíduo  $j$  estimada na  $i$ -ésima leitura,  $X_j$  é a idade média calculada para o indivíduo  $j$ .

A relação de proporcionalidade entre CT do indivíduo e RV foi estimada através de regressão linear para sexos separados e comparadas com uma análise de covariância (ANCOVA;  $\alpha = 5\%$ ; Erro padrão - EP ).

Para verificar a periodicidade de formação dos incrementos de crescimento nas vértebras, exceto dos indivíduos que possuíam apenas a marca de nascimento, foi realizada a análise de incremento marginal relativo (IMR).

Os valores das medianas do IMR foram comparados pelo teste de Kruskal- Wallis ( $\alpha = 5\%$ ) ao longo dos meses do ano.

$$IMR = \frac{(R_v - R_n)}{(R_n - R_{n-1})}$$

Em que o RV é o raio da vértebra,  $R_n$  é o último incremento completo e  $R_{n-1}$  o penúltimo incremento completo.

A distribuição de frequência mensal das vértebras, de todos os indivíduos que possuíam borda opaca, foi utilizada com objetivo de inferir sobre o período do ano que um novo incremento de crescimento é formado (Cailliet e Goldman, 2004).

A idade relativa de cada indivíduo foi calculada a partir do mês em que foi encontrado o menor valor de IMR e maior proporção de vértebras com borda opaca.

O tamanho de nascimento foi estimado através da técnica do retrocálculo utilizando a equação de Fraser-Lee (Francis, 1990).

$$Lt = \left( \frac{Rt}{Rv} \right) (Lc - a) + a$$

Onde,  $Lt$  = comprimento do indivíduo quando o anel “t” foi formado;  $Rt$  = distância entre o foco da vértebra a cada anel na idade “t”;  $RV$  = raio da vértebra;  $Lc$  = comprimento do indivíduo no momento da captura; “a” = intercepto da relação RV x CT.

Para a relação entre os CT observados dos indivíduos e as idades foram ajustados os modelos de crescimento (a) von Bertalanffy (VBGM; von Bertalanffy, 1938; b) von Bertalanffy duas fases (VBGMtp; Araya e Cubillos, 2006), c) von Bertalanffy

modificado com  $L_0$  (VBGMb; Cailliet et al., 2006); d) *von Bertalanffy generalizado* (VBGG; Katsanevakis, 2006) e) *Gompertz* (Campana e Jones, 1992); f) *Logístico* e g) *Richards*, ambos em (Schnute, 1981).

$$\text{VBGM: } L_t = L_\infty [1 - e^{-K(t-t_0)}] \quad (a)$$

$$\text{VBGMtp: } L_t = L_\infty [1 - e^{-KAt(t-t_0)}] \therefore At = 1 - \frac{h}{(t-th)^2 + 1} \quad (b)$$

$$\text{VBGMb: } L_t = L_0 + (L_\infty - L_0)[1 - e^{(-K)t}] \quad (c)$$

$$\text{VBGG: } L_t = L_\infty (1 - e^{-K^2(t-t_1)})^p \quad (d)$$

$$\text{Gompertz: } L_t = L_\infty e^{[-ae^{(-Kt)}]} \quad (e)$$

$$\text{Logístico: } L_t = L_\infty [1 - e^{-K(t-t_0)}]^{-1} \quad (f)$$

$$\text{Richards: } L_t = \frac{L_\infty}{[1 + e^{(-Kt+b)}]^m} \quad (g)$$

Onde,  $L_t$  é comprimento na idade  $t$ ;  $L_\infty$  é comprimento máximo ou assintótico que o indivíduo pode atingir;  $L_0$  é o comprimento ao nascer;  $K^*$  é a constante de crescimento;  $t$  é a idade do indivíduo;  $t_0$  é a idade teórica ao tamanho zero;  $a$  e  $b$  são os parâmetros da regressão e  $m$  é uma constante;  $At$  é um fator que modifica  $k$  quando a idade aumenta;  $th$  é a idade em que ocorre a transição entre as duas fases e  $h$  determina a magnitude da diferença máxima da idade-comprimento entre VBGM e VBGMtp no ponto  $th$ . \*  $k^2$  no modelo VBGMg, \*\*  $t_1$  no modelo VBGMg,  $p$  é um fator de dimensão.

Os parâmetros dos modelos crescimento foram estimados utilizando a rotina Solver do programa Excel com a função verossimilhança (Kimura, 1980) e com interações de Monte Carlo ( $n = 1000$ ) do programa Pop Tools (Hood, 2006) foram gerados os intervalos de confiança (IC - 95%) para cada um dos parâmetros.

Visando evidenciar diferenças no crescimento entre os sexos e os distintos períodos de amostragem (2004 - 2007 e 2008 - 2011), foram geradas curvas de crescimento para sexos separados e para os dois períodos e testadas através do método de verossimilhança (Kimura, 1980).

A seleção do modelo de crescimento que apresentou melhor ajuste aos dados observados foi definido a partir do (1) Critério de Informação de Akaike (AIC), (2) Diferença de Akaike ( $\Delta_i$ ) e (3) peso de Akaike ( $w_i$ ) (Akaike, 1974).

$$(1) \quad AIC = -2\text{Log}_e \{\theta\} + 2k$$

$$(2) \quad \Delta_i = AIC - AIC_{min}$$

$$(3) \quad w_i = \frac{e^{(-0.5 \times \Delta_i)}}{\sum_{i=1}^n e^{(-0.5 \times \Delta_i)}}$$

Onde:  $\theta$  = estimativa de máxima verossimilhança;  $k$  = número de parâmetros do modelo e  $RSS$  = soma do quadrado dos resíduos.

De acordo com Burnham e Anderson (2002) a escolha de modelos de crescimento deve ser baseada no suporte estatístico considerando-se: modelos com  $\Delta_i > 10$  não apresentam suporte estatístico e podem ser omitidos entre a escolha de modelos, modelos com  $\Delta_i < 2$  apresentam substancial suporte enquanto que  $4 < \Delta_i < 7$  possuem suporte reduzido.

A longevidade ( $t_{max}$ ) foi estimada à partir das equações de (1) Fabens (1965) e (2) King (1995). Neste último caso  $t_{max}$  representa a idade correspondente ao comprimento de 95% do  $L_{\infty}$ .

$$(1) \quad t_{max} = \frac{5[\ln(2)]}{k}$$

$$(2) \quad t_{max} = -\frac{1}{k} \times \ln \left[ 1 - \left( \frac{0.95 \times L_{\infty}}{L_{\infty}} \right) \right]$$

A composição etária da população foi obtida através da chave idade-comprimento de acordo com Bartoo e Parker (1983) para toda a amostra e analisada quanto ao grau de desenvolvimento reprodutivo da população.

## RESULTADOS

Em um total de 714 lances de pesca foram capturados 712 espécimes de *Rhinobatos percellens*, dos quais 303 fêmeas (42,56%) e 409 machos (57,44%). O tamanho das fêmeas variou de 14,8 a 69,4 cm (média = 36,02 cm) e dos machos de 14,5 a 57,5 cm (média = 34,5 cm) (Figura 2).

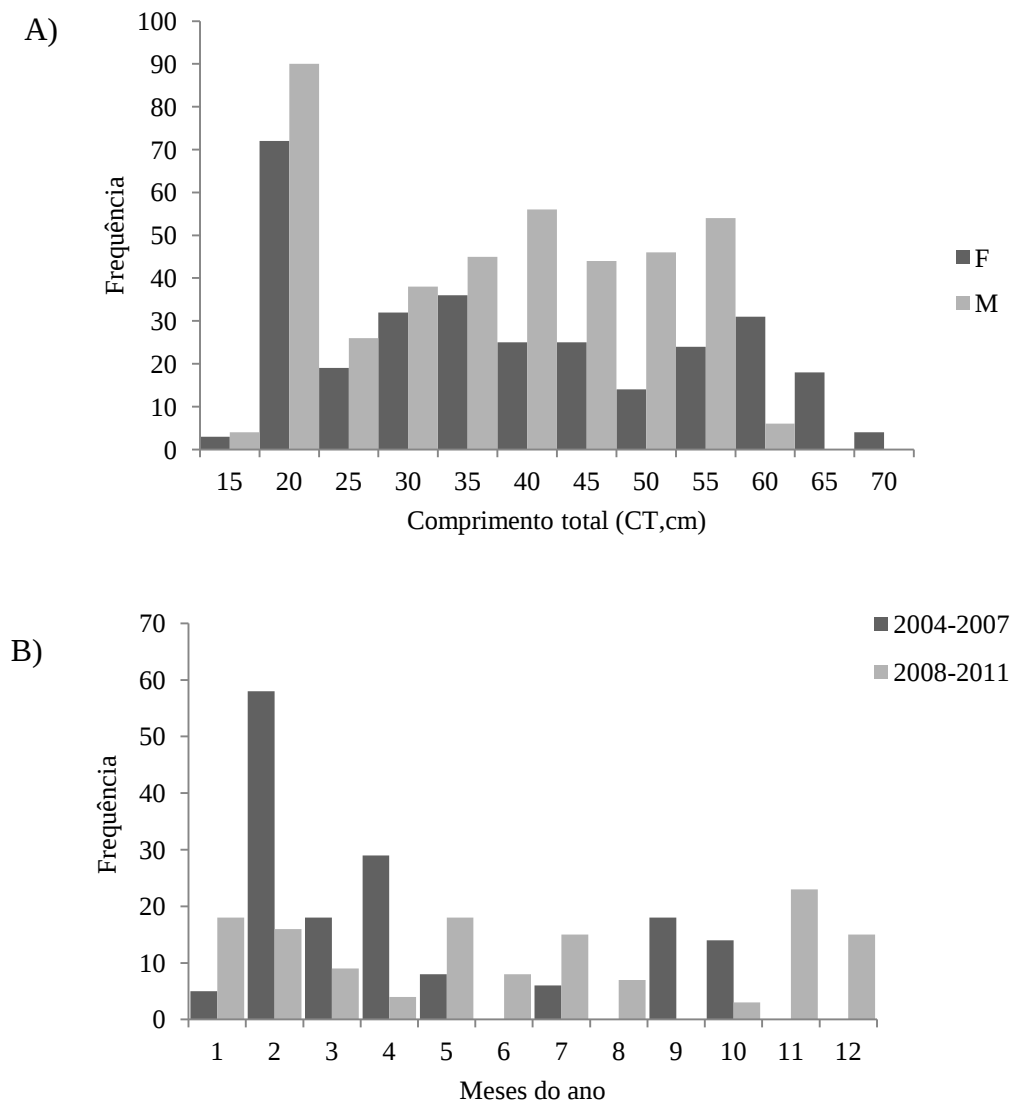


Figura 2: A) Distribuição de frequência de comprimentos de 712 espécimes de *Rhinobatos percellens* capturados em Caiçara do Norte. B) Frequência mensal de indivíduos amostrados em dois distintos períodos.

A partir da regressão linear entre CT e LD foi estimada a relação  $LD = 0,31CT + 0,74$  para as fêmeas e  $LD = 0,28CT + 1,37$  para os machos (Fig. 3). Ambas tiveram o ajuste linear  $R^2 = 0,98$  e foram verificadas diferenças significativas entre os sexos ( $p < 0,05$ )

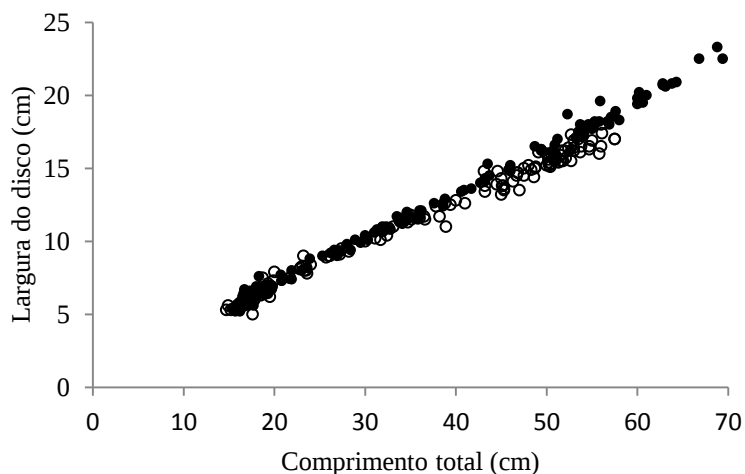


Figura 3: Relação linear entre LD e RV para uma amostra de 142 fêmeas (representadas por círculos cheios) e 149 machos (representados por círculos vazios) de *Rhinobatos percellens* capturadas em Caiçara do Norte.

Foram analisadas vértebras de 291 indivíduos dos quais 142 eram de fêmeas e 149 de machos. O CT das fêmeas na amostra variou entre 15,3 – 68,8 cm e o número de incrementos de crescimento de 0-10 e para os machos os CT e incrementos foram de 14,7 – 57,5 cm e 0-6 respectivamente (Figura 4).



Figura 4: Vértebra de uma fêmea de *Rhinobatos percellens* coletada em Caiçara do Norte/ RN com 52,6 cm de CT e 4 incrementos de crescimento.

A relação entre as duas leituras dos incrementos é dada por  $L_1 = 1,01L_2 + 0,10$  e apresentadas na forma do gráfico de viés do erro (Fig. 5). O índice de percentual de erro médio das leituras para toda a amostra foi de 2,03% (n = 220).

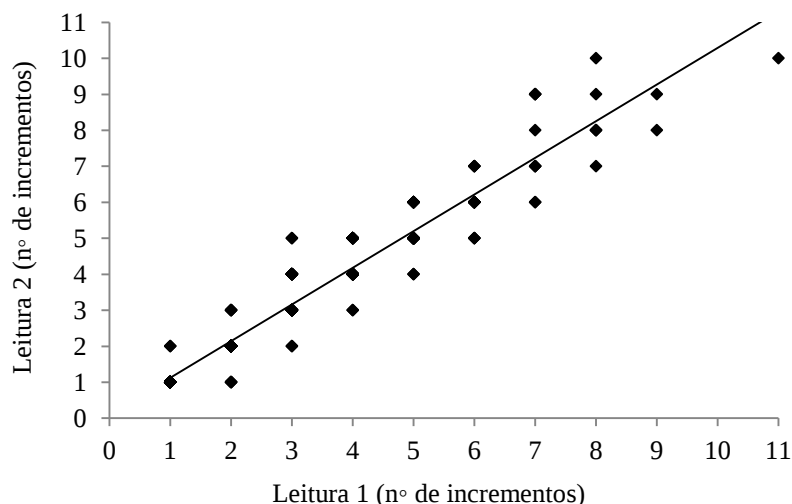


Figura 5: Gráfico do viés do erro para contagem do número de incrementos registrados nos cortes das vértebras de *Rhinobatos percellens* capturadas em Caiçara do Norte/ RN.

A regressão entre o CT e o RV mostrou um ajuste da relação linear  $R^2 = 0,97$  para ambos os sexos. Porém, o RV das fêmeas variou entre 1,12 – 8,64 mm e dos machos entre 0,96 – 6,88 mm. Foi verificado, através da ANCOVA, que existem diferenças significativas ( $p = 0,006$ ) quando comparados os sexos. A equação definida para as fêmeas foi:  $CT = 11,47RV + 7,37$  (EP : 2,61) e machos:  $CT = 12,63RV + 5,35$ ; (EP : 2,23) (Figura 6)

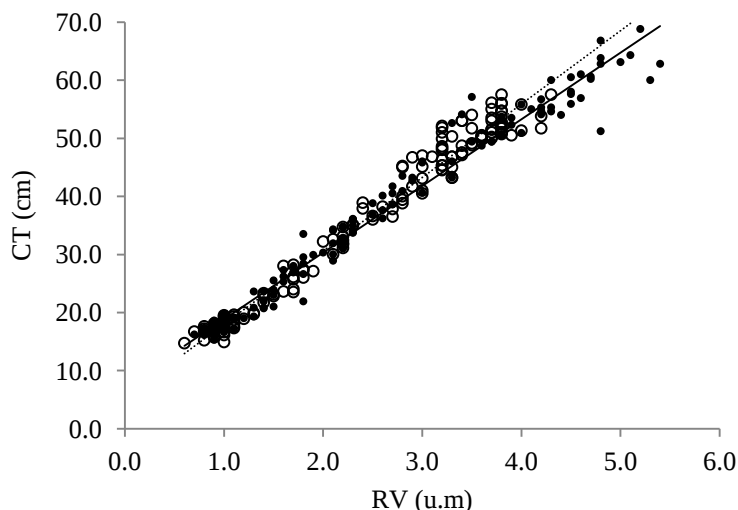


Figura 6: Relação linear entre CT e RV para uma amostra de 142 fêmeas (representadas por círculos cheios) e 149 machos (representados por círculos vazios) de *Rhinobatos percellens* capturadas em Caiçara do Norte.

A análise da periodicidade de deposição dos incrementos, utilizando o IMR, demonstrou não existir diferença significativa entre as medianas mensais ( $p > 0,05$ )

(Figura 7). No entanto, a distribuição de frequência mensal das vértebras com bordas opacas sugere que período de formação dos incrementos de crescimento ocorre no mês de outubro (Figura 8).

Utilizando retrocálculo, foi estimado um CT de 15,75 cm para os indivíduos de idade zero, sendo este considerado o tamanho de nascimento.

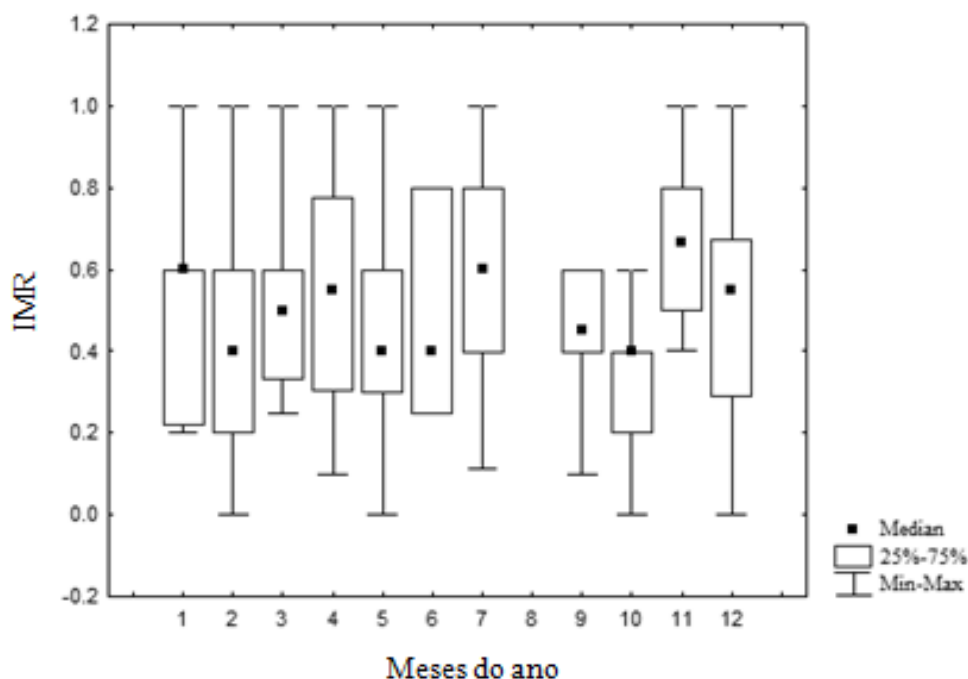


Figura 7: Análise do incremento marginal relativo para sexos agrupados (n=178) de *Rhinobatos percellens* em Caiçara do Norte/RN. Os pontos representam as medianas, as caixas os intervalos de confiança superior e inferior e as barras os valores mínimos e máximos.

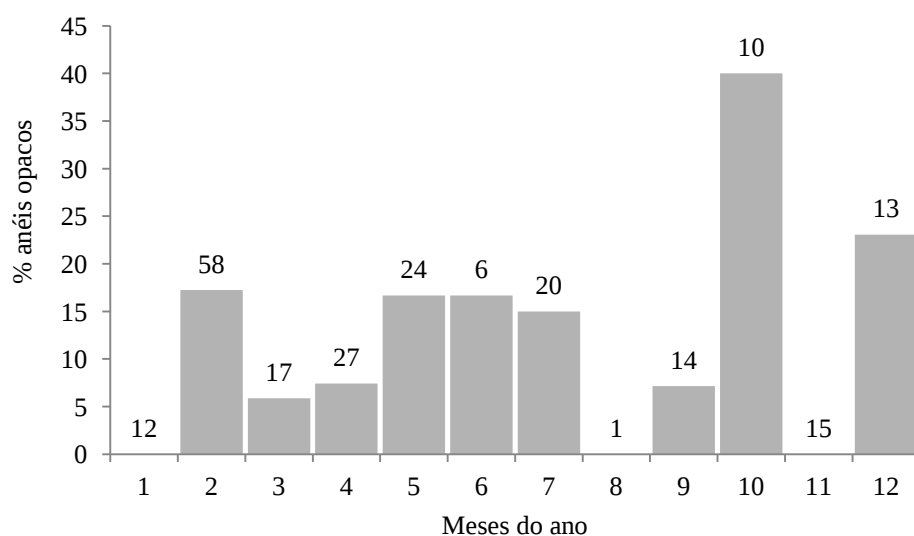


Figura 8: Distribuição de frequência mensal das vértebras, com borda opaca, de *Rhinobatos percellens*, capturadas em Caiçara do Norte/RN.

Não foram evidenciadas diferenças significativas no crescimento entre os sexos ( $\theta = 0,62$ ) e entre períodos distintos ( $\theta = 0,00$ ), sendo assim as curvas foram geradas com os dados agrupados.

Os parâmetros de crescimento para cada modelo utilizado (Tabela 1), os valores de AIC,  $\Delta i$  e peso de Akaike (Tabela 2) indicam que a curva de crescimento de von Bertalanffy – VBGM foi a que apresentou o melhor ajuste entre os dados observados e estimados pelo modelo.

Tabela 1: Parâmetros estimados para os modelos de crescimento analisados no presente estudo.  $L_{\infty}$ : Máximo comprimento assintótico (cm);  $K$ : constante de crescimento ( $\text{ano}^{-1}$ );  $t_0$ : idade teórica em que o peixe teria comprimento igual a zero (anos).

| Modelo                              | $L_{\infty}$ | $K$  | $t_0$  |
|-------------------------------------|--------------|------|--------|
| von Bertalanffy-VBGM                | 69,45        | 0,24 | -1,23  |
| von Bertalanffy modificado- VBGMb   | 66,81        | 0,28 | 15,75* |
| von Bertalanffy generalizado- VBGMg | 69,66        | 0,24 | -1,24  |
| von Bertalanffy duas fases-VBGMtp   | 71,42        | 0,24 | -1,24  |
| Logístico                           | 60,41        | 0,63 | 1,27   |
| Gompertz                            | 63,57        | 0,42 |        |
| Richard                             | 63,57        | 0,42 |        |

Tabela 2: Critérios utilizados para a escolha do melhor modelo de crescimento.  $\theta$ : valor da verossimilhança,  $k$ : número de parâmetros de cada modelo, AIC: valor do critério Akaike;  $\Delta i$ : diferença de Akaike;  $w_i$ : peso de Akaike

| Modelo                              | $\theta$ | $k$ | AIC    | $\Delta i$ | $w_i$ |
|-------------------------------------|----------|-----|--------|------------|-------|
| von Bertalanffy-VBGM                | 724,20   | 4   | 1460,5 | 0          | 53,9  |
| von Bertalanffy duas fases-VBGMtp   | 725,00   | 6   | 1462,0 | 1,45       | 26,1  |
| von Bertalanffy generalizado- VBGMg | 726,27   | 5   | 1462,5 | 2,00       | 19,8  |
| Gompertz                            | 731,88   | 4   | 1471,7 | 11,22      | 0,2   |
| Richard                             | 731,89   | 5   | 1473,7 | 13,25      | 0,1   |
| Logístico                           | 743,75   | 4   | 1495,5 | 34,96      | 0     |
| von Bertalanffy modificado- VBGMb   | 752,51   | 3   | 1511,0 | 50,47      | 0     |

Para o modelo de von Bertalanffy foram calculados os limites inferiores e superiores do intervalo de confiança de cada parâmetro utilizados para a descrever a curva de crescimento, a saber:  $L_{\infty}$  (66,9-72,66);  $K$  (0,22 – 0,27) e  $t_0$  (-1,34 - -1,14)(Figura 9).

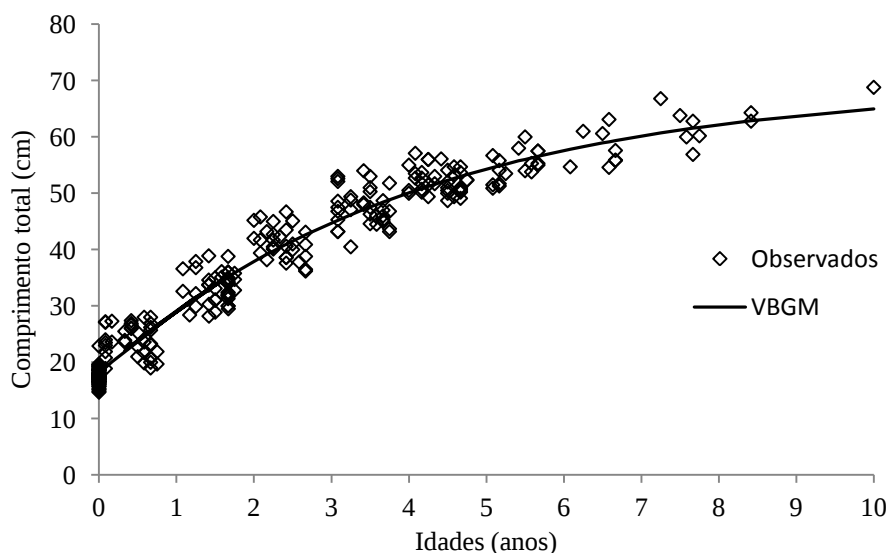


Figura 9: Curva de crescimento estimada para a raia-viola *Rhinobatos percellens* do nordeste do Brasil. Pontos indicam os valores observados e a linha contínua o modelo de von Bertalanffy.

A chave idade-comprimento foi elaborada para sexos separados a partir de 142 fêmeas (Tabela 3a) e 149 machos (Tabela 3b) utilizados nas análises de crescimento enquanto que a estrutura etária da população foi estimada para a amostra total de 712 espécimes (Figura 10).

Tabela 3: Chave idade-comprimento para raia-viola *Rhinobatos percellens*. CC é a classe de comprimento dos indivíduos (cm) e 0-8 idade correspondente (anos), > 8: somatório de todos os indivíduos com idade superior a 8 anos.

| CC   | 0     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | >8    | Fêmeas |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 12.5 | 100   |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 3      |
| 17.5 | 100   |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 72     |
| 22.5 | 100   |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 19     |
| 27.5 | 66.67 | 33.33 |       |       |       |       |       |       |       |       | 32     |
| 32.5 |       | 100   |       |       |       |       |       |       |       |       | 36     |
| 37.5 |       | 63.64 | 36.36 |       |       |       |       |       |       |       | 25     |
| 42.5 |       |       | 80    | 20    |       |       |       |       |       |       | 25     |
| 47.5 |       |       | 14.29 | 42.86 | 42.86 |       |       |       |       |       | 14     |
| 52.5 |       |       |       | 8.33  | 41.67 | 33.33 | 16.67 |       |       |       | 25     |
| 57.5 |       |       |       |       | 10    | 60    | 20    | 10    |       |       | 31     |
| 62.5 |       |       |       |       |       | 9.09  | 36.36 | 36.36 | 18.18 |       | 18     |
| 67.5 |       |       |       |       |       |       |       | 33.33 |       | 66.67 | 3      |

| CC   | 0    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | Machos |
|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 12.5 | 100  |       |       |       |       |       |       | 4      |
| 17.5 | 100  |       |       |       |       |       |       | 90     |
| 22.5 | 100  |       |       |       |       |       |       | 26     |
| 27.5 | 87.5 | 12.5  |       |       |       |       |       | 38     |
| 32.5 |      | 100   |       |       |       |       |       | 45     |
| 37.5 |      | 54.55 | 45.45 |       |       |       |       | 56     |
| 42.5 |      |       | 44.44 | 55.56 |       |       |       | 44     |
| 47.5 |      |       | 18.18 | 77.27 | 4.55  |       |       | 46     |
| 52.5 |      |       |       | 20.59 | 67.65 | 11.76 |       | 54     |
| 57.5 |      |       |       |       | 57.14 | 28.57 | 14.29 | 6      |
| 62.5 |      |       |       |       |       |       |       | 0      |

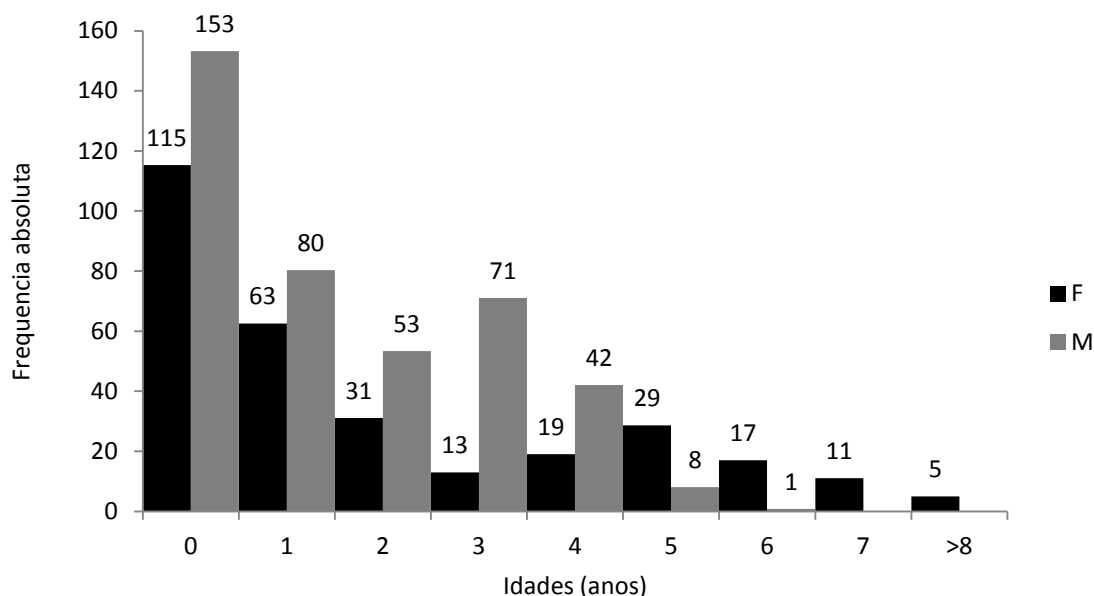


Figura 10: Composição etária para amostra total de 712 espécimes de *Rhinobatos percellens* capturadas em Caiçara do Norte/RN

A idade máxima calculada pelo método de Fabens é de 14,2 anos, enquanto que no método de King, o  $t_{max}$  é de 12,3 anos.

## DISCUSSÃO

De acordo com Campana (2001) o processo de estimação de idades em peixes incorpora em sua metodologia duas fontes de erros, os relacionados à estrutura etária utilizada e a subjetividade existente na interpretação das características periódicas destas estruturas. Em alguns casos, estes erros podem estar relacionados à sobreexploração de espécies e avaliação de populações.

Cailliet e Goldman (2004) sugerem uma padronização do local de coleta da estrutura a ser utilizada, que de acordo com estes autores, confere ao estudo precisão e válidas comparações entre indivíduos da mesma população e entre populações da mesma espécie.

Assim como nos estudos de idade em *Rhinobatos horkelii* (Lessa, 1982); *R. annulatus* (Rossouw, 1983); *R. productus* (Timmons e Bray, 1997) *R. rhinobatos* (BaŞuta et al 2007) e *R. cemiculus* (Enajjar et al, 2012) foram utilizadas vértebras pós-cefálicas, local onde apresentam maior tamanho e efeito estatisticamente significativo na contagem dos incrementos (Officer et al., 1996)

As vértebras dos Rhinobatidae são bons descritor de idades, apresentando resultados positivos em relação à clareza na visualização das bandas de crescimento (Enajjar et al 2012). Desta forma, tantos os estudos conduzidos com vértebras inteiras (Lessa, 1982; Rossouw, 1984 e Timmons e Bray, 1997) quanto com cortes longitudinais (BaŞuta et al 2007 e Enajjar et al, 2012) obtiveram estimativas acuradas de idade.

A esta característica particular das vértebras atribui-se a alta precisão, obtida entre as leituras dos incrementos de crescimento no presente estudo, quando analisadas de acordo com o erro percentual médio e gráfico do viés do erro. Segundo Campana et al (1995) a utilização simultânea, de métodos estatísticos e gráficos, é considerada a maneira correta de fornecer todas as informações necessárias para avaliar com consistência as determinação de idades.

Por outro lado, Hoenig et al. (1995) afirma que índices de precisão não devem ser comparados entre estudos, pois estão diretamente relacionados a composição amostral; Neste contexto, Campana (2001) afirma que precisão não pode ser usada como aproximação de acurácia sendo possível que uma amostra com sérios problemas de subestimação de idades obtenha a mesma medida de precisão que uma amostra com estimativas de idade acurada. Validar uma idade absoluta é equivalente a determinar a acurácia de uma idade estimada. (Campana, 2001).

No grupo dos rhinobatídeos, para as espécies que tiveram suas idades determinadas, a periodicidade na deposição dos incrementos de crescimento apresentam caráter anual (Rossow, 1983; BaŞuta et al., 2007). No presente estudo, assim como para *R. cemiculus* (Enajar et al., 2012), este aspecto foi verificado através da análise do incremento marginal.

Cailliet (2006) afirma que a abordagem com combinações de diferentes métodos de avaliação de precisão são ótimas, o que segundo o autor, quando mais de um método produz resultados semelhantes isto dá credibilidade às conclusões.

No presente estudo, a análise da borda da vértebra deixou evidente que a formação da zona opaca da estrutura ocorre anualmente no mês de outubro. De acordo Natanson et al (2002) ambos, o incremento marginal e natureza da borda, são bem adequados para determinar o mês ou estação de formação da zona opaca ou translúcida ainda que a formação tenha sido validada através de métodos independentes.

Embora outros estudos de crescimento tenham sido conduzidos na mesma área geográfica, a periodicidade da formação dos incrementos não podem ser comparadas visto que espécies oriundas da mesma região podem formar anéis em diferentes épocas,

sendo possível que o tempo de formação das zonas opacas e translúcidas varie amplamente entre as espécies e, soma-se a isto, a falta de conhecimento dos mecanismos de formação dos anéis (Campana, 2001).

Registros de neonatos ainda sem o incremento de crescimento totalmente formado reforçam a idéia de que o parto ocorre neste local e por isso a estimativa do tamanho de crescimento a partir dos comprimentos registrados nas capturas é viável.

Para a estimativa do tamanho de nascimento, o comprimento que foi retrocalculado a idade zero, se situa entre os limites dos comprimentos registrados de 14,7 cm para o menor indivíduo de vida livre e 17,5 para o maior embrião, desta espécie na região. A proximidade do valor estimado ao observado torna robusta a análise das idades no estudo.

No que diz respeito à escolha dos modelos de crescimento, a abordagem mais comum opta pela escolha de um único modelo, geralmente o de von Bertalanffy (VBGM), baseado nas suposições biológicas, e no ajuste aos dados (Katsanevakis, 2006). Porém, existe atualmente uma tendência a que outros modelos sejam incorporados às análises de crescimento o que segundo Cailliet, (2006) é muitas vezes importante e até necessário, para caracterizar adequadamente o crescimento de uma dada espécie.

Um dos métodos utilizados para a escolha de modelos está baseado no critério de informação de Akaike, que tem como princípio o da parcimônia, segundo a qual, a seleção de um modelo implica que um número menor possível de parâmetros seja adequado na representação dos dados (Katsanevakis, 2006).

Para a *Rhinobatos percellens*, capturada no nordeste do Brasil, o modelo com melhor ajuste, ao conjunto de dados de idades e comprimentos observados, foi o estimado por von Bertalanffy. Este modelo também foi capaz de produzir a estimativa mais realista das características biológicas para *R. percellens*, de acordo com parâmetro  $L_{\infty}$ , estimando um comprimento teórico de 69,45 cm em uma região onde o comprimento máximo observado foi de 69,4 cm.

Katsanevakis e Maravelias (2008) afirmam que a escolha ao melhor modelo de crescimento é subjetiva e pode, em alguns casos, estar baseada na decisão do pesquisador, fundamentado na sua experiência com a espécie e estudos prévios na viabilidade em interpretar os parâmetros estimados e qualidade destes.

Estudos de crescimento conduzidos para outros rhinobatídeos como, *Rhinobatos horkelii* (Lessa, 1982); *R. annulatus* (Rossouw, 1983); *R. productus* (Timmons e Bray,

1997) *R. rhinobatos* (BaŞuta et al 2007) e *R. cemiculus* (Enajjar et al, 2012) também descrevem o crescimento através do modelo de von Bertalanffy. Neste sentido, torna-se possível a comparação dos parâmetros de crescimento, estimados para o modelo von Bertalanffy, entre estudos da mesma espécie ou de populações resultando em conjunto de características convencionais ao grupo como um todo.

Desta forma, para as raias viola, é esperada uma alta longevidade, com ciclo de vida que podem alcançar até 10 anos, como no presente estudo ou ainda 14 anos, como registrado para *R. cemiculus* (Enajar et al., 2012) e com constantes de crescimento amplamente variáveis (0,016 para *R. productus* e 0,29 para *R. rhinobatos*) mas que de geral as caracterizam como espécies de crescimento rápido, quando comparada a outros elasmobrânquios (Branstetter, 1990)

Segundo Cailliet e Goldman (2004) para o grupo dos batoideos os valores de K podem apresentar valores com amplitude de 0,2 a 0,5, assim o valor da constante de crescimento estimada para *R. percellens* encontra-se entre os supostamente esperados, para esta espécie.

Neste contexto de estimativas de modelos de crescimento, Thorson e Simpfendorfer (2008) chamam atenção que crescimento é também consequência do tamanho da amostra e da seletividade da arte de pesca utilizada no estudo. Na grande maioria dos casos, as amostragens para estudos de idade e crescimento em elasmobrânquios são obtidas a partir de pescarias comerciais, que presumidamente representam a população.

As pescarias de arrasto de praia em Caiçara do Norte permitiram a captura de indivíduos de todas as fases de desenvolvimento em razão da baixa seletividade da rede empregada nesta pescaria.

Para *R. percellens* considerou-se que o crescimento não difere significativamente entre fêmeas e machos, muito embora fêmeas alcancem comprimentos maiores que os machos, como esperado para maioria dos elasmobrânquios. No entanto, como os parâmetros de crescimento são iguais para ambos os sexos, mas ainda assim os machos não atingem as mesmas idades finais que as fêmeas, supõe-se que exista uma mortalidade diferenciada entre sexos ou ainda a redução da taxa de crescimento dos machos após atingirem a maturidade (Lessa et al., 1999).

De acordo com Bigelow e Schroeder (1953) o comprimento máximo esperado para a espécie é de cerca de 100,0 cm. Em Caiçara do Norte, embora os esforços de captura, o maior exemplar registrado foi uma fêmea de 69,4 cm que apresentava um CT

superior a 17,2% do maior macho da amostra. Padrão similar foi também descrito para *R. percellens* capturadas pelo arrasto de praia em Santa Marta (11°10'N ; 74°14' O) na Colômbia (Grijalba-Bendeck et al., 2008) e corresponde ao tamanho médio de 70 cm nos quais adultos são comumente registrados na Venezuela (Cervigón, 1966).

Por fim, os resultados do presente estudo revelam que a espécie é altamente vulnerável e confirmam sua baixa resiliência, de acordo com a análise de risco ecológico, entre os elasmobrânquios capturados por arrastos de praia (Stobutzki et al., 2002). De acordo a análise da composição etária da população em Caiçara do Norte, o recrutamento à pesca se inicia na idade 0<sup>+</sup>, atuando principalmente sobre os jovens antes de atingirem a maturidade gonadal, contribuindo substancialmente a sobrepesca do estoque.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos pescadores de Caiçara do Norte; aos estudantes, especialmente Leandro Yokota, Taciana Barbosa e Felipe Pessoa, que participaram das amostragens e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE pela concessão da bolsa de mestrado e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo financiamento do Projeto Berçário de Elasmobrânquios de Caiçara do Norte.

#### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- Akaike, H. (1974) IEEE Transactions on Automatic Control 19(6): 716–723
- Araya M, Cubillos LA (2006). Evidence of two phase growth in elasmobranchs. Environ. Biol. Fish. 77: 293-300.
- Barbosa, T (2006) Aspectos da biologia de *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) no berçário de Caiçara do Norte (RN). Monografia de Conclusão de Curso, Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- Bartoo NW, Parker KR (1983) Reduction of bias generated by age-frequency estimation using von Bertalanffy growth equation. In: Prince ED, Pulos LM (ed) Proceedings of the Internacional Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes, and Sharks. NOAA Technical Report NMFS 8, pp. 25-26.

Başusta N, Demirha SA, Çiçek E, Başusta A, Kuleli T (2007) Age and growth of the common guitarfish, *Rhinobatos rhinobatos*, in Iskenderun Bay (north-eastern Mediterranean , Turkey). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 88: 837-842.

Beamish RJ, McFarlane G.A (1983) The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. Trans. Am. Fish. Soc. 112(6): 735-743.

Bigelow HB, Schoeder WC (1953) Sawfishes, Guitarfishes, Skates and Ray, volume 1 de *Memoir* .New Haven: Sears Foundation for Marine Research. 514 p.

Bornatowski H, Robert MC, Costa L (2010) Feeding of guitarfish *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1972) (Elasmobranchii, Rhinobatidae), the target of artisanal fishery in Southern Brazil. Brazilian Journal of Oceanography 58: 45 – 52.

Bornatowski H, Abilhoa V (2009) Record of an anomalous embryo of *Rhinobatos percellens* (Elasmobranchii: Rhinobatidae) in the southern coast of Brazil. Marine Biodiversity Records 2: 1-3.

Branstetter, S (1990) Early life-history implications of selected carcharhinoid and lamnid sharks of Northwest Atlantic. NOAA. Technical Report NMFS, 90. 1990. pp. 17-28.

Burnham KP, Anderson DR (2002) Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach, 2nd ed. Springer-Verlag, New York

Cailliet GM, Smith WD, Mollet HF, Goldman KJ (2006) Age and growth studies of chondrichthyan fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. Environ. Biol. Fish. 77: 211–228

Cailliet GM, Goldman KJ (2004) Age determination and validation in chondrichthyan fishes. In: Carrier J, Musick JA, Heithaus MR (ed) Biology of sharks and their relatives. CRC Press LLC, Boca Raton, FL, pp 399–447.

Campana SE (2001) Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology* 59: 197-242.

Campana SE, Annand MC, McMillian JI (1995) Graphical and Statistical Methods for Determining the Consistency of Age Determinations. *Transactions Of the American Fisheries Society* 124: 131-138.

Campana SE, Jones C (1992) Analysis of otolith microstructure data. In Stevenson DK, Campana SE (ed) *Otolith microstructure examination and analysis*. Can. Spec. Pub. Fish. Aquat. Sci. 117 pp 73-100.

Cahmi M, Fowler S, Musick J, Brautigam A, Fordahm S (1998). *Sharks and their relatives, ecology and conservation*. Occasional Paper 20, IUCN Species Survival Commission..

Cervigón F (1966) *Los Peces Marinos de Venezuela*. Caracas: Sociedad de Ciencias Naturales La Salle.

Casey JG, Pratt HL, Stillwell CE (1983). Age and growth of the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*, from the western North Atlantic In: Prince ED, Pulos LM. (ed) *Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks*. NOAA Technical Report NMFS 8 pp 1 – 17.

Compagno LJV.(2005) Checklist of living Chondrichthyes. In: Hamlett WC.(Ed.). *Reproductive biology and phylogeny of chondrichthyes, Sharks, batoids and chimaeras*.. Enfield, NH: Science Publishers, p. 503-548.

Enajjar S, Bradai MN, Bouain A (2012) Age, growth and sexual maturity of the blackchin guitarfish *Rhinobatos cemiculus* in the Gulf of Gabés (Southern Tunisia, central Mediterranean). *Cahier de biologie marine*. 53: 17-23

Fabens AJ (1965) Properties and fitting of von Bertalanffy growth curve. *Growth* 29: 265-289.

Figueiredo JL (1977) Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. I - Introdução. Cações, Raias e Quimeras. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Francis, RICC (1990) Back-calculation of fish lengths: a critical review. *Journal Fish Biology*. 36: 883-902.

Franco B, Mendonça FF, Hashimoto DT, Porto-Foresti F, Oliveira C, Foresti F (2010) Molecular diagnostics of the guitarfish species *Rhinobatos horkelii*, *R. percellens* and *Zapteryx brevirostris* using multiplex-PCR. *Molecular Ecology Resources* 10: 197-199.

Goldman KJ (2005) Age and growth of elasmobranch fishes. In: Musick JA, Bonfil R (ed) Management techniques for elasmobranch fisheries. FAO Fisheries Technical Paper. No. 474. Rome, FAO, pp. 97–132.

Grijalba-Bendeck M, Acero AP, Gonzalez E (2008) Biología reproductiva de *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) (Batoidea: Rajiformes) en el Caribe colombiano. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 43: 469-481.

Heupel MR, Carlson JK, Simpfendorfer CA (2007) Shark nursery areas: concept, definition, characterization and assumptions. *Marine ecology progress series* 337: 287-297

Hood GM (2006) PopTools Version 2.7.5, Available on the internet: <http://www.cse.csiro.au/poptools>.

Hoenig JM, Morgan MJ, Brown CA (1995) Analysing differences between two age determination methods by testes of symmetry. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 52: 364-368.

Katsanevakis S (2006). Modelling fish growth: model selection, multi-model inference and model selection uncertainty. *Fish. Res.* 81: 229–235.

Katsanevakis S, Maravelias CD (2008) Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to a prior using von Bertalanffy equation. *Fish Fish.* 9: 178-187.

Kimura DK (1980). Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve. *Fishery Bulletin* 77:765-776.

King, M (1995). *Fisheries biology: assessment and management*. Blackwell Science Ltd.

Lima CRA (2007) Utilização de técnicas multivariadas e de morfometria geométrica na discriminação de espécies do gênero *Rhinobatos* (família *Rhinobatidae*) do nordeste do Brasil. Dissertação, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Lessa RP (1986) Levantamento faunístico dos elasmobrânquios (Pisces, Chondrichthyes) das reentrâncias maranhenses. *Boletim do laboratório de hidrobiologia, São Luis* 7: 27-41.

Lessa RPT (1982) *Biologie et dynamique des populations de Rhinobatos horkelii du plateau continental du Rio Grande do Sul (Brésil)*. Tese (Doutorado) Université de Bretagne Occidentale, Brest, França.

Lessa, R.P.; Barreto, R.R.; Quaggio, A.C.; Valença. L.R.; Santana, F.; Yokota L.; Gianetti, M.D. Levantamentos das espécies de elasmobrânquios capturados por aparelhos de pesca que atuam no berçário de Caiçara do Norte (RN). *Labomar Arq. Ciên. Mar, Fortaleza*, 2008, 41(2): 58 – 64

Lessa R, Marcante Santana F, Paglerani R (1999) Age, growth and stock structure of the oceanic whitetip shark, *Carcharhinus longimanus*, from the southwestern equatorial Atlantic. *Fisheries Research* 42: 21-30.

Mariguela TC, De-Franco B, Almeida TVV, Mendonça FF, Gadig OBF, Foresti F, Oliveira C (2009) Identification of guitarfish species *Rhinobatos percellens*, *R. horkelii*, and *Zapteryx brevirostris* (Chondrichthyes) using mitochondrial genes and RFLP technique. *Conservation Genetics Resources*. 1: 93

Menni RC, Stehmann MFW (2000) Distribution, environment and biology of batoid fishes off Argentina, Uruguai and Brazil. A review. Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat., n.s. 2: 69-109.

Menezes NA, Buckup PA, Figueiredo JL, Moura RL (2003) Catálogo das espécies de peixes marinhos do Brasil. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo.

Natanson LJ, Mello JJ, Campana SE (2002) Validated age and growth of the porbeagle shark (*Lamna nasus*) in the western North Atlantic Ocean. Fish Bull. 100: 266-278.

Officer RA, Gason AS, Walker TA, Clement JG (1996). Sources of variation in counts of growth increments in vertebra from gummy shark, *Mustelus antarcticus*, and scholl shark *Galeorhinus galeus*: implications for age determination. Can . J. Fish. Aquat. Sci. 53: 1765-1777

Rocha F (2010) Biologia reprodutiva da raia-viola *Rhinobatos percellens* Walbaum, 1792 (Chondrichthyes, Rhinobatidae) da plataforma continental de São Paulo. Dissertação. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho.

Rossouw GJ (1983) Age and growth of the sand shark, *Rhinobatos annulatus*, in Algoa Bay, South Africa. J. Fish Biol. 25: 213-222.

Schnute J (1981). A versatile growth model with statistically stable parameters. Can. J Fish. Aquat. Sci. 38: 1128-1140

Shibuya A, Rosa RS, Soares MC (2005) Note on the diet of the guitarfish *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) (Elasmobranchii: Rhinobatidae) from the coast of Paraíba, Brazil. Acta Biologica Leopoldensia, 27: 63-64.

Stobutzki IC, Miller MJ, Heales DS, Brewer DT (2002) Sustainability of elasmobranchs caught as bycatch in a tropical prawn (shrimp) trawl fishery. Fish. Bull. 100:800–821

Thorson JT, Simpfendorfer CA (2009) Gear selectivity and sample size effects on growth curve selection in shark age and growth studies. Fish. Res. 98: 75-84.

Timmons M, Bray RN (1997) Age, growth and sexual maturity of shovelnose guitarfish, *Rhinobatos productus* (Ayres). Fishery Bulletin 95 : 349 – 359.

Yokota L, Lessa RP (2006) A nursery area for sharks and rays in Northeastern Brazil. Environmental Biology of Fishes, 75:349-360.

Yokota L, Lessa RP (2008) Reproductive biology of three ray species: *Gymnura micrura* (Bloch & Schneider, 1801), *Dasyatis guttata* (Bloch & Schneider, 1801) and *Dasyatis marianae* Gomes, Rosa & Gading, 2000, caught by artisanal fisheries in Northeastern Brazil. Cah. Biol. Mar. 48: 249 – 257.

### 4.3- Normas da revista

[www.springer.com](http://www.springer.com)

---

Life Sciences - Ecology | Environmental Biology of Fishes - incl. option to publish open access

---



## Environmental Biology of Fishes

Editor-in-Chief: David L.G. Noakes

ISSN: 0378-1909 (print version)

ISSN: 1573-5133 (electronic version)

Journal no. 10641

### *Manuscript Submission*

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

### *Permissions*

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

### *Online Submission*

Authors should submit their manuscripts online. Electronic submission substantially reduces the editorial processing and reviewing times and shortens overall publication times. Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

### *Title Page*

The title page should include:

- The name(s) of the author(s)
- A concise and informative title
- The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

### *Abstract*

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

### *Keywords*

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

### *Text Formatting*

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.
- Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

### Word template (zip, 154 kB)

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

### LaTeX macro package (zip, 182 kB)

### *Headings*

Please use no more than three levels of displayed headings.

### *Abbreviations*

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

### *Footnotes*

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

### *Acknowledgments*

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

### Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

- Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).
- This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999).

### Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work.

- Journal article

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8

Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 341:325–329

- Article by DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med*. doi:10.1007/s001090000086

- Book

South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London

- Book chapter

Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

- Online document

Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

- Dissertation

Trent JW (1975) *Experimental acute renal failure*. Dissertation, University of California

Always use the standard abbreviation of a journal’s name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see

[www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php](http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php)

For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text citations and reference list.

[EndNote style \(zip, 3 kB\)](#)

## Tables

- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

## Artwork and Illustrations Guidelines

For the best quality final product, it is highly recommended that you submit all of your artwork – photographs, line drawings, etc. – in an electronic format. Your art will then be produced to the highest standards with the greatest accuracy to detail. The published work will directly reflect the quality of the artwork provided.

### *Electronic Figure Submission*

- Supply all figures electronically.
- Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MS Office files are also acceptable.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.
- Definition: Black and white graphic with no shading.

### *Figure Numbering*

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

### *Figure Captions*

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.

- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

### *Text and Presentations*

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

### *Spreadsheets*

- Spreadsheets should be converted to PDF if no interaction with the data is intended.
- If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should be submitted as .xls files (MS Excel).

### *After acceptance*

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer's web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice, offprints, or printing of figures in color.

Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

### *Proofreading*

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

### *Online First*

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.

## 5- Considerações finais

*Rhinobatos percellens* foi descrita por Bigelow e Schroeder (1953) como uma espécie de pequeno porte, isso por que um macho de 560 mm de comprimento total (CT) era sexualmente maduro. Afirmam ainda que o maior espécime registrado media entre 790 - 990 mm de CT e que o tamanho máximo foi obtido com referência a espécimes de *R. undulatus* registrados por Müller e Hengle (1841) proveniente do Uruguai.

Sobre o habitat, distribuição e ocorrência de *R. percellens* Bigelow e Schroeder (1953) mencionam que a mesma se agrupa em águas costeiras do Uruguai, que na costa oeste do oceano Atlântico geralmente se distribui da latitude de 38 °S até o Caribe e ainda que apresenta registros no Mar del Plata e Buenos Aires, na Argentina; Montevideu e Maldonado, no Uruguai; Santos, Pernambuco e Bahia, no Brasil.

Lessa (1982) ao examinar 9.754 espécimes de *Rhinobatos* na plataforma sul, os identificou como *R. horkelli* com base no tamanho corporal e cor da pele (Vooren et al., 2005). Desta forma é de esperar que os registros de ocorrência, exceto para Santos, Bahia e Pernambuco, não sejam efetivamente de *R. percellens*.

Figueiredo (1977) ao descrever *R. percellens* no seu Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil se utiliza da informação equivocada de Bigelow e Schroeder (1953) que esta espécie alcançaria um CT de 100,00 cm, pois muito provavelmente utilizou o CT de *R. horkelii* com referência ao CT de *R. percellens*.

Portanto, a menção ao tamanho máximo para esta espécie pode ter origem em extrapolações nunca comprovadas e provavelmente nunca medidas de *R. percellens*. Neste mesmo contexto, espécimes de *R. percellens* contidas nas coleções científicas do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo- MZUSP e Museu Oceanográfico do Vale do Itajaí-MOVI, possuem como maiores exemplares depositados indivíduos de 71,6 cm (N coleção 72768) e 68,4 cm (N coleção 03959), respectivamente.

Desta maneira, as análises de crescimento e maturidade gonadal apresentadas em nosso estudo de *R. percellens* são perfeitamente plausíveis com o tamanho máximo efetivamente medido para a espécie (~70 cm) tornando a curva de crescimento que coloca comprimento máximo teórico nesse tamanho muito coerente.