



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

ASPECTOS DE CRESCIMENTO E MORTALIDADE DO GUAIAMUM  
(*CARDISOMA GUANHUMI*) EM UM MANGUEZAL DE ACESSO  
RESTRITO NA ILHA DE ITAMARACÁ – PE

DENISE FABIANA DE MORAES COSTA

RECIFE

2016

DENISE FABIANA DE MORAES COSTA

ASPECTOS DE CRESCIMENTO E MORTALIDADE DO GUAIAMUM  
(*CARDISOMA GUANHUMI*) EM UM MANGUEZAL DE ACESSO  
RESTRITO NA ILHA DE ITAMARACÁ – PE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Biologia Animal da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos à obtenção do título de Mestre em Biologia Animal.

Orientador: Dr. Ralf Schwamborn

RECIFE  
2016

Catalogação na fonte  
Elaine Barroso  
CRB 1728

**Costa, Denise Fabiana de Moraes**

Aspectos de crescimento e mortalidade do guaiamum (*Cardisoma guanhumi*) em um manguezal de acesso restrito na Ilha de Itamaracá-PE /  
Denise Fabiana de Moraes Costa– Recife: O Autor, 2016.

70 folhas: il., fig., tab.

Orientador: Ralf Schwamborn

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de  
Pernambuco. Centro de Biociências. Biologia Animal, 2016.

Inclui referências

1. Caranguejo 2. Animais do manguezal 3. Itamaracá, Ilha de (PE) I.  
Schwamborn, Ralf (orientador) II. Título

595.386

CDD (22.ed.)

UFPE/CCB-2016-331

DENISE FABIANA DE MORAES COSTA

ASPECTOS DE CRESCIMENTO E MORTALIDADE DO GUAIAMUM  
(*CARDISOMA GUANHUMI*) EM UM MANGUEZAL DE ACESSO  
RESTRITO NA ILHA DE ITAMARACÁ – PE

COMISSÃO EXAMINADORA:

---

Dr. Ralf Schwamborn  
UFPE/Presidente

---

Dr. Rosangela Paula Teixeira Lessa  
UFRPE/Membro interno

---

Dr. José Roberto Botelho de Souza  
UFPE/Membro interno

---

Dra. Renata Akemi Shinozaki Mendes  
UFRPE/Membro externo

---

Dr. Alexandre Oliveira de Almeida  
UFPE/Suplente interno

---

Dr. Jesser Fidelis de Souza Filho  
UFPE/Suplente externo

RECIFE  
2016

Ó meu pobre caranguejo  
Ser, que és, de tanta graça  
Vestes-te de forte carapaça  
E usas tão robusta tenaz.

(Albano Ferreira, 2010)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, fonte de fé e amor.

A Universidade Federal de Pernambuco, ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal e aos professores e funcionários, principalmente a professora Bruna, pela disposição ao responder todos os questionamentos e apreensões.

A FACEPE pela bolsa concedida.

Ao meu orientador, Ralf Schwamborn, por compartilhar comigo um pouco de suas ideias e sabedoria e a me ensinar que podemos aprender todos os dias. Agradeço suas palavras de conforto, sua dedicação e tempo dispensados na construção deste trabalho.

Ao SISBio, pela autorização das coletas.

Ao CMA (Centro de Mamíferos Aquáticos), pela autorização da realização deste estudo, pelo empréstimo do leitor, pela hospedagem e segurança, em especial a Fernanda Niemeyer, Fábia Luna, Gláucia e aos seguranças.

Ao Laboratório de Zooplâncton, e especialmente a todos que transformaram os dias de coleta mais alegres: Simone Lira, Simone Jorge, Gleice, Morgana, Nathália, Sidinaldo, Renata, Jana, Alexandre, Claudeilton (Claus), Kaio, Pedro, Glenda, Iully, Cynthia, Antonia, Delzenira e Ralf. Obrigada pela companhia e inúmeras risadas. De verdade, sem vocês não teria sido possível.

Aos catadores que me ajudaram nas coletas: Wellington e Sr. Paulo, por capturarem todos os indivíduos de *C. guanhumi* deste trabalho e pela simplicidade e sabedoria que me ensinaram muito ao longo deste ano.

Aos meus amigos desta jornada no PPGBA: Jaire, Celina, Éder, Ikaro, Camila, Laura, Juliana, Manolo, Neto, Helô, Paula, Luís, Rai, Dani, Guiomar, Rodolfo, Ludimila, Géssica, Tarci e muitos outros.

A Camila, Gleice e Simone Lira, pela ajuda e força nos últimos dias.

Ao meu companheiro de vida Ralf, por trazer para os meus dias, amor e felicidade verdadeiros.

A minha mãe, pela dedicação de toda vida e pelas palavras de força e conforto.

A meu irmão que sempre acreditou em mim e a meu sobrinho que sem saber, trouxe mais alegria para minha vida.

E por fim, agradeço muitíssimo a todos os animais que fizeram parte deste estudo.

## RESUMO

O conhecimento dos parâmetros de crescimento e mortalidade em braquiúros é fundamental para a compreensão da sua dinâmica e para o manejo de suas populações. Neste sentido, foram estimados os parâmetros de crescimento e mortalidade para *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825 (guaiamum), uma espécie com elevada importância socioeconômica no nordeste brasileiro e atualmente considerada pelo Ministério do Meio Ambiente como Criticamente em Perigo de extinção. As amostragens foram efetuadas durante um ano, entre abril de 2015 a março de 2016, na margem superior do mangue do CMA/ICMBio/CEPENE na ilha de Itamaracá, Pernambuco, Brasil. Foram capturados, medidos e pesados 1078 indivíduos (572 machos e 506 fêmeas). Destes, 291 indivíduos foram marcados com microchips PIT ("Passive Integrated Transponder"), para determinação dos parâmetros de crescimento através dos incrementos de peso e tamanho e do crescimento individual. Para a análise dos dados, foram utilizados o método ELEFAN I (baseado na distribuição de frequência de largura de carapaça de 1078 indivíduos), inserido no pacote computacional *Fisat II* e através da função *GrowthTraject* (baseada em incrementos individuais de 291 indivíduos marcados com PITs, utilizando o pacote *fishmethods* (Ambiente de programação "R"). Os indivíduos de *C.guanhumi* apresentaram largura da carapaça entre 20,9 e 70,0 mm (média: 43,45 mm, desvio padrão: 8,53 mm, mediana: 44,05 mm) o peso total entre 4 e 162 g (média: 45,85 g, desvio padrão: 25,34 g, mediana: 44,0 g). Não houve diferenças significativas, em tamanho médio e peso médio, entre machos e fêmeas. Os parâmetros de crescimento estimados com a função *GrowthTraject* para 130 incrementos (machos e fêmeas) foram:  $L_{inf}$  (tamanho assintótico) = 108,03 mm (largura da carapaça);  $K$  (coeficiente de crescimento) = 0,145 ano<sup>-1</sup>. A Mortalidade total ( $Z$ ) da população, estimada pelo método *Length – converted Catch Curve* (pacote FISAT II) usando os parâmetros de crescimento do *GrowthTraject* foi de = 2,39 ano<sup>-1</sup>. Não ocorrem capturas comerciais nesta área fechada, portanto, este valor equivale à mortalidade total e natural ( $Z=M$ ). A idade dos indivíduos capturados variou de 1,49 anos (20,9mm) a 7,02 anos (70,0mm). O recrutamento, calculado no pacote FISAT II e estimado através da presença de juvenis, mostrou-se contínuo durante todo o ano. Os métodos de análises de frequência e comprimento inseridos no pacote FISAT (Bhattacharya, ELEFAN I e Shepherd's) não foram capazes de determinar os parâmetros de crescimento, provavelmente devido ao crescimento lento e recrutamento contínuo durante todo ano. O tamanho total da população no manguezal do CMA foi estimado em 1262 indivíduos (+- 401ind.), baseado nos dados de marcação e recaptura. Também estimou-se a densidade da população (2.23ind/m<sup>2</sup>), a densidade de tocas (5 a 12 tocas/m<sup>2</sup>) e o tamanho das tocas (19,05 mm a 152,4 mm, média: 63,46 mm, desvio padrão: 22,5 mm, mediana: 63,50 mm). Os dados obtidos para a população encontrada em Itamaracá representam um avanço no conhecimento e manejo adequado para preservação da espécie. Os valores muito baixos encontrados para o coeficiente de crescimento

K, alertam para uma grande vulnerabilidade da espécie à sobrecaptura e para a importância de medidas de proteção dos estoques desta espécie.

**Palavras-chave:** Taxa de crescimento; Equação von Bertalanffy; marcação com microchips PIT; incrementos individuais; mortalidade; *Cardisoma guanhumi*

## ABSTRACT

Knowledge on the growth parameters and mortality in brachyuran is fundamental to the understanding of the dynamics and management of their populations. Growth and mortality parameters were estimated for *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825 (locally known as "guaiamum"), a species with high socio-economic importance in northeastern Brazil and currently considered by the Ministry of the Environment as Critically Endangered of Extinction. The samples were taken over one year, from April 2015 to March 2016, at the upper margin of a small, isolated mangrove patch at CMA-ICMBio-CEPENE on Itamaracá Island, Pernambuco, Brazil. A total of 1078 individuals (572 males and 506 females) were captured, measured and weighed. Of these, 291 individuals were marked with PIT tags (Passive Integrated Transponder tags), as to determine the growth parameters through the analysis of the increments in weight and size and individual growth. For the data analysis, we used the ELEFAN I method (based on the frequency distribution of carapace width 1078 individuals), inserted into the computer package FISAT II and through the *GrowthTraject* function (based on individual increments of 291 individuals marked with PIT tags, using the *fishmethods* package ("R" Environment). *C. guanhumi* showed carapace widths between 20.9 and 70.0 mm (mean: 43,45 mm, standard deviation: 8,53 mm, median: 44,05 mm) and total weight between 4 and 162 g (mean: 45,85 g, standard deviation: 25,34 g, median: 44,0 g). There were no significant differences in average size and average weight between males and females. Growth parameters estimated with the *fishmethods* package, based on 130 increments (males and females), were:  $L_\infty$  (asymptotic carapace width) = 108.03 mm;  $K$  (coefficient growth) = 0.145 y<sup>-1</sup>. Total mortality ( $Z$ ) of the population, estimated through the Length-converted catch Curve method (FISAT II package), using the *fishmethods* growth parameters, was 2.39 y<sup>-1</sup>. Since this is a restricted area without regular commercial catches, so this value is roughly equivalent to the total and natural mortality ( $Z = M$ ). The age of the individuals captured ranged from 1.49 years (20,9 mm) to 7.02 years (70,0 mm). Recruitment, calculated in FISAT II package and estimated by the presence of juveniles, showed to be continuous throughout the year. The methods of length-frequency analysis inserted in the FISAT package (Bhattacharya,

ELEFAN I, and Shepherd's) were not able to determine the growth parameters, probably due to the slow growth and continuous recruitment throughout the year. The total size of the population in the CMA mangrove was estimated as 1262 individuals (+ - 401 ind.), based on mark-recapture data. Also, the population density (2.23 ind / m<sup>2</sup>), the burrow density (5 a 12 burrows/m<sup>2</sup>) and the size of the burrows (19,05 mm to 152,4 mm, mean: 63,46 mm, standard deviation: 22,5 mm, median: 63,50 mm) were estimated. The data for the population found in Itamaracá Island represent an advance in knowledge for the preservation and management of this species. The very low values found for the growth coefficient K, warn of a major vulnerability of species to overharvesting and the importance of protective measures for this species.

**Key Words:** Growth rate; Von Bertalanffy equation; mark-recapture with PIT tags; individual increments; mortality; *Cardisoma guanhumi*

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
2.1 Área de estudo.....	14
2.2 Estratégia amostral.....	15
2.3 Captura, medição e pesagem dos indivíduos.....	16
2.4 Quantificação das densidades de tocas de <i>C. guanhumi</i> .....	19
2.5 Marcação e recaptura e com <i>PITs</i> .....	19
2.6 Estimativas do tamanho da população e densidade de <i>C. guanhumi</i> .....	21
2.7 Estimativas de parâmetros de crescimento do modelo <i>von Bertalanffy</i> .....	21
2.8 Métodos de Análise de frequência de comprimento.....	21
2.9 Índice de desempenho de crescimento.....	23
2.10 Análise de dados de marcação e recaptura (pacote <i>fishmethods</i> ).....	23
2.11 Integração dos métodos ELEFAN e <i>fishmethods</i> , estimativas de mortalidade e recrutamento.....	24
2.12 Relação Largura - Peso da carapaça.....	24
2.13 Testes de diferenças em peso e tamanho entre os sexos.....	25
2.14 Crescimento sazonal.....	25
3 RESULTADOS.....	27
3.1 Fauna e flora associada, condições climáticas e temperatura.....	27
3.2 Estrutura da população.....	28
3.3 Quantificação das densidades, tamanhos e distribuição espacial das tocas de <i>C. guanhumi</i> .....	32
3.4 Tamanho da população e densidade de <i>C. guanhumi</i> .....	33
3.5 Observações durante as coletas.....	34

3.6 Padrões de cores.....	34
3.7 Variação mensal das distribuições de frequência de comprimento.....	36
3.8 Análise de frequência de comprimento usando o FISAT.....	36
3.9 Resultados de marcação, recaptura e fidelidade as tocas/áreas.....	39
3.10 Perda de microchips.....	41
3.11 Análise do crescimento individual com dados de marcação e recaptura.....	42
3.12 Aplicação dos resultados do <i>Fishmethods</i> nas distribuições de frequência de largura de carapaça.....	47
3.13 Método de Powell-Wetherall (pacote FISAT II).....	50
3.14 Recrutamento e mortalidade.....	52
<b>4 DISCUSSÃO.....</b>	<b>53</b>
4.1 Avaliação da Estrutura da População.....	53
4.2 Aspectos metodológicos da captura e marcação .....	56
4.3 Impacto das condições climáticas.....	57
4.4 Análise das observações durante as coletas .....	57
4.5 Utilidade da análise de densidades de tocas e de indivíduos de <i>C. guanhumi</i> .....	58
4.5.1 Avaliação da medição de tamanhos das tocas para o estudo da dinâmica de populações.....	58
4.6 Estimativas da vulnerabilidade desta população à captura e crescimento.....	59
4.7 Influência da Mortalidade e Recrutamento.....	60
4.8 Propensão de Fidelidade à origem.....	60
4.9 Avaliação dos métodos utilizados na análise do crescimento.....	63
4.10 Considerações Finais.....	64
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>64</b>
<b>6 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>65</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os crustáceos exercem papel importante nos ecossistemas marinhos, costeiros e de água doce, assim como nos ecossistemas de manguezal. Nestes ecossistemas os crustáceos (camarões, siris e caranguejos) tem elevada importância, porém pouco se sabe sobre a mortalidade e crescimento destes organismos.

Dados sobre o estudo da dinâmica populacional, tais como: crescimento, idade, recrutamento e mortalidade dão arcabouço no entendimento das populações exploradas.

O crescimento dos crustáceos acontece através de várias ecdises (mudas) sucessivas (HANCOCK & EDWARDS, 1967), neste processo, o exoesqueleto antigo é substituído por um novo tegumento (LOBÃO *et al.*, 1996). A frequência das ecdises dos braquiúros (caranguejos e siris) se distinguem de acordo com a idade. Em indivíduos jovens ocorre com maior frequência e nos adultos maduros geralmente uma vez por ano, até a morte do indivíduo. (HILL, 2001; ALVES & NISHIDA, 2002). A maior parte dos caranguejos precisa de 20 mudas para atingir o tamanho máximo, já o *Cardisoma guanhumi* é considerado uma espécie de crescimento lento porque necessita de mais de 60 mudas (Henning, 1975).

Alguns estudos descrevem os processos de crescimento e muda dos diferentes crustáceos decápodos de interesse socioeconômico em várias partes do mundo, como os experimentos de HARTNOLL (1982), KLAUDATOS *et al.*, (2011) e AIKEN (1973).

A espécie *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825 (conhecido popularmente como guaiamum, goiamum ou guaiamu), é encontrada no Atlântico Ocidental – Bermudas, Flórida, Golfo do México, Antilhas, Venezuela e Brasil (do Ceará até Santa Catarina) (Hill 2001; Wedes 2004). Possui papel importante como recurso alimentar no Brasil e Caribe (Hill 2001; Rodriguez- Fourquet 2002; Hostetler *et al.*, 2013) é considerada uma espécie com elevada importância socioeconômica no nordeste brasileiro e em 2014 foi indicada pelo Ministério do Meio Ambiente para fazer parte da Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de extinção” como espécie “Criticamente em Perigo de extinção” (Resolução 445 MMA, 2014). No Brasil, parte desta problemática se deve à falta de informações sobre a biologia, aspectos populacionais de crescimento e mortalidade e a dinâmica destas populações o que a torna ainda mais vulnerável.

Podemos destacar alguns trabalhos sobre a biologia de *C. guanhumi* na Flórida, Estados Unidos Gifford (1962); na Venezuela Taissoun (1974); no Brasil Gil (2008), Shinozaki (2013) e sobre a importância econômica desta espécie em Porto Rico Feliciano (1962). Aspectos populacionais (Botelho *et al.*, 2001) e socioeconômicos (Botelho *et al.*, 2001; Schwamborn & Santos, 2009). Estrutura de tamanhos e dinâmica de populações de *C. guanhumi* (Taissoun (1974); BOZADA & CHÁVEZ (1986); SILVA & OSHIRO (2002); RIVERA (2005).

Quanto aos parâmetros de crescimento e mortalidade desta espécie, existe no Brasil somente um único trabalho pioneiro (BOTELHO *et al.*, 2001), baseado na análise de frequência de comprimento de espécimes coletados com armadilhas em um mangue do estuário do Rio Una (Pernambuco), usando o método de Bhattacharya (1967).

Os métodos baseados apenas em dados de distribuições de tamanhos, como o método ELEFAN (Pauly & David, 1980, Pauly & David, 1981, Pauly, 1986), Bhattacharya (1967) e o método de Powell-Wetherall (Pauly & Morgan, 1987), são os mais utilizados para estimar os parâmetros de crescimento e avaliar a captura máxima sustentável, a vulnerabilidade e o status de conservação de populações de peixes e macroinvertebrados (GAYANILLO *et al.*, 1993). A grande vantagem destes métodos, que explica o seu uso amplo, é a sua praticidade e baixo custo, ou seja, eles dependem apenas de medições regulares dos tamanhos dos indivíduos, sem a necessidade de se obter estimativas de idades (por otolitos, vértebras ou escamas) ou incrementos individuais (por marcação e recatura). Apesar do seu amplo uso nos trabalhos científicos, este método também recebe duras críticas, por sobrepor os valores de comprimento, sobreestimar a taxa de crescimento e subestimar a idade dos indivíduos (Leonce-Valencia & Defeo 1997, Lessa & Duarte-Neto 2004).

Em relação às populações de braquíuros, ainda existem poucas comparações e avaliações críticas destes métodos, que sejam baseadas em dados confiáveis de incrementos individuais.

Todos estes métodos baseiam-se na procura pelos parâmetros da equação de crescimento de von Bertalanffy (1938) de uma determinada população. Nesta equação, os parâmetros mais importantes são o tamanho assintótico ( $L_{inf}$ ) que a população tende a alcançar e a taxa de crescimento (se rápido ou devagar), através do coeficiente de crescimento (k), sendo que estes dois parâmetros, quando devidamente ajustados, descrevem o crescimento médio da população.

Mais recentemente, o método de marcação com microchips PIT ("Passive Integrated Transponder") foi utilizado para algumas espécies de crustáceos e estudos nesta área ainda são escassos: *Macrobrachium rosenbergii* e *Cancer magister* Prentice (1990); *Paralithodes camtschaticus* (Donaldson *et al.*, 1992) e (Pengilly & Watson, 1994); *Ucides cordatus* (Diele *et al.*, 2010); *Birgus latro* (Sato *et al.* 2013) e *Cardisoma guanhumi* Rodriguez- Fourquet 2002 e Forsee & Albrecht (2012), estes últimos investigaram o deslocamento espacial e abundância dos indivíduos em locais distintos, sem fazer as estimativas de crescimento. Este método, após a inserção dos microchips PIT possibilita o acompanhamento do crescimento individual através dos incrementos de tamanho. Entendendo que os aspectos de crescimento e mortalidade são fundamentais para compreender como os crustáceos respondem às mudanças na pressão da pesca e qual a influência destes nos processos ecológicos e que a falta de estruturas permanentes como em peixes, tornam as abordagens tradicionais incompletas para crustáceos, utilizamos a taxa de crescimento (coeficiente k da equação von Bertalanffy) de *C. guanhumi* com o método de marcação

com microchips *PIT* para determinação de incrementos individuais. Neste estudo testa-se a hipótese de que a taxa de crescimento (coeficiente *k* da equação von Bertalanffy) de *C. guanhumi* pode ser estimada através do método de marcação com microchips *PIT*. Com isso testa-se se o método de marcação com microchips *PIT* pode ser uma ferramenta útil para avaliar a vulnerabilidade da espécie.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

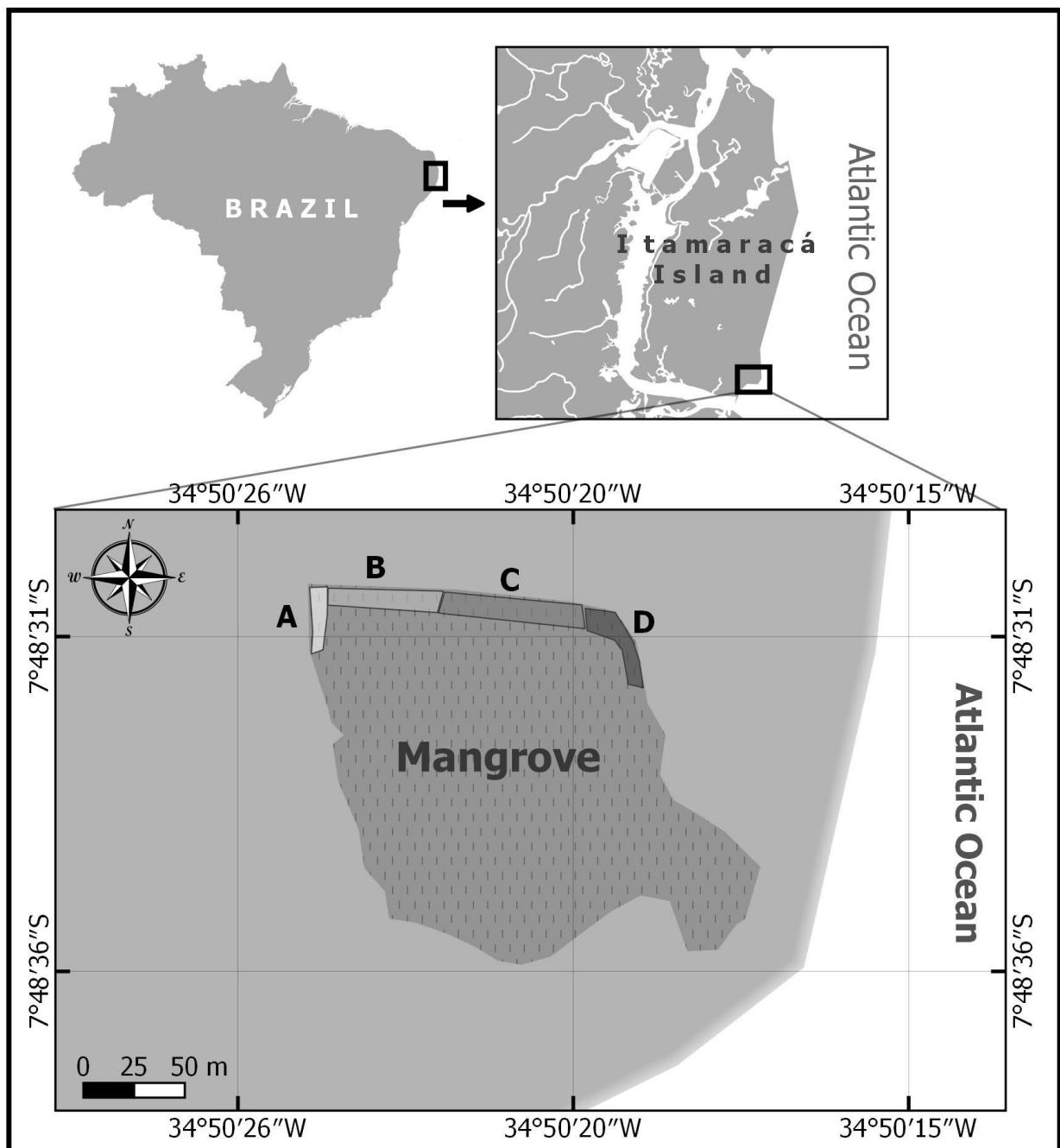
### 2.1 Área de estudo

O manguezal do CMA(Centro de Conservação de Mamíferos Aquáticos)/Itamaracá encontra-se numa área fechada inserida no Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Mamíferos Aquáticos do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (CMA/ICMBio). O CMA está localizado na Ilha de Itamaracá, Pernambuco, Brasil, entre as latitudes 07°48'30,08''S e as longitudes 034°50'22,52''W. Dados de pluviometria e temperatura foram obtidos no INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e na APAC (Agência Pernambucana de Água e Climas). Seguindo a classificação de Köppen, 1948, o clima é tropical úmido tipo Ams'(Clima tropical) (Manso *et al.*, 2006)., a precipitação pluviométrica média é de 2000 mm anuais (APAC) e a temperatura média anual de 24,0°C (INMET).

O Centro Especializado do ICMBio (*Portaria nº 78 de 03-09-2009*), dedica-se ao resgate e reabilitação de espécies ameaçadas de mamíferos aquáticos, bem como a conservação da biodiversidade dos ambientes recifais, manguezais e estuarinos. Entre a sede do CMA e a estrada (PE 001) encontra-se um manguezal bem preservado devido à presença permanente do sistema de vigilância do ICMBio, aonde não ocorrem capturas regulares de braquiúros (Fig. 1).

Itamaracá é separada do continente pelo Canal de Santa Cruz. O local de coleta recebe a água da desembocadura deste canal, e, portanto, sofre a influência de água doce, salgada e salobra, de acordo com o movimento das marés e a intensidade das chuvas. Densas formações de mangue vermelho (*Rhizophora mangle*), mangue de botão (*Conocarpus erectus*) e de uma espécie praiana, a amendoeira-da-praia (*Terminalia catappa*) constituem uma paisagem costeira.

Figura 1. Mapa da área de estudo mostrando a localização da Ilha de Itamaracá, Pernambuco, Brasil. Com destaque para o Mangue do CMA. A, B, C e D: áreas de coleta de *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825, na borda superior do mangue.



Fonte: Danilo Naliato 2016.

## 2.2 Estratégia Amostral

As coletas foram realizadas mensalmente durante abril de 2015 até março de 2016. Foram estabelecidas quatro áreas de coleta ao longo do manguezal do CMA/Itamaracá. Estas áreas foram denominadas A, B C e D, para poder abranger a maior área possível e padronizar a captura e soltura dos indivíduos por áreas (Fig.1; Fig.2; Fig.4).

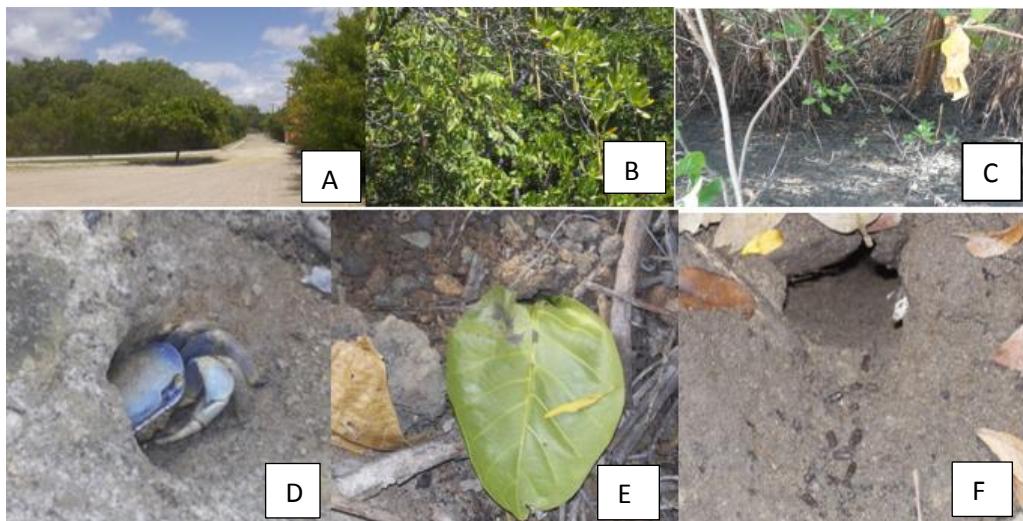
Para este estudo, foi feita avaliação visual da vegetação e macrofauna presente, assim como um mapeamento detalhado da distribuição e batimetria e relevo das tocas dos guaiamuns, incluindo a medição dos diâmetros das tocas, e densidade de tocas/m<sup>2</sup>, em 16 transectos perpendiculares à margem superior do mangue (4 transectos por área). A extensão linear das áreas A+B+C+D = 189m<sup>2</sup>. A extensão das tocas de *C. guanhumi* nesta área de estudo para adentro da vegetação da borda superior do mangue foi estimada como sendo em média de três metros, o que resulta numa área de estudo de 189 x 3 = 567 m<sup>2</sup>.

### 2.3 Captura, medição e pesagem dos indivíduos

As “redinhas”, armadilhas originalmente previstas neste projeto, foram confeccionadas com diversos materiais, tais como: poliéster, nylón, algodão e utilizadas numa coleta piloto na área de estudo, mas não obtiveram sucesso como armadilha para esta espécie. Devido à potência de suas quelas, os guaiamuns cortavam-nas facilmente, sendo necessária a substituição das mesmas por armadilhas cilíndricas.

A captura dos guaiamuns foi realizada através de armadilhas cilíndricas, método comumente utilizado para captura desta espécie pelos pescadores artesanais. As “ratoeiras” como são comumente conhecidas, foram confeccionadas com garrafas PET e latas. O diâmetro da abertura das armadilhas variou de 7,0 a 10,0 cm e o comprimento de 20,0 a 30,0 cm (Figura 3). As armadilhas com diâmetros menores foram usadas para captura de animais menores. Foram confeccionadas 70 armadilhas cilíndricas que foram inseridas em frente às tocas durante um período de 48 horas do experimento. A cada duas horas as armadilhas foram verificadas para saber se havia capturado algum animal. Devido à localização das tocas, a maré não influenciou a colocação das armadilhas e a sua retirada, a não ser nos momentos de extrema preamar de sizígia, quando a parte inferior da área de estudo era inundada.

Figura 2. Imagens da área de estudo no mangue do CMA, Ilha de Itamaracá, Pernambuco, Brasil. Figuras: A (Imagens das áreas de coleta: B, C e D); B e C (Imagens da área de coleta: A). Figura: D, o *C. guanhumi* no seu habitat. Figura: E, um indivíduo puxando uma folha para dentro da toca. Figura: F, uma toca demonstrando estar habitada devido a presença de pelotas fecais.



Fonte: O autor 2016.

Figura 3. Imagens das atividades de campo na Ilha de Itamaracá, Pernambuco, Brasil. Figuras das armadilhas; caixas onde os indivíduos foram armazenados; procedimentos de medições, marcação e pesagens e momento de soltura no mangue dos indivíduos de *C. guanhumi*.



Fonte: O autor 2016.

Os indivíduos coletados foram acondicionados em doze caixas plásticas de 70 x 30 cm de área de fundo, sendo alocados por grupos de tamanho e quantidade específica, sendo, no máximo, 15 indivíduos por caixa. Nas caixas, que foram identificadas pelas áreas A, B, C e D, folhas da vegetação do mangue e um pouco de água doce, serviram para dar abrigo e causar menos estresse aos guaiamuns (Fig.4). Em seguida, todos os indivíduos foram sexados, pesados e medidos. Foram efetuadas, para cada indivíduo, medições da largura da carapaça (*carapace width*, CW), comprimento da carapaça (*carapace length*, CL), altura da carapaça (*carapace height*, CH), e largura do abdômen (*abdomen width*, AW) assim como, foram observados e anotados o padrão de cores, sexo e peso de cada exemplar (Fig.3).

Figura 4. Figura A: caixas utilizadas nas coletas do mangue. Figura B: momento de soltura dos indivíduos no mangue.



Fonte: O autor 2016.

Para todas as medições foram utilizados três paquímetros durante todo o tempo de coleta: O primeiro paquímetro foi de inox e eletrônico digital (marca LEE tools)  $+\_ 0,01$  mm que apresentou erros devido ao contato com sedimentos e água, sendo substituído no segundo dia da primeira coleta em abril de 2015 pelo paquímetro de plástico. O segundo paquímetro utilizado de plástico (livre de corrosão e oxidação) apresentou um desgaste significativo (desgaste de 1,0 mm a 1,6 mm) nas pontas ao longo do tempo, e dessa forma, foi substituído pelo terceiro paquímetro de aço inox e mecânico, tradicional (marca LEE tools), com precisão de  $+\_ 0,01$  mm em agosto de 2015. Foram realizadas verificações com os paquímetros através de três placas *Petri* de vidro, com tamanhos diferentes, que eram medidas dez vezes cada uma antes de cada coleta, para verificar o desgaste (abrasão) das suas pontas e possíveis deformações dos mesmos. Uma balança eletrônica

(marca Casita) foi utilizada para as pesagens, com precisão de +- 0,1 g. Esta foi padronizada com pesos fixos (moedas de tamanhos diferentes) pesados antes e depois de cada coleta mensal.

#### 2.4 Quantificação das densidades de tocas de *C. guanhumi*

As estimativas das densidades de tocas de *C. guanhumi* foram obtidas em quatro ocasiões (Maio, Agosto e Novembro de 2015 e Fevereiro de 2016). Nestas ocasiões, mediu- se quadrados de 1 x 1m onde efetuou-se a contagem visual minuciosa da quantidade das tocas. Foram estimados um total de 65 quadrados (n= 16 a 17 por mês) dispostos aleatoriamente dentro das áreas A, B, C e D (n= três a seis quadrados por área). O “n” variou conforme a acessibilidade de área existente entre raízes e arbustos de mangues. Foram contadas as tocas que indicavam a presença de indivíduos vivos / habitação, indicadas por pelotas fecais escuras e cilíndricas características da espécie na saída das tocas (Fig.2).

#### 2.5 Marcação e recaptura e com *PITs*

Para este estudo, foram adquiridos 300 *PITs* (*Nanotransponder PIT Tags*, marca Trovan, modelo ID 100 A, dimensões: 1,25 mm x 7 mm). Trata-se de microchips passivos (sem bateria), envoltos em uma cápsula de vidro inerte. Um teste metodológico foi realizado em cinco indivíduos vivos de *Cardisoma guanhumi*, e nove microchips inseridos nos mesmos, que foram mantidos em cativeiro por 480 horas. Neste período, nenhuma mudança comportamental, nenhuma perda de patas (autotomia), ou perda dos microchips foi observada, mostrando, a viabilidade do método escolhido.

Os microchips *PIT* foram sempre inseridos entre a junção do abdômen e o quarto pereiópodo (Fig.3), através da injeção com um aplicador específico, tipo seringa. Cada *PIT* possui uma numeração única, que somente pode ser lida através de um aparelho leitor específico VANTRO Systems, (Leitor de Microchip portátil de grande performance e com alcance de leitura), previamente adquirido pelo CMA para a marcação de peixes-boi. Após cada inserção, foi feita a leitura eletrônica e anotação em planilha do código ID do *PIT*, que passou a ser o ID daquele indivíduo.

Como auxílio para visualização de indivíduos marcados com os microchips *PIT*, uma marca de calor (marcação com bico de solda) foi feita na parte superior da carapaça, que serviu como controle já no momento da recaptura, indicando um indivíduo anteriormente marcado. Tanto a

inserção do microchip, quanto a marca de solda, foram feitas do lado direito do animal. (Fig.3). Os indivíduos marcados foram pesados e devolvidos na mesma área de origem (A, B, C e D) em que eles foram coletados.

Nas capturas mensais, todos os indivíduos eram examinados quanto à presença de uma marca de solda e todos os indivíduos (com ou sem cicatriz de marca de solda aparente) eram examinados com o leitor eletrônico para detecção dos *PITs*.

No primeiro mês de coleta, todos os indivíduos receberam o microchip *PIT* ( $n = 96$  ind.), a amplitude da largura da carapaça destes indivíduos variou de 24,38 mm a 59,48 mm. Devido a quantidade limitada de microchips *PIT* as marcações dos meses subsequentes de coleta, privilegiaram a marcação de indivíduos menores (largura carapaça  $< 40$ mm), priorizando assim a obtenção de incrementos de tamanho. No total, 291 indivíduos de *Cardisoma guanhumi* receberam microchips *PIT* na Ilha de Itamaracá, PE.

## 2.6 Estimativas do tamanho da população e densidade de *C. guanhumi*

Estimativas mensais do tamanho da população foram feitas através dos dados de marcação e recaptura, usando três métodos de cálculo: 1.) Diluição linear simples (“Método Linear”, vide equações abaixo), 2.) “Bias-Corrected Petersen”, (Murphy *et al.*, 1996, Seber, 2002) e 3.) “Bailey” (Murphy *et al.*, 1996, Seber, 2002).

### 1) Método linear

$$N_{popi} = (N_{toti}/N_{marci}) * N_{soltura\_anteriori}$$

Sendo:

$N_{popi}$  : Estimativa do tamanho da população para o mês *i*.

$N_{soltura\_anteriori}$  : Total de indivíduos marcados e soltos nos meses anteriores ao mês *i*.

$N_{toti}$  : Total de indivíduos capturados no mês *i*

$N_{marci}$  : Total de indivíduos marcados encontrados na amostra do mês *i*

### 2) Método “Bias-Corrected Petersen” 3) Método “Bailey”

As estimativas do tamanho da população através dos métodos “Bias-Corrected Petersen” e “Bailey” (Murphy *et al.*, 1996, Seber, 2002) foram obtidas para cada mês, com os seus respectivos intervalos de confiança de 95%, usando os mesmos dados mensais de *input* como no método linear descrito acima, aplicando-se para cada mês a função *mrN.single* (Nelson, 2015). Esta função fornece como resultado (*output*) as estimativas do tamanho da população com estes dois métodos e

os seus respectivos intervalos de confiança de 95%. A função *mrN.single* encontra-se inserida no pacote *fishmethods* (Nelson, 2015), dentro do ambiente de programação "R" (versão 3.2.4, "R Foundation for Statistical Computing", Viena, Áustria).

Para uma estimativa integrada do tamanho da população, calculou-se, a seguir, as médias das estimativas obtidas com os três métodos, para todos os meses em que ocorreram recapturas. Este valor médio do tamanho da população (ind.), dividido pela área total (m<sup>2</sup>) da área de estudo (soma das áreas A+B+C+D, m<sup>2</sup>), foi usado para estimar a densidade média da população (ind./m<sup>2</sup>).

## 2.7 Estimativas de parâmetros de crescimento do modelo *von Bertalanffy*

O crescimento em tamanho (largura da carapaça) foi descrito usando a equação de von Bertalanffy (von Bertalanffy, 1938):

$$L(t) = L_{\infty}\{1 - e^{-K(t-t_0)}\} \quad (1)$$

Onde:  $L(t)$  = largura na idade  $t$ ;  $L_{\infty}$  = largura máximo assintótico que a espécie pode atingir;  $K$  = coeficiente da taxa de crescimento, que determina o quanto rápido o comprimento máximo será atingido;  $t$  = a idade do indivíduo;  $t_0$  = a idade relacionada com o comprimento zero.

## 2.8 Métodos de Análise de frequência de comprimento

Neste estudo, para o tratamento dos dados, os parâmetros de crescimento de todos os indivíduos de *C. guanhumi* foram agrupados em intervalos de classe de tamanho de 2cm.

Os valores de  $L_{\infty}$  e  $K$  foram estimados pelo método de análise de frequência de comprimento ELEFAN I (*Eletronic Length-Frequency Analysis*, Pauly e David, 1981), e (Shepherd, J.G. (1987), ambos inseridos no pacote computacional FISAT II (FAO-ICLARM Stock Assessment Tools, Gayanilo *et al.*, 1996; Gayanilo e Pauly, 1997), que baseia-se em sequências temporais de distribuições de frequência de comprimento. Comparamos diversos modelos para determinar valores de crescimento e mortalidade em *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825, o ELEFAN I (baseado na distribuição de frequência de largura de carapaça de 1078 indivíduos), inserido no pacote computacional *Fisat II* e através da função *GrowthTraject* (baseada em incrementos individuais de 291 indivíduos marcados com *PITs*, utilizando o pacote *fishmethods* (Ambiente de programação "R")), o método de Powell-Wetherall (Pauly & Morgan, 1987). O método ELEFAN I é vastamente utilizado em estudos que avaliam os estoques pesqueiros.

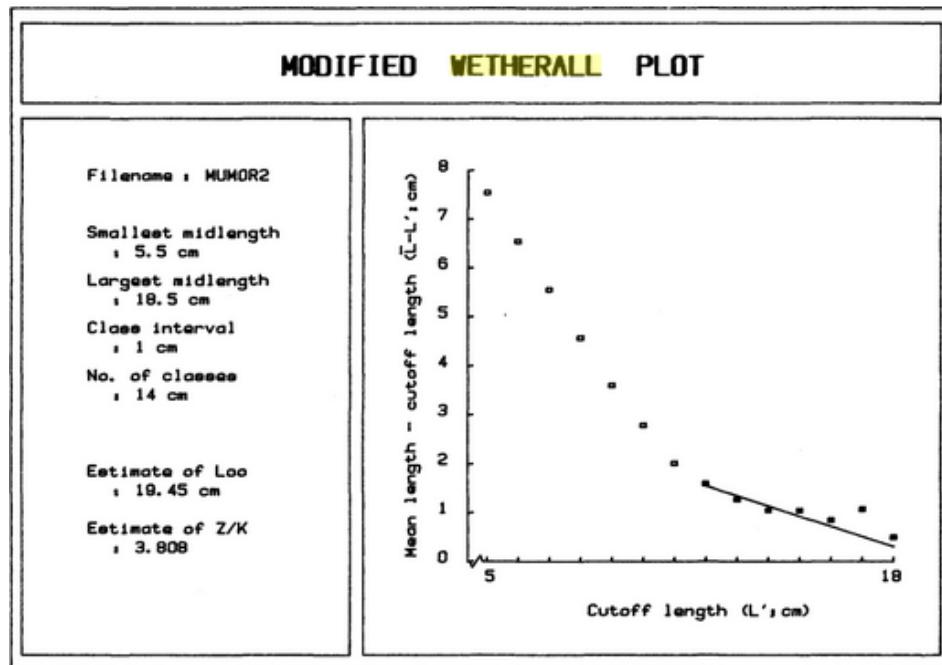
### 2.8.1 Método Bhattacharya

Para a determinação dos picos das coortes foi utilizado o método Bhattacharya (1967), inserido no pacote FISAT II, que decompõe as distribuições de frequências em distribuições normais, transformando-as individualmente em coortes.

### 2.8.2 Método de Powell-Wetherall

O método de Powell-Wetherall, também chamado de “método de Wetherall modificado” ou “Powell-Wetherall-plot” (Pauly & Morgan, 1987) foi usado como método adicional e independente para estimar o parâmetro de crescimento  $L_\infty$  e a razão Z/K, com auxílio do pacote FISAT II, com o objetivo de testar este método e comparar as suas estimativas com aquelas obtidas com outros métodos. O método, originalmente proposto por Wetherall(1987) e Wetherall *et al.* (1987), e modificado por Pauly & Morgan (1987), é baseado na aplicação de uma linha de regressão (Fig. 5) da média dos comprimentos de uma curva de captura (catch curve = soma de todas as distribuições mensais de frequência de comprimento) cortada em comprimentos consecutivos (*cutoff lengths*). Os dados são plotados da seguinte forma: Eixo X = *cutoff length*; Eixo Y= (Comprimento médio – *cutoff length*). Os parâmetros desta linha de regressão (intercepta e inclinação) são usados para calcular a razão Z/K e o valor de  $L_{\text{inf}}$  (sem calcular o valor exato de K). Foram feitas duas formas de aplicar este método: com todas as classes de tamanho, e somente com aquelas classes de tamanho definidas pelo usuário como havendo tendência decrescente na plotagem da curva de captura. Esta plotagem da curva de captura, paralela ao “Powell-Wetherall-plot”, é usada como auxílio na definição dos comprimentos (definição dos pontos da plotagem) a serem usados na definição, feita pelo usuário, da parte dos dados usada para a reta de regressão (Pauly & Morgan,1987). Esta análise foi feita seis vezes: 1.) machos (todas as classes de tamanho), 2.) machos (classes de tamanho definidas pelo usuário), 3.) fêmeas (todas as classes de tamanho), 4.) fêmeas (classes de tamanho definidas pelo usuário), 5.) machos e fêmeas (todas as classes de tamanho), 6.) machos e fêmeas (classes de tamanho definidas pelo usuário).

Figura 5. Powell-Wetherall-plot.



Fonte: Pauly & Morgan, 1987.

## 2.9 Índice de desempenho de crescimento

O Índice de desempenho de crescimento (*growth performance*,  $\phi$ ) se propõe a verificar com exatidão os parâmetros de crescimento, integrando os dados de  $L_\infty$  e  $K$ . Ele foi utilizado na comparação das curvas de crescimento de acordo com a equação de Pauly & Munro (1984):

$$\phi = \log K + 2 \log L_\infty. \quad (2)$$

## 2.10 Análise de dados de marcação e recaptura (pacote *fishmethods*)

Os métodos de marcação e recaptura são usualmente utilizados para estimar o tamanho total da população, dados de mortalidade, e para obter dados de crescimento individual mais precisos se comparado a outros métodos, como o de progressão modal. Eles fornecem estimativas menos dependentes do tamanho amostral e criam chaves de idade-crescimento em números da idade por tamanho (Nelson, 2013).

O objetivo principal deste trabalho, a obtenção dos parâmetros de crescimento, foi feita da seguinte forma: Os dados de entrada para a obtenção dos parâmetros da curva crescimento foram

os dados de incrementos, ou seja, duas variáveis pareadas (duas colunas): intervalos de tempo (dt) e diferenças de tamanho (dL) para cada recaptura. Os incrementos de largura de carapaça (dL/dt, em mm/ano) obtidos através do método de marcação e recaptura, foram importados no pacote “*fishmethods*” (ambiente de programação “R”). Para obter K e  $L_{\infty}$  através dos incrementos, utilizou-se primeiro, a função “*grotag*” (Kienzle e Nelson, 2013), utilizando o método de ajuste não-linear de Francis (1988).

Os dados de incrementos e os dados de K e  $L_{\infty}$  obtidos com “*grotag*” foram plotados com a função *growthTraject* utilizando o pacote *fishmethods* (Ambiente de programação “R”). Neste método, encaixa-se, para executar a plotagem, os dados de incrementos individuais na curva de crescimento, calculando primeiro, para cada incremento, a idade relativa no momento da marcação pela equação invertida de von Bertalanffy, ou seja, a idade “t” expressa em função do tamanho “L”:

$$t(L) = t_0 - \frac{1}{K} * \ln(1 - L/L_{\infty}) \quad (3)$$

A função “*growthTraject*” então plota a equação von Bertalanffy (com valores de K e  $L_{\infty}$  obtidos com a função “*grotag*”) junto com os incrementos de tamanho em um gráfico único, o que permite a visualização da curva de crescimento e da variabilidade do crescimento da população.

## 2.11 Integração dos métodos ELEFAN e *fishmethods*, estimativas de mortalidade e recrutamento

Uma vez obtida uma estimativa confiável de K e  $L_{\infty}$  através do método de marcação e recaptura (pacote *fishmethods*), fez-se uma nova avaliação das distribuições de frequência de tamanhos usando o pacote FISAT II. Neste passo, calculou-se a mortalidade (*length-converted catch curve*, e o recrutamento mensal). O recrutamento também foi avaliado através da plotagem mensal da abundância relativa de indivíduos pequenos ( $LC < 30$  mm).

Por fim, fez-se uma nova tentativa de adaptação da curva de crescimento aos dados mensais de distribuição de frequência, com base nos dados confiáveis de K e  $L_{\infty}$  obtidos com o pacote *fishmethods*, deixando que o FISAT II (método ELEFAN) estime apenas o SS (*starting sample*) e SL (*starting length*), com K e  $L_{\infty}$  fixos.

## 2.12 Relação Largura - Peso da carapaça

Valores de largura e peso da carapaça de todos os indivíduos foram plotados num gráfico de dispersão, descrito pela equação  $W = a * L^b$ , onde W corresponde ao peso total (g); L é a largura da carapaça (mm); b: coeficiente de alometria (LE CREN, 1951). Os valores de “a” e “b” foram

calculados através da logaritmização dos dados de peso e de largura da carapaça e do ajuste de uma linha reta aos pontos através dos mínimos quadrados (regressão linear, Zar, 2009).

### 2.13 Testes de diferenças em peso e tamanho entre os sexos

As diferenças de comprimento e peso entre os sexos foram testadas usando o teste não paramétrico Mann-Whitney, com  $p_{crit} = 0,05$  (Zar, 2009). As possíveis diferenças entre as duas retas de regressão da relação log (Peso) vs log (Comprimento) para machos e fêmeas foram testadas usando ANCOVA, examinando, diferenças entre inclinações (*slope*) e intercepto, separadamente, com  $p_{crit} = 0,05$  (Zar, 2009). Uma possível existência de uma diferença na relação peso e comprimento entre machos e fêmeas foi testada usando uma análise de covariância ANCOVA, com dados logaritimizados de peso e comprimento.

### 2.14 Crescimento sazonal

A curva de crescimento sazonal para esta população foi estimada através do ajuste da equação von Bertalanffy sazonal (Somers, 1988). Esta equação foi ajustada aos dados da seguinte forma:

- 1.) Definição dos parâmetros ( $K$  e  $L_{\infty}$ ) da curva de crescimento von Bertalanffy (VBGF) não-sazonal pelo método de marcação e recaptura (pacote *fishmethods*, Nelson, 2013), baseado em todos os indivíduos marcados e recapturados. Objetivo: obter estimativas confiáveis de  $L_{inf}$  e  $K$ .
- 2.) Plotagem preliminar desta curva de crescimento VBGF não-sazonal sobre as distribuições mensais de frequência de tamanhos da população total, com  $C = 0$  (sem considerar nenhuma sazonalidade), usando o pacote FISAT II, usando os parâmetros  $K$  e  $L_{inf}$  obtido no *fishmethods* (Nelson, 2013) no ambiente “R”. Objetivo: verificar preliminarmente se estes valores de  $K$  e  $L_{inf}$  podem ser aplicados à população total.
- 3.) Verificação estatística para ver se existe uma sazonalidade significativa do crescimento. Aplicação de um modelo estatístico não-linear GAM (*general additive model*) para verificação do padrão da sazonalidade e teste de significância ( $p_{crit} = 0,05$ ) do GAM (Hastie & Tibshirani, 1990) usando pacote “gam” (Hastie, 2005) no ambiente “R”. A seguir: teste Mann-Whitney ( $p_{crit} = 0,05$ ) das diferenças dos incrementos ( $dL/dt$ ) no inverno e no verão (Zar, 2009). Este teste foi baseado somente nos incrementos com menos de 65 dias de duração, ou seja, somente utilizou-se incrementos com um e dois meses de intervalo, para esta análise de sazonalidade. Crescimento no Inverno: incrementos ( $dL/dt$ ) de largura de carapaça (mm/ano) dos indivíduos recapturados de Julho a Outubro de 2015 (marcados de Maio a Setembro de 2015). Crescimento no Verão: incrementos

(dL/dt) de largura de carapaça (mm/ano) dos indivíduos recapturados em Maio de 2015, e recapturados de Dezembro de 2015 a Março 2016 (marcados em Abril de 2015 e marcados de Outubro 2015 a Fevereiro de 2016).

4.) Após a confirmação pelo teste Mann-Whitney, indicando que existe sazonalidade significativa do crescimento ( $p < 0,05$ ), a seguir, foi calculada a amplitude sazonal do crescimento (“C”, segundo Somers, 1988). Segundo Pauly (2000),  $C = 1$  significa que o crescimento no pico de crescimento (“verão”) é o dobro do crescimento médio, e que durante o pico do inverno, o crescimento é zero.  $C = 0,5$  significa que a taxa de crescimento aumenta em 50% durante o verão em relação ao crescimento médio e é reduzida em 50% em relação à taxa média durante o inverno.

A amplitude sazonal do crescimento (C) foi calculada da seguinte forma:

$G_{mean}$  = Crescimento médio da população. Média aritmética de todos os incrementos obtidos (mm/ano).

$G_{winter}$  = Crescimento médio durante o inverno. Média aritmética dos Incrementos (dL/dt) de largura de carapaça (mm/ano) dos indivíduos recapturados de Julho a Outubro de 2015 (marcados de Maio a Setembro de 2015)

$G_{summer}$  = Crescimento médio durante o verão. Média aritmética dos incrementos (dL/dt) de largura de carapaça (mm/ano) dos indivíduos recapturados em Maio de 2015 e de Dezembro 2015 a Março 2016 (marcados em Abril de 2015 e de Outubro de 2015 a Fevereiro de 2016)

$$Diff_{sw} = G_{summer} - G_{winter} \quad (4)$$

$C$  = Amplitude sazonal do crescimento

$$C = (Diff_{sw} / G_{mean}) / 2 \quad (5)$$

5) Plotagem final da curva de crescimento VBGF sazonal (Somers, 1988) sobre as distribuições mensais de frequência da população total, com  $C > 0$  (com sazonalidade), usando o pacote FISAT, baseando-se nos parâmetros  $K$  e  $L_{inf}$  obtidos no *fishmethods* e no valor de  $C$  calculado acima. Ajuste usando as rotinas ELEFAN I e Shepherd's, com valores fixos de  $K$ ,  $L_{inf}$  e  $C$ , permitindo somente a variação do ajuste horizontal das curvas. Dois parâmetros variáveis *Starting Sample* (“SS”) e *Winter Point* (“WP”) são deixados livres para serem estimados durante a plotagem com ELEFAN I e Shepherd's. Objetivo: verificar de forma definitiva se os valores de  $K$ ,  $L_{inf}$  e  $C$  podem ser aplicados à população total, e verificar o ajuste das equações obtidas às distribuições mensais de frequência da população total.

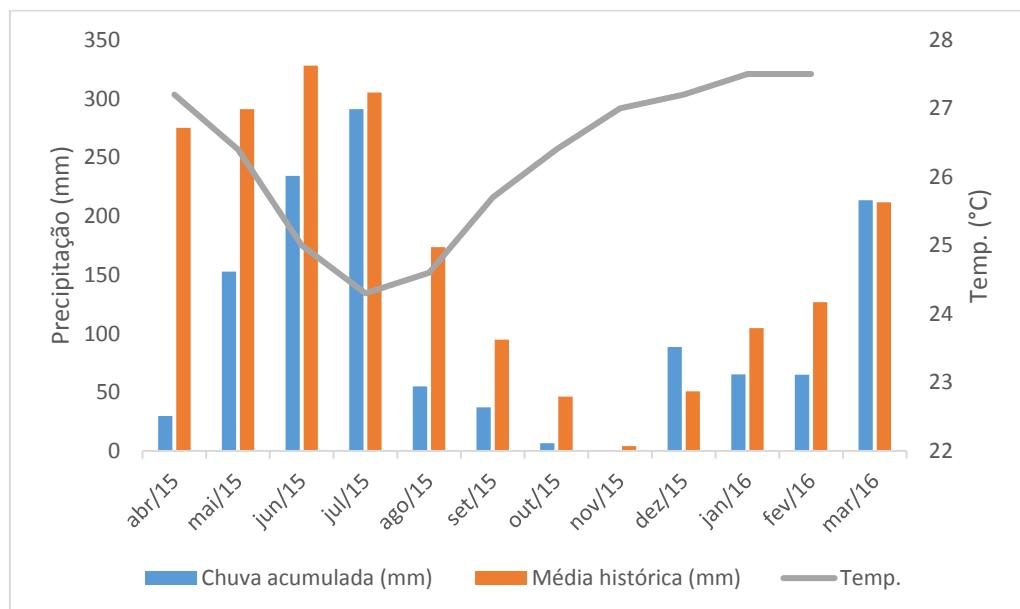
### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Fauna e flora associada, condições climáticas e temperatura

A margem superior do manguezal do CMA apresenta uma vegetação caracterizada pelas espécies *Rhizophora mangle* (mangue - vermelho); *Conocarpus erectus* (mangue de botão); uma espécie praiana, *Terminalia catappa* (amendoeira-da-praia) e algumas espécies invasoras como a *Syzygium cumini* (azeitona-preta). A fauna de braquiúros está representada pelo guaiamum (*Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825), caranguejo uçá (*Ucides cordatus* Linnaeus, 1763), aratu do mangue (*Goniopsis cruentata*, Latreille, 1803), caranguejo arborícola (*Aratus pisonii*) e os chama-marés (*Uca* spp.).

Os padrões de pluviosidade seguiram, de uma forma geral, o padrão anual esperado (Fig. 6). A chuvas mais intensas foram observadas entre abril e julho de 2015 (estação chuvosa), com menores valores de setembro 2015 a fevereiro 2016 (estação seca).

Figura 6. Precipitações mensais para Itamaracá (PE) entre abril de 2015 a março de 2016.. Barras azuis: valores de chuva acumulada. Barras laranjas: valores das médias históricas. Linha cinza: Médias mensais da temperatura do ar.



Fonte: Apac (Agência Pernambucana de água e clima) e Inmet (Instituto nacional de meteorologia)

A temperatura do ar também mostrou um padrão sazonal claro, mas bem diferente do padrão da pluviosidade (Fig. 6). Enquanto o mínimo da pluviosidade ocorreu em novembro (pico da estação seca), o mínimo da temperatura ocorreu quatro meses antes, em julho (pico do inverno).

Calculando-se as diferenças em temperatura do ar, entre o maior valor médio mensal (27,5°C, Janeiro de 2016) e o menor valor médio mensal (24,3°C, Julho de 2015), obteve-se uma amplitude térmica de 3,2°C (Fig. 6).

### 3.2 Estrutura da população

Durante o período de estudo (abril de 2015 a março de 2016), foram capturados e medidos 1078 indivíduos de *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825. A proporção sexual entre 572 machos (53,06%) e 506 fêmeas (46,94%) diferiu significativamente de 1 para 1 (1,13: 1). A proporção sexual da população total apresentou um valor ligeiramente predominante para machos ( $\chi^2 = 3,93$ ;  $p = 0,047$ ) (Total machos e fêmeas = 569 / 504: quiquadrado = 3,93 e  $p = 0,04$  e  $p$  Yates = 0,05). (Tab.1). Os valores da largura da carapaça (CW) de todos os indivíduos variaram entre 20,9 mm a 70,0 mm, com média de 43,45 mm (desvio padrão: 8,53 mm; mediana 44,05. Os pesos variaram entre 0,04 g e 162,0 g, com média de 45,85 g (desvio padrão: 25,34 g) (Fig. 8 e 9). A maioria dos indivíduos capturados era formada por adultos e poucos juvenis (Indivíduos que apresentaram o abdômen totalmente colado a carapaça = 14 indivíduos, 0,77% da população).

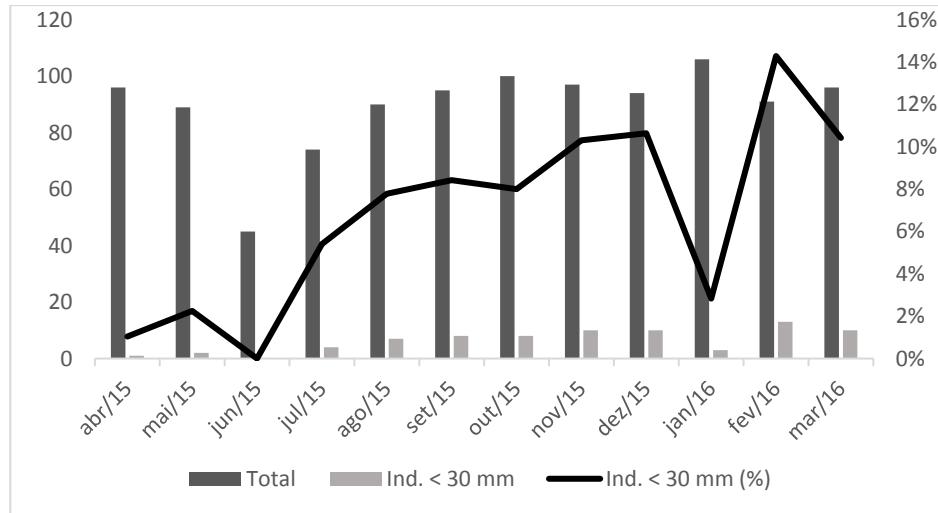
Tabela 1. Proporção entre machos e fêmeas e valor “p” do teste Qui-quadrado ( $X^2$ ) para a população de *Cardisoma guanhumi* do manguezal do CMA (Ilha de Itamaracá-PE, Brasil), durante o período de abril de 2015 a março de 2016.

	Abr/15	Mai/15	Jun/15	Jul/15	Ago/15	Set/15	Out/15	Nov/15	Dez/15	Jan/16	Fev/16	Mar/16
<b>Machos / Fêmeas</b>	(44/52)	(52/37)	(24/21)	(41/33)	(47/43)	(48/47)	(49/51)	(45/52)	(43/51)	(56/50)	(59/32)	(61/35)
<b>Proporção</b>	1:1,2	1:0,7	1:0,9	1:0,8	1:0,9	1:0,98	1:1,04	1:1,2	1:1,2	1:0,9	1:0,5	1:0,6
<b><math>X^2</math></b>	0,66 <sup>ns</sup>	2,52 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	8,01 <sup>ts</sup>	7,04 <sup>ts</sup>
<b>“p”</b>	0,41	0,11	0,65	0,35	0,67	0,91	0,84	0,47	0,40	0,56	<b>0,004</b>	<b>0,008</b>

\*ts teste significativo ( $p < 0,05$ ); \*ns teste não foi significativo ( $p > 0,05$ )

Fonte: O autor 2016.

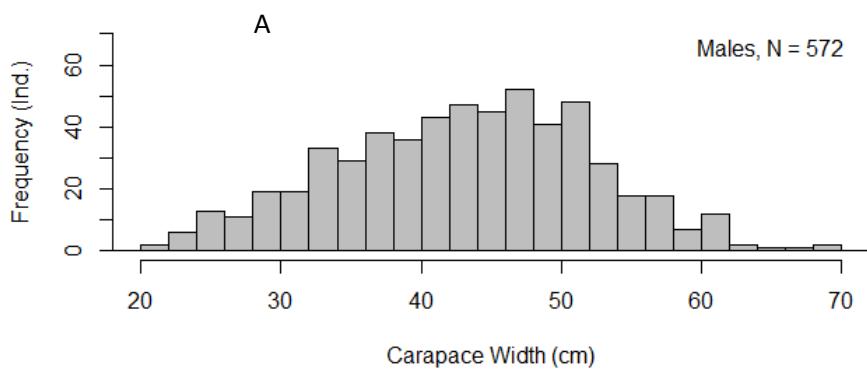
Figura 7. Total de capturas mensais de machos e fêmeas (barras escuras), e de indivíduos < 30 mm (barras cinzas) no período de estudo. Linha escura: porcentagem de indivíduos < 30 mm.

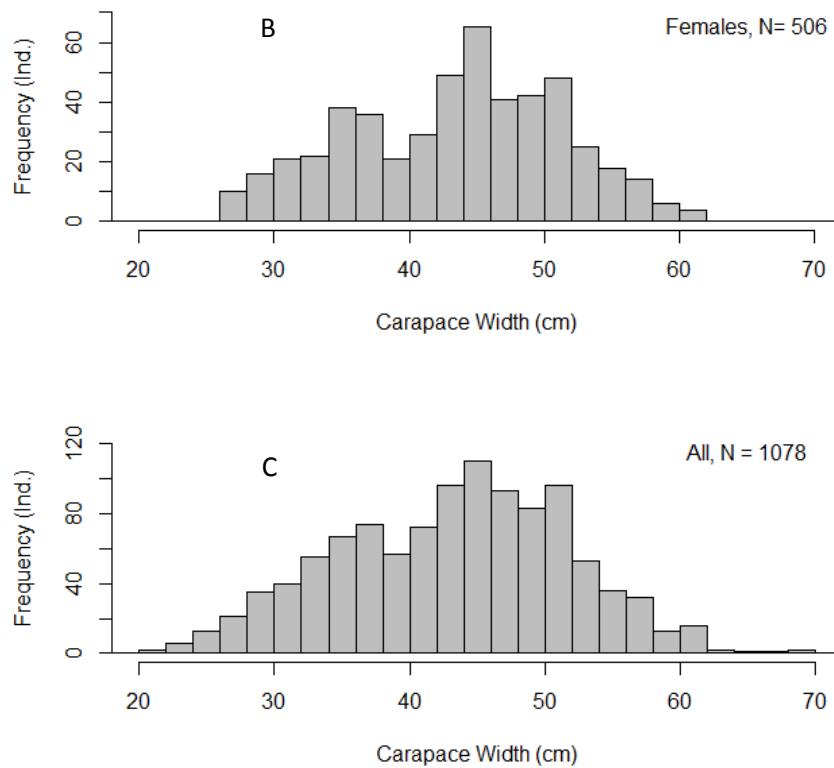


Fonte: O autor 2016.

Na população pode ser observado uma queda na abundância no mês de junho o que se refletiu também nos indivíduos menores que 30 mm (Fig.7). Na maioria dos meses as classes de comprimento entre 40 e 50 mm foram predominantes, representando cerca de 47% da população dos indivíduos (Fig.8).

Figura 8. *Cardisoma guanhumi*. Distribuição de Frequência de largura da carapaça por classes de comprimento de machos (A); fêmeas (B) e população total (C).



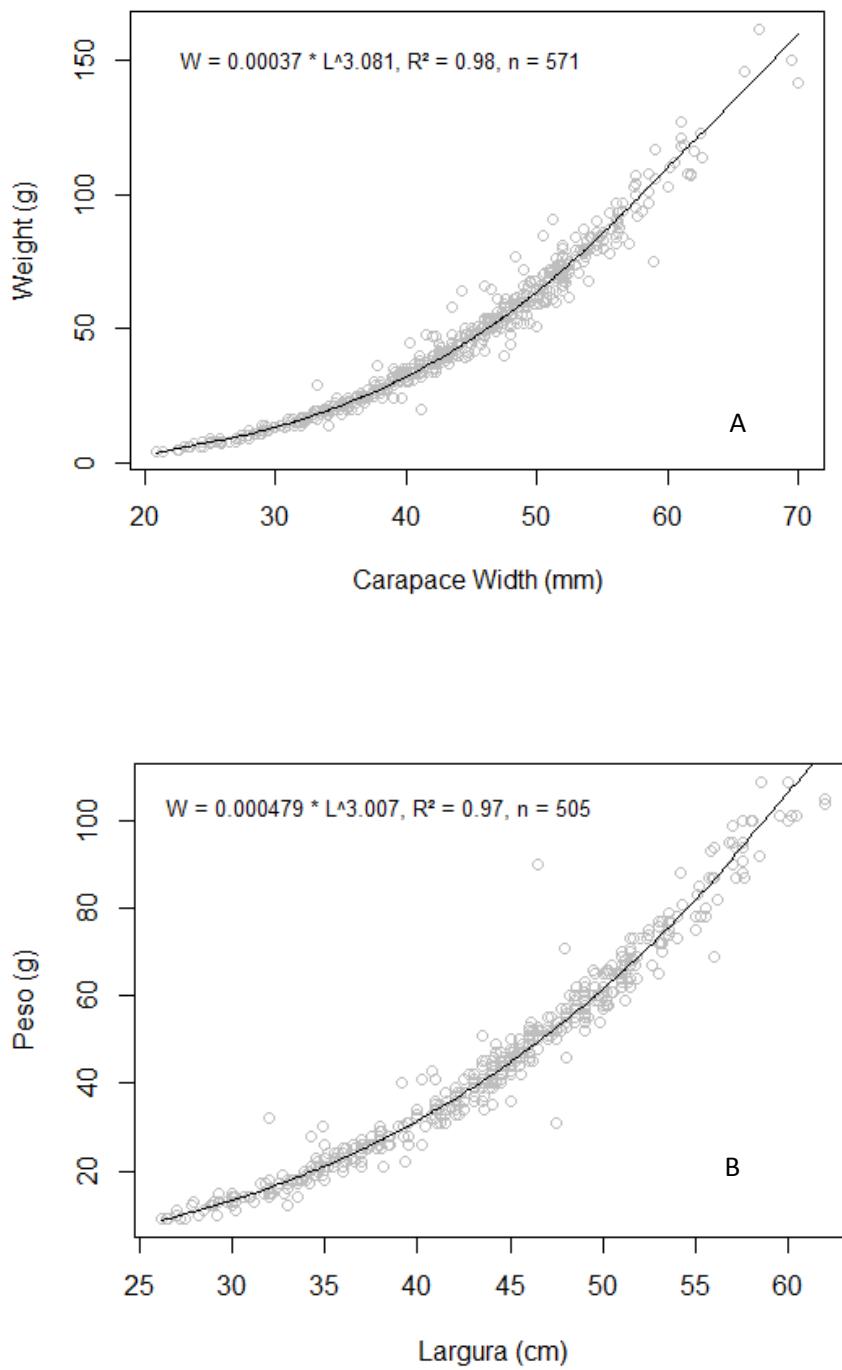


Fonte: O autor 2016.

Não foram observadas diferenças significativas entre os sexos, comparando-se os valores de peso e largura dos machos e das fêmeas (teste Mann-Whitney, Fig. 9)

A relação peso-largura para machos e para fêmeas apresentou crescimento isométrico (Fig.9), com valores de “b” próximos de 3 ( $b = 3,081$  para machos e  $b = 3,007$  para fêmeas). Comparando-se os sexos, é possível observar diferenças significativas. Os valores de  $b$ , apesar de muito semelhantes entre si foram significativamente diferentes entre os sexos (ANCOVA,  $p = 0.0106$ ), assim como os valores de “a” (ANCOVA,  $p < 0.0001$ ).

Figura 9: *C. guanhumi*. Relação peso-largura da carapaça para machos (A) e fêmeas (B).



Fonte: O autor 2016.

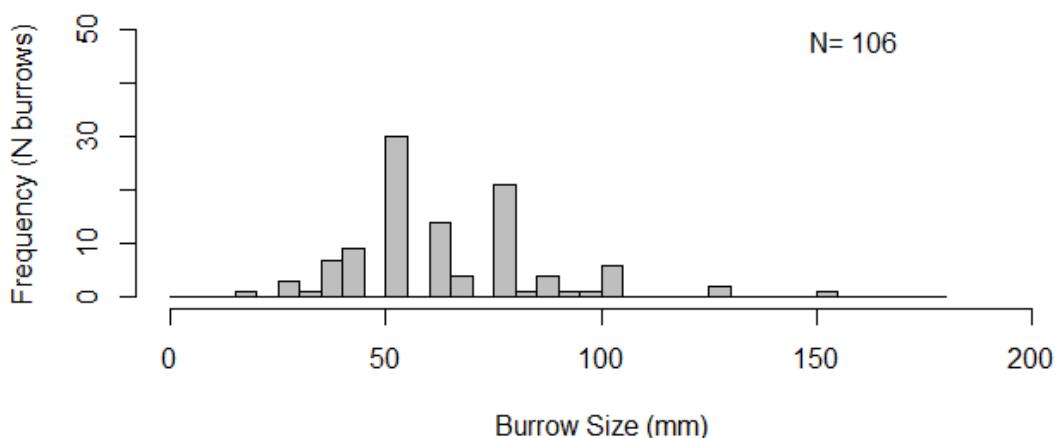
### 3.3 Quantificação das densidades, tamanhos e distribuição espacial das tocas de *C. Guanhumi*

As densidades de tocas de *C. guanhumi* variaram entre 5 e 12 tocas/m<sup>2</sup>. Não houve diferenças significativas entre os meses e entre as quatro áreas. A densidade média de tocas foi de 7,49 tocas/m<sup>2</sup> (desvio padrão: 1,80 tocas/m<sup>2</sup>, N = 65 quadrados).

Os tamanhos das tocas de *C. guanhumi* variaram entre 19,05 mm e 152,4 mm. O tamanho médio das tocas foi de 63,46mm (desvio padrão: 22,5 mm, N = 106 tocas medidas).

Os diâmetros das tocas de *C. guanhumi*, foram de uma forma geral, consideravelmente maiores que as larguras das carapaças. Ao contrário do tamanho dos indivíduos de *C. guanhumi* (maior indivíduo: 70 mm), os diâmetros das tocas desta espécie mostraram um grande número de valores (34% do total) acima de 70 mm (Fig.10). O histograma da distribuição de frequência de diâmetros das tocas (Fig.10) mostra que existem vários picos (modas), sendo a maior moda aquela entre 50 mm e 55 mm de diâmetro (largura das carapaças: moda principal entre 44 e 46 mm). Em média, as tocas de *C. guanhumi* foram 46% maiores do que as larguras de carapaças (Tab. 2). Tocas de *C. guanhumi* extremamente pequenas, com menos de 30 mm, foram muito raras, apenas 4% das tocas encontradas (N = 4, uma toca com 19 mm, e três tocas com 25 mm). Somente três tocas tiveram diâmetros extremamente grandes, bem maiores do que o esperado (diâmetros: 2 x 127 mm e 1 x 152 mm).

Figura10. Histograma da distribuição de frequência de diâmetros das tocas na margem superior do manguezal do CMA, Itamaracá, Pernambuco, Brasil, em maio e novembro de 2015.



Fonte: O autor 2016.

No ambiente do manguezal no local de estudo existem tocas distribuídas com tamanhos e localizações diferentes. As tocas utilizadas pelos guaiamuns localizam-se ao largo de um barranco de argila na margem superior do supralitoral do mangue, e dividem-se de acordo com o tamanho dos indivíduos. As maiores tocas estão na parte superior, as médias concentram-se no meio e as menores na parte inferior do mangue. A distribuição das tocas por metro quadrado nas quatro áreas foi de 5 a 12 tocas. O tamanho (diâmetro) das tocas variou de 19,05 mm a 152,4 mm (média: 63,46 mm, desvio padrão: 22,5 mm) (Fig.10; Tab.2).

Tabela 2. Comparação do tamanho das tocas (TT) e da largura da carapaça (LC). LC: largura da carapaça (mm) de 1078 indivíduos (machos e fêmeas) de *Cardisoma guanhumi*. TT: diâmetros (mm) de 106 tocas de *C. guanhumi* medidas na margem superior do manguezal do CMA, Itamaracá, Pernambuco, Brasil. Os diâmetros foram medidos, em maio, agosto e novembro de 2015 e fevereiro de 2016.

	Min.	Máx.	Média	Mediana	Moda
<b>LC (mm)</b>	20,9	70,0	43,45	44,05	44-46
<b>TT (mm)</b>	19	152	63,5	63,5	50-55
<b>Razão TT/LC</b>			1,46	1,44	

Fonte: O autor 2016.

### 3.2.2 Tamanho da população e densidade de *C. Guanhumi*

A marcação de 291 indivíduos de *Cardisoma guanhumi* no mangue do CMA resultou numa estimativa média do tamanho da população da área de coleta de 1262 indivíduos. O tamanho desta população, obtido através de marcação e recaptura variou entre 576 ind. (método de Bailey, Int. de Conf. de 95 %: 375-960 ind.) em Maio 2015 e 2572 ind. (método linear) em Julho de 2015 (Tab.3). A média das 33 estimativas feitas (3 métodos, 11 meses de recapturas) do tamanho da população foi de 1262 indivíduos (desvio padrão: 401 indivíduos, N = 33). Considerando-se o tamanho da área de estudo (áreas A+B+C+D) como 567 m<sup>2</sup>, a densidade média da população foi estimada como 2.23 ind. /m<sup>2</sup> (desvio padrão: 0,71 ind. /m<sup>2</sup>).

Tamanho da população calculada: Média Geral = 1262 +- 401 ind. (vide Tabela 3).

Tamanho da Área de estudo (áreas A+B+C+D): 567 m<sup>2</sup>

Densidade Média: 2.23 +- 0,71 ind. /m<sup>2</sup>

Tabela 3. Tamanho da população de *C. guanhumi* na área de estudo. Resumo das estimativas (número de ind.) baseadas em 11 meses de recapturas (N = 95), de maio de 2015 a março de 2016. N = 1078 ind. capturados e soltos e 130 incrementos (= 130 eventos de recaptura).

MÉTODO	LINEAR	BIAS-CORRECTED PETERSEN	INT. CONF. 95% (B.C. PETERSEN)	BAILEY	INT. CONF. 95% (BAILEY)	MÉDIA GERAL (IND.)
MÍN.	610	581	406-949	576	375-960	
MÁX.	2572	2099	1142-10286	2085	1042-5212	
MÉDIA	1367	1267		1262		1262
DESV. PAD. (N)	499 (11)	402 (11)		400 (11)		401 (33)

Fonte: O autor 2016.

### 3.5 Observações durante as coletas

Indivíduos abaixo de 20 mm de largura da carapaça, não foram observados e capturados, também não foi capturada nenhuma fêmea ovígera. Na preamar foi possível observar o *Cardisoma guanhumi* devido à localização de suas tocas na parte supralitoral do mangue, ao contrário do *Ucides cordatus* que vive na parte mesolitoral. Os guaiamuns são extremamente sensíveis a sons e movimentos e são atentos à presença de observadores, protelando por longos períodos sua saída das tocas para o forrageamento. A quantidade de indivíduos coletados foi maior ao amanhecer e no crepúsculo. Nas horas em que o sol predominava, os indivíduos se recolhiam em suas tocas, tendo o cuidado de antes cortar folhas do mangue e colocá-las sobre as tocas. Não foi observado nenhuma alimentação carnívora, insetívora ou de sementes, os animais se alimentavam exclusivamente das folhas das árvores do CMA (*Rhizophora mangle*, *Conocarpus erectus*, *Terminalia catappa*, *Syzygium cumini*, etc), e na maioria das vezes eles carregavam as folhas para dentro de suas tocas. A eficiência de captura foi semelhante em todas as quatro áreas (Fig.1).

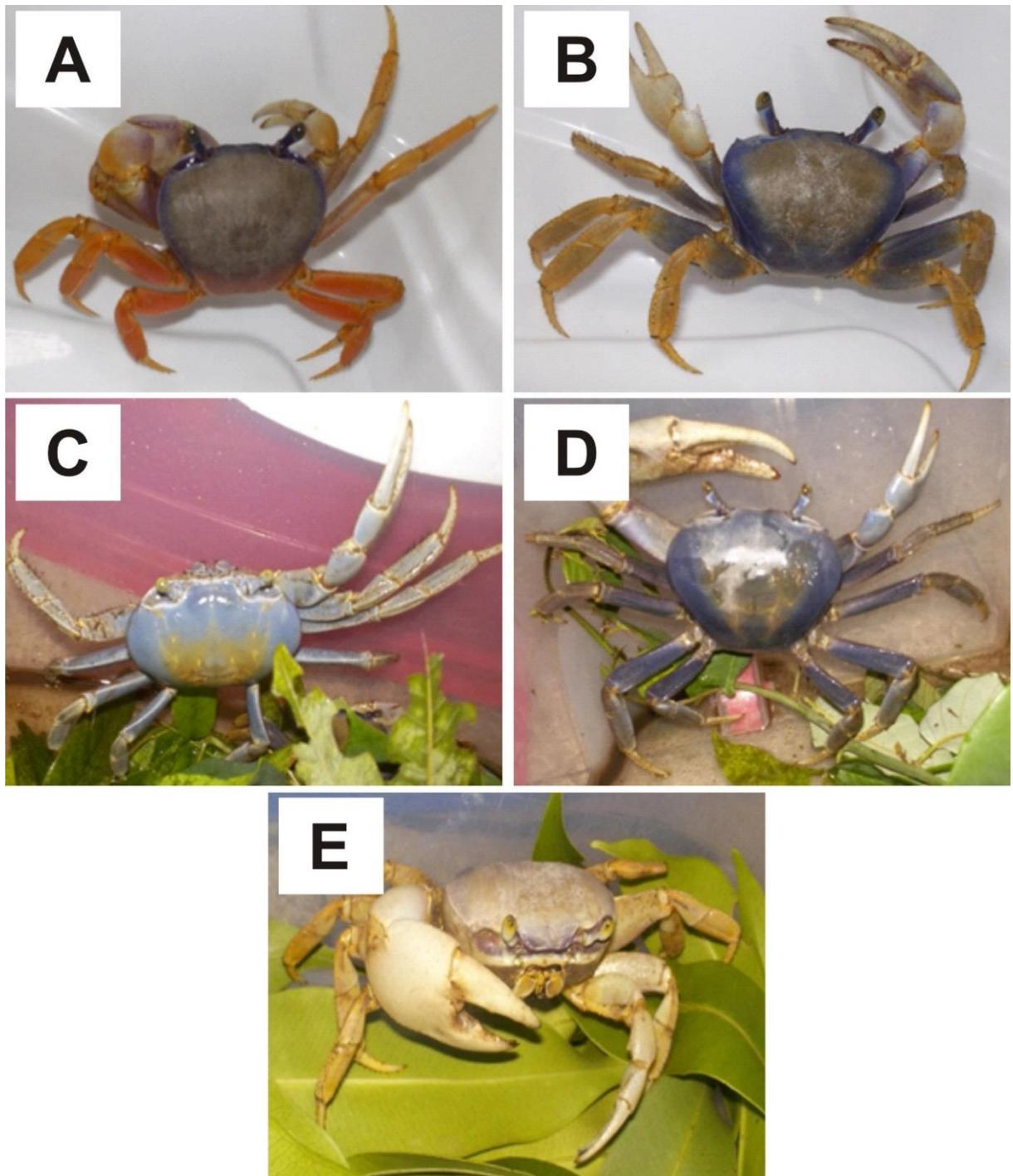
### 3.6 Padrões de cores

Neste estudo foram observados 5 padrões de cores principais entre (572 machos e 506 fêmeas) de *C. guanhumi*, que foram representadas em todas as quatro áreas do mangue (Fig. 11).

Padrão A: carapaça roxa/amarronzada com quelípodos e pernas laranja escuros. Padrão B: carapaça roxa/azulada com quelípodos e pernas laranja claros. Padrão C: Coloração da carapaça com quelípodos e pernas azul lavanda; Padrão D: Coloração da carapaça com quelípodos e pernas roxo. Padrão E: Coloração da carapaça com quelípodos e pernas creme. Os padrões com maior representatividade na população foram “A” e “B”.

O padrão “A” foi representado por indivíduos medindo de 27,7 a 44,5 mm; o padrão “B” 26,2 a 43,6 mm; o padrão “C” foi representado por indivíduos medindo de 18,5 a 70,0 mm; o padrão “D” por indivíduos de 18,6 a 62,5 mm e o padrão “E” por indivíduos 22,6 a 50,4 mm (Fig.11).

Figura 11. Padrões de cores representadas pelas figuras A, B, C, D e E de *C. Guanhumi* no mangue do CMA, Itamaracá, PE, Brasil.

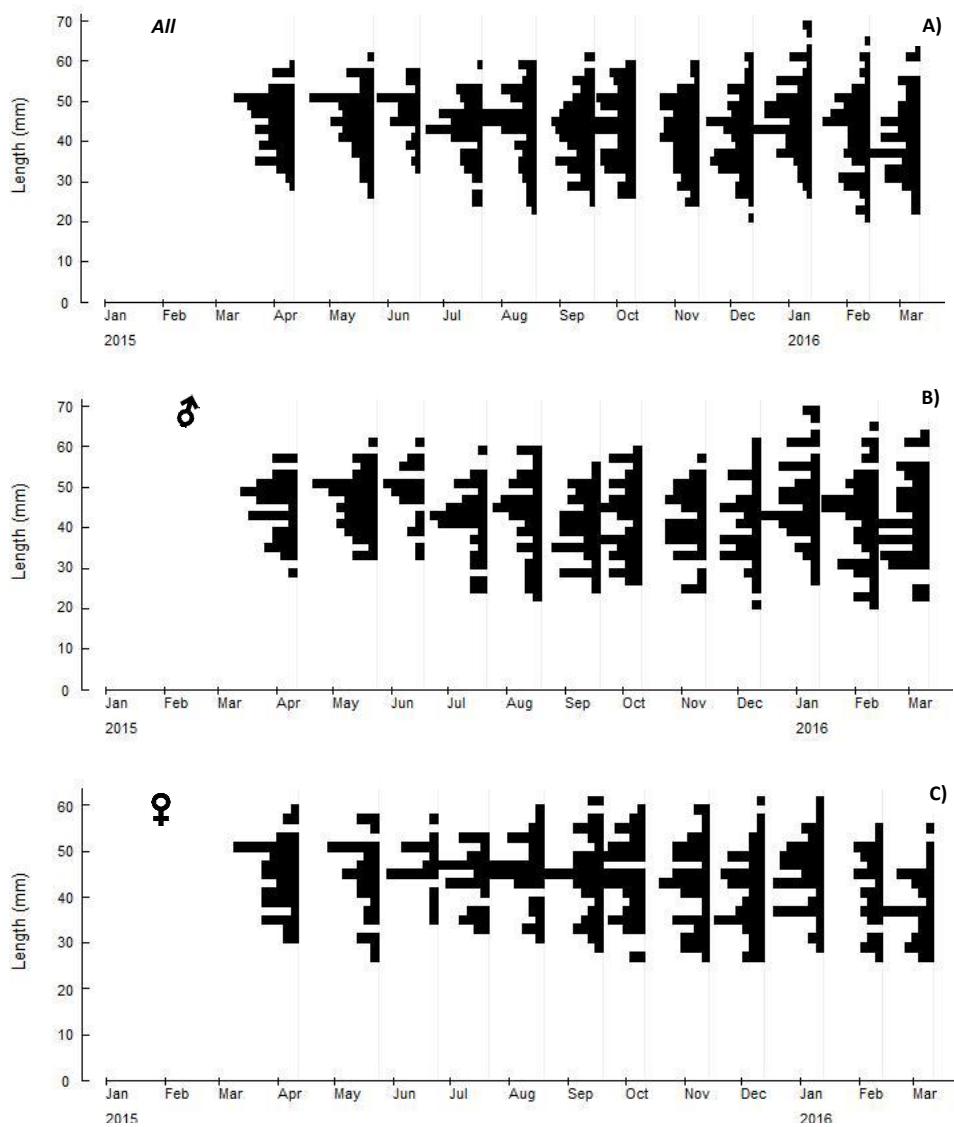


Fonte: O autor 2016.

### 3.7 Variação mensal das distribuições de frequência de comprimento

As distribuições mensais das frequências de comprimento foram predominantemente multimodais, sem uma progressão modal clara (Fig. 12).

Figura 12. Distribuição de Frequência mensal de largura de carapaça de machos e fêmeas (A), machos (B) e de fêmeas (C) de *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825, capturados no manguezal do CMA (Ilha de Itamaracá-PE, Brasil) entre abril/2015 a março/2016.



Fonte: O autor 2016.

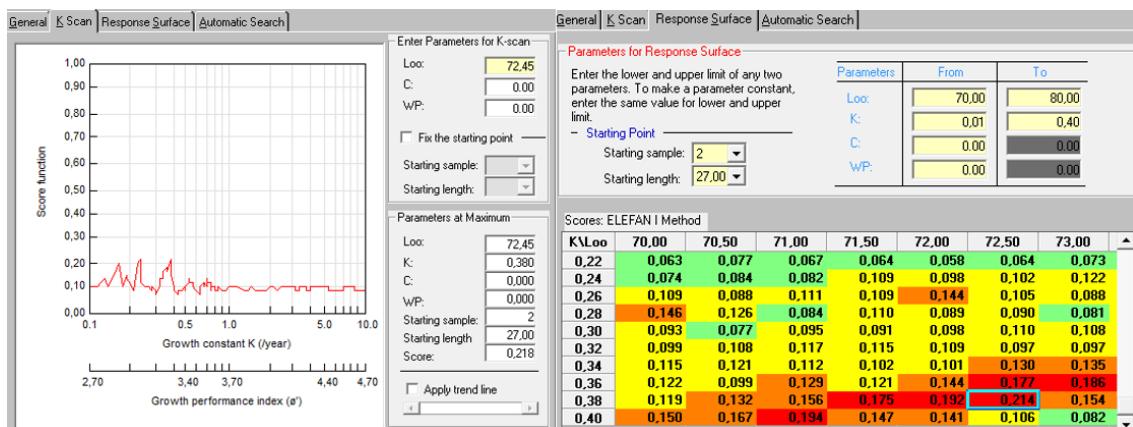
### 3.8 Análise de frequência de comprimento usando o FISAT II

#### 3.8.1 Método ELEFAN I

O método ELEFAN I não obteve resultados conclusivos e únicos. Os resultados do *K Scan* com o método ELEFAN I indicaram três picos de valores de K com melhores ajustes (linha vermelha na fig. 13) indicando os três seguintes possíveis valores ótimos de K: 0,15; 0,21; 0,38 sendo todos avaliados como muito bons (três picos com *score* alto, próximo de 0,2) sem possibilidade objetiva de se escolher o melhor entre os três valores sugeridos (o valor do *Score* com K = 0,38 só é marginalmente melhor do que o de K = 0,21). Na análise de superfície de resposta (células em vermelho), o valor de melhor pontuação (K = 0,38) teve um *Score* = 0,214 (Fig.13).

Os parâmetros de crescimento obtidos como ótimos, utilizando o método *ELEFAN I*, função *K Scan* (FISAT), para os 1078 indivíduos foram:  $L_{inf}$  (comprimento assintótico) = 72,45; K (coeficiente de crescimento) = 0,38.

Figura 13. A esquerda, rotina *K Scan* (*ELEFAN I*) aplicada para machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825, indicando os valores de parâmetros máximos  $L_{inf}$  = 72,45 e K= 0,38. Parâmetros de superfície de resposta a direita evidenciando o valor de *Score* = 0,214.

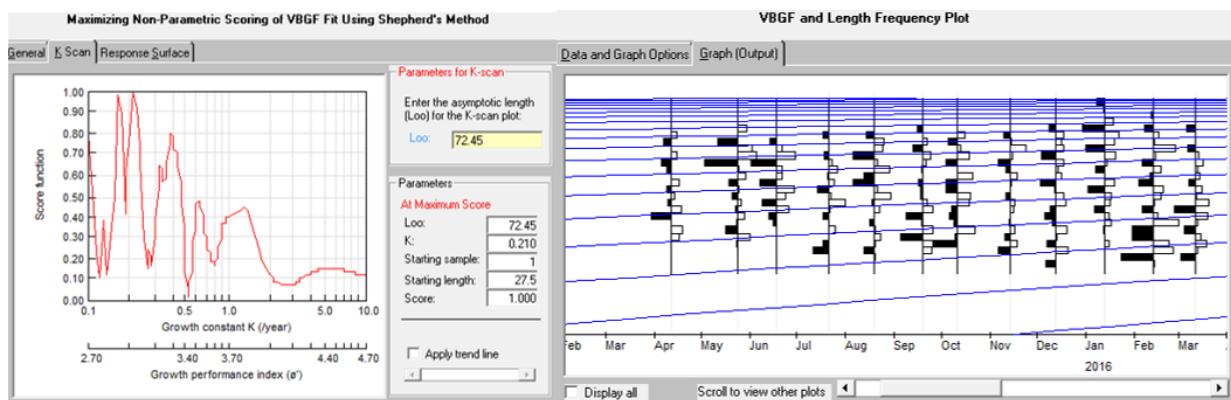


Fonte: O autor 2016.

### 3.8.2 Método de Shepherd

Os resultados da análise *KScan* com o método de Shepherd obtiverem resultados bastante similares aos obtidos com o método ELEFAN 1. Os resultados do *K Scan* com o método Shepherd também indicaram três picos de valores de K com melhores ajustes (linha vermelha na fig. 14) indicando os mesmos possíveis valores ótimos de K: 0,15; 0,21; 0,38 sendo todos avaliados como muito bons (três picos com *Score* alto, acima de 0,7) sem possibilidade objetiva de se escolher o melhor entre os três valores sugeridos (o valor do *Score* com K = 0,21 só é marginalmente melhor do que o de K = 0,15). Na análise de *KScan*, o valor K de melhor pontuação (K = 0,21) teve *Score* = 1 (Fig. 14).

Figura 14. Estimativas de  $L_{inf}$  e K para machos e fêmeas obtidas pelo método de Shepherd's.  $L_{inf}$ : 72,45, K = 0,21.

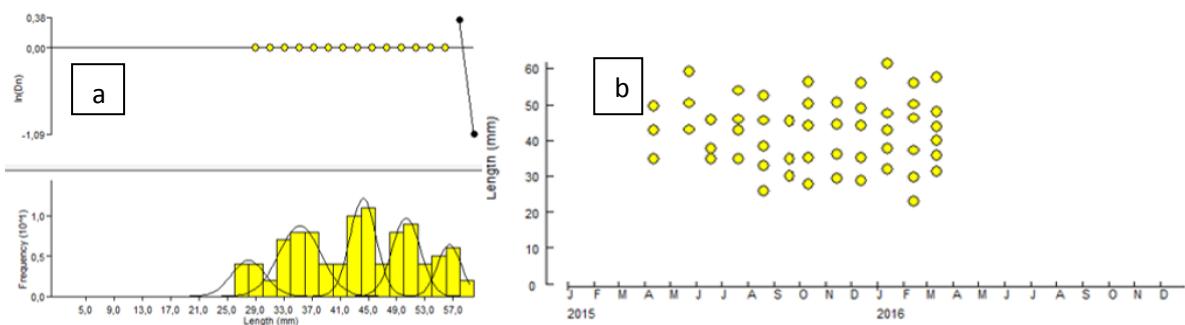


Fonte: O autor 2016.

### 3.8.3 Detecção de coortes com o método de Bhattacharya

O método de detecção de coortes de Bhattacharya (pacote FISAT II) foi utilizado com sucesso nos dados mensais de distribuição de frequência, identificando várias coortes aparentes para cada mês. Foram detectadas assim, 3 a 6 coortes por mês (Fig. 15A). Porém, não foi possível identificar nenhuma progressão modal clara destas coortes (Fig. 15 B), impossibilitando a aplicação deste método aos dados deste estudo, para o cálculo dos parâmetros de crescimento.

Figura 15. Modelo de frequência de comprimento de machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825, capturados no mangue de Itamaracá (PE) e obtida através do método Bhattacharya. Figuras A e B.



Fonte: O autor 2016.

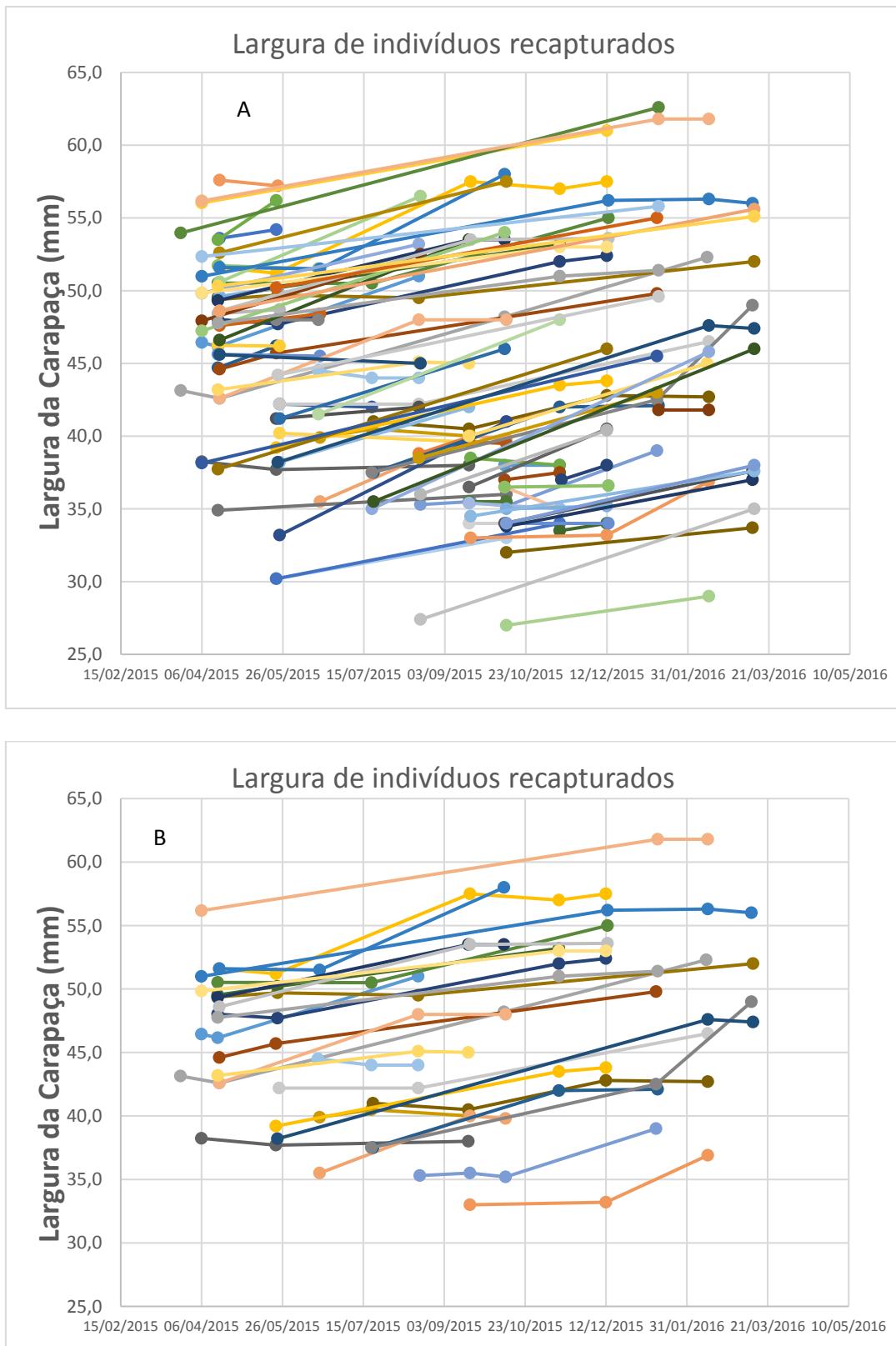
### 3.9 Resultados de marcação, recaptura e fidelidade as tocas/áreas

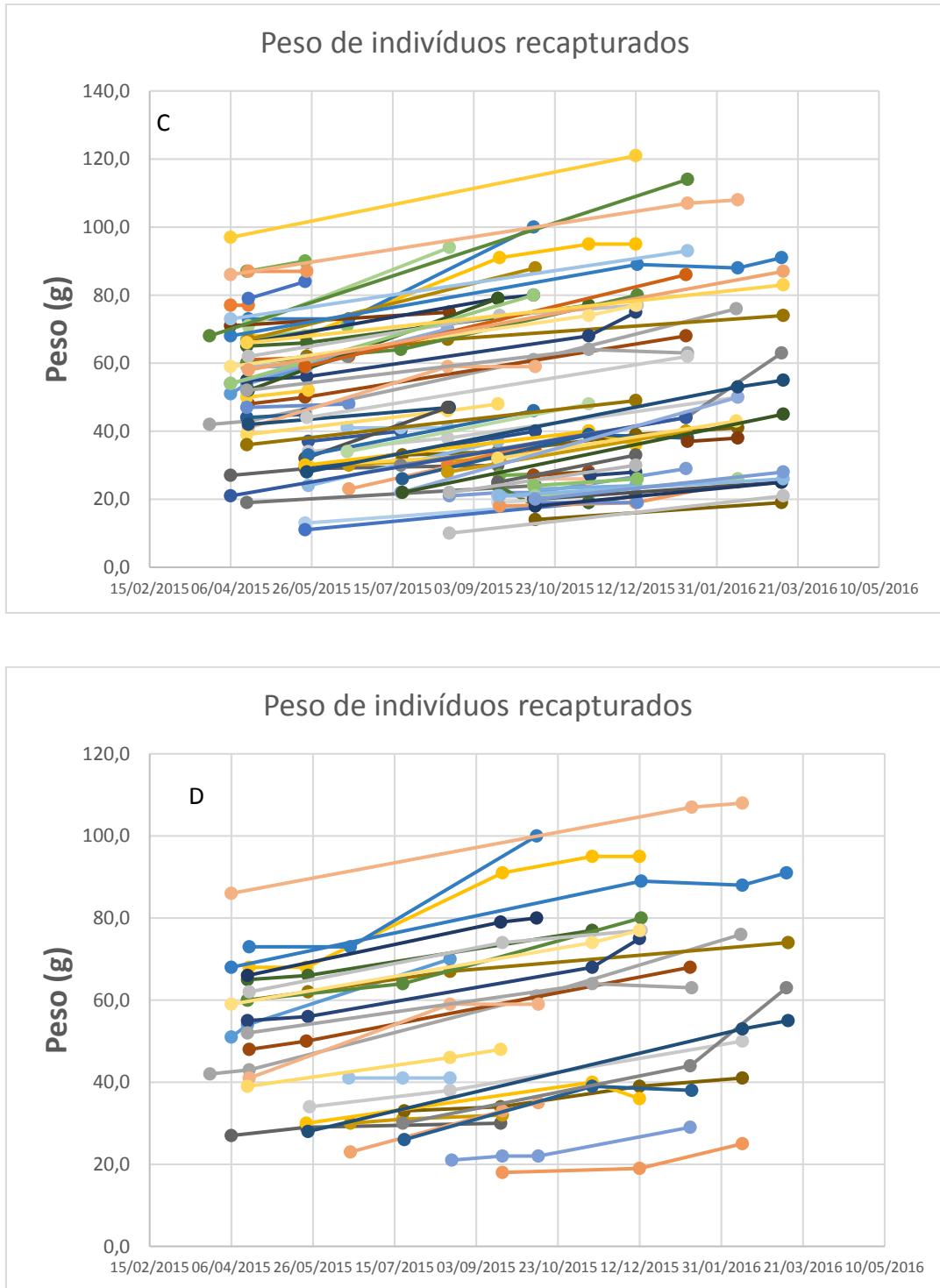
Dos 291 indivíduos marcados, foram recapturados ao longo dos meses, 95 indivíduos. No momento da recaptura era possível observar que a marca de solda aparecia espalhada na carapaça do animal, e quando o mesmo fazia a muda ela se tornava brilhosa. Quarenta e quatro por cento dos indivíduos marcados no mês de abril de 2015, N = 96 (primeiro mês da coleta), reapareceram nos meses subsequentes do estudo (43 indivíduos), estando ausentes apenas do mês de fevereiro de 2016. O maior intervalo entre o recebimento do microchip *PIT* e a recaptura foi de 331 dias e o menor foi 35 dias.

Podemos observar na figura 16 (A, B, C e D), que a maioria dos indivíduos recapturados apresentaram aumento da largura da carapaça e ganho de peso e alguns também apresentaram uma pequena redução em largura e peso. O maior número de capturas por indivíduo está expresso na figura 16 (B e D).

Neste estudo, os resultados indicaram que dos 291 indivíduos marcados, 95 deles (33%) foram recapturados ao longo do ano. Setenta e sete por cento destes foram encontrados na mesma área da primeira coleta/ em sua área de origem e 22% em área imediatamente próxima, indicando uma fidelidade dos *C. guanhum* as suas tocas e ou áreas. Apenas um indivíduo coletado na área A, foi recapturado na área C. Forsee & Albrecht 2012 que utilizaram microchips *PIT* como método de marcação para estimar a população e a fidelidade as tocas, conseguiram detectar uma porcentagem de recaptura de 2,7% de todos os 397 indivíduos marcados. Eles estimaram uma média de 136 m de deslocamento do ponto inicial até o ponto de recaptura de *C. guanhum*, na ilha de Viequez em Porto Rico, sugerindo o retorno dos indivíduos após o acasalamento, ou a falta de deslocamento durante a época do acasalamento.

Figura 16. Evolução temporal da Largura da carapaça e peso: (A, C) todos os 95 indivíduos recapturados, (B, D) indivíduos recapturados três, quatro ou cinco vezes. N = 29 indivíduos.





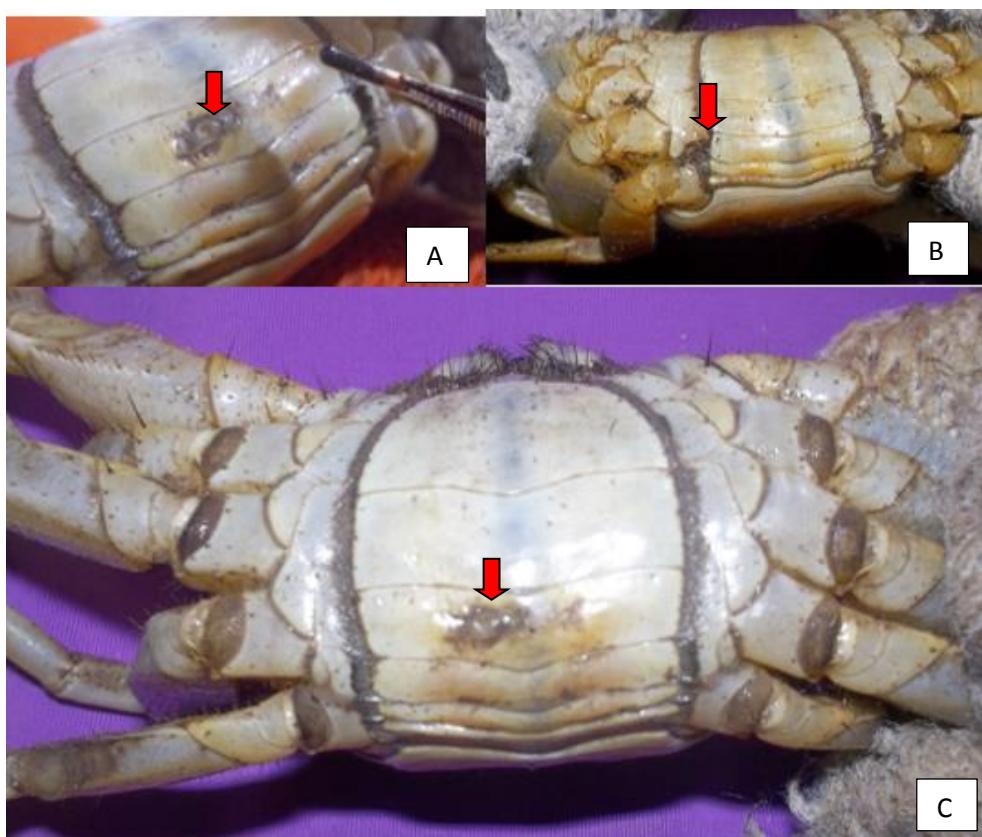
Fonte: O autor 2016.

### 3.10 Perda de microchips

Durante o período de estudo, em 30 eventos de recaptura com 30 indivíduos com a cicatriz de solda, não foi possível localizar o microchip *PIT*, indicando que houve a perda ou eliminação ativa do microchip *PIT*. A identificação da perda pode ser feita através de características, tais como

aberturas na cutícula, no meio do abdômen ou na base do pereiópodo (Fig.17), que indicavam na maioria destes indivíduos o local da eliminação do microchip *PIT*, que deve ter ocorrido durante a ecdise. A porcentagem de perda estimada foi de 18,8% ( $18,8 = 30$  perdas / (130 incrementos *PIT* + 30 perdas)\*100).

Figura 17. Possíveis perdas de microchips *PIT*, no abdômen (Figuras A e C), na base do pereiópodo (Figura B) de *Cardisoma guanhumi*, indicadas pela seta vermelha.



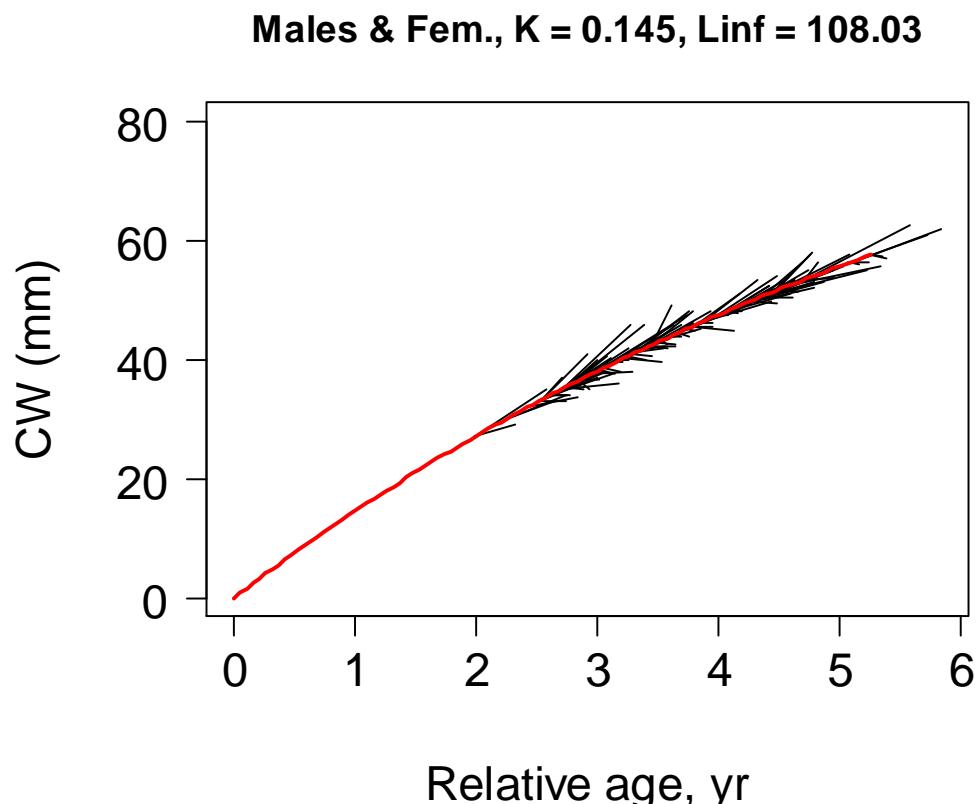
Fonte: O autor 2016.

### 3.11 Análise do crescimento individual com dados de marcação e recaptura

Do total de 291 *C. guanhumi* marcados (153 machos e 138 fêmeas), 95 indivíduos foram recapturados (33%). A quantidade de vezes que um mesmo indivíduo foi recapturado foi cinco. Sessenta e seis indivíduos (69%) foram recapturados duas vezes; vinte e dois indivíduos (23%) recapturados 3 vezes; seis indivíduos (6,31) recapturados 4 vezes e um indivíduo (1%) recapturado 5 vezes. O número de recapturas dos machos ( $n = 60$  ind.) foi bem superior aos de fêmeas ( $n = 35$  ind.). Com os dados de tamanhos e datas de marcação e recapturas dos 95 indivíduos recapturados, foram obtidos, um total de 130 incrementos de tamanho ( $dL/dt$ ), para ambos os sexos (Fig. 21).

Foram obtidos 84 incrementos individuais ( $dL/dt$ ) para machos e 46 incrementos para fêmeas (Fig. 19 e 20).

Figura 18. Curva de crescimento von Bertalanffy da população de *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825, capturados no manguezal do CMA, na ilha de Itamaracá (PE), entre abril de 2015 e março de 2016, utilizando o pacote *Fishmethods* ("R"), função *GrowthTraject* ( $N= 130$  incrementos de tamanho obtidos com 95 indivíduos recapturados, machos e fêmeas).

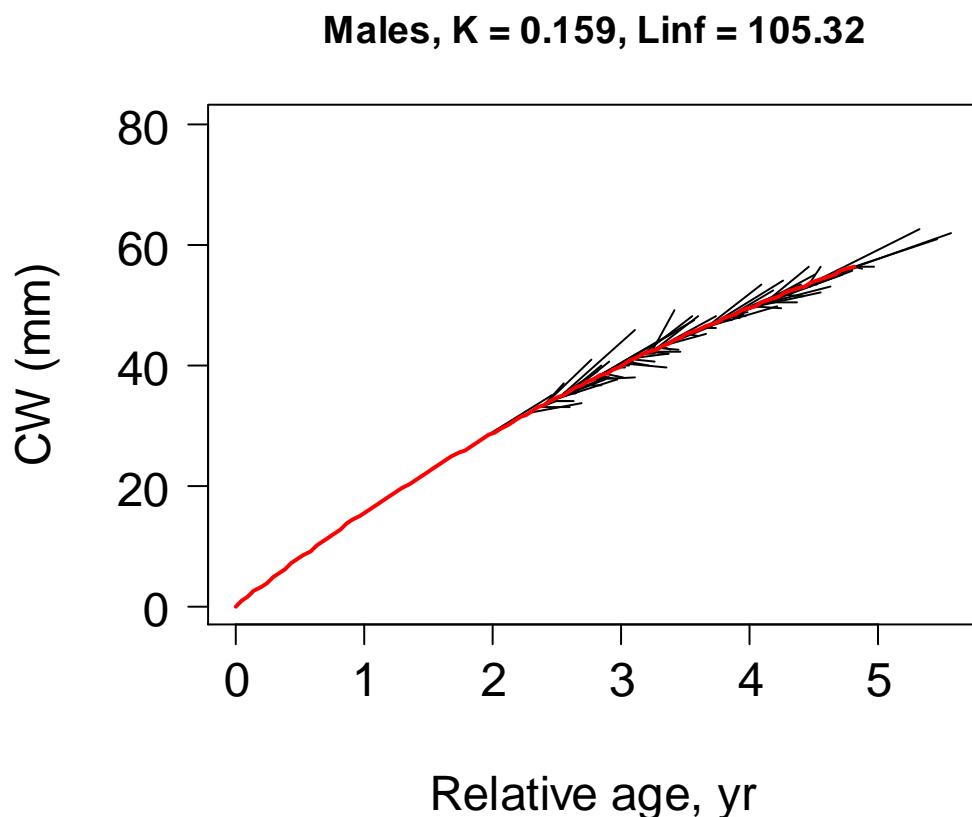


Fonte: O autor 2016.

A determinação dos parâmetros de crescimento através dos 130 incrementos de tamanho da população de 95 indivíduos (machos e fêmeas), marcados com microchips PIT ("Passive Integrated Transponder") e recapturados foi de  $K=0,145\text{ano}^{-1}$ ;  $L_{inf}=108,03\text{ mm}$ . O coeficiente de crescimento ( $K$ ) de *C. guanhumi* foi semelhante entre os sexos: machos  $K=0,159\text{ ano}^{-1}$  e fêmeas  $K=0,131\text{ ano}^{-1}$ , assim como o tamanho assintótico ( $L_{inf_{\text{machos}}}=105,3\text{ mm}$ ;  $L_{inf_{\text{fêmeas}}}=108,9\text{ mm}$ ) (Figuras 18, 19 e 20).

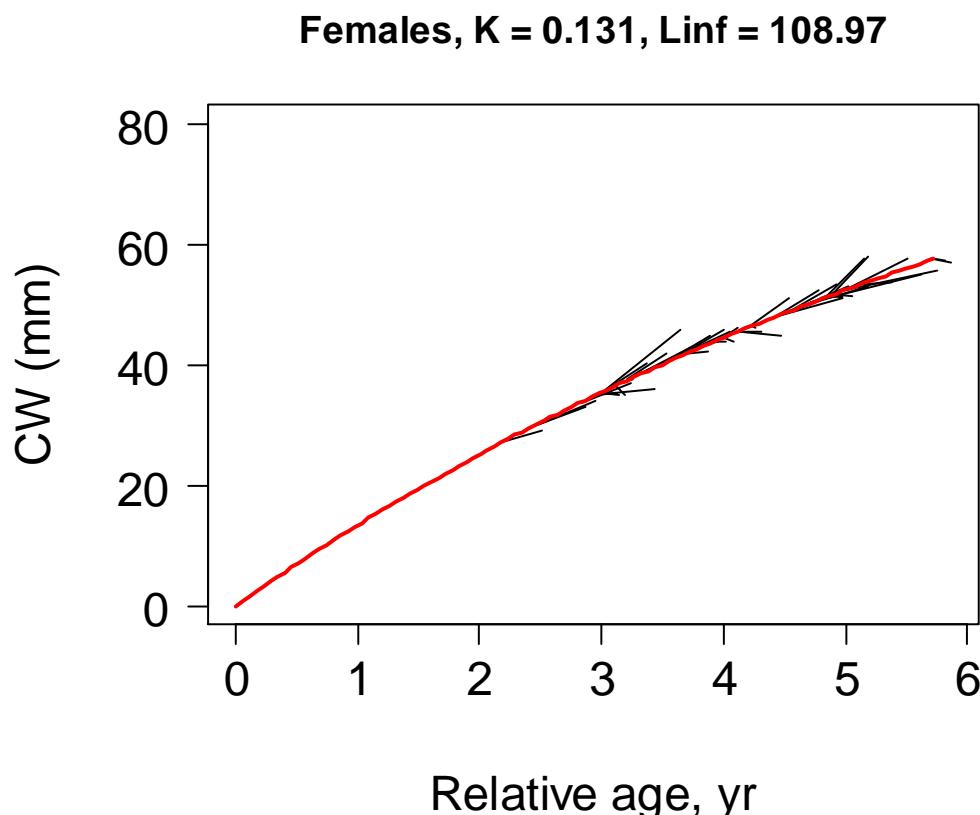
De acordo com esta curva de crescimento, tempo (idade) que esta população leva para atingir o tamanho considerado apropriado ( $LC = 60\text{ mm}$ ) para a sua comercialização foi de 5 a 6 anos (Fig. 18).

Figura 19. Curva de crescimento von Bertalanffy dos machos da população (N= 84 incrementos, obtidos com 60 indivíduos recapturados) de *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825, capturados no manguezal do CMA, em Itamaracá (PE), entre abril de 2015 e março de 2016, utilizando o pacote *Fishmethods* (“R”), função *GrowthTraject*.



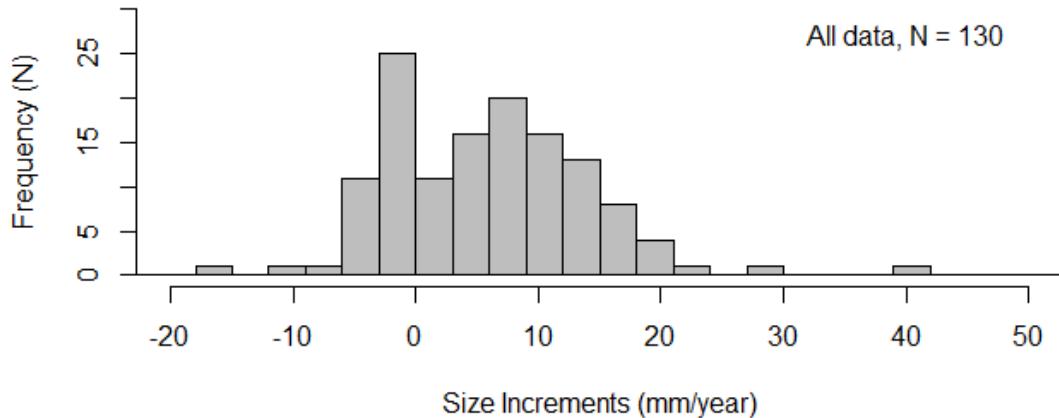
Fonte: O autor 2016.

Figura 20. Curva de crescimento von Bertalanffy das fêmeas da população (N= 46 incrementos, obtidos com 35 indivíduos recapturados) de *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825, capturados no manguezal do CMA, em Itamaracá (PE), entre abril de 2015 e março de 2016, utilizando o pacote *Fishmethods* (“R”), função *GrowthTraject*.



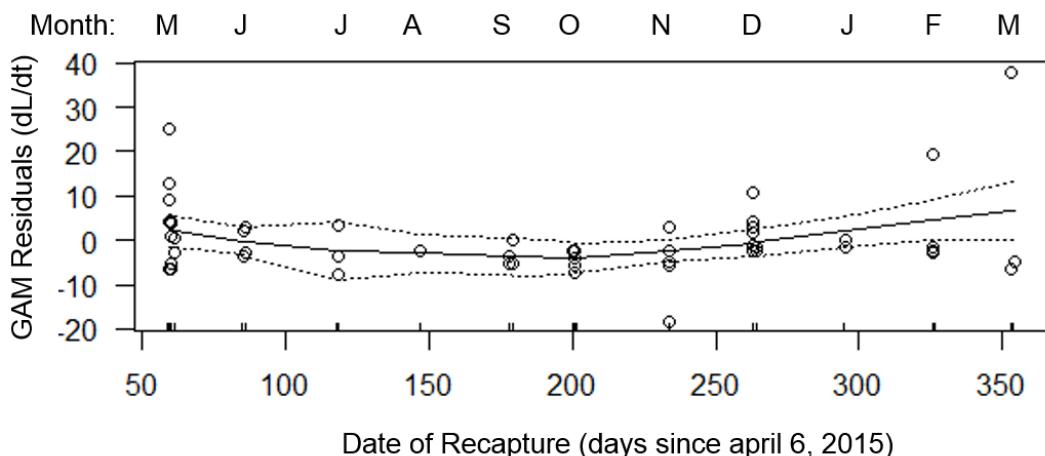
Fonte: O autor 2016.

Figura 21. Histograma da taxa de crescimento individual para machos e fêmeas ( $dL/dt$ ) de *C. guanhumi*, baseado em 130 incrementos (mm/ano) de largura de carapaça, obtidos com 95 indivíduos.



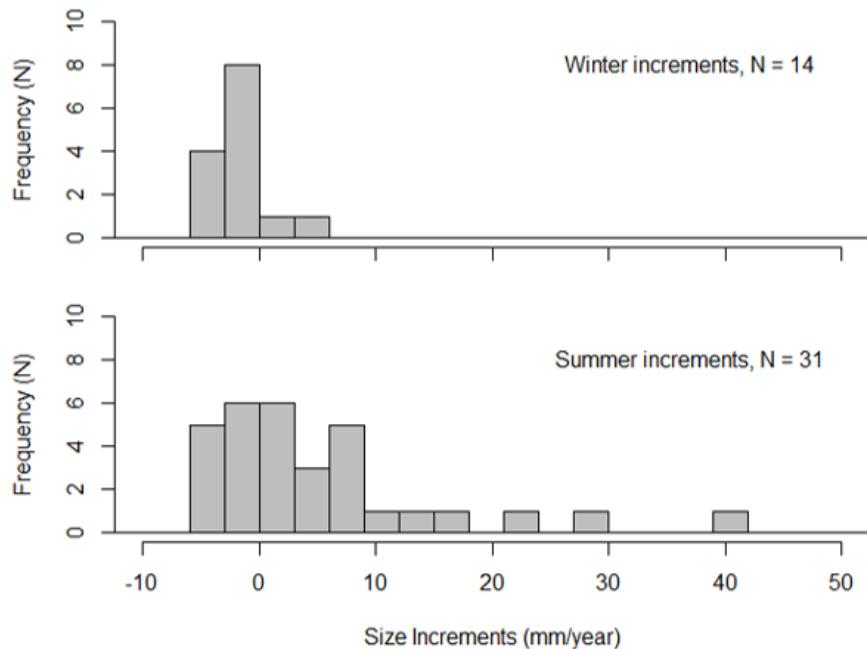
Fonte: O autor 2016.

Figura 22. Padrão de sazonalidade da taxa crescimento ( $dL/dt$ ) de *Cardisoma guanhumi*. Modelo GAM (general additive model) da variação temporal para 57 incrementos ( $dL/dt$ ) com menos de 65 dias de duração (1 e 2 meses de intervalos entre medições). Eixo x: data de recaptura, em dias desde 6 de abril de 2015, eixo y: modelo GAM dos incrementos brutos. O gráfico mostra os resíduos do modelo (pontos), o envelope do intervalo de 95% de confiança (linhas pontilhadas), e a linha de predição (linha sólida) do modelo ( $f_{\text{gam}} = 0,5$ ,  $N = 57$ ,  $p = 0,023$ ). Linha acima da figura: Mês de recaptura (data de recaptura, meses de maio de 2015 a março de 2016).



Fonte: O autor 2016.

Figura 23. Comparação do crescimento individual de *Cardisoma guanhumi* no inverno (acima) e no verão (abaixo). Somente foram considerados incrementos ( $dL/dt$ ) com menos de 65 dias de duração. Inverno: incrementos dos indivíduos recapturados de Julho a Outubro de 2015 (marcados de Maio a Setembro de 2015). Verão: incrementos dos indivíduos recapturados em Maio de 2015 e de Dezembro de 2015 a Março 2016 (marcados em Abril de 2015 e de Outubro 2015 a Fevereiro de 2016).



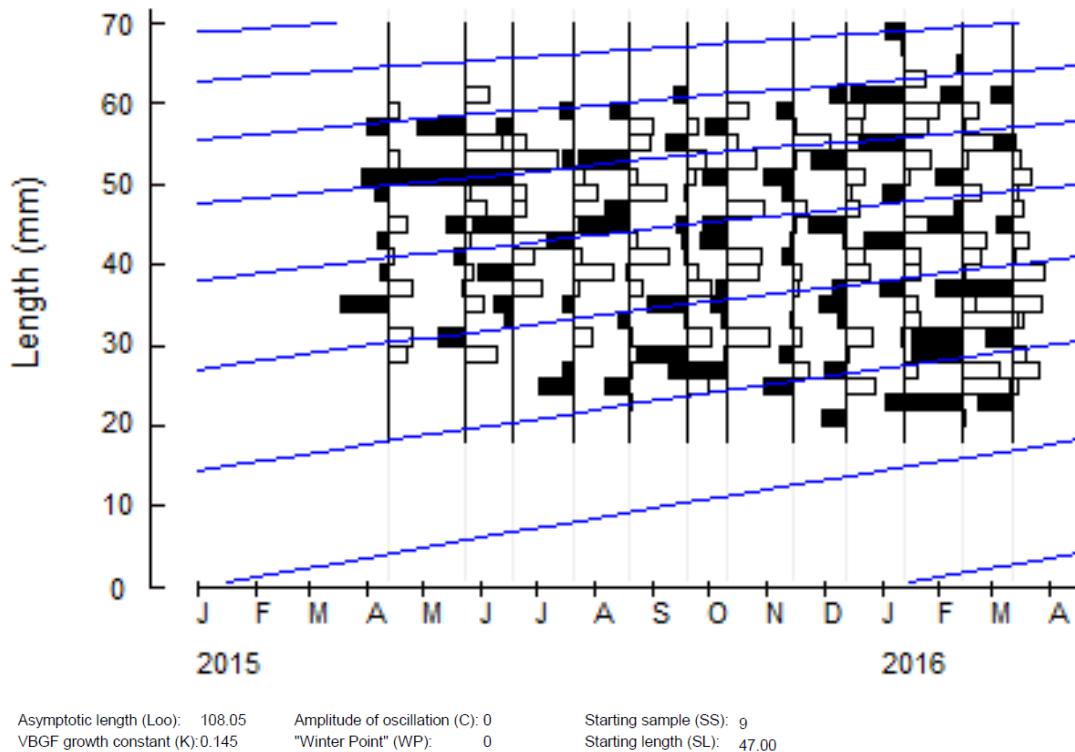
Fonte: O autor 2016.

A comparação dos incrementos individuais no inverno e no verão mostrou diferenças significativas ( $p < 0.05$ ), com crescimento significativamente mais lento durante o inverno (Figuras 22 e 23).

### 3.12 Aplicação dos resultados do *Fishmethods* nas distribuições de frequência de largura de carapaça

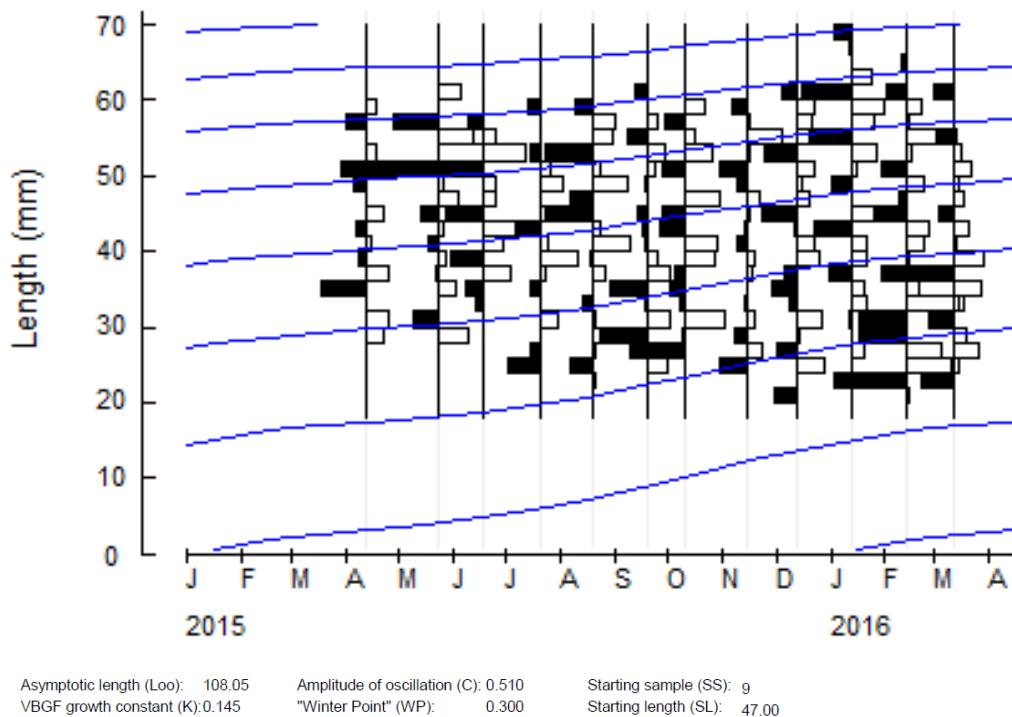
A ferramenta FISAT permitiu a plotagem e os ajustes da equação von Bertalanffy com os parâmetros obtidos no *Fishmethods* e as distribuições de frequências da população total com bastante êxito (*score* maior que 0,21) (fig.13), indicando que a combinação dos dois métodos é possível. Porém sem a marcação e a recaptura estes parâmetros não teriam sido detectados através do método ELEFAN I. Foram obtidos bons resultados com e sem o efeito sazonal e também os resultados para machos e fêmeas (figuras 24, 25, 26 e 27).

Figura 24. Crescimento de *Cardisoma guanhumi* sem considerar a sazonalidade ( $C = 0$ ), todos os indivíduos (machos e fêmeas). Plotagem com a rotina ELEFAN I (pacote FISAT II). Os valores de “K” e “ $L_{inf}$ ” foram obtidos através de marcação e recaptura com PITs. N= 1078 indivíduos.



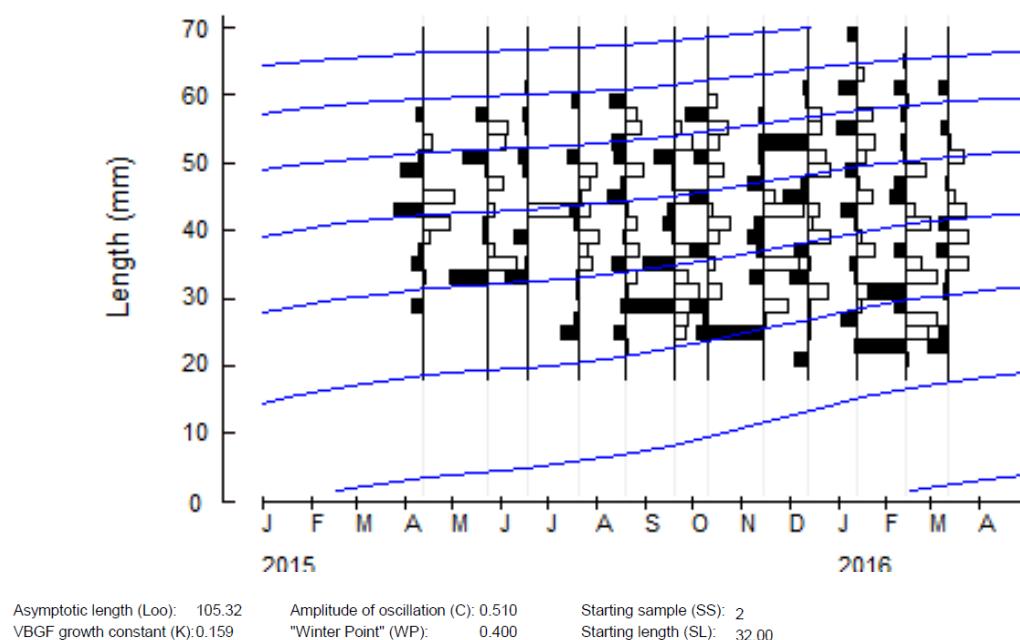
Fonte: O autor 2016.

Figura 25. Crescimento sazonal de *Cardisoma guanhumi* (machos e fêmeas). Plotagem com a rotina ELEFAN I (pacote FISAT II). Os valores de “K” ( $0,145 \text{ ano}^{-1}$ ), “ $L_{inf}$ ” (108,03 mm) e “C” (C = 0,51), foram obtidos através de marcação e recaptura com PITs. N= 1078 indivíduos.



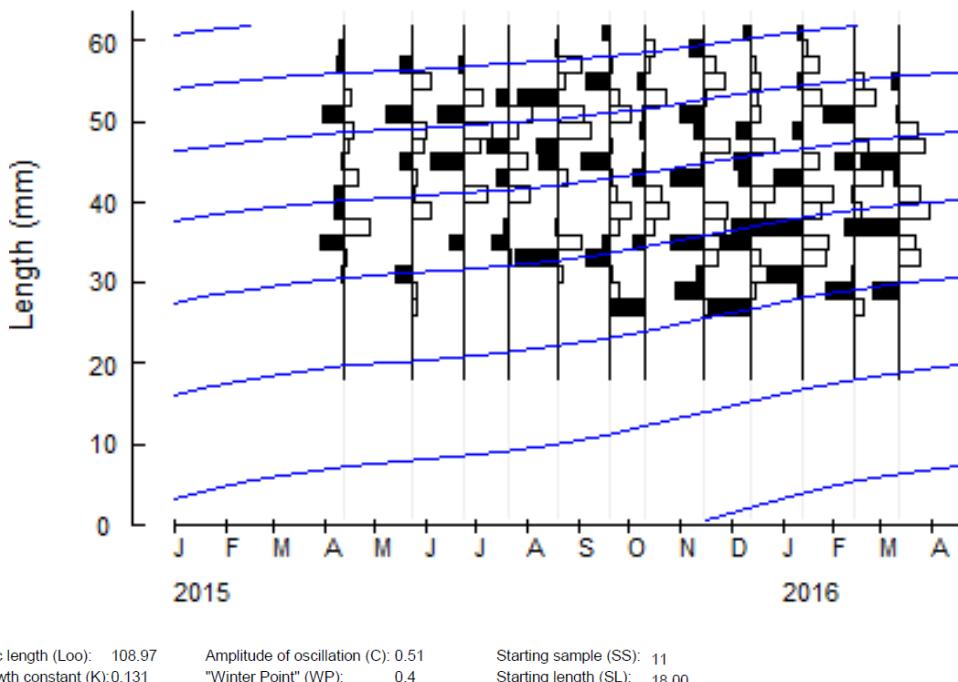
Fonte: O autor 2016.

Figura 26. Crescimento sazonal de *Cardisoma guanhumi* (somente machos). Plotagem com a rotina ELEFAN I (pacote FISAT II). Os valores de “K”, “ $L_{inf}$ ” e “C”, foram obtidos através de marcação e recaptura com PITs. N= 572 machos.



Fonte: O autor 2016.

Figura 27. Crescimento sazonal de *Cardisoma guanhumi* (somente fêmeas). Plotagem com a rotina ELEFAN I (pacote FISAT II). Os valores de “K”, “ $L_{inf}$ ” e “C”, foram obtidos através de marcação e recaptura com PITs. N= 506 fêmeas.

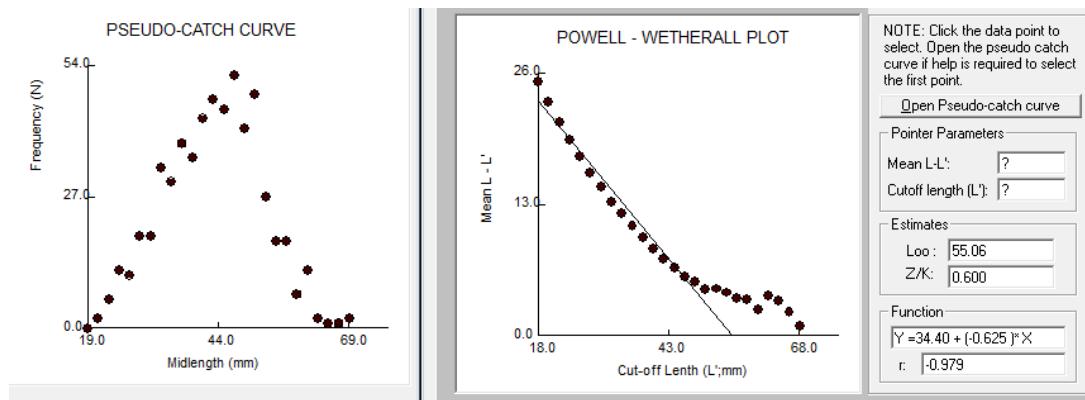


Fonte: O autor 2016.

### 3.13 Método de Powell-Wetherall (pacote FISAT II)

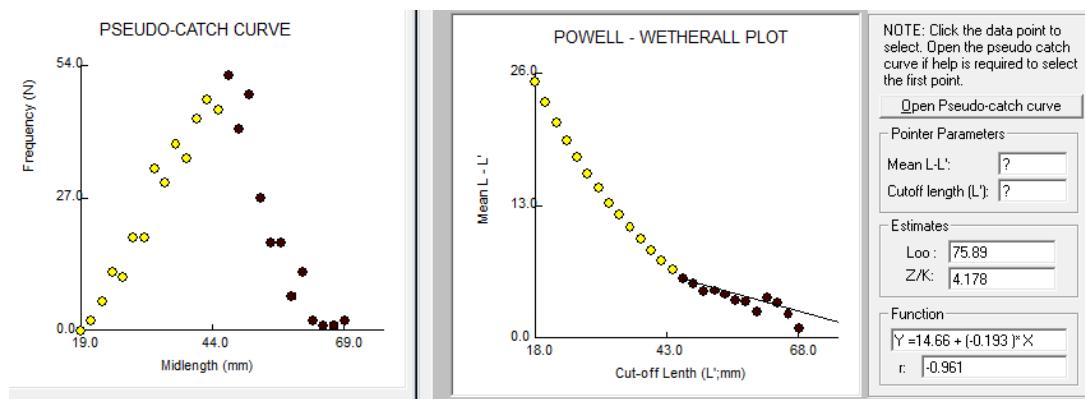
As estimativas obtidas pelo método de Powell-Wetherall (pacote FISAT II) variaram entre 52,2 mm e 75,9 mm para o parâmetro de crescimento  $L_{inf}$  (média: 61,5 mm) e entre 0,44 e 4,2 para a razão Z/K (média: 1,9). Os valores de Z/K obtidos considerando todas as classes de tamanho (Fig. 28) foram sempre consideravelmente inferiores (aproximadamente 1/5 a 1/7) às estimativas obtidas usando apenas os indivíduos maiores, definidos pelo usuário (Fig. 29, Tab. 4).

Figura 28. Powell-Wetherall-plot e Pseudo-Catch curve, somente machos. A análise incluiu todas as classes de tamanho.  $L_{inf}$  estimado: 55,06 mm, Razão Z/K estimada: 0,6.



Fonte: O autor 2016.

Figura 29. Powell-Wetherall-plot e Pseudo-Catch curve, somente machos. Os cálculos foram feitos somente com os dados dos pontos pretos (somente indivíduos maiores que 46 mm), os quais foram definidos pelo usuário.  $L_{inf}$  estimado: 75,9 mm, Razão Z/K estimada: 4,2.



Fonte: O autor 2016.

Tabela 4. Resultados das análises dos dados de frequência de largura de carapaça com o método de Powell-Wetherall.

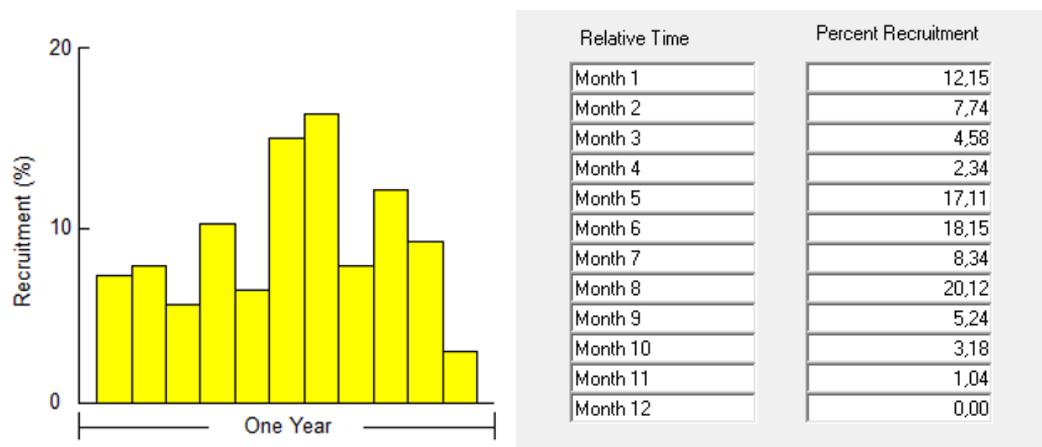
Sexo Classes de Tamanho	M Todas	M >46mm	F Todas	F >46mm	M&F Todas	M&F >46mm	Média
Z/K	0,6	4,2	0,44	2,31	0,52	3,2	1,9
$L_{inf}$ (mm)	55,06	75,9	52,2	62,81	53,67	69,1	61,5

Fonte: O autor 2016.

### 3.14 Recrutamento e mortalidade

Recrutamento de novos indivíduos à população aconteceu durante o ano inteiro, contudo foi observado no período seco (setembro e outubro de 2015) recrutamento mais abundante (Fig. 30). Indivíduos menores que 30 mm foram encontrados ao longo de todo o ano, com maior abundância nos meses de novembro e dezembro de 2015 e fevereiro e março de 2016.

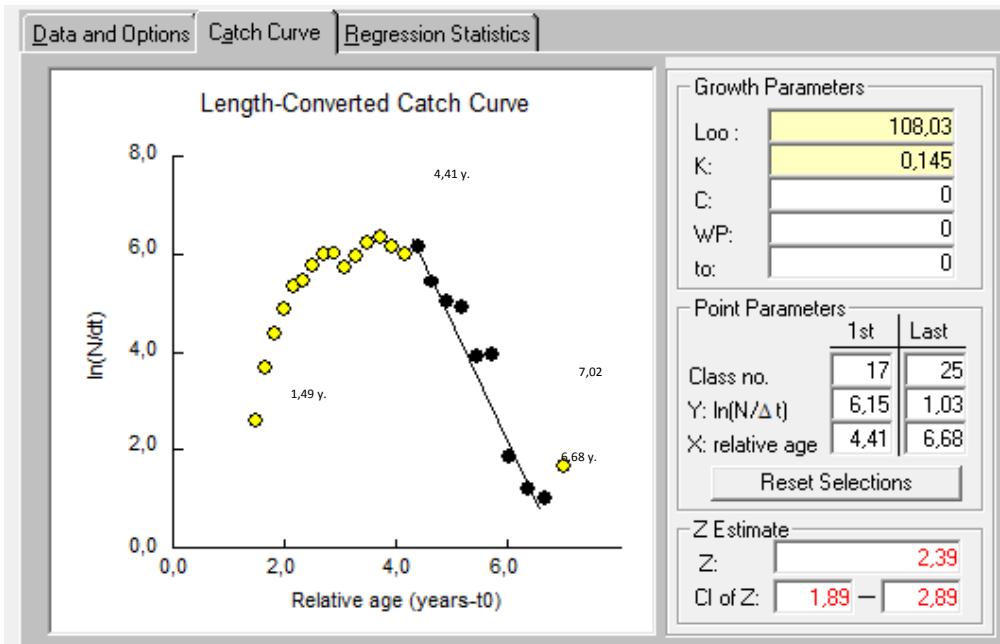
Figura 30. Padrão de recrutamento para machos e fêmeas de *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825, baseado no pacote computacional *Fisat II*, através da função *GrowthTraject*. (Month 1 = abril 2015; Month 12 = março 2016).



Fonte: O autor 2016.

A taxa de mortalidade total ( $Z$ ), estimada pelo método *Length – converted Catch Curve* (pacote FISAT II) usando os parâmetros de crescimento  $K$  e  $L_{inf}$  do *fishmethods*, foi estimada em  $Z = 2,39 \text{ ano}^{-1}$  para esta população. Forsee & Albrecht 2012, relataram que os indivíduos *C. guanhumi* marcados com microchips *PIT* de seu experimento toleraram a marcação por sete meses sem mortalidade. O recrutamento se mostrou completo até atingir 4,41 anos, após isso só ocorreu mortalidade (Fig. 31).

Figura 31. Estimativas de mortalidade total e idades máxima e mínima para machos e fêmeas de *C. guanhumi* Latreille, 1825, N=1078.



Fonte: O autor 2016.

## 4 DISCUSSÃO

O presente estudo foi o primeiro a fazer uso de PIT ("Passive Integrated Transponder") para obtenção dos parâmetros de crescimento da espécie *C. guanhumi* além de contribuir com resultados relevantes para esta espécie e para o conhecimento da ecologia dos braquiúros semiterrestres.

### 4.1 Avaliação da Estrutura da População

Em braquiúros, a relação sexual entre machos e fêmeas tende a ser 1:1. Diele *et al.*, (2005) relata que para populações preservadas, a proporção de machos tende a ser maior. Neste estudo, a proporção sexual pareceu estar em equilíbrio ao longo dos meses, já que a quantidade de machos de *C. guanhumi* foi apenas ligeiramente maior que a de fêmeas (machos: fêmeas = 1,13:1). Diversos estudos comprovam a mesma constatação, (Bozada e Chavez, 1986), no México; (Botelho *et al.*, 2001), Pernambuco, Brasil; (Silva e Oshiro, 2002), Rio de Janeiro, Brasil; (Shinozaki-Mendes *et*

al., 2008;2011), Ceará, Brasil; Gil, 2009), (Silva et al. 2014), Rio Grande do Norte, Brasil.. Diferente de Sato *et al.*, 2013, que encontrou uma proporção de 3:1 para machos de *Birgus latro*.

Para os indivíduos de *C.guanhumi* capturados no CMA -Itamaracá – PE, os valores da largura carapaça encontrados foram semelhantes para ambos os sexos, diferente de Herreid, 1967 que sugeriu dimorfismo entre os sexos. A população observada por Gifford, (1962) era composta por indivíduos que pesavam de 4 até 500g e largura carapaça até 110mm. O maior indivíduo capturado no mangue do CMA em Itamaracá media 70,0 mm de largura da carapaça e pesava 142g. Tanto a menor quanto a maior classe foram representadas pelos machos, também observado por Shinozaki *et al.*, 2013.

Em relação à distribuição de tamanho de *C. guanhumi*, em Cuba, RIVERA (2005), descreveu uma amplitude de largura do céfalotórax de 65,0 a 105,0mm, para machos, e 70,0 a 90,0 mm, para fêmeas. No México, BOZADA & CHÁVEZ (1986) encontraram machos de 27,0 a 105,0mm e fêmeas de 42,0 a 79,0mm. Na Venezuela, TAISSOUN (1974) encontrou um tamanho máximo de 70,0 mm. No sudeste do Brasil, SILVA & OSHIRO (2002) encontraram machos de 27,0 a 85,0 mm e fêmeas de 31,0 a 83,0mm. No nordeste do Brasil Shinozaki-Mendes *et al.* (2013) relatou valores da largura da carapaça para machos de 28,4 a 92,2 mm e para fêmeas 43,4 a 85,6 mm; Botelho *et al.*, 2011 descreveu uma amplitude de comprimento para machos de 24,0 a 62,0 mm e para fêmeas 25,0 a 62,0 mm. Herreid (1967) afirmou que a maturidade sexual dos *C. guanhumi*, ocorre por mudanças fisiológicas e morfológicas a partir de largura da carapaça de 45,0 a 70,0 mm. Silva & Oshiro, 2002 observaram fêmeas ovígeras entre 56,6 a 83,5 mm de largura total da carapaça, com ocorrência de março a maio, o que foi ratificado pelos estágios gonadais que indicaram um período reprodutivo. Neste estudo, esperava-se encontrar fêmeas ovígeras, mas no decorrer de todo o ano, nenhuma foi coletada e nem observada, apesar de grandes quantidades de fêmeas acima de 56 mm. (Tabela 5). Silva (2013) fez observações similares, com ausência ou raridade de fêmeas ovígeras desta espécie, possivelmente devido a alterações comportamentais. Provavelmente, estas fêmeas, uma vez ocorrido a extrusão da massa ovígera tornam-se se mais ariscas e menos propícias de serem capturadas, ou então, possivelmente ocorre imigração para as áreas de desova, mas próximas das desembocaduras.

Tabela 5: Diferença entre distribuições de tamanhos (Largura da carapaça, mm) de *Cardisoma guanhumi*, em diferentes localidades.

Local	Min., Máx., Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	N	Referência
Natal - RN (área fechada)	13,0 a 86,0 mm		1837	Silva,2013; Silva <i>et al.</i> , 2014
Extremoz-RN (área de captura intensiva)	10,8 a 80 mm; média 55,35 mm		1833	Silva,2013; Silva <i>et al.</i> , 2014
Estuário do Rio Jaguaribe, Cumbe, Ceará	28,4 a 92,2 mm;		353	Shinozaki-Mendes <i>et al.</i> (2011)
Ilha de Vieques Porto Rico (Caribe)	30,0 a 120 mm; 87,7 mm	10,7 mm	397	Forsee & Albrecht,2012
Porto Rico (Caribe)	20,0 a 110 mm; 60,2 mm	21, 28 mm	112	Govender & Rodríguez-Fourquet, 2008
Ubatuba, São Paulo	21,17 a 93,66 mm; 67,83mm	14,47 mm	144	Gil, 2009
Estuário do Rio Una – PE (área impactada)	24 mm a 62 mm		1140	Botelho, <i>et al.</i> , 2001
Itamaracá -PE (área fechada)	20,9 a 70,0 mm; 43,45 mm	8,53mm	1078	Presente estudo
Flórida (EUA)	Máx.; 110 mm			Gifford, 1962
Baía de Babitonga (SC)	Maior; 80 mm		966	Oliveira-Neto, <i>et al.</i> , (2014)
Flórida (EUA)	Máx.; 150 mm			Hostetler <i>et al.</i> (2003)
Estuário do Rio Jaguaribe (CE)	43,4 a 85,6 mm; 92 mm		334	Shinozaki-Mendes <i>et al.</i> , (2008)
Estuário do Rio Jaguaribe (CE)	28,4 a 92,2 mm		353	Shinozaki-Mendes <i>et al.</i> , (2013)
Baía de Sepetiba, (RJ)	27,0 a 85,0 mm		124	Silva & Oshiro, 2002.
Puerto Rico	65,0 a 116,0 mm			Feliciano C. 1962
Flórida (EUA)	32,3 a 102,2		96	Herreid, 1967
Ilha de San Andrés, Caribe Colombiano	44,74 a 113,02 82,0 a 87,0 Média (Fêmea e Macho)		101	Hernández-Maldonado & Campos 2015
Estuário do Rio Mamanguape (PB)	42,0 a 75,0mm; 58,50mm		522	Takahashi 2008
Ilha de Vieques Porto Rico (Caribe)	Média 87,7 mm;	10,7 mm		Forsee & Albrecht, 2012

Fonte: O autor 2016.

O padrão de coloração para *C. guanhumi*, pode indicar sua fase de desenvolvimento. Os padrões encontrados para os indivíduos no manguezal do CMA – Itamaracá -PE, foram consistentes aos dados apresentados por Silva e Oshiro (2002) e Silva (2013). Segundo Gifford (1962) e Fischer

*et al.* (1978) o padrão “E” (cor creme), normalmente é encontrado em fêmeas no período de ovulação, e em machos no período reprodutivo, no entanto, foi encontrado um macho na cor creme que media 22,6 mm e pesava apenas 5g.

#### 4.2 Aspectos metodológicos da captura e marcação

O uso de armadilhas de redinhas foi incluído no projeto devido a necessidade de capturas de indivíduos menores para acompanhamento do crescimento. Como não foi possível a implementação com redinhas, foram utilizadas armadilhas cilíndricas comumente aplicadas na captura artesanal (“ratoeiras”). Com essas armadilhas cilíndricas, foram capturados indivíduos pequenos, inclusive um indivíduo com apenas 20,9 mm de largura de carapaça. Já a marcação com microchips só pode ser implementada em indivíduos a partir de 25 mm devido ao tamanho do aplicador (seringa) e do próprio microchip. Então tanto a captura, quanto a marcação com microchips de indivíduos menores que 20 mm, continua sendo um desafio, provavelmente tais indivíduos vivam na parte mais profunda da lama e no meio das raízes do manguezal, local mais protegido. A dificuldade em capturar indivíduos jovens pequenos, menores que  $LC = 20$  mm ou com peso inferior a 4g, foi relatada por vários autores (Gifford, 1962, Silva et al., 2008), e continua sendo um desafio para a ciência. A falta de adultos de pequeno porte e fêmeas ovígeras neste local pode ser um indicador da falta de indivíduos reprodutores.

A perda de microchips (18,8 %) ao longo do estudo (que provavelmente foi composta de indivíduos reincidentes que eram visualizados com a marca de solda, mas sem os microchips), não interferiu nos resultados deste estudo. A determinação dos parâmetros da curva de crescimento de von Bertalanffy não foi afetada pela perda.

A determinação da população foi feita com todos os indivíduos com marcas de cicatriz da solda, independente da perda ou não do microchip, portanto a perda não afetou o cálculo do tamanho da população. O tamanho da população estimada foi considerado pequeno e propensa ao desaparecimento em pouco tempo se o local do mangue não fosse protegido e consequentemente aberto para caçadores. A falta de indivíduos vistos ou capturados no local de estudo com largura da carapaça inferior a 20,0 mm precisa ser mais estudada e talvez outros métodos de captura devam ser utilizados.

Alguns indivíduos apresentaram diminuição tanto da largura da carapaça como também em peso, algo que antes não fora levantado para a espécie *C. guanhumi*. Em conversa pessoal com a professora Karen Diele, a mesma relatou que em *Ucides cordatus* tal performance também foi observada, talvez por restrição de alimentos em períodos como o acasalamento.

O cálculo da mortalidade foi baseado na curva von Bertalanffy e na estrutura da população total, portanto a mortalidade não foi afetada de nenhuma forma pela perda de microchips.

#### 4.3 Impacto das condições climáticas

Os meses de junho e julho de 2015, registraram o maior valor de chuva acumulada em Itamaracá (PE) no período de estudo (Fig.6). Segundo a APAC, o acúmulo mensal das chuvas em Itamaracá em junho e julho de 2015 foram 234,10 mm e 291,0 mm respectivamente. O mês de junho de 2015 apresentou uma precipitação 8,9% acima da média histórica para a Região Metropolitana do Recife, alcançando 333 mm e o mês de julho choveu 26% acima da média, cerca de 391 mm. O aquecimento do Oceano Atlântico próximo ao nordeste Brasileiro em consequência do El Niño, favoreceu a precipitação no litoral Pernambucano. Apesar do maior acúmulo de chuva em Itamaracá (PE) ser registrado em julho, a abundância de indivíduos total e menores que 30 mm foi bastante baixa para o mês de junho de 2015 (Fig. 7), talvez, porque na coleta do mês de junho, choveu durante o dia e a noite, enquanto que no mês de julho as chuvas ocorreram na parte noturna e pelo que podemos observar, os caranguejos nesta área de estudo possuem hábitos mais diurnos que noturnos. Além disso, as chuvas não apresentaram uma distribuição homogênea, e sim de forma localizada com muita chuva em alguns dias e intervalos de dias sem chuvas. Os dados pluviométricos indicando maiores precipitações também coincidiram com o período de “N” menor e os meses mais frios (abril a julho de 2015) com o crescimento lento da população.

#### 4.4 Análise das observações durante as coletas

A espécie *C. guanhumi* é considerada um herbíboro-detritívoro, sua alimentação pode incluir insetos, carniças, fezes e ainda podem ser canibais (Herreid, 1963, Hill, 2001). Na Flórida, Herreid, 1963 observou que a espécie *C. guanhumi* se alimentava de 35 espécies de plantas diferentes, os indivíduos recolhiam a vegetação próxima às tocas e leva-as para dentro. Nos lugares sombreados e longe da presença humana os hábitos alimentares se estendiam ao longo do dia, mas em locais expostos a luz direta do sol, os indivíduos ficavam mais ativos ao amanhecer e ao anoitecer. Rodriguez- Fourquet 2002 e Shimasaki *et al.*, 2012, relataram atividade dos *C. guanhumi* em períodos sem muita incidência solar (pôr do sol e amanhecer).

Segundo Herreid, 1963 e, em áreas sombreadas O *C. guanhumi* costuma alimentar-se durante o dia de frutas e folhas do mangue próximas de suas tocas, e no caso de sol forte se alimentam a noite. Neste trabalho podemos observar a prevalência de indivíduos *C. Guanhumi* coletados na parte do dia, principalmente nas horas de sol ameno. Tal comportamento talvez possa

se justificar por se tratar de um mangue estabelecido em uma área fechada e de acesso restrito, sem catadores e poucos predadores naturais, o que poderia implicar em um forrageamento tanto diurno, quanto noturno.

#### 4.5 Utilidade da análise de densidades de tocas e de indivíduos de *C. guanhumi*

Considerando-se a densidade de indivíduos ( $2,23 \pm 0,71$  ind. /m<sup>2</sup>) e a densidade de tocas obtida ( $7,49 \pm 1,8$  tocas/m<sup>2</sup>) neste estudo, a razão tocas/ind. estimada seria de 3,4:1. Isto indicaria que em média existem 3,4 aberturas de tocas para cada indivíduo de *C. guanhumi*. De fato, esta espécie costuma cavar tocas com várias aberturas (Herreid, 1963; Hill, 2001; Govender & Rodríguez-Fourquet, 2008). Na coleta artesanal, procura-se duas aberturas próximas uma da outra, uma é vedada com sedimento do entorno e a outra usada para colocar a armadilha. Também foi possível observar algumas tocas abandonadas (ausência de fezes e lama) e muitas outras fechadas, supostamente no período no qual o indivíduo fazia a muda.

Estes resultados indicam claramente que a razão tocas/ind. é consideravelmente acima de 1:1. Porém, deve-se considerar razões de valores obtidos com métodos e escalas temporais e espaciais diferentes com bastante cautela.

##### 4.5.1 Avaliação da medição de tamanhos das tocas para o estudo da dinâmica de populações

Os diâmetros das tocas mostraram um padrão de distribuição bem diferente da distribuição dos tamanhos de *C. guanhumi*. Observaram-se 4 tocas extremamente pequenas, com menos de 30 mm, as quais formaram apenas 4% das tocas encontradas. A ocorrência destas tocas pequenas, pode indicar a presença (em baixíssimos os números) de indivíduos de *C. guanhumi* pequenos, crípticos (que estariam ausentes nas amostras devido à seletividade do apetrecho de captura), ou a possíveis erros de identificação, levando à contagem de tocas de outras espécies crípticas de braquiúros, de pequeno porte, como *Sesarma* sp., *Armases* sp., ou *Uca* spp.

A presença de algumas tocas muito amplas (mesmo em N muito pequeno, N= 3 tocas) poderia ser devido à existência de poucos indivíduos grandes, crípticos. Isso é uma possibilidade real, se considerarmos a possibilidade de que o diâmetro da maior toca medida ( $TT_{max} = 152$  mm), se convertido em tamanho do indivíduo (fator médio  $TT/LC: 1.46$ ), resultaria em uma largura de carapaça estimada de  $TT_{max} / 1.46 = 104$  mm. Este valor estaria bem acima do valor máximo ( $LC_{max} = 70$  mm) encontrado, mas dentro do esperado para a curva von Bertalanffy, ou seja, abaixo do Linf (Linf: 108,03 mm). Por outro lado, vários outros fatores, como tocas mais amplamente escavadas do que o comum, tocas habitadas por dois indivíduos (fato observado regularmente), ou ampliadas

por predadores (mamíferos) na busca de alimento, ou erodidas pela chuva, podem levar a medições errôneas, com tocas exageradamente grandes, com diâmetros muito maiores do que “largura de carapaça \* 1.46”. Portanto, recomenda-se cautela na interpretação destes dados, especialmente das tocas muito grandes.

Devido aos problemas mencionados acima e à dificuldade de associar as tocas com certeza absoluta à uma determinada espécie, a utilidade deste método para o estudo da dinâmica de populações deve ser avaliada com cautela, e idealmente restrito a áreas com uma única espécie de braquiúros, como os bancos de areia habitados por *Uca Leptodactyla* (Silva & Schwamborn, 2010). Por outro lado, os dados de diâmetros das tocas podem ser obtidos com muita facilidade e com baixo impacto, e levar a novos questionamentos e hipóteses, especialmente se comparados com os dados de medições de indivíduos capturados e devidamente identificados. Outros trabalhos já utilizaram esta abordagem (Govender & Rodríguez-Fourquet, 2008).

#### 4.6 Estimativas da vulnerabilidade desta população à captura e crescimento.

Os resultados indicam que existe na área de estudo uma população de *C. guanhumi* de somente 1262 (+ 401) indivíduos. Esta população estudada apresentou um crescimento lento. Alguns fatores interferem diretamente no crescimento dos crustáceos tais como a temperatura e a disponibilidade de alimentos (von Bertalanffy, 1938). Para Hartnoll (1985), os processos de crescimento e reprodução em crustáceos competem pelos recursos energéticos, e essa competição acaba por limitar estes recursos. A predação natural também foi citada por Gifford, 1962, citando os guaxinins como importantes predadores de *C. guanhumi*. Neste trabalho por duas vezes foi observado no mangue do CMA, guaxinins no período noturno, além da presença de aves.

Uma população tão pequena, isolada e de crescimento brando pode ser despescada por completo em poucos dias, se houver alguma falha ou desativação no sistema de vigilância do CMA, principalmente se considerarmos a possibilidade de fidelidade as tocas.

A borda do mangue é de fácil acesso, o que deixaria a população mais exposta aos catadores. Por outro lado, no meio dos arbustos existem refúgios para a espécie o que poderia reduzir a sua vulnerabilidade. Diele, (2000) observou que a baixa vulnerabilidade para o caranguejo uçá (*Ucides cordatus*) nos manguezais paraenses, se deve a estes refúgios no meio do extenso emaranhado das raízes da *Rhizophora mangle*. Para o *C. guanhumi* uma das grandes ameaças além da sobrepesca é a devastação dos refúgios na borda superior dos mangues pelo desmatamento e aterros, a poluição e a eutrofização do ambiente. Todos estes fatores levaram a espécie no Brasil a

ser incluída na “Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de extinção” como espécie “Criticamente em Perigo” (Resolução 445 MMA, 2014).

#### 4.7 Influência da Mortalidade e Recrutamento

Para se estudar a dinâmica de populações locais são necessários dados de recrutamento e mortalidade confiáveis. Os padrões de recrutamento exercem forte influência na determinação do tamanho da população. A determinação do tamanho da população local é determinada pela taxa de recrutamento e os padrões de mortalidade.

Na população investigada por este estudo, dominaram indivíduos adultos pequenos (máximo, 70,0 mm e média de 43,44mm), muito menores do que o  $L_{inf}$  (108,03mm), o que pode ser explicado devido a uma elevada mortalidade total ( $Z = 2,31 \text{ ano}^{-1}$ ) e valor de  $Z/K$  muito alto (15,9). O valor de  $Z$  alto, bem acima de 1, estimado através de marcação e recaptura, apoia esta explicação. Por outro lado, a seletividade da armadilha poderia, em teoria, explicar a ausência de exemplares maiores. A inexistência de quaisquer observações visuais de indivíduos excepcionalmente grandes na área de estudo não apoia esta hipótese, assim como o fato de o diâmetro da armadilha (xx cm) ser bem maior do que as larguras das carapaças medidas (20,9 mm a 70 mm) o que permitiria a entrada e captura de indivíduos maiores, se estes estivessem presentes na área de estudo.

Um valor de mortalidade total  $Z$  muito alto poderia ser explicado devido à predação natural, por exemplo, por aves e pequenos mamíferos como o guaxinim (*Procyon lotore*) e o timbú (*Didelphis albiventer* Linnaeus, 1758), frequentemente observados no ambiente e capturados acidentalmente nas armadilhas. Diferença entre a mortalidade de machos e fêmeas foi inexistente.

#### 4.8 Propensão de fidelidade à origem

A disposição das tocas na parte supralitoral do mangue também foi observado por Gifford, 1962. Entre as áreas, A, B, C e D, onde as armadilhas foram dispostas, não havia nenhuma barreira física. Por duas vezes os indivíduos foram devolvidos ao mangue em áreas diferentes da sua origem, mas de acordo com o resultado encontrado, os *C. guanhumi* deste manguezal buscaram suas tocas. Este estudo, levou-nos a concluir a fidelidade do *C. guanhumi* as tocas, onde 77% dos indivíduos recapturados estavam em sua área de origem e o restante em áreas adjacentes bem próximas. Demonstraram ser territorialistas e capazes de encontrar suas tocas mesmo estando distantes das mesmas.

#### 4.9 Avaliação dos métodos utilizados na análise do crescimento

Ainda que este estudo tenha sido feito em uma área fechada e com um “N” relativamente grande, não foi possível detectar uma progressão modal definida. Os métodos de análises de frequência de comprimento inseridos no pacote FISAT (Bhattacharya, ELEFAN I e Shepherd) não puderam determinar os parâmetros de crescimento de forma objetiva, consistente e conclusiva, possivelmente devido ao crescimento lento ( $K < 0,4$ ) e recrutamento contínuo durante todo o ano de estudo. Se compararmos os resultados obtidos com ELEFAN I (várias estimativas ótimas possíveis, por exemplo,  $K=0,38$  e  $L_{inf}=72,50$ ), Shepherd (várias estimativas ótimas possíveis, por exemplo,  $K= 0,21$  e  $L_{inf} = 72,50$ ), Bhattacharya (sem progressão modal clara) e *fishmethods* ( $K=0,145$  e  $L_{inf} = 108,03$ ) podemos vislumbrar resultados muitos diferentes entre os parâmetros obtidos com os diferentes métodos. Os resultados obtidos pelos métodos ELEFAN I e Shepherd não são conclusivos e são fortemente influenciados pelo  $L_{inf}$  previamente definido pelo usuário.

No método Bhattacharya, os valores encontrados mostraram variações casuais, não sendo possível visualizar nenhuma progressão modal clara das três a seis coortes (Fig 15).

Cento e trinta incrementos de machos e fêmeas foram obtidos pelo método *fishmethods*, e o valor encontrado para  $K = 0,145$ , demonstrou um crescimento lento da população total, para machos e para fêmeas, o que dificultou a aplicação de métodos baseados nas análises de frequência de comprimento para esta população, assim, como o  $L_{inf}$  (108,03 mm) bastante distante (acima) dos maiores indivíduos capturados o que também não é facilmente detectado por métodos baseados nas análises de frequência e comprimento. Existe uma tendência a buscar intuitivamente o  $L_{inf}$  próximo do  $L_{max}$  observado, apesar de não haver nenhuma base teórica para isso ( $L_{inf}$  pode ser bem superior a  $L_{max}$ , se a razão  $Z/K$  for alta).

O olho humano tende a reconhecer padrões onde apenas existe variação aleatória. Mesmo na situação de possuir dados de frequência de comprimento sem clara progressão modal, o pesquisador tende a tentar visualizar padrões de progressão. Raramente, os pesquisadores reconhecem que de fato não é possível estimar parâmetros únicos de crescimento através dos métodos de análise de frequência de comprimento, de forma objetiva, para as populações investigadas (com exceção, por exemplo, de (Silva, 2010). Esta é uma das razões pela qual existem várias avaliações muito críticas destes métodos Duarte-Neto et al, 2012). Alguns autores, como Leonce-Valencia & Defeo (1997) até chegam ao ponto de sugerir o abandono do método ELEFAN. Para a população investigada neste estudo, assim, como para as duas populações de *C. guanhumi* do Nordeste do Brasil investigadas por Silva (2010) e Silva et al., 2008) provavelmente o baixo crescimento, o recrutamento contínuo, e o  $L_{max}$  consideravelmente menor que o  $L_{inf}$ , prejudicaram

a aplicabilidade destes métodos, o que não significa necessariamente que não posam ser úteis para avaliar outras populações e espécies

Tabela 6. Crustáceos decapodos, herbívoros semi-terrestre de grande porte.

Espécie	Local	Linf (mm)	K (ano <sup>-1</sup> )	Z (ano <sup>-1</sup> )	Método	Tam. Min. Máx. (mm)	Referência
<i>Cardisoma guanhumi</i>	Estuário do Rio Una – PE (área impactada)	83,01	0,594		Análise de freq. de comprim. (Bhattacharya, FISAT)	24,0 a 62,0	Botelho, et al., 2001
<i>Ucides cordatus</i>	Estuário do rio Caeté (PA)	89,0 (Mach.); 72,0 (Fêm.)	0,17 (Mach.); 0,25 (Fêm.)	0,69 (Mach.); 0,49 (Fem.)	Marcação com PITs	20,5 a 89,5	Diele & Koch. 2010
<i>Birgus latro</i>	Ilha Hatoma (Japão)	69,87	0,061	-	Marcação com PITs	14,89 a 58,03	Sato <i>et al.</i> 2013
<i>Cardisoma guanhumi</i>	Itamaracá - PE (área fechada)	108,03	0,145	2,31	Marcação com PITs	20,9 a 70,0	Presente estudo

Fonte: O autor 2016.

#### 4.9.1 Avaliação crítica do método de Powell-Wetherall

A razão Z/K é amplamente utilizada para avaliar a vulnerabilidade e o status de conservação de população de peixes e invertebrados (Charles & Sivashanthini, 2011), e até de medusas planctônicas (Palomares & Pauly 2009). Neste estudo, os valores de Z/K obtidos com o método de Powell-Wetherall (pacote FISAT II) e pelo *fishmethods* foram consideravelmente diferentes. A razão Z/K usando o K obtido como pacote *fishmethods* ( $K = 0,145 \text{ ano}^{-1}$ , machos e fêmeas) e a mortalidade total  $Z = 2,39\text{ano}^{-1}$  (usando parâmetros de crescimento obtidos com *fishmethods* aplicados à catch curve com FISAT, machos e fêmeas) foi de  $Z/K = 2,39/0,145 = 16,5$ , bem acima das estimativas obtidas com o método de Powell-Wetherall, também chamado de “método de Wetherall modificado” (Pauly & Morgan, 1987), que variaram entre  $Z/K = 0,44$  e  $Z/K = 4,2$ . A grande vantagem do método de Powell-Wetherall, que explica seu uso amplo, é a sua praticidade, ou seja que ele supostamente permite o cálculo rápido da razão Z/K e do  $L_{inf}$ , sem necessitar uma determinação precisa do valor de K (parâmetro geralmente considerado mais difícil de ser estimado).

No caso da população de *C. guanhumi* estudada, se este método tivesse sido usado para avaliar o status desta população, o valor de  $Z/K = 4,2$ , como indicador do status da população, seria bem menor (apenas de  $\frac{1}{4}$ ) do valor obtido com métodos confiáveis ( $Z/K = 16,5$ ). Isso certamente

levaria a conclusões errôneas, ou seja, levaria à subestimação da vulnerabilidade desta população de *C. guanhumi* à sobre captura.

As estimativas de  $L_{inf}$  obtidas pelo método de Powell-Wetherall (média:  $L_{inf_{Powell-Wetherall}} = 61,5$  mm) foram consideravelmente menores (aprox. 50% a 75% menores) que a estimativa obtida com marcação e recaptura ( $L_{inf_{fishmethods}} = 108,03$  mm). Se o valor de  $L_{inf_{Powell-Wetherall}} = 61,5$  mm tivesse sido usado nas subsequentes análises (por exemplo, como valor fixo no ELEFAN), todos os demais parâmetros e estimativas teriam sido drasticamente afetados, por exemplo, as estimativas de  $K$  teriam sido bem maiores do que as obtidas com métodos confiáveis (marcação e recaptura), pois a estimativa de  $K$  é diretamente afetada pela estimativa de  $L_{inf}$  durante estas avaliações. O risco de subestimar  $L_{inf}$  e subsequentemente gerar estimativas muito altas de  $K$ , levaria à subestimação da vulnerabilidade desta população de *C. guanhumi*, com consequências sérias para a sua conservação.

O manual do pacote FISAT II (Gaynilo et al., 2005) recomenda estimar o  $L_{inf}$  através do método Powell-Wetherall e em seguida utilizar os valores obtidos para detectar o valor de  $K$  através da rotina K-Scan (ELEFAN I e Shepherd). Os valores de  $K$  estimados assim, são fortemente influenciados pelo valor de  $L_{inf}$  (valores menores de  $L_{inf}$  usados resultam em maiores valores de  $K$  estimados).

Os riscos inerentes ao método de Powell-Wetherall, especialmente quando aplicado à populações em desequilíbrio já foram descritos por Somerton & Kobayashi, (1991), que propuseram um método específico para detectar desequilíbrios nas populações a serem investigadas. Estes autores citam situações extremas como o aumento repentino no esforço pesqueiro e flutuações bruscas de recrutamento, como possíveis fontes de desequilíbrio. Mesmo assim, este método tem sido amplamente utilizado, sem nenhuma preocupação com estes riscos e limitações. Este procedimento (estimar  $L_{inf}$  com o Powell-Wetherall-plot e depois usar este  $L_{inf}$  fixo na plotagem K-Scan para estimar  $K$ ) tornou-se o padrão universal para a análise de crescimento e avaliação de estoques de peixes e invertebrados nas últimas décadas, e tem sido usado de forma indiscriminada em todo o mundo (por exemplo em Arreguin Sanchez et al., 2000; Voulgaridou & Stergiou, 2003; Charles & Sivashanthini, 2011; Hartnoll 1985).

#### 4.9.2 Comparação dos pacotes FISAT e *Fishmethods*

A utilização dos métodos FISAT e *Fishmethods* foram importantes ferramentas para este trabalho. Apesar das falhas encontradas no FISAT para determinação dos parâmetros de crescimento, esta ferramenta mostrou-se muito útil como ferramenta de plotagem e análise de dados populacionais especialmente quando usada em conjunto com outros métodos.

## 4.10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tempo elevado (5 a 6 anos) que esta espécie leva para atingir o tamanho considerado apropriado ( $LC = 60$  mm) para a sua comercialização a torna mais vulnerável do que inicialmente esperado.

Os dados obtidos com o método *Fishmethods* de incrementos de largura e peso oferecem uma abordagem robusta para avaliar os parâmetros de crescimento de *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825, corroborando nossa hipótese central.

Faz-se necessária a implementação de medidas e manejo para limitar a exploração sem perder a viabilidade deste recurso de importância socioeconômica no nordeste do Brasil.

## 5 CONCLUSÕES

- O método de marcação e recaptura mostrou-se eficaz e apropriado para a espécie *C. guanhumi*, considerando a dificuldade de marcação em braquiúros utilizando outros métodos.
- A perda de microchips não influenciou nos cálculos de tamanho e mortalidade da população.
- O percentual de indivíduos recapturados na mesma área de origem evidencia a fidelidade dos *C. guanhumi* as tocas e a necessidade de um manejo adequado para esta espécie.
- A proporção entre os sexos na área de estudo diferiu significativamente de 1 para 1 (1,13:1), nos meses de fevereiro e março de 2016, e a proporção sexual da população foi marginalmente favorável aos machos.
- O valor de  $L_{inf}$  (108,03 mm) estimado para largura da carapaça de machos e fêmeas na área de estudo constata que a população atual é composta por indivíduos adultos pequenos (máximo valor encontrado da largura da carapaça 70,0 mm), com idade máxima calculada de 7,02 anos.
- O valor de  $K$  ( $0,145\text{ ano}^{-1}$ ) calculado denota um crescimento lento da população.
- O valor de Mortalidade total ( $Z = 2,39\text{ ano}^{-1}$ ) mostrou-se alto considerando que o local de coleta não tem uma mortalidade por captura.

- Juvenis e indivíduos menores que 20,0 mm são raros, e continuam sendo um grande desafio de captura.

## 6 REFERÊNCIAS

- AIKEN, D.E. Proecdysis, setal development, and molt prediction in the american lobster (*Homarus americanus*). **Journal of the Fishery Research Board of Canada**, n. 30, v. 9, p. 1337-1344. 1973.
- ALVES, R.R.N.; NISHIDA, A.K.A. ecdise do caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Crustácea, Decapoda, Brachyura) na visão dos caranguejeiros. **Interciênciac**, n. 27, v. 3, p. 110-117. 2002.
- APAC/PE. **Agência Pernambucana de Água e Climas**. Disponível em:<<http://www.apac.pe.gov.br>>. Acesso em: 25 de Abril 2016.
- ARREGUÍN-SÁNCHEZ F.; SOLÍS-RAMÍREZ M. J.; GONZÁLEZ, M.E. Population dynamics and stock assessment for *Octopus maya* (Cephalopoda: Octopodidae) fishery in the Campeche Bank, Gulf of Mexico. **Revista de Biología Tropical**, n. 48, v. 2-3, p. 323-31. 2000.
- AYANILLO F.C.; SPARRE, P.; PAULY, D. The FISAT user's guide. FAO-ICLARM Stock assessment tools. FAO Computerized Information Series / Fisheries, n. 99, v. 1, p. 1-126. 1993.
- BERTALANFFY, L.; VON, A. quantitative theory of organic growth. **Human Biology**, n. 10, p. 181-318. 1938.
- BHATTACHARYA, C. G. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. **Biometrics**, n. 23, p. 11-135. 1967.
- BOTELHO, E. R. O.; SANTOS, M. C. F.; SOUZA, J.B. Aspectos populacionais do guaiamum, *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825, do estuário do rio Una (Pernambuco – Brasil). **Boletim Técnico Científico do CEPENE**, n. 9, v. 1, p. 123-146. 2001.
- BOZADA, L.; CHAVEZ, Z. **La fauna acuatica de la laguna del ostion**. Centro de Ecodesarrollo, Mexico. 1986.
- CHARLES, G.A.; SIVASHANTHINI, K. Population Dynamics of Squid *Sepioteuthis lessoniana* (Lesson, 1830) from the Northern Coast of Sri Lanka. **Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v. 6, p. 74-84. 2011.
- DIELE, K. Life history and population structure of the exploited mangrove crab *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763), (Decapoda: Brachyura) in the Caeté Estuary, North. 116 f. Tese (University of Bremen, Bremen), 2000.

DIELE, K.; KOCH, V.; SAINT-PAUL, U. Population structure, catch composition and CPUE of the artisanally harvested mangrove crab *Ucides cordatus*: indications for overfishing? **Aquatic Living Resources**. v. 18, p. 169–178. 2005.

DIELE, K; KOCH, V. Growth and mortality of the exploited mangrove crab *U. cordatus* (Ucididae) in N-Brazil. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, n. 395, p. 171-180. 2010.

DONALDSON, W.E.; SCHMIDT, L.; WATSON, L.; PENGILLY, D. Development of a technique to tag adult red king crab, *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815), with passive integrated transponder tags. **Journal of Shellfish Research**, n. 11, v. 1, p. 91–94. 1992.

DUARTE-NETO, P.; HIGA, F. M.; LESSA, R. P. Age and growth estimation of bigeye tuna, *Thunnus obesus* (Teleostei: Scombridae) in the southwestern Atlantic. **Neotropical Ichthyology**, v. 10, p. 148-158. 2012.

FELICIANO, C. **Notes on the biology and economic importance of the land crab *Cardisoma guanhumi* Latreille of the Puerto Rico**. Special contribution, Institute of Marine Biology, Universidad Puerto Rico, 13 p. 1962.

FORSEE, R. A.; ALBRECHT, M. Population Estimation and Site Fidelity of the Land Crab *Cardisoma guanhumi* (Decapoda: Brachyura: Gecarcinidae) on Vieques Island, Puerto Rico. **Journal of Crustacean Biology**, n. 32, v. 3, p. 435-442. 2012.

FRANCIS, R.I.C.C. Maximum likelihood estimation of growth and growth variability from tagging data. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, n. 22, v. 1, p. 42-51. 1988.

GAYANIL JR. F.C., SPARRE P., PAULY P. 2005. FAO-ICLARM stock assessment tools (FiSAT II). Revised version. User's manual. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Available at <http://www.fao.org/docrep/009/y5997e/y5997e00.htm>.

GAYANIL, F.C.J.R.; PAULY, D. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT) Reference manual. FAO Computerized Information Series (Fisheries) n. 8, p. 1-262. 1997.

GAYANIL, F.C.J.R.; SPARRE, P; PAULY, D. 1996. The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT) User's guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries) 6: 1-186.

GIFFORD, C.A. Some observations on the general biology of the land crabs, *Cardisollw guanhumi* (Latreille), in South Florida. **The Biological Bulletin**, n. 23, p. 207-223. 1962.

GIL, L. S. *Aspectos biológicos do caranguejo Cardisoma guanhumi (LATREILLE, 1825) (Decapoda, Brachyura, Gecarcinidae) no núcleo de Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar, litoral do Estado de São Paulo, Brasil*. 45 f. Dissertação (Instituto de Pesca, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - São Paulo, Brasil). 2009.

GOVENDER Y., RODRÍGUEZ-FOURQUET, C. Tech - niques for rapid assessment of population density and body size of the land crab *Cardisoma guanhumi* (Latreiile, 1825) in Puerto Rico. **Trop. Estuar.** p. 9-15. 2008.

HANCOCK, D.A.; EDWARDS, E. Estimation of animal growth in the edible crab (*Cancer pagurus* L.). **Journal Du Conseil International pour l'Exploration de la Mer**, n. 31, v. 2, p. 246-264. 1967.

HARTNOLL, R.G. Growth, sexual maturity and reproductive output. In: A.M. WENNER (ed.). **Factors in adult growth**. Rotterdam, A.A. Balkema, 362p. 1985.

HARTNOLL, R.G. Growth. In: BLISS, D. E. (ed.) **The biology of Crustacea embryology, morphology and genetics**. Academic Press, New York, p. 111-196. 1982.

HASTIE, T. (2015) Package *gam*: Generalized Additive Models. <https://cran.rproject.org/web/packages/gam/index.html>

HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R. 1990. *Generalized Additive Models*. London: Chapman and Hall.

HENNING, HG. 1975. Ökologische, ethologische und sinnesphysiologische untersuchungen an der landkrabbe *Cardisoma guanhumi* Latreille (Decapoda, Brachyura). *Forma et Functio* 8:253-304.

HERREID, C.F. Observations on the feeding behavior of *Cardisoma guanhumi* (Latreille) in Southern Florida. **Crustaceana**, n. 5, p. 176-180. 1963.

HERREID, C.F. Skeletal measurements and growth of the land crab *Cardisoma guanhumi* Latreille. **Crustaceana**, n. 13, p. 39-44. 1967.

HILL, K. 2001. Species Inventory. Smithsonian Marine Station of Ford Pierce. Disponível em <[http://www.sms.si.edu/irlspec/Cardis\\_guanhu.htm](http://www.sms.si.edu/irlspec/Cardis_guanhu.htm)>. Acesso: em 13 Maio 2016.

HOSTETLER, M.E.; MAZZOTTI, F.E.; TAYLOR, A.K. Blue land crab (*Cardisoma guanhumi*). University of Florida Cooperative Extension Service Fact Sheet WEC 30. 2 p. University of Florida, UF/IFAS EDIS Database. 2003

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Disponível em:< <http://www.inmet.gov.br>> Acesso em: 12 de julho 2016.

KIENZLE M.; NELSON, G.A. Function *grotag* - Maximum likelihood estimation of growth and growth variability from tagging data. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, n. 22, v. 1, p. 43-51, Francis (1988). 2013.

KLAOUDATOS, D. S., et al. "Age, growth, mortality and sex ratio of the inshore population of the edible crab, *Cancer pagurus* (Linnaeus 1758) in South Wales (UK)." *Journal of Applied Ichthyology* 29.3 (2013): 579-586.

KÖPPEN, W. 1948. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Econômica. México. 479p.

LE CREN, E. D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch. (*Perca fluviatilis*). **Journal of Animal Ecology**, v. 20, p. 201-219, 1951.

- Lessa, R. & P. Duarte-Neto. 2004. Age and growth of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western equatorial Atlantic, using dorsal fin spines. *Fisheries Research*, 69: 157-170.
- LEONCE-VALENCIA, C.; DEFEO, O. Evaluation of three length-based method for estimating growth in tropi-cal fishes: the red snapper *Lutjanus campechanus* of the Campeche Bank (Mexico). *Scientia Marina*, v. 61, p. 297-303. 1997.
- LOBÃO, V.L.; ROVERSO, E. A.; LAGE, M. & HORTENCIO, E. Ciclo de muda e crescimento em *Macrobrachium amazonicum* Heller, 1862 e *Macrobrachium rosenbergii* De Man (Decapoda, Palaemonidae). *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 23, p. 35-45. 1996.
- MANSO, V.A.V.; COUTINHO, P.N.; GUERRA, N.C.; SOARES JÚNIOR, C.F.A. Pernambuco. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. p.182. In: MUEHE, D. (Org.). Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro, p.182, 2006.
- MURPHY, M. L.; THEDINGA, J. F.; PELLA, J. J. Bootstrap confidence intervals for trap efficiency estimates of migrating fish. National Marine Fisheries Service, Juneau, AK. 1996.
- NELSON, G. A. 2013. Fishery science methods and models in R. Disponível em: <http://cran.r-project.org/web/packages/fishmethods/fishmethods.pdf>.
- NELSON, G.A. A package fishmethods, version 1.9-0. <https://cran.r-project.org/web/packages/fishmethods/fishmethods.pdf>. 2015
- PALOMARES, M.L.D., PAULY, D. The growth of jellyfishes. *Hydrobiologia*, v. 616, n. 1, p. 11-21. 2009.
- PAULY, D. AND MORGAN, G. R. (Ed.). Length-based methods in fisheries research. **ICLARM Conference Proceedings**, v. 13, 468 p. 1987.
- PAULY, D. AND N. DAVID. An objective method for determining growth from length-frequency data. **ICLARM Newsletter**, v. 3, n. 3, p. 13-15. 1980.
- PAULY, D. On improving operation and use of the ELEFAN programs, Part IV: Conclusion. Fishbyte. **Newsletter of the Network of Tropical Fisheries Scientists**, v. 4, n. 3, p. 14. 1986.
- PAULY, D. Seasonal growth. In: Froese, R. and D. Pauly, (Ed.) FishBase 2000: concepts, design and data sources. ICLARM, Los Baños, Laguna, Philippines. 2000.
- PAULY, D.; MUNRO, J. L. Once more on growth comparison in fish and invertebrates. **Fishbyte, Newsletter of the Network of Tropical Fisheries Scientists**, v. 2, n. 1, p. 21. 1984.
- PAULY, D; DAVID, N. ELEFAN I. A Basic program for the objective extraction of growth parameters from length-frequency data. **Meeresforschung**, v. 28, n. 4, p. 205-211. 1981.
- PENGILLY, D., WATSON, L.J. Automated detection of internally injected tags in red king crabs at crab processing facilities. **Fisheries Research**, v. 19, p. 293–300. 1994.

PRENTICE, E.F. A new internal telemetry tag for fish and crustaceans. In: Sparks, A.K. (Ed.), **Marine Farming and Enhancement**; Proc. 15th U.S.-Japan Meeting on Aquaculture, Kyoto, Japan, 22–23 October 1986. NOAA Tech. Rep. NMFS 85, Seattle, WA. 1990.

RIVERA, J.J., El cangrejo terrestre *Cardisoma guanhumi* ¿un recurso pesquero? 2005.

RODRIGUEZ-FOURQUET, C. Effect of fishing on the land crab's (*Cardisoma guanhumi*) density and size structure in Puerto Rico. University of Puerto Rico: San Juan. 2002.

SATO T.; YOSEDA K.; ABE O.; SHIBUNO T.; TAKADA Y.; DAN S.; HAMASAKI K. Growth of the coconut crab *Birgus latro* estimated from mark-recapture using passive integrated transponder (PIT) tags. **Aquatic Biology**, v. 19, p. 143–152. 2013.

SCHWAMBORN, R.; SANTOS, D.A. O Manguezal e o homem do Nordeste: aspectos sócio-culturais e ecológicos. In: Anuário do Instituto Martius-Staden / Martius-Staden-Jahrbuch (São Paulo). P. 89-103. 2009.

SEBER, G. A. F. **The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters**, Second Edition. The Blackburn Press, Caldwell, New Jersey. 654 p. 2002.

SHEPHERD, J.G. A weakly parametric method for the analysis of length composition data. In: D. Pauly and G.P. Morgan (eds.): Length-based methods in fisheries research, pp. 113- 119. **ICLARM Conf. Proc.** 13, Manila. 1987.

SHIMASAKI L.; KITAGAWA K.; HERNANDEZ M.; BLUMSTEIN D. T. Are blue land crabs (*Cardisoma guanhumi*) attracted to falling fruit? **Acta Ethologica**, v. 15, n 1, p. 159–164. 2012.

SHINOZAKI-MENDES, R. A. **Biologia reprodutiva do guaimum, *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828 (Decapoda: Gecarcinidae) na Região de Aracati, CE.** 90 f. Dissertação (Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, Brasil). 2008.

SHINOZAKI-MENDES, R. A.; SILVA, J. R. F.; HAZIN, F. H. V. 2011. Development of male reproductive system of the blue land crab *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828 (Decapoda: Gecarcinidae). **Acta Zoologica**, v. 93, n. 4, p. 390-399. 2012.

SHINOZAKI-MENDES, R.A.; SILVA, J.R.F.; SANTANDER-NETO, J; HAZIN, F.H.V. Reproductive biology of the land crab *Cardisoma guanhumi* (Decapoda: Gecarcinidae) in north-eastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, n. 93, v. 3, p. 1-8. 2013.

SHINOZAKI-MENDES, R.A; SANTANDER-NETO, J; SILVA, J.R.F; HAZIN, F.H.V. Sazonalidade da Proporção Sexual do Guaiamum, *Cardisoma guanhumi* LATREILLE, 1828 (Decapoda: Gecarcinidae) no Estuário do Rio Jaguaribe, Ceará, **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 3, p. 27-30, 2008a.

SILVA F. B; SCHWAMBORN R. Biologia populacional e reprodutiva de *Uca leptodactyla* (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) no Canal de Santa Cruz, Itamaracá, Pernambuco. Resumo

de relatório enviado à FACEPE  
<http://www.revistacirurgiabmf.com/2010/FACEPE/RESUMOS10.pdf>. 2010.

**SILVA, C.C. Dinâmica populacional do guaiamum, *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828 (Crustacea: Decapoda: Gecarcinidae) em duas áreas de manguezal no Estado do Rio Grande do Norte com diferentes pressões de captura.** 146f. Tese (Doutorado em Biologia Animal) – Universidade Federal de Pernambuco. Pernambuco. 2013.

SILVA, C.C.; SCHWAMBORN, R.; LINS OLIVEIRA, J.E. Population biology and color patterns of the blue land crab, *Cardisoma guanhumi* (Latreille 1828) (Crustacea: Gecarcinidae) in the Northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v, 74, n. 4, p. 949-958. 2014.

SILVA, R. & OSHIRO, L. M. Y. Aspectos reprodutivos do caranguejo Guaiamum, *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828 (Crustacea, Decapoda, Brachyura) da Baía de Sepetiba, RJ. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 1, p. 71-78. 2002.

SOMERS, I.F. On a seasonally oscillating growth function. **Fishbyte**, 6 ( 1 ): 8 – 11Hastie, T. (2015). **gam: Generalized Additive Models.** R package version 1.12. <http://CRAN.R-project.org/package=gam>. 1988.

SOMERTON, D.A.; KOBAYASHI, D.R. Robustness of the Wetherall length-based method to population disequilibria. **Fishery Bulletin**. v. 89, p. 307-314. 1991.

TAISSOUN, E., El cangrejo de tierra *Cardisoma guanhumi* (Latreille) en Venezuela. **Boletín Del Centro de Investigaciones Biológicas**, n. 10, p. 9-41. 1974.

TAKAHASHI, M.A. **Conhecimentos locais e a cadeia produtiva do goiamum (*Cardisoma guanhumi*, Latreille, 1825) no litoral paraibano.** 88 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal da Paraíba. 2008.

VOULGARIDOU, P. K.I. Stergiou. Trend in various biological parameters of the european sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), in the Eastern Mediterraen Sea. **Scientia Marina**, v. 67, n. 1, p. 269-280. 2003.

WEDES, S., 2004. *Cardisoma guanhumi*. Animal Diversity Web. University of Michigan Museum of Zoology. Disponível em <[http://animaldiversity.org/accounts/Cardisoma\\_guanhumi/](http://animaldiversity.org/accounts/Cardisoma_guanhumi/)>. Acesso: em 15julho 2016.

WETHERALL, J.A. A new method for estimating growth and mortality parameters from length-frequency data. **Fishbyte**. n. 4, v. 1, p.12-14. 1986.

WETHERALL, J.A.; POLOVINA, J.J.; RALSTON, S. Estimating growth and mortality in steady-state fish stocks from length-frequency data, p. 53-74. 1987.

ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis**, 5th Edition. Prentice-Hall, Upper Saddle River, N.J. 2009.