



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PESCA

JUAREZ COELHO BARROSO

**AVALIAÇÃO DA PESCA DA LAGOSTA VERMELHA (*Panulirus argus*) E DA LAGOSTA
VERDE (*Panulirus laevicauda*) NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO BRASIL**

FORTALEZA

2012

JUAREZ COELHO BARROSO

AVALIAÇÃO DA PESCA DA LAGOSTA VERMELHA (*Panulirus argus*) E DA LAGOSTA
VERDE (*Panulirus laevicauda*) NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO BRASIL

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Pesca. Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Ph.D. Raúl Cruz Izquierdo

FORTALEZA

2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- B285a Barroso, Juarez Coelho.
Avaliação da pesca da lagosta vermelha (*Panulirus argus*) e da lagosta verde (*Panulirus laevicauda*) na plataforma continental do Brasil / Juarez Coelho Barroso. – 2012.
109 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia de Pesca, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2012.
Área de Concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.
Orientação: Prof. PhD Raúl Cruz Izquierdo
- 1.Crustáceos. 2.Recursos pesqueiros - exploração 3.Pesca – sustentabilidade I. Título.

CDD 639.2

JUAREZ COELHO BARROSO

AVALIAÇÃO DA PESCA DA LAGOSTA VERMELHA (*Panulirus argus*) E DA LAGOSTA VERDE (*Panulirus laevicauda*) NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO BRASIL

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Pesca. Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Aprovada em ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ph.D. Raúl Cruz Izquierdo (Orientador)

Universidade Federal do Ceará - UFC (Professor Visitante Estrangeiro - CAPES)

Prof. Ph.D. Antônio Aduino Fonteles Filho

Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR / Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof^a. Dra. Danielle Sequeira Garcez

Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR / Universidade Federal do Ceará - UFC

Para minha mãe, Milca Coelho e meus irmãos,
Ricardo, Jônatas, Quesia, Saul e Kelma.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Ph.D. Raúl Cruz Izquierdo, pela sua orientação e horas dedicadas a esse trabalho; pelos ensinamentos, paciência e confiança, tornando essa fase mais do que uma Pós-Graduação, auxiliando em meu crescimento profissional e me fazendo enxergar horizontes mais distantes.

Ao Professor Dr. Reynaldo Amorim Marinho, do Departamento de Engenharia de Pesca - UFC, pelo apoio, confiança e pelas valiosas discussões sobre o setor lagosteiro.

Ao Professor Dr. Raimundo Nonato de Lima Conceição, do Departamento de Engenharia de Pesca - UFC, pelo apoio e pelo envio de referências bibliográficas que contribuíram com o enriquecimento deste estudo.

À Professora Dra. Danielle Sequeira Garcez, pelo apoio financeiro na coleta de dados biológicos e pesqueiros de lagosta, através do projeto financiado pela FUNCAP no litoral leste do estado do Ceará.

Ao Professor Ph.D. Antônio Aduino Fonteles Filho, pelos dados cedidos de lagosta no estado do Ceará, dos anos de 1970 a 1993.

À M.Sc. em Ciências Marinhas Tropicais Lorena Galletti de Almeida, pelos dados cedidos das amostragens biológicas de lagosta em Icapuí - CE, do ano de 2009.

Ao Engenheiro de Pesca Felipe Lima, pelo auxílio nas amostragens biológicas de lagosta nas indústrias de Fortaleza - CE, nos anos de 2005 a 2007.

Ao Professor Dr. Israel Hidenburgo Aniceto Cintra, pelos dados de lagosta da região Norte do Brasil, cedidos a partir do Projeto Lagosta/IBAMA.

Ao Engenheiro de Pesca Francisco Marcelino Alves, pela colaboração na coleta de dados biológicos e pesqueiros de lagosta em Fortaleza - CE no ano de 2010 e ao seu pai Sr. Pedro, mestre de embarcação lagosteira, que auxiliou na logística, tornando possível a coleta desses dados.

Ao Engenheiro de Pesca Frederico Batista Magalhães e a estudante de graduação em Engenharia de Pesca, Maria Emanuella de Oliveira Martins, pela valiosa contribuição durante as amostragens biológicas de lagosta em Fortaleza - CE, no ano de 2010.

À Dra. Alessandra Cristina da Silva, por compartilhar informações sobre a pesca de lagosta no Brasil e pelo seu valioso auxílio durante algumas viagens para coleta de dados.

Às Engenheiras de Pesca Rochelle Cruz de Araújo Bezerra e Katiane Barbosa Guimarães, por auxiliarem na coleta de dados no município de Icapuí - CE, no ano de 2010.

Ao Sindicato dos Pescadores Artesanais e de Marisqueiras de Icapuí (SINDIPAMI), pelo apoio, especialmente ao amigo Tobias (Segundo), pela sua colaboração, atenção e interesse no trabalho.

Aos donos dos barracões de lagosta em Icapuí - CE, pela paciência durante o período do trabalho, especialmente à Zaqueu e Meres, por disponibilizarem o espaço para realização de parte da coleta de dados.

À Engenheira de Pesca Úrsula Beatriz Pinheiro de Lima, pelo seu valioso auxílio e logística durante a coleta de dados em Aracati - CE.

Aos coletores de dados pesqueiros de lagosta, José Airton (Itarema), Rodrigo Menezes (Aracati) e Helidaias Mariano (Icapuí), pela confiança e seriedade no trabalho realizado.

Aos pescadores das comunidades de Porto dos Barcos em Itarema e Redonda em Icapuí, ambos no estado do Ceará, pelo apoio, cooperação e disposição em ajudar nesse trabalho.

À bióloga Marina Teresa Torres Rodríguez, pelo apoio, incentivo e seus ensinamentos em metodologia científica.

À Engenheira de Pesca Janaina Sales Holanda, pela edição dos mapas apresentados neste trabalho.

Ao Tecnólogo de Estradas Antônio Júnior Alves Ribeiro, pela elaboração do mapa da área de estudo.

Aos que fazem parte do Laboratório de Biologia e Tecnologia Pesqueira do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, pelo apoio prestado durante todo o período de trabalho.

Aos colegas da turma de mestrado em Engenharia de Pesca - UFC, de 2010: Anderson Alan, Davi de Holanda, Thiago Basílio, Antônio Glaydson (Tidy), Ítala Farias e Sara Monaliza, pelo apoio e incentivos mútuos nos trabalhos realizados.

Aos Professores do programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, pelos conhecimentos transmitidos, especialmente ao coordenador Celso Shiniti Nagano, por sua orientação no período da bolsa CAPES-PROPAG.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao Engenheiro de Pesca Francisco de Assis Pereira da Costa (Fran), pelo apoio, referências bibliográficas enviadas e disponibilidade em ajudar sempre.

Ao Professor Dr. Jorge Iván Sánchez Botero, do Departamento de Biologia - UFC, pelo seu apoio, confiança e incentivo no trabalho.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

“A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original.”

(Albert Einstein)

RESUMO

A pesca extrativa de lagosta no Brasil é uma atividade econômica importante que engloba diferentes setores sociais na região costeira e que aporta um ingresso médio anual de 84 milhões de dólares. A grande demanda do produto, o elevado valor no mercado internacional, a expansão da frota artesanal, o não cumprimento das medidas de conservação, o impacto da pesca no ecossistema e possivelmente a variabilidade do clima, tem propiciado uma elevada exploração ou sobre-exploração dos estoques destes crustáceos. A avaliação e previsão da pescaria dependem da coleta de informação biológica e pesqueira, em que nas duas últimas décadas a ausência destes dados e a falta de estudo do ciclo de vida gerou um elevado nível de incerteza na administração da pescaria. No presente estudo, foi realizada uma análise integral da informação biológico-pesqueira gerada pelo projeto de mestrado e pelos dados que o precedem. As zonas de agregação dos estoques pesqueiros se distribuíram em 31 estratos que cobrem uma área de 356.610 km², divididos em duas regiões: rasa < 50 m (160.510 km²) e profunda entre 50 e 100 m (196.100 km²). O índice de produtividade médio (1999-2006) entre espécies foi de 29,75 kg/km² em *Panulirus argus* e de 8,39 kg/km² em *P. laevicauda*; nos diferentes estratos variou entre 0,02 e 217,0 kg/km² (ambas as espécies). Os coeficientes de capturabilidade variaram entre 0,10 e 0,14, demonstrando-se que os aparelhos de pesca (çaçoeira, manzuá e cangalha) apresentam uma baixa eficiência na pescaria de lagosta. A amostragem dos desembarques entre diferentes períodos de pesca (1970-1979, 1980-1988 e 1989-1993) mostrou uma diminuição progressiva das lagostas pequenas e, como resultado, o comprimento médio mostrou uma tendência crescente. As amostragens aleatórias nas embarcações que pescaram entre 20 e 35 m (1999) revelaram que as lagostas recrutadas (50 e 75 mm, CC) representaram 91% (*P. argus*) e 96% (*P. laevicauda*) do total capturado, que conjuntamente com a expansão da área de pesca (aumento do esforço) e a diminuição da CPUE por quadrículas de pesca (entre 1974 e 1991), evidenciaram uma sobrepesca de crescimento que provavelmente esteja influenciando nas elevadas variações das capturas anuais e em sua tendência negativa observada nos últimos 15 anos (1995-2009). A análise realizada entre a CPUE e a abundância (*N*), revelou uma falta de proporcionalidade (hiperestabilidade) entre ambos os parâmetros, que poderia estar afetando a relação entre a CPUE e o esforço, e sobre-estimando as estimativas do rendimento máximo sustentável (RMS). Foi estimado um rendimento máximo sustentável por unidade de área de 14 kg/km² e um rendimento máximo sustentável preliminar entre 5.000 e 5.604 t. Este resultado empírico deve ser corroborado a partir do desenvolvimento da amostragem aleatória estratificada que foi proposto no presente estudo. Não existem evidências de uma sobrepesca de recrutamento nos estoques, mas as altas taxas de exploração no estoque do setor profundo (50 e 100 m) de *P. argus*, composto principalmente por exemplares mais velhos e de elevado poder reprodutor, poderia estar acentuando o risco dos recrutamentos baixos e dos colapsos. Este grande nível de incerteza pelo que transcorre a pescaria de lagosta na plataforma continental do Brasil deve ser abordado por formas de pensar novas e diferentes, por uma visão em longo prazo e pela obtenção de novos conhecimentos científicos que permitam desenvolver uma pesca sustentável.

Palavras-chave: Lagostas espinhosas. Amostragem aleatória estratificada. Índice de produtividade. Intensidade de pesca. Rendimento máximo sustentável por unidade de área.

ABSTRACT

Extractive fishing lobster in Brazil is an important economic activity which includes different social sectors in the coastal region and provides an average annual income of USD\$ 84 million. The great demand for the product, the high value in international market, expansion of the artisanal fleet, failure in enforce of conservation measures, the fishing impact on ecosystems and perhaps climate variability, have led to a high exploitation or overexploitation of the crustacean stocks. The evaluation and fishery prediction depends of biological and fisheries data collection, in the last two decades the absence of these data and the lack in the life cycle study generated a high level of uncertainty in the management of the fishery. In the present study, a comprehensive analysis is done of biological and fishery information generated by the thesis project and the data that precedes. The areas of the stock aggregation were distributed into 31 strata covering an area of 356.610 km², divided into two regions: shallow < 50 m (160.510 km²) and depth between 50 and 100 m (196.100 km²). The medium productivity index (1999-2006) between species was 29,75 kg/km² in *Panulirus argus* and 8,39 kg/km² in *P. laevicauda*; in different strata varied between 0.02 and 217.0 kg/km² (both species). Catchability coefficients ranged between 0.10 and 0.14, showing that the fishing gears (caçoeira, manzuá and cangalha) have a low efficiency in the lobster fishery. The sampling of landings between different fishing periods (1970-1979, 1980-1988 and 1989-1993) showed a progressive decrease in the small lobsters and as a result the mean length showed an increasing trend. The random samples on boats that fished between 20 and 35 m (1999), revealed that lobsters recruited (50 and 75 mm, Lc) accounted for 91% (*P. argus*) and 96% (*P. laevicauda*) of the total catch, which with the expansion of fishing (increased effort) was accompanied by a decreasing of the CPUE by fishing grids (between 1974 and 1991), showed a growth overfishing which are probably influencing in the high variations of the annual catches and its negative trend observed in the last fifteen years (1995-2009). The analysis between CPUE and abundance (*N*), revealed a lack of proportionality (hyperstability) between both parameters, which could be affecting the relationship between CPUE and effort and overestimating yield maximum sustainable (YMS). We estimated a yield maximum sustainable per unit area of 14 kg/km² and a yield maximum sustainable preliminary between 5,000 and 5,604 t. This empirical result should be confirmed through the development of stratified random sampling is proposed in this study. There is not evidence of recruitment overfishing in the stocks, but high rates of exploitation in the deep stock (50 to 100 m) of *P. argus*, composed mainly of older specimens and high reproductive power, could be accentuating the risk of low recruitment and collapse. This high level of uncertainty which takes the lobster fishery on the continental shelf of Brazil must be addressed by new ways of thinking, by a long-term and acquiring new skills and knowledge to develop fisheries sustainable.

Keywords: Spiny lobsters. Random sampling stratified. Productivity index. Fishing intensity. Yield Maximum sustainable per unit area.

RESUMEN

La pesca extractiva de langosta en Brasil es una actividad económica importante que engloba diferentes sectores sociales en la región costera y que aporta un ingreso medio anual de USD\$ 84 millones. La gran demanda del producto, el elevado valor en el mercado internacional, la expansión de la flota artesanal, el incumplimiento de las medidas de conservación, el impacto de la pesca en el ecosistema y quizás la variabilidad del clima, han propiciado una elevada explotación o sobreexplotación de los stocks en estos crustáceos. La evaluación y predicción de la pesquería depende de la colecta de información biológica y pesquera, en las dos últimas décadas la ausencia de estos datos y la carencia en el estudio del ciclo de vida generó un elevado nivel de incertidumbre en la administración de la pesquería. En el presente estudio, se realiza un análisis integral de la información biológico-pesquera generada por el proyecto de tesis y por los datos que la preceden. Las zonas de agregación de los stocks pesqueros se distribuyeron en 31 estratos que cubren un área de 356.610 km², divididos en dos regiones: somera < 50 m (160.510 km²) y profunda entre 50 y 100 m (196.100 km²). El índice de productividad medio (1999-2006) entre especies fue de 29,75 kg/km² en *Panulirus argus* y de 8,39 kg/km² en *P. laevicauda*; en los diferentes estratos varió entre 0,02 y 217,0 kg/km² (ambas especies). Los coeficientes de capturabilidad variaron entre 0,10 y 0,14, demostrándose que los artes de pesca (caçoeira, manzuá e cangalha) presentan una baja eficiencia en la pesquería de langosta. El muestreo de los desembarques entre diferentes periodos de pesca (1970-1979, 1980-1988 y 1989-1993) mostró una disminución progresiva de las langostas pequeñas y, como resultado, el largo medio mostró una tendencia creciente. Los muestreos aleatorios en las embarcaciones que pescaron entre 20 y 35 m (1999), reveló que las langostas reclutadas (50 y 75 mm, Lc) representaron el 91% (*P. argus*) y 96% (*P. laevicauda*) del total capturado, que conjuntamente con la expansión del área de pesca (aumento del esfuerzo) y la disminución de la CPUE por cuadrículas de pesca (entre 1974 y 1991), evidenciaron una sobrepesca del crecimiento que probablemente este influenciando en las elevadas variaciones de las capturas anuales y en su tendencia negativa observada en los últimos quince años (1995-2009). El análisis realizado entre la CPUE y la abundancia (*N*) reveló una falta de proporcionalidad (hiperestabilidad) entre ambos parámetros, que pudiera estar afectando la relación entre la CPUE y el esfuerzo, y sobreestimando los estimados del rendimiento máximo sustentable (RMS). Se estimó un rendimiento máximo sustentable por unidad de área de 14 kg/km² y un rendimiento máximo sustentable preliminar entre 5.000 y 5.604 t. Este resultado empírico debe ser corroborado a partir del desarrollo del muestreo aleatorio estratificado que se propone en el presente estudio. No existen evidencias de una sobrepesca del reclutamiento en los stocks, sin embargo las altas tasas de explotación en el stock del sector profundo (50 y 100 m) de *P. argus*, compuesto principalmente por ejemplares más viejos y de elevado poder reproductor, pudiera estar acentuando el riesgo de los reclutamientos bajos y de los colapsos. Este gran nivel de incertidumbre por la que transcurre la pesquería de langosta en la plataforma continental de Brasil debe ser abordado por formas de pensar nuevas y diferentes, por una visión a largo plazo y por la adquisición de nuevos conocimientos científicos que permitan desarrollar una pesca sustentable.

Palabras-clave: Langostas espinosas. Muestreo aleatorio estratificado. Índice de productividad. Intensidad de pesca. Rendimiento máximo sustentable por unidad de área.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Mapa do Brasil mostrando a distribuição dos estados costeiros que pescam lagostas | 26 |
| Figura 2 - Comportamento da produção anual das lagostas espinhosas <i>Panulirus argus</i> e <i>Panulirus laevicauda</i> no Brasil, no período de 1955 a 2009 | 38 |
| Figura 3 - Produção média em toneladas de lagostas espinhosas por estados no Brasil, no período de 1991 a 2007 | 40 |
| Figura 4 - Produção média em toneladas de lagostas espinhosas por município no estado do Piauí, no período de 1999 a 2006 | 41 |
| Figura 5 - Produção média em toneladas de lagostas espinhosas por município no estado do Ceará, no período de 1999 a 2006 | 42 |
| Figura 6 - Produção média em toneladas de lagostas espinhosas por município no estado do Rio Grande do Norte, no período de 1999 a 2006 | 43 |
| Figura 7 - Produção média em toneladas da lagosta <i>P. argus</i> por município no estado da Paraíba, no período de 1999 a 2006 | 44 |
| Figura 8 - Produção média em toneladas de lagostas espinhosas por município no estado de Pernambuco, no período de 1999 a 2006. a) <i>Panulirus argus</i> e b) <i>Panulirus laevicauda</i> | 45 |
| Figura 9 - Produção média em toneladas de lagostas espinhosas por município no estado de Alagoas, no período de 1999 a 2006. a) <i>Panulirus argus</i> e b) <i>Panulirus laevicauda</i> | 47 |
| Figura 10 - Produção média em toneladas de lagostas espinhosas por município no estado da Bahia, nos anos de 2002, 2005 e 2006. a) <i>Panulirus argus</i> e b) <i>Panulirus laevicauda</i> | 48 |
| Figura 11 - Produção anual em toneladas de lagosta espinhosa no estado do Espírito Santo, no período de 1991 a 2007 | 49 |
| Figura 12 - Padrão estacional da produção de lagosta espinhosa nos estados da região Nordeste do Brasil, no período de 1999 a 2006 | 51 |
| Figura 13 - Comportamento espaço-temporal da abundância média (kg/covo) por quadrículas de pesca da lagosta vermelha <i>P. argus</i> no Brasil. Período: (a) 1974-1979, (b) 1980-1985 e (c) 1986-1991 | 53 |

| | |
|---|----|
| Figura 14 - Comportamento espaço-temporal da abundância média (kg/covo) por quadrículas de pesca da lagosta verde <i>P. laevicauda</i> no Brasil. Período: (a) 1974-1979, (b) 1980-1985 e (c) 1986-1991 | 54 |
| Figura 15 - Distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax da lagosta vermelha <i>P. argus</i> , coletada no Mucuripe (CE) e em uma indústria pesqueira de Fortaleza, estado do Ceará, durante os períodos de: 1970-1979, 1980-1988 e 1989-1993 | 55 |
| Figura 16 - Comportamento do comprimento médio anual do cefalotórax da lagosta vermelha <i>P. argus</i> , coletada no Mucuripe (CE) e em uma indústria pesqueira de Fortaleza, estado do Ceará, no período de 1970 a 1993 | 56 |
| Figura 17 - Distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax da lagosta verde <i>P. laevicauda</i> , coletada no Mucuripe (CE) e em uma indústria pesqueira de Fortaleza, estado do Ceará, durante os períodos de: 1970-1979, 1980-1988 e 1989-1993 | 57 |
| Figura 18 - Comportamento do comprimento médio anual do cefalotórax da lagosta verde <i>P. laevicauda</i> , coletada no Mucuripe (CE) e em uma indústria pesqueira de Fortaleza, estado do Ceará, no período de 1970 a 1993 | 57 |
| Figura 19 - Distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax, por aparelho de pesca, da lagosta vermelha <i>P. argus</i> , nos municípios de Cascavel (● - ■) e Paracuru (▲), estado do Ceará, no ano de 1999 | 58 |
| Figura 20 - Distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax, por aparelho de pesca, da lagosta verde <i>P. laevicauda</i> , nos municípios de Cascavel (● - ■) e Paracuru (▲), estado do Ceará, no ano de 1999 | 58 |
| Figura 21 - Distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax de machos e fêmeas da lagosta vermelha <i>P. argus</i> , na costa do estado do Ceará, durante o período de 2005 a 2010 | 60 |
| Figura 22 - Distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax de machos e fêmeas da lagosta verde <i>P. laevicauda</i> , na costa do estado do Ceará, durante o período de 2005 a 2010 | 60 |

| | |
|--|----|
| Figura 23 - Distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax de machos e fêmeas da lagosta vermelha <i>P. argus</i> , na costa dos estados do Amapá e Pará, durante o período de 2001 a 2003 | 61 |
| Figura 24 - Proporção por sexo e comprimento do cefalotórax da lagosta vermelha <i>P. argus</i> entre as profundidades de 60-79m, na costa dos estados do Amapá e Pará, durante o período de 2001 a 2003. Os círculos na cor azul representam a proporção dos machos | 62 |
| Figura 25 - Proporção por sexo e comprimento do cefalotórax da lagosta vermelha <i>P. argus</i> entre as profundidades de 80-93m, na costa dos estados do Amapá e Pará, durante o período de 2001 a 2003. Os círculos na cor azul representam a proporção dos machos | 63 |
| Figura 26 - Mapa do Brasil mostrando a distribuição dos estratos por estado onde ocorre a pesca comercial de lagostas espinhosas | 65 |
| Figura 27 - Mapa dos estados do Amapá (AP) e Pará (PA) mostrando a distribuição dos estratos para realizar as amostragens de lagosta. A região apresenta uma área de lama (sombreado escuro), uma área rasa até a isóbata de 50 m (cinza escuro) e uma área profunda entre 50 e 100 m (cinza claro). Os polígonos irregulares (cor branco) representam as áreas de pesca de lagosta (modificado de SILVA <i>et al.</i> , 2003). Os dados de captura de <i>P. argus</i> (bandeiras pretas) e espécies da família Scyllaridae (bandeiras cinza) na faixa que corresponde a profundidade de 50 a 100 m foram relatados por Silva <i>et al.</i> (2008) | 67 |
| Figura 28 - Mapa dos estados do Maranhão (MA), Piauí (PI), Ceará (CE), Rio Grande do Norte (RN) e Paraíba (PB) mostrando a distribuição dos estratos para realizar as amostragens de lagosta. A região apresenta uma área de lama (sombreado escuro), uma área rasa até a isóbata de 50 m (cinza escuro) e uma área profunda, entre 50 e 100 m (cinza claro) | 68 |
| Figura 29 - Mapa dos estados de Pernambuco (PE), Alagoas (AL) e Sergipe (SE) mostrando a distribuição dos estratos para realizar as amostragens de lagosta. A região apresenta uma área rasa até a isóbata de 50 m (cinza escuro) e uma área profunda entre 50 e 100 m (cinza claro) | 69 |

| | |
|--|----|
| Figura 30 - Mapa do estado da Bahia (BA) mostrando os estratos (BA-24 e BA-25), selecionados para realizar as amostragens de lagosta. A região apresenta uma área rasa até a isóbata de 50 m (cinza escuro) e uma área profunda, situada entre 50 e 100 m (cinza claro) | 70 |
| Figura 31 - Mapa do estado da Bahia (BA) mostrando os estratos (BA-26 e BA-27), selecionados para realizar as amostragens de lagosta. A região apresenta uma área rasa até a isóbata de 50 m (cinza escuro) e uma área profunda entre 50 e 100 m (cinza claro) | 70 |
| Figura 32 - Mapa do estado da Bahia (BA-28) e Espírito Santo (ES-29, ES-30 e ES-31), mostrando os estratos selecionados para realizar as amostragens de lagosta. A região apresenta uma área rasa até a isóbata de 50 m (cinza escuro) e uma rasa profunda entre 50 e 100 m (cinza claro) | 71 |
| Figura 33 - Índice de produtividade por sub-regiões das lagostas espinhosas (<i>P. argus</i> e <i>P. laevicauda</i>) no Brasil, nos períodos de 1991-1999 e 2000-2007 | 73 |
| Figura 34 - Índice de produtividade por estratos das lagostas espinhosas (<i>P. argus</i> e <i>P. laevicauda</i>) no Brasil, no período de 1999 a 2006 | 74 |
| Figura 35 - Relação linear e não-linear entre a CPUE e a abundância, baseada em diferentes valores da curva do parâmetro β , para diferentes aparelhos de pesca (rede caçoeira, manzuá e cangalha) na pesca de lagosta espinhosa (<i>P. argus</i> e <i>P. laevicauda</i>) em três regiões do estado do Ceará, no ano de 2010 | 78 |
| Figura 36 - Regressão linear entre \ln CPUE e a intensidade de pesca, para as lagostas espinhosas (<i>P. argus</i> e <i>P. laevicauda</i>), na plataforma continental do Brasil. Dados 1999-2006 | 80 |
| Figura 37 - Modelo de produção excedente de Fox, aplicado a pesca de lagostas espinhosas (<i>P. argus</i> e <i>P. laevicauda</i>), na plataforma continental do Brasil. Dados 1999-2006 | 80 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Distribuição dos estratos por estado, municípios e coordenadas geográficas para realização de amostragem de lagosta espinhosa no Brasil | 66 |
| Tabela 2 - Distribuição por estratos das áreas (km ²) do habitat de lama, raso (<50 m) e profundo (entre 50 e 100 m), produção (kg) e índice de produtividade (IP, em kg/km ²) das lagostas espinhosas (<i>P. argus</i> e <i>P. laevicauda</i>), no período de 1999 a 2006 | 75 |
| Tabela 3 - Distribuição por estratos das áreas (km ²) do habitat raso (<50 m), produção (kg) e índice de produtividade (IP, em kg/km ²) das lagostas <i>P. argus</i> e <i>P. laevicauda</i> , nos estados de Pernambuco, Alagoas e Bahia, no período de 1999 a 2006 | 76 |
| Tabela 4 - Comportamento dos dados calculados nos 19 estratos selecionados do índice de produtividade (IP), abundância relativa (CPUE), esforço (f) e a intensidade de pesca (f _{int}) para estimar o rendimento máximo sustentável por unidade de área (RMSA) e a intensidade de pesca ótima (f _{int-ot}) mediante o modelo de Fox | 79 |

SUMÁRIO

| | |
|--|------------|
| 1 INTRODUÇÃO | 18 |
| 2 HISTÓRICO DA PESCA DE LAGOSTA NO BRASIL | 22 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 25 |
| 3.1 Descrição da área de estudo | 25 |
| 3.2 Base de dados da produção pesqueira | 27 |
| 3.3 Variação da abundância relativa por quadrícula de pesca | 28 |
| 3.4 Variabilidade do tamanho das lagostas desembarcadas | 29 |
| 3.5 Mapeamento das áreas de pesca de lagosta | 31 |
| 3.6 Desenho do programa de amostragem | 32 |
| 3.7 Produtividade por área de pesca | 33 |
| 3.8 Proporcionalidade entre a CPUE e a abundância | 35 |
| 3.9 Avaliação do recurso | 36 |
| 4 RESULTADOS | 38 |
| 4.1 Comportamento da produção de lagostas no Brasil | 38 |
| 4.2 Produção desembarcada por estados e municípios | 40 |
| 4.3 Padrão estacional da produção pesqueira | 50 |
| 4.4 Variação da abundância relativa por quadrícula de pesca | 52 |
| 4.5 Variabilidade do tamanho das lagostas desembarcadas | 55 |
| 4.6 Amostragem aleatória estratificada | 64 |
| 4.6.1 Estratificação | 64 |
| 4.6.2 Coleta de dados biológicos e pesqueiros | 71 |
| 4.7 Produtividade por área de pesca | 73 |
| 4.8 Proporcionalidade entre a CPUE e a abundância | 77 |
| 4.9 Avaliação do recurso | 79 |
| 5 DISCUSSÃO | 81 |
| 5.1 Comportamento da pescaria de lagosta | 81 |
| 5.2 Estrutura das populações de lagosta | 87 |
| 5.3 Implicações da amostragem aleatória estratificada | 91 |
| 5.4 Estado de exploração dos estoques | 93 |
| 6 CONCLUSÕES | 96 |
| REFERÊNCIAS | 97 |
| APÊNDICES | 108 |

1 INTRODUÇÃO

As lagostas são crustáceos decápodes agrupadas nas famílias Nephropidae (38 espécies), Palinuridae (49 espécies), Scyllaridae (74 espécies) e Synaxidae (2 espécies). A família Palinuridae (lagostas espinhosas) tem uma distribuição tropical e subtropical e um ciclo de vida muito longo, que inclui uma fase larval planctônica de vários meses de duração (PHILLIPS; COBB; GEORGE, 1980). O habitat natural destes crustáceos é constituído por fundos de rochas, corais e esponjas que servem de refúgio, cobertos por uma vegetação de fanerógamas marinhas, algas calcárias bentônicas e outros gêneros de algas (*Laurencia*, *Lithothamnium*, *Halimeda*, *Udotea*, *Penicillus*, *Rhipocephalus*, *Dictyosphaeria* e *Caulerpa*) que habitam em fundos de areia-lama (FONTELES-FILHO, 1992; HERRNKIND, 1980).

Nas espécies do gênero *Panulirus*, a lagosta vermelha *Panulirus argus* apresenta a maior área de distribuição, podendo ser encontrada em ilhas oceânicas, em bancos submarinos e na plataforma continental. A área de ocorrência dessa espécie se estende pela região norte do Oceano Atlântico, desde as Bermudas e Carolina do Norte nos Estados Unidos, até o sudeste do Brasil no Atlântico Sul, ocorrendo também nas regiões de Yucatán e Antilhas (IVO; PEREIRA, 1996; PLANO DE GESTÃO..., 2008). A espécie *Panulirus laevicauda*, conhecida como lagosta verde ou lagosta cabo-verde, concentra-se em menores profundidades e ocorre nas costas tropicais americanas do Oceano Atlântico, e desde Cuba até o sudeste do Brasil, mas suas capturas possuem alguma representatividade apenas no nordeste brasileiro (CASTRO e SILVA; CAVALCANTE, 1994; CRUZ *et al.*, 1987; PAIVA, 1968).

As lagostas espinhosas suportam algumas das maiores pescarias comerciais no mundo, além de sustentar a pesca artesanal em ilhas distantes ou onde elas estão em baixa abundância (LIPCIUS; EGGLESTON, 2000). A região do Grande Caribe é o principal produtor de lagosta em escala mundial, com destaque para 17% (cerca de 33.000 t/ano) da média da produção mundial total de lagostas (200.000 t/ano) no período 1978-1991 (CRUZ; LUCKHURST; MULLER, 2001). Historicamente, Cuba é o maior produtor de lagosta espinhosa, seguido pelo Brasil, Bahamas, Estados Unidos, Honduras e Nicarágua (EHRHARDT, 2001).

No Brasil, a exploração lagosteira é uma atividade de elevada importância social e econômica, que gera uma receita anual superior a 60 milhões de dólares, e dela dependem diretamente cerca de 11.000 pescadores, que utilizam aproximadamente 3.500 embarcações de pequeno (até 11 m de comprimento) e médio porte (acima de 11 até 15 m de comprimento) (OLIVEIRA, 2005).

Atualmente, os aparelhos de pesca utilizados são as armadilhas ou covos (manzuá e cangalha) e a rede de espera de fundo (“caçoeira”), sendo este último método não regulamentado pela legislação vigente (BRASIL, 2006). O manzuá é uma armadilha com armação de madeira, formato retangular, revestido por uma tela de arame galvanizado ou fio de náilon e com uma abertura lateral denominada de “sanga”. A cangalha possui características semelhantes ao manzuá, entretanto, contém duas sangas. A caçoeira é uma rede de espera de fundo construída com náilon multifilamento ou monofilamento, e esse aparelho de pesca foi proibido por ser prejudicial ao estoque de lagostas, destruindo o substrato (PLANO DE GESTÃO..., 2008; VASCONCELOS; OLIVEIRA, 1996; VASCONCELOS; VASCONCELOS; OLIVEIRA, 1994). Em algumas regiões do Brasil, a captura de lagosta é realizada através do mergulho livre e de mergulho auxiliado por compressor de ar em atratores artificiais (conhecidos como “marambais”), sendo esses dois métodos também proibidos pela legislação vigente (SILVA; FONTELES-FILHO, 2011).

A pesca comercial de lagosta na costa brasileira localiza-se nas regiões Norte (estados do Amapá e Pará), Nordeste (estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia) e Sudeste (estado do Espírito Santo). Esta atividade se estende até uma profundidade de 90 m (IVO; PEREIRA, 1996) e abrange uma linha de costa de aproximadamente 6.573 km onde, a partir do Rio de Janeiro até o estado do Rio Grande do Sul não se tem observado agregações de lagostas espinhosas (PAIVA, 1997). No entanto, estudos recentes observaram a pesca de lagosta no norte do estado do Rio de Janeiro, limite com o estado do Espírito Santo, realizada por barcos do município de Marataízes (ES) (ZANCHETTA, 2009).

A lagosta *P. argus* é a mais abundante comercialmente, seguida em ordem de importância pela lagosta *P. laevicauda*, que historicamente representa aproximadamente 22% do total desembarcado (DIAS NETO, 2002; FONTELES-FILHO, 2000). As espécies *Scyllarides brasiliensis*, *Scyllarides delfosi*, *Scyllarides deceptor* e *Parribacus antarcticus* (conhecidas como “sapatas”) são capturadas como parte da fauna acompanhante nas pescarias da lagosta espinhosa e de camarão (OLIVEIRA, 2008). A lagosta pintada *Panulirus echinatus* possui um peso insignificante nas capturas, e é encontrada com maior frequência no Arquipélago de Fernando de Noronha e no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (PAIVA, *op. cit.*; VASKE JÚNIOR *et al.*, 2010). As lagostas sapatas e a pintada não possuem regulamentação pesqueira específica, pela falta de informações sobre sua biologia e dinâmica (GÓES; LINS OLIVEIRA, 2009; PINHEIRO; FREIRE; LINS OLIVEIRA, 2003; PINHEIRO; LINS OLIVEIRA, 2006; SILVA *et al.*, 2001).

A exploração dos recursos pesqueiros no Brasil, como em outras regiões de âmbito mundial, tem incrementado o número de estoques sobrepescados alcançando um nível assintótico na década de 1990 (GARCIA; MORENO, 2003). Este fato foi corroborado pelo desenvolvimento tecnológico, o qual favoreceu o aumento da captura e a expansão do comércio do pescado num ritmo superior à reprodução das espécies, gerando como resultado o colapso dos principais recursos pesqueiros dos oceanos (FONTELES-FILHO, 1997a).

No setor lagosteiro, estes acontecimentos acentuam-se com a intensificação do esforço de pesca, a pesca ilegal e a redução da produtividade individual das pescarias. Com isso, atualmente essa atividade passa por uma grave crise de sustentabilidade, com inúmeros conflitos e consequências sobre o recurso natural (BRASIL, 2000). De acordo com Nascimento (2006), a pesca ilegal de lagosta utilizando aparelhos de pesca proibidos é um dos fatores que mais colaboram com a crise no setor, causando redução nas capturas e na renda das comunidades pesqueiras. No litoral Nordeste do Brasil, o excessivo número de embarcações foi um dos principais fatores que levaram ao declínio acentuado da produção e à crise do setor (MAMEDE, 2006).

A crise no setor lagosteiro tem afetado o rendimento das empresas brasileiras ao longo dos anos. As exportações de cauda de lagosta congelada entre 2004 e 2007 apresentaram uma média 2.284 t/ano e corresponderam para o ano de 2007, um rendimento de aproximadamente 92 milhões de dólares (IBAMA, 2009). Para o ano de 2008 as exportações totais de lagosta renderam 86 milhões de dólares e, em 2009, foi de apenas 51 milhões de dólares, registrando uma queda de 40% nas receitas geradas (MPA, 2011).

Devido à importância econômica que tem a lagosta no Brasil, existe a necessidade de desenvolver diversos estudos sobre a biologia das espécies e a dinâmica das pescarias para instaurar uma estratégia de manejo adequada na administração deste importante recurso pesqueiro. De acordo com Aragão (1997), a administração dos recursos pesqueiros fundamenta-se em estudos sobre os padrões e níveis de exploração ao qual estão submetidos os estoques, sendo fundamental à realização desses estudos, um programa consistente de coleta de dados estatísticos que permita a geração de séries temporais de informações confiáveis sobre as pescarias. Segundo Cetra e Petreire Júnior (2001), com o estabelecimento de um sistema de controle estatístico dos desembarques pesqueiros, pode-se obter um maior volume de informações, para se interferir racionalmente na exploração dos recursos. Soma-se a essas informações, a análise do desempenho de cada tipo de embarcação e aparelho de pesca, levando-se em consideração as flutuações estacionais e a diversificação do ambiente,

que determinam a abundância e a composição das espécies, será possível elaborar um plano para aperfeiçoar o sistema de gerenciamento das pescarias (SILVA, 2010).

Portanto, a pesca de lagosta no Brasil necessita de um programa de coleta de dados biológicos e pesqueiros que possibilite, a partir de amostras obtidas nas áreas de distribuição, avaliar o estado de saúde dos estoques, para implantar um ordenamento adequado a essa pescaria.

Neste contexto, considerando tudo o que foi exposto, a seguinte hipótese foi formulada: “Devido aos baixos níveis atuais dos desembarques, o desconhecimento dos níveis de esforço, abundância e recrutamento das populações de lagostas (*P. argus* e *P. laevicauda*), pela falta de informação biológica e pesqueira, não existe outra estratégia para avaliar a pescaria que não seja a de estabelecer um novo sistema de amostragem no mar que integre novos conhecimentos ecológicos-pesqueiros para desenvolver uma pesca sustentável no Brasil”.

Para realizar a comprovação da hipótese, o objetivo geral desta pesquisa foi avaliar a pesca da lagosta vermelha (*P. argus*) e da lagosta verde (*P. laevicauda*) na plataforma continental do Brasil, sob o enfoque biológico e pesqueiro.

A partir do objetivo principal, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

1. Quantificar e analisar a produção desembarcada das lagostas no Brasil, por estados e municípios;
2. Avaliar a estrutura das populações de lagosta relacionando com os aparelhos de pesca e a profundidade;
3. Propor um novo sistema de amostragem para avaliar as populações de lagosta;
4. Avaliar a produtividade das lagostas espinhosas por área de pesca, a proporcionalidade entre a CPUE e a abundância e o coeficiente capturabilidade;
5. Estimar o rendimento máximo sustentável por unidade de área (RMSA) das lagostas na plataforma continental do Brasil.

2 HISTÓRICO DA PESCA DE LAGOSTA NO BRASIL

A exploração lagosteira ao longo da costa nordeste do Brasil começou no ano de 1955 (PAIVA, 1973, 1974), com a compra da produção artesanal para processamento industrial e exportação, principalmente de caudas congeladas (FONTELES-FILHO, 2007). As duas cidades pioneiras e de expansão da nova atividade pesqueira foram Recife-PE e Fortaleza-CE, que confirmaram a viabilidade econômica da exploração havendo assim, grande demanda pela aquisição da produção artesanal e, conseqüentemente, o aumento no preço das lagostas (PAIVA, 1997).

A lagosta inicialmente era empregada e comercializada como isca da pesca da biquara (*Haemulon plumiere*), mas sua crescente produção e eficiência como isca estimulou o desenvolvimento da exploração de seus estoques, sendo introduzido para a captura, o jereré com aro de madeira, que em 1955 seria substituído pelo jereré com aro de ferro e iscado com xila (*Bathystoma* spp.) (CASTRO e SILVA; CAVALCANTE, 1994). No princípio da década de 60 a pesca na região nordeste tinha características artesanais, com o emprego de jangadas e botes (embarcações a vela), que exploravam os cardumes de peixes costeiros. Nesse período foi introduzido o manzuá com tela de bambu, que depois foi substituído pelo manzuá de arame (COSTA; ALBUQUERQUE, 1966). Em 1961 a pesca se expandiu para a costa norte do Rio Grande do Norte e para o litoral da Paraíba, alcançando em 1962, a costa oriental do Rio Grande do Norte (SILVA; FONTELES-FILHO, 2011). Na década de 60, o volume das capturas artesanais logo se mostrou abaixo das exigências do mercado consumidor, fato que levou ao início das pescarias industriais, com a introdução de barcos motorizados, onde houve crescente expansão da área e do esforço de pesca (ASSAD, 2002; MELO; BARROS, 2007).

No início dos anos 70, os barcos deslocaram-se para os estados do Piauí e do Maranhão chegando assim, até o Amapá. Para oferecer novas alternativas à pesca da lagosta, nesse período, a frota de pequeno e médio porte começou a diversificar suas atividades em virtude do acentuado decréscimo na produtividade de lagostas. Com isso, provavelmente para aumentar os índices de rendimento das pescarias, foi introduzida a rede de espera (conhecida como caçoeira) no Estado do Ceará e posteriormente difundida para outros estados, mas foi considerada prejudicial por capturar grande quantidade de fauna acompanhante e lagostas imaturas e por remover grande parte do substrato, tendo seu uso proibido logo depois (VASCONCELOS; OLIVEIRA, 1996). No final desta década, quando o estoque dos recursos lagosteiros das áreas tradicionalmente exploradas atingiram um nível máximo de exploração

sustentável, a frota dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco (barcos com casco de ferro) se deslocou para o litoral sul da Bahia (CAVALCANTE, 1982).

Ainda na década de 70, entre 1975 e 1976, outra técnica visando à captura de lagostas foi introduzida: a pesca de mergulho auxiliado por compressor em marambaias, tendo em vista seu alto poder de pesca em relação aos outros petrechos utilizados e como forma de reduzir os custos de produção (VASCONCELOS; OLIVEIRA, 1996). Contudo, a partir de 1978, o IBAMA proibiu a utilização do mergulho, fundamentado principalmente, na falta de capacitação dos pescadores e, sobretudo, porque esta prática era realizada em áreas de pouca profundidade onde predominam lagostas imaturas (VASCONCELOS; VASCONCELOS; OLIVEIRA, 1994). A pesca de mergulho teve início no Rio Grande do Norte e logo se expandiu para outros estados da Região Nordeste (PLANO DE GESTÃO..., 2008).

Com o aumento desordenado da frota e a pesca indiscriminada de lagostas imaturas, os índices de captura tornaram-se cada vez menores, incentivando o deslocamento tanto para o norte quanto para o sul do país, não apenas de embarcações de grande porte, mas também de parte da frota motorizada de madeira com autonomia e condições para operar em outros estados. Desta forma, a partir dos anos 80 a área de exploração lagosteira já se estendia desde o Amapá até o Espírito Santo (IBAMA, 2004a).

Somente a partir do início dos anos de 1980 é que a pesca de lagosta realizada na costa do estado de Alagoas passou a ter certa importância econômica, embora anteriormente existisse alguma atividade de pesca desenvolvida com pequenas embarcações. Convém salientar que nos primeiros anos da atividade, a exploração era feita quase exclusivamente por barcos de outros estados (IBAMA, 1993, 1994).

Até 1988, praticamente toda a produção, na forma de cauda congelada, destinava-se ao mercado dos Estados Unidos. A partir de então, e de forma crescente, foram observadas evoluções tanto nas linhas de processamento, quanto no mercado de destino. As exportações de lagostas vivas e inteiras cozidas para o Japão e países da Europa, mostrou-se uma alternativa muito adotada para o aumento da lucratividade dessa pesca (CASTRO e SILVA; CAVALCANTE, 1994).

Na década de 90, a lagosta *P. argus* apresentou um índice de participação em torno de 80%, embora a lagosta *P. laevicauda* se concentrasse em menores profundidades, desde o litoral do Pará até o Espírito Santo (PAIVA, 1997). Os aparelhos de pesca utilizados eram os covos (manzuás) e a rede de espera (caçoeira), liberada em 1994 após a proibição por vários anos. Observou-se ainda a captura por mergulho, embora proibida pela legislação em toda a área de produção (DIAS NETO; DORNELLES, 1996).

No ano de 1991 houve a criação do seguro-desemprego durante o período de defeso da pesca da lagosta. Esse fato teve grande influência na ampliação do número de barcos, principalmente de pequeno porte. Para habilitar-se a esse benefício do governo, o pescador teve apenas que provar que esteve embarcado na pesca de lagostas, sem que necessitasse comprovar que o barco tinha permissão para a pesca desses crustáceos. Assim, as embarcações que credenciam pescadores ao seguro-desemprego geralmente atuam de forma clandestina (PLANO DE GESTÃO..., 2008).

Atualmente, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), tem estabelecido um conjunto de medidas de gestão para regular a pesca de lagostas: é ilegal a captura de lagostas que apresentem comprimento do cefalotórax (CC) menor que 75 mm para *P. argus* e 65 mm para *P. laevicauda*. Anualmente, entre 1º de dezembro e 30 de maio, existe um período de defeso parcial que tem tido diferentes durações no tempo, e um defeso total nos principais criadouros naturais de lagosta até a distância de três milhas da costa. Está proibida a pesca de lagostas com redes de fundo, assim como a pesca por mergulho auxiliada por qualquer tecnologia de captura ou aparelhos de pesca que não sejam seletivos (BRASIL, 2006). Para controlar o nível de pesca, a concessão de licenças de pesca de lagostas foi limitada. Porém, não há nenhuma medida regulatória para proteger as espécies da família Scyllaridae (sapatas).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área de estudo

A plataforma continental do Brasil é caracterizada pela movimentação leste-oeste da corrente Sul Equatorial, que se desloca da costa africana, paralelamente ao Equador e se bifurca ao alcançar a costa do Nordeste na altura do Cabo Calcanhar, no estado do Rio Grande do Norte (PETERSON; STRAMMA, 1991). A corrente que se desvia em direção oeste é denominada corrente das Guianas (ou também corrente Norte do Brasil), e a que se desloca em direção sul, origina a corrente do Brasil (SCHMIEGELOW, 2004).

A distribuição das lagostas espinhosas na plataforma continental do Brasil está localizada no Atlântico sudoeste entre os estados do Amapá (04°26'N e 51°32'W) e Espírito Santo (21°17'S e 40°56'W), com uma área total entre 74.607 km² (PAIVA, 1997) e 83.552 km² (FONTELES-FILHO, 2000). A área de pesca ocorre nas regiões Norte (estados do Amapá e Pará), Nordeste (estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia) e Sudeste (estado do Espírito Santo) (Figura 1).

O habitat das lagostas é constituído com um substrato de formações de recifes e algas calcárias em profundidade de 1 a 50 m, mas na região norte do Brasil, Silva *et al.* (2003) relataram uma pescaria da lagosta sendo desenvolvida entre 50 e 100 m.

A área de pesca da lagosta no norte do Brasil está situada entre as latitudes 03°50'N (Amapá) e 01°30'N (Pará). Na costa do Amapá muitos pesqueiros estão compreendidos entre as latitudes 02°30'N e 03°50'N, e estão situados em profundidades de 80 a 100 m, com fundo constituído geralmente de areia, pedras e coral (PORTO; CINTRA; SILVA, 2005). A pesca da lagosta na costa do Pará abrange a faixa compreendida entre as latitudes 01°30'N e 02°20'N, onde os pesqueiros estão situados a mais de 100 milhas náuticas da costa, em profundidades de 60 a 92 m, com substrato variável constituído de areia, areia e pedras, e fundo de corais (SILVA *et al.*, 2008).

A plataforma continental da região nordeste do Brasil é caracterizada por altas temperaturas e salinidade (devido à drenagem de pequenos rios), e pela presença de formações de recife na sua faixa interna (abaixo de 20 m de profundidade), e algas calcárias na sua faixa externa, possuindo um substrato que compõe o habitat ideal para lagostas espinhosas dos gêneros *Panulirus* e *Scyllarides* (COUTINHO; MORAIS, 1970).

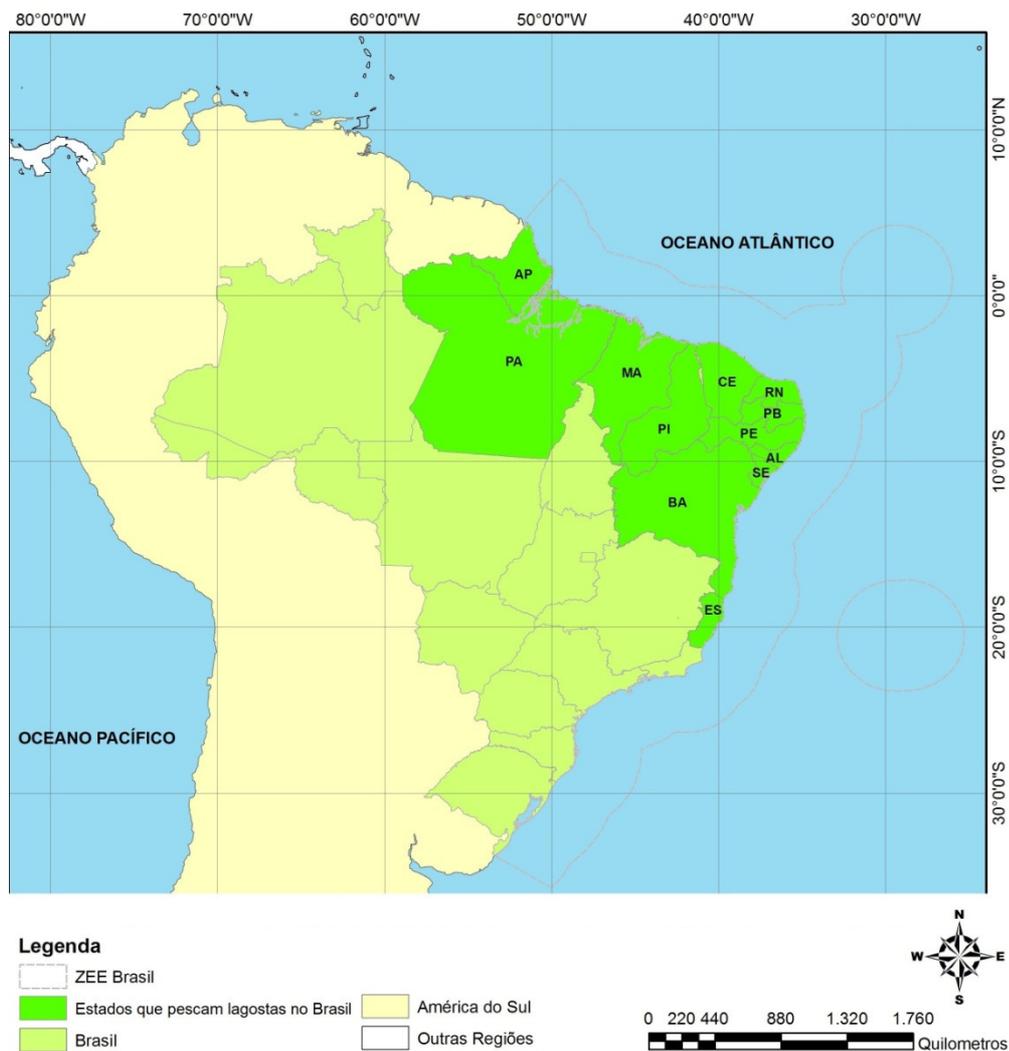


Figura 1 - Mapa do Brasil mostrando a distribuição dos estados costeiros que pescam lagostas.

No estado do Espírito Santo predomina o substrato rochoso, com destaque para os recifes coralinos, que se estendem ao longo de todo o litoral (IVO; PEREIRA, 1996). A lagosta espinhosa é considerada um dos recursos mais importantes para o setor pesqueiro do estado, sendo o município de Maratáizes o local onde se concentra grande parte da produção (SEAP; IBAMA; PROZEE, 2005).

3.2 Base de dados da produção pesqueira

Foi analisada a variação da produção anual em toneladas (t), por espécie de lagosta (*P. argus* e *P. laevicauda*) na plataforma continental do Brasil, no período 1955-2009, com base nos dados desembarques (IBAMA, 1991, 1993; MPA, 2011; PLANO DE GESTÃO..., 2008). Os dados de produção por espécie do período de 1955 a 1994 foram submetidos à análise de regressão linear simples, tendo como variável dependente a produção de *P. argus* e como variável independente a produção total (*P. argus* e *P. laevicauda*), para a estimativa da produção por espécie nos anos subsequentes (1995 a 2009), nos quais não houve registro.

Os dados de produção de lagosta espinhosa em toneladas (t), do Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) no período de 1991 a 2007, foram utilizados como fonte para a análise pesqueira por estados, desde o Amapá ao Espírito Santo (IBAMA, 2002a, 2003, 2004b, 2004c, 2005a, 2007a, 2008, 2009).

Os dados de produção de lagosta por município foram obtidos do Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Norte (CEPNOR), no período de 1995-1996, 1998-2000 e 2004-2005 (CEPNOR, 2009) e do Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Nordeste (CEPENE), no período de 1999 e 2006 (IBAMA, 2000a, 2000b, 2001, 2002b, 2004d, 2005b, 2007b; SEAP; IBAMA; PROZEE, 2006, 2008). As informações foram organizadas por estados e municípios no litoral brasileiro, com o objetivo de analisar a variação da produção desembarcada para o período estudado.

Para indicar a sazonalidade da produção de lagosta espinhosa no Nordeste do Brasil, foi realizada uma análise mensal dos dados de produção no período entre 1999 e 2006, para verificar se existe um padrão definido. O procedimento consistiu em relacionar a média da produção de lagosta espinhosa no período estudado, com os meses de pesca. Essa análise levou em consideração que o defeso da pesca de lagostas no período de 1999 a 2006 foi aplicado entre os meses de janeiro e abril (CAVALCANTE *et al.*, 2011).

As análises por estado, município e produção mensal foram realizadas utilizando gráficos de caixas (*box-plots*), que foram elaborados com base na média, desvio padrão e valores mínimo e máximo. A média é representada por uma linha horizontal e o desvio padrão pelo comprimento da caixa, mostrando a dispersão dos dados. As linhas verticais que se estendem da caixa, chamadas de *whiskers*, são os valores mínimos e máximos e representam a menor e a maior observação, respectivamente.

3.3 Variação da abundância relativa por quadrícula de pesca

Foi utilizada uma série de tempo (em anos) de captura (kg) e esforço da pesca (covos-dia) de lagostas *P. argus* e *P. laevicauda* na plataforma continental do Brasil referente ao período de 1974 a 1991, correspondentes a quadrículas geográficas de pesca de medidas 30 x 30 milhas náuticas (3.087 km²). A distribuição e numeração das quadrículas foram elaboradas por Fonteles-Filho (1997b) e Fonteles-Filho e Guimarães (1999). Cada quadrícula foi identificada pelas coordenadas geográficas de latitude (S) e longitude (W), sendo calculados seus valores de abundância relativa (CPUE) correspondentes, para as duas espécies, em planilha eletrônica. Em seguida, foi determinada a variação espacial e temporal da abundância média das lagostas *P. argus* e *P. laevicauda* por períodos, de 1974-1979, 1980-1985 e 1986-1991, sendo os resultados apresentados em mapas.

No ano de 2010, os valores do índice de abundância relativa das lagostas foram estimados no estado do Ceará, a partir de dados de captura e esforço de pesca, através do acompanhamento dos desembarques em três regiões do estado (oeste, centro e leste), por frota (barco a motor e a vela) e por aparelho de pesca (caçoeira, manzuá e cangalha). Nesta análise, a unidade do esforço de pesca para as redes caçoeiras foram metros de redes-dia, e para os manzuás e as cangalhas foram armadilhas-dia.

3.4 Variabilidade do tamanho das lagostas desembarcadas

O estudo da distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax das lagostas *P. argus* e *P. laevicauda* foi realizado no setor raso (menor que 50 m) e profundo (entre 50 e 100 m) na plataforma continental do Brasil, para o qual foram analisados os dados, em diferentes períodos, dos tamanhos obtidos durante os desembarques em portos, processamento em indústria e a bordo de embarcações pesqueiras no mar.

Os dados da distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax das lagostas *P. argus* e *P. laevicauda* amostradas no Mucuripe (CE) e em uma indústria pesqueira em Fortaleza, entre 1970 e 1993, foram agrupados em períodos (1970-1979, 1980-1988 e 1989-1993) e estudados com o objetivo de analisar a tendência do tamanho médio.

Foram processados os dados das amostragens realizadas na temporada de pesca do ano de 1999, a bordo das embarcações comerciais que pescaram lagosta com armadilhas (manzuás) e redes de espera de fundo (caçoeiras), nas regiões leste e oeste do estado do Ceará, nos municípios de Cascavel e Paracuru, respectivamente. A profundidade de captura nos dois municípios variou entre 20 e 35 m. A partir dessas informações foi analisada a distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax das lagostas, por espécie e aparelho de pesca e a porcentagem de indivíduos capturados abaixo do tamanho mínimo legal.

No período de 2005 a 2010 foi analisada a distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax das lagostas por espécie, a partir de amostragens realizadas no estado do Ceará em duas etapas, durante as temporadas de pesca (meses de maio a dezembro). Na primeira etapa, as amostragens foram realizadas em duas indústrias pesqueiras de Fortaleza, nos anos de 2005, 2006 e 2007, onde as lagostas eram provenientes de diversas localidades, a saber: Acaraú, Trairi, Paraipaba, Fortaleza, Beberibe, Aracati e Icapuí. Na segunda etapa, as amostragens foram realizadas em pontos de desembarques de lagosta nos anos de 2009 (Icapuí) e 2010 (Itarema, Fortaleza, Aracati e Icapuí). Ao final, foi calculada a porcentagem de indivíduos capturados abaixo do tamanho mínimo legal, por espécie.

Na região Norte do Brasil, a partir dos dados obtidos nas pescarias comerciais realizadas ao longo da costa dos estados do Amapá e Pará, foi analisada a distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax da lagosta vermelha *P. argus* e a proporção por sexo em diferentes profundidades. Os dados fazem parte do Projeto Lagosta/IBAMA e foram coletados a bordo de embarcações de médio e grande porte, em profundidades que variaram entre 34 e 93 m. Foram realizadas amostragens nos anos de 2001 (julho a dezembro), 2002 (maio a dezembro) e 2003 (junho a dezembro).

Durante o longo período de amostragens (1970 a 2010), as lagostas capturadas foram medidas de diferentes formas: comprimento total (CT) - distância medida desde a margem anterior do cefalotórax, entre o entalhe formado pelos espinhos rostrais até a extremidade posterior do télson; comprimento do cefalotórax (CC) - distância medida desde a margem anterior do cefalotórax, entre o entalhe formado pelos espinhos rostrais até a extremidade posterior do cefalotórax; e comprimento do abdômen (CA) - distância medida desde a margem anterior do primeiro segmento abdominal até a extremidade posterior do télson. Com o objetivo de padronizar para uma medida internacional, antes das análises, todos os dados foram convertidos para comprimento do cefalotórax (CC), a partir das relações entre as diferentes medidas de comprimento abordadas por Ivo (1996).

3.5 Mapeamento das áreas de pesca de lagosta

Foi utilizado um *software* cartográfico para digitalizar os mapas de diferentes regiões do Brasil e das áreas de pesca de lagosta, a sedimentologia do habitat, as batimetrias reportadas por Coutinho e Moraes (1970), os cálculos das áreas e o intercâmbio de informação entre bases de dados e informação georreferenciada.

As informações de cartografia digital da costa brasileira foram utilizadas da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN, 2009), georreferenciando e transformando a cartografia original de formato *Generate* a formato *Shape*, em um sistema de informação geográfica (SIG). Posteriormente, foi projetada a um sistema de coordenadas geocêntrico (WGS84), Projeção *Transversa de Mercator*.

Para construir o mapeamento dos cruzeiros de prospecção das capturas de lagosta em águas profundas (50-100 m) nas áreas de pesca do Amapá e Pará, foram georreferenciadas as coordenadas geradas pelos trabalhos de Silva *et al.* (2003, 2008). Os pontos de coletas foram digitalizados, sendo calculadas as áreas dos polígonos gerados, assim como também foram inseridas as posições geográficas (latitude e longitude) das áreas de ocorrência de capturas das lagostas *P. argus* e *Scyllarides* spp..

3.6 Desenho do programa de amostragem

Neste estudo, foi considerada para a fase adulta a amostragem aleatória estratificada aplicada aos estoques de peixes tropicais (GULLAND, 1966; GULLAND; ROSENBERG, 1992; HOLDEN; RAITT, 1975; SPARRE; VENEMA, 1997) e crustáceos (KING, 1995). A finalidade deste tipo de amostragem é de calcular os diferentes índices correspondentes às capturas por unidades de esforço, assim como determinar o aporte que cada uma das áreas (estratos) representa para o total capturado, obtendo informações que sejam representativas dos verdadeiros valores da população.

Para as lagostas *P. argus* e *P. laevicauda*, a amostragem dos adultos e dos pré-recrutas foi projetada baseada na metodologia estabelecida por Cruz (2002), onde se realizou no arquipélago cubano uma divisão das áreas de pesca por zonas e regiões. Dessa forma, os estados da região costeira, onde ocorre a pesca comercial de lagosta no Brasil, foram divididos em 31 estratos. Os estratos foram selecionados tendo em conta o comportamento dos desembarques por municípios pesqueiros, as características do habitat e a distribuição sedimentológica abordada por Coutinho e Morais (1970).

A pesca de lagosta no Brasil se caracteriza por ter uma divisão territorial de suas áreas de pesca (FONTELES-FILHO, 2000), onde cada região possui suas características próprias de utilização de aparelhos de pesca, embarcações e profundidades de atuação. Estas características próprias de cada região facilitaram na seleção das áreas de pesca nas quais deverão ser obtidos os dados biológicos e pesqueiros.

A metodologia de coleta de dados por estratos facilitará na determinação dos volumes de capturas, nas densidades e tamanhos das lagostas por áreas de pesca e em uma informação pesqueira, de um modo geral, com um elevado nível de precisão (CRUZ, *op. cit.*).

3.7 Produtividade por área de pesca

A análise do índice de produtividade (kg/km^2) das lagostas espinhosas no Brasil foi realizada inicialmente por períodos e sub-regiões. A produção de lagosta espinhosa foi separada inicialmente em dois períodos (1991-1999 e 2000-2007) e em seguida, de acordo com a divisão das regiões de pesca de lagostas de Ferreira (1994), por três sub-regiões, a saber: Norte, Nordeste Setentrional e Nordeste Oriental. A sub-região Norte localiza-se entre os estados do Amapá (no município de Oiapoque) e o Maranhão (em Tutóia), e possui a maior extensão de área de pesca de lagosta, com aproximadamente de 179.420 km^2 . A sub-região Nordeste Setentrional localiza-se entre os estados do Piauí até parte do Rio Grande do Norte (no município de Touros), e possui a menor área de pesca entre as três, com 59.490 km^2 . A sub-região Nordeste Oriental localiza-se entre parte do Rio Grande do Norte até o estado do Espírito Santo, e possui a segunda maior área de pesca, com cerca de 117.700 km^2 . O objetivo desta etapa foi de avaliar a variação da produtividade de lagosta, nos dois períodos analisados e quais eram as áreas de pesca mais produtivas no Brasil.

Para este estudo, foram requeridas estimativas dos índices de abundância da população derivada dos dados da pesca comercial de lagostas espinhosas e de amostragens (MCDONALD; KENDRICK; BREEN, 2001).

O índice de abundância da população está dado pela equação (SEBER, 1982):

$$N = n / A \quad (1)$$

onde: n é o número ou peso da espécie capturada; A é a área (km^2).

A partir dos dados de produção de lagosta espinhosa, no período de 1999 a 2006, foi calculado o índice de produtividade (IP) de acordo com a distribuição dos 31 estratos elaborados neste estudo. A análise foi realizada desde o estado do Amapá até o Espírito Santo, considerando que a atividade pesqueira de lagosta no Brasil é realizada em duas faixas de profundidade: rasa (menor que 50 m) e profunda (entre 50 e 100 m).

Os índices de produtividade por estratos no tempo t foram estimados mediante o quociente da relação entre a média de produção (kg) no período estudado, pela sua área de pesca (km^2) do estrato i . A equação para este caso foi a seguinte:

$$IP = P / A \quad (2)$$

onde: IP é o índice de produtividade (kg/km²) no tempo *t*; P é a média da produção (kg) do estrato *i*, no período estudado; A é a área de pesca do estrato *i* (km²).

Neste estudo o índice de produtividade foi assumido como índice de abundância da população (*N*), sendo uma medida da capacidade produtiva do habitat do estoque (RANDALL; MINNS, 2002), que por definição, é o conjunto de animais que são explorados (LAUREC; LE GUEN, 1981).

O índice de produtividade também foi calculado por espécie, para os estados da costa Nordeste do Brasil que tinham informações de produção das lagostas *P. argus* e *P. laevicauda*. O objetivo desta análise foi de obter uma estimativa da produtividade por estratos, para verificar quais eram as áreas mais produtivas do Brasil. Ao final, foi calculado o índice de produtividade total por espécie no Brasil, considerando que no período de 1999 a 2006, a porcentagem na produção de lagosta foi de 78% para *P. argus* e 22% para *P. laevicauda*.

3.8 Proporcionalidade entre a CPUE e a abundância

No ano de 2010, a partir dos dados de captura e esforço de pesca das lagostas no estado do Ceará, foram calculados os valores de CPUE para os diferentes tipos de aparelhos de pesca (rede caçoeira, manzuá e cangalha). A abundância (N) foi estimada assumindo os valores do índice de produtividade (IP, em kg/km^2) no tempo t , e em uma área geográfica determinada. Em seguida, foi analisado se a CPUE por aparelho de pesca é proporcional à verdadeira abundância, usando uma curva de potência teórica, através do contorno do parâmetro β . O modelo de proporcionalidade entre a CPUE e a abundância (N) no tempo t é:

$$\text{CPUE}_t = qN_t \quad (3)$$

onde: CPUE é a relação entre a captura e o esforço de pesca no tempo t ; q é o coeficiente de capturabilidade; N é a abundância no tempo t .

A forma mais comum de não-proporcionalidade consiste em que a CPUE permanece muito alta enquanto a abundância declina. Isto é conhecido como hiperestabilidade (HILBORN; WALTERS, 1992) e pode conduzir a uma sobre-estimação da biomassa e a uma subestimação da mortalidade por pesca (CRECCO; OVERHOLTZ, 1990).

Uma série de modelos não-lineares têm sido propostos, e o mais simples é a curva de potência:

$$\text{CPUE}_t = qN_t^\beta \quad (4)$$

onde: a CPUE, q e N , são como definidos anteriormente; β é o coeficiente angular da reta de regressão entre N e a CPUE. Se $\beta = 1$, o modelo se reduz a equação 3; e se $\beta \neq 1$, então a capturabilidade muda com a abundância. Quando $\beta > 1$, a CPUE diminui mais rapidamente do que N em uma situação conhecida como “hiperdepleção”; inversamente, se $\beta < 1$, a CPUE declina mais lentamente do que N , resultando em “hiperestabilidade”. Este modelo tem a propriedade de que quando $\beta \neq 1$, a capturabilidade não é mais dada por q , mas por uma função de q e β (capturabilidade = $qN^{\beta-1}$) (HARLEY; MYERS; DUNN, 2001).

Para estimar o parâmetro β dos diferentes aparelhos de pesca, os dados da relação entre N e a CPUE também foram linealizados. A equação dessa relação é:

$$\ln\text{CPUE} = \ln q + \beta(\ln N) \quad (5)$$

3.9 Avaliação do recurso

O rendimento máximo sustentável por unidade de área (RMSA) foi calculado a partir do modelo de produção excedente de Fox (1970), aplicados por Munro e Thompson (1983) aos dados da pescaria da Jamaica e por Cruz *et al.* (2007a) à pescaria de lagosta no Caribe colombiano.

Os dados de produção de lagosta, expressadas em quilogramas (kg), abrangem um período de oito anos (1999-2006) para a região da plataforma continental do Brasil, e foram distribuídos em 19 estratos que representam 48% da área total (172.289 km²). Os estratos selecionados foram os seguintes: PA-4, PI-8, CE-9, CE-10, CE-11, RN-12, RN-13, RN-14, PB-15, PB-16, PE-17, PE-18, AL-19, AL-20, BA-24, BA-25, BA-26, BA-27 e BA-28.

Foi utilizado o modelo de proporcionalidade entre a CPUE e N (HARLEY; MYERS; DUNN, 2001), sendo $CPUE_t = qN^{(\beta-1)}_t$ para verificar em que magnitude as variações de N (variável independente) se relacionavam com a abundância relativa (CPUE, variável dependente). Os valores de q e β foram obtidos através dos cálculos realizados anteriormente para caçoiera, manzuá e cangalha (ver capítulo 3.8).

A partir da correlação entre o esforço de pesca e o lnCPUE (dados IBAMA 1991-2004) (SILVA; FONTELES-FILHO, 2011), foi possível calcular o esforço (f) anual nos 19 estratos selecionados, entre 1999 e 2006, a partir da relação inversa entre f e lnCPUE. A fórmula para este caso foi a seguinte:

$$f = (\ln CPUE + a) / b \quad (6)$$

onde: f é o esforço de pesca anual; CPUE é a média da captura por unidade de esforço anual (1999-2006); a e b são os coeficientes linear e angular, respectivamente, da regressão entre f e lnCPUE (1991-2004).

Com os valores calculados de f , foi estimada a intensidade de pesca ($f_{\text{int}} = f/\text{km}^2$), que é o esforço de pesca por unidade de área e por unidade de tempo, assumindo que cada zona pode sustentar a mesma produção por unidade de área.

A equação correspondente ao modelo de Fox representa uma curva assimétrica ($RMS = - (1/b) * e^{(a-1)}$) com um nível ótimo de esforço por unidade de área e tempo ($f_{\text{int-ot}}$) que origina o rendimento máximo sustentável por unidade de área (RMSA), que pode ser sustentado sem afetar a longo prazo a abundância do estoque. Os valores da equação são obtidos a partir das seguintes equações:

$$\ln\text{CPUE} = a + b * f_{\text{int}} \quad (7)$$

onde: CPUE é captura por unidade de esforço por área de pesca; a e b são os coeficientes linear e angular, respectivamente, da regressão entre f e lnCPUE; $f_{\text{int}} = f/A$ é a intensidade de pesca (número de armadilhas utilizadas por área).

$$f_{\text{int-ot}} = - 1 / b \quad (8)$$

onde: $f_{\text{int-ot}}$ é a intensidade de pesca ótima.

O rendimento máximo sustentável por unidade de área: $\text{RMSA} = - (1/b) * e^{(a-1)}$.

O rendimento máximo sustentável: $\text{RMS} = \text{RMSA} * A \text{ (km}^2\text{)}$.

Além disso, foram utilizadas várias equações empíricas para avaliar as estimativas do RMS. A primeira fórmula empregada foi a desenvolvida por Gulland (1971) e é expressa da seguinte maneira:

$$\text{RMS} = 0,5 * M * B_v \quad (9)$$

onde: M é a mortalidade natural (0,36, calculado por Cruz *et al.* 2007b); B_v é a biomassa do estoque virgem e calcula-se como: $B_v = e^{(a)} / q$; a (1,32) é o intercepto da regressão linear entre o esforço e a CPUE do modelo de Fox; q (0,12) é o coeficiente de capturabilidade.

A fórmula de Cadima (1979) se expressa neste caso como:

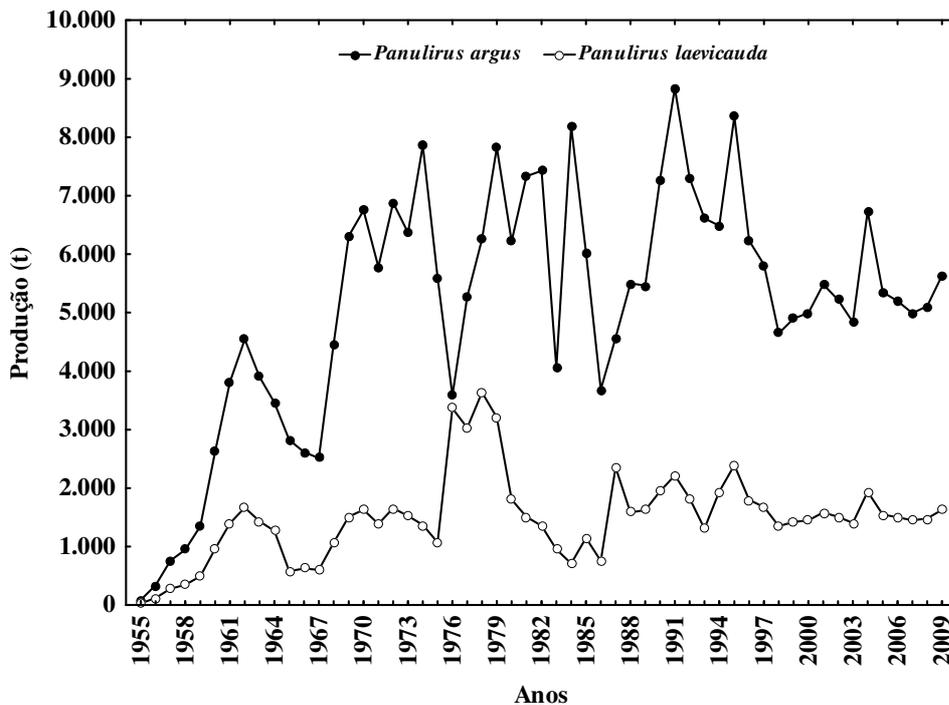
$$\text{RMS} = 0,5 * (Y + M * B_m) \quad (10)$$

onde: Y (6.440 t) é a produção média total anual (2000-2007); M é a mortalidade natural; B_m é a biomassa média, calculada multiplicando a área de pesca total (356.610 km²) pelo índice de produtividade médio de lagosta na plataforma continental do Brasil (38 kg/km², 1999-2006).

4 RESULTADOS

4.1 Comportamento da produção de lagostas no Brasil

O comportamento da produção de lagostas no Brasil, considerando a série histórica de 1955 a 2009, é caracterizado por acentuada variabilidade na produção anual, tanto para a espécie *P. argus*, como para a espécie *P. laevicauda* (Figura 2). Os valores de produção por espécie nos anos de 1995 a 2009 foram calculados a partir da relação entre a produção de *P. argus* e da produção total dos anos anteriores, onde a equação que definiu esta relação foi $y = - 29,701 + 0,780 x$ ($R^2 = 0,943$; $N = 40$). Para o mesmo período, a estimativa da produção de *P. laevicauda* foi obtida subtraindo a produção total pela de *P. argus*.



Fonte: IBAMA (1991, 1993); MPA (2011); PLANO DE GESTÃO (2008).

Figura 2 - Comportamento da produção anual das lagostas espinhosas *Panulirus argus* e *Panulirus laevicauda* no Brasil, no período de 1955 a 2009.

A variação anual da produção de *P. argus* a partir de 1955 mostra três etapas bem diferenciadas. Na primeira, entre 1955 e 1974, foi a fase de desenvolvimento da pescaria, onde a produção cresceu consideravelmente de 88 t para 4.543 t no ano de 1962, mas a partir de 1963 houve uma tendência decrescente na produção, chegando a 2.514 t em 1967. No ano de 1968 a produção voltou a ter uma tendência crescente, chegando a 7.859 t em 1974.

A segunda etapa, de 1975 a 1995, foi caracterizada pelas grandes variações nas produções anuais de *P. argus*, onde houve consideráveis quedas nos anos de 1976, 1983 e 1986, com valores inferiores a 4.500 t/ano, devido a uma situação de sobrepesca. Contudo, houve produções elevadas nos anos de 1979, 1984, 1991 e 1995, com média de 8.000 t/ano. A diferença em toneladas de lagostas entre os anos de altas e baixas produções, nesse período de instabilidade, foi de 4.000 t, e aconteciam em um intervalo de tempo de aproximadamente quatro anos.

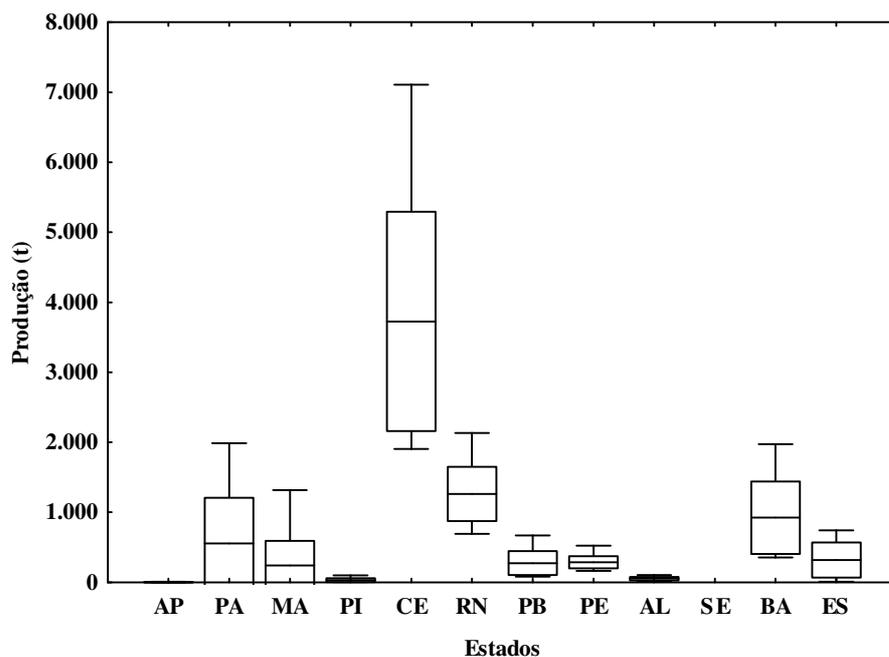
A terceira etapa, de 1996 a 2009, provavelmente pode ser considerada como a fase de aparente estabilização da produção de *P. argus*. A média de produção para este período foi de aproximadamente 5.000 t/ano, sendo que em 2004 ocorreu o maior volume, com 6.732 t e nos outros anos apresentou aparente estabilidade.

A lagosta *P. laevicauda* é capturada em diversas regiões do Atlântico, mas a maior produção pesqueira se encontra no Brasil. Durante o período de 1955 a 2009, essa espécie representou em média 23% da produção anual de lagosta espinhosa no país. Nesse período, o comportamento da produção de *P. laevicauda* apresentou uma tendência crescente até 1978, sendo o ano de máxima produção com 3.639 t, mas com baixas produções nos anos de 1965 e 1975. A partir de 1978, houve uma redução no volume anual desembarcado dessa espécie, apresentando uma tendência claramente decrescente até 1986, com a produção de apenas 755 t. No ano de 1987, ocorreu um aumento na produção para 2.356 t, e em seguida uma tendência a estabilização de 1988 a 2009, com uma média anual de aproximadamente 1.700 t.

Com o desenvolvimento de novas tecnologias, nos anos de 2010 e 2011, produtores do setor lagosteiro foram incentivados a realizar o desembarque de lagostas vivas, mantendo-as até o momento da comercialização, seguindo as exigências de qualidade do mercado internacional e agregando valor ao produto.

4.2 Produção desembarcada por estados e municípios

A produção pesqueira das lagostas espinhosas, entre os anos de 1991 e 2007, nas regiões costeiras do Norte, Nordeste e Sudeste do Brasil, foi muito variável. Os estados com as maiores médias de produção foram o Ceará (3.726,8 ± 1.565,5 t), o Rio Grande do Norte (1.261,9 ± 387,9 t), a Bahia (923,3 ± 516,4 t) e o Pará (557,5 ± 649,4 t) (Figura 3). Os estados do Ceará e Pará tiveram uma alta dispersão dos dados devido as suas variabilidades de produção anual. No Ceará, a produção de lagosta espinhosa teve uma tendência decrescente, passando de 7.107 t no ano de 1991, para apenas 2.186 t em 2007. O estado do Pará produziu apenas 2 t por ano, no período de 1991 a 1997, e somente a partir de 1998 houve um aumento na produção com cerca de 726 t. No ano de 2007 foi registrado a maior produção do estado, com cerca de 1.355,5 t de lagosta espinhosa.



Fonte: IBAMA (2002 a 2009); PLANO DE GESTÃO (2008).

Figura 3 - Produção média em toneladas de lagostas espinhosas por estados no Brasil, no período de 1991 a 2007.

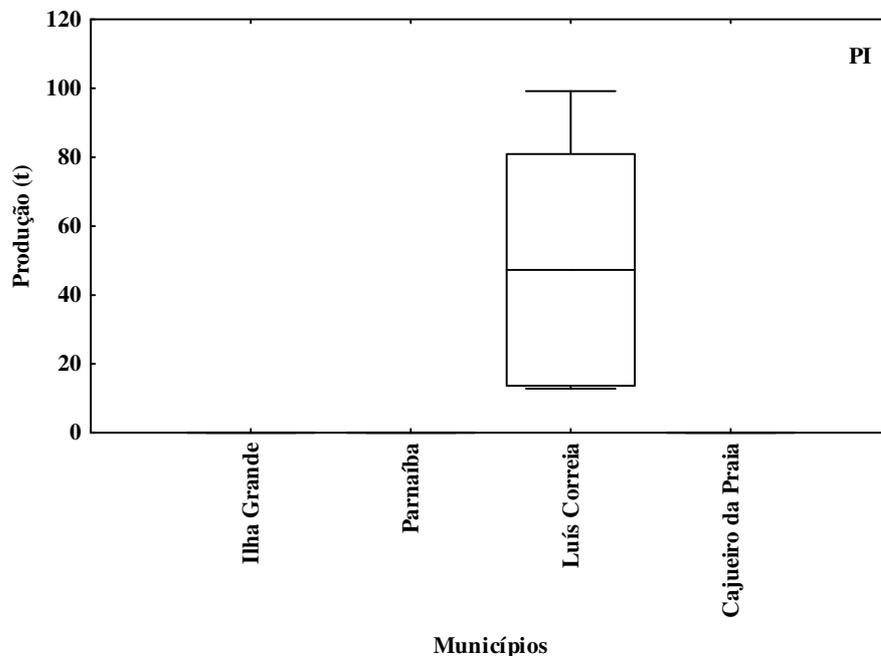
Os estados do Maranhão, Paraíba, Pernambuco e Espírito Santo tiveram baixa dispersão dos dados, com médias de produção que não ultrapassaram 400 t. Nos estados do Amapá, Piauí e Alagoas, a média de produção foi ainda menor, não ultrapassando 60 t. No período estudado não foram relatados dados de produção de lagosta espinhosa no estado de Sergipe.

O estado do Amapá produziu 7,7 t de lagosta espinhosa no ano de 2005, sendo registrados os desembarques nos municípios de Amapá, Calçoene, Macapá e Santana. Porém, grande parte da produção desse ano foi do município de Santana, que representou 66% do total desembarcado, seguido de Macapá, que representou 32%.

No Pará, a produção de lagosta espinhosa entre os anos de 1995 e 2005 foi de aproximadamente 6.686,5 t, e foram observados desembarques em oito municípios. No entanto, cerca de 95% da produção total desembarcada neste período foi representada pelos municípios de Augusto Corrêa (60%), Bragança (25%) e Belém (10%).

O estado do Maranhão possui cerca de 24 municípios costeiros e produziu 21,4 t de lagosta espinhosa no ano de 2003, e apenas 10,8 t em 2005. Nesse período os principais produtores foram os municípios de São José de Ribamar, Raposa e Tutóia.

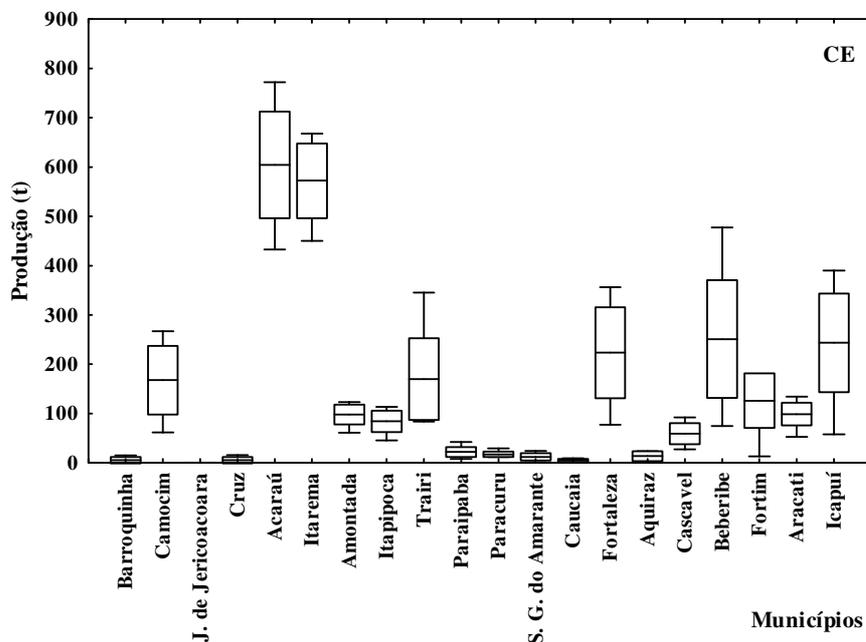
O estado do Piauí possui quatro municípios costeiros, sendo Luís Correia a localidade onde foram observadas produções de lagosta espinhosa no período de 1999 a 2006, com uma média de $47,29 \pm 33,6$ t (Figura 4). A alta dispersão dos dados foi devido à variabilidade da produção anual, de 17,3 t em 1999 a 99,2 t em 2006. No período estudado, não foram relatados produções de lagostas espinhosas nos municípios de Ilha Grande, Parnaíba e Cajueiro da Praia.



Fonte: IBAMA (2000 a 2007); SEAP; IBAMA; PROZEE (2006, 2008).

Figura 4 - Produção média em toneladas de lagostas espinhosas por município no estado do Piauí, no período de 1999 a 2006.

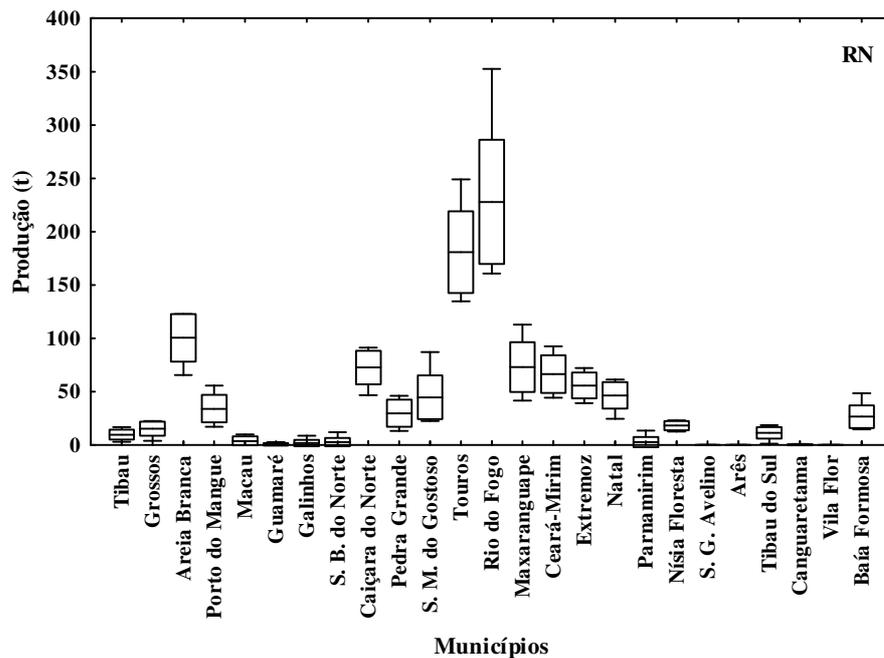
O estado do Ceará é composto por 20 municípios costeiros com mais de 100 pontos de desembarque e se destaca como o principal produtor de lagosta espinhosa do Brasil. No período de 1999 a 2006, a maior média de produção do estado foi observada na costa oeste, nos municípios de Acaraú (604,5 ± 108 t) e Itarema (572,2 ± 76 t). Na costa leste, se destacaram os municípios de Icapuí (243,2 ± 100 t) e Beberibe (251 ± 120 t). Em Fortaleza a média de produção foi de 223 ± 92 t, seguida em ordem de importância pelos municípios de Trairi (170 ± 83 t), Camocim (167,5 ± 69 t) e Fortim (126 ± 56 t) (Figura 5). Os outros municípios possuíram valores médios de produção que não ultrapassaram 100 t e, em Jijoca de Jericoacoara, não houve produção de lagosta.



Fonte: IBAMA (2000 a 2007); SEAP; IBAMA; PROZEE (2006, 2008).

Figura 5 - Produção média em toneladas de lagostas espinhosas por município no estado do Ceará, no período de 1999 a 2006.

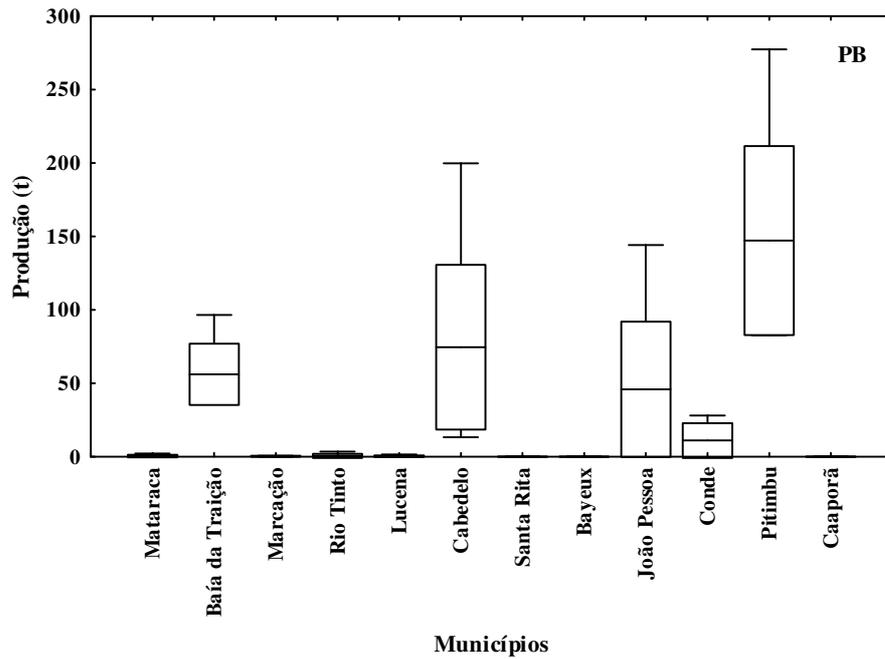
O estado do Rio Grande do Norte é composto por 25 municípios costeiros, englobando 93 comunidades pesqueiras e o litoral é dividido em duas áreas distintas: setentrional e oriental, sendo o município de Touros o divisor litorâneo. No período de 1999 a 2006, a maior média de produção de lagosta espinhosa do estado ocorreu no litoral oriental, nos municípios de Rio do Fogo (228 ± 58 t) e Touros (181 ± 38 t). No litoral setentrional, a maior média de produção ocorreu no município de Areia Branca (100,5 ± 22 t), seguido por Caiçara do Norte (73 ± 16 t). Os outros municípios que se destacaram foram: Maxaranguape (73 ± 23 t), Ceará-Mirim (66,5 ± 18 t) e Extremoz (56 ± 12 t). As médias de produções nos outros municípios foram menores de 50 t (Figura 6).



Fonte: IBAMA (2000 a 2007); SEAP; IBAMA; PROZEE (2006, 2008).

Figura 6 - Produção média em toneladas de lagostas espinhosas por município no estado do Rio Grande do Norte, no período de 1999 a 2006.

No estado da Paraíba existem 12 municípios costeiros, onde são encontradas 35 comunidades pesqueiras. Os registros da produção de lagosta espinhosa por município, no período de 1999 a 2006, foram separados por espécie (*P. argus* e *P. laevicauda*). As maiores médias de produção de *P. argus*, em ordem decrescente, foram nos municípios de Pitimbu (147 ± 64 t), Cabedelo ($74,6 \pm 56$ t), Baía da Traição ($56,1 \pm 21$ t), João Pessoa (46 ± 45 t) e Conde (11 ± 10 t) (Figura 7). Nos municípios de Mataraca, Marcação, Rio Tinto e Lucena, as produções de *P. argus* foram ocasionais e não ultrapassaram 4 t por ano. No período estudado, não houve produção de lagosta nos municípios de Santa Rita, Bayeux e Caaporã. A produção de *P. laevicauda* por município foi relatada apenas no ano de 2006, com um total de 50,9 t.

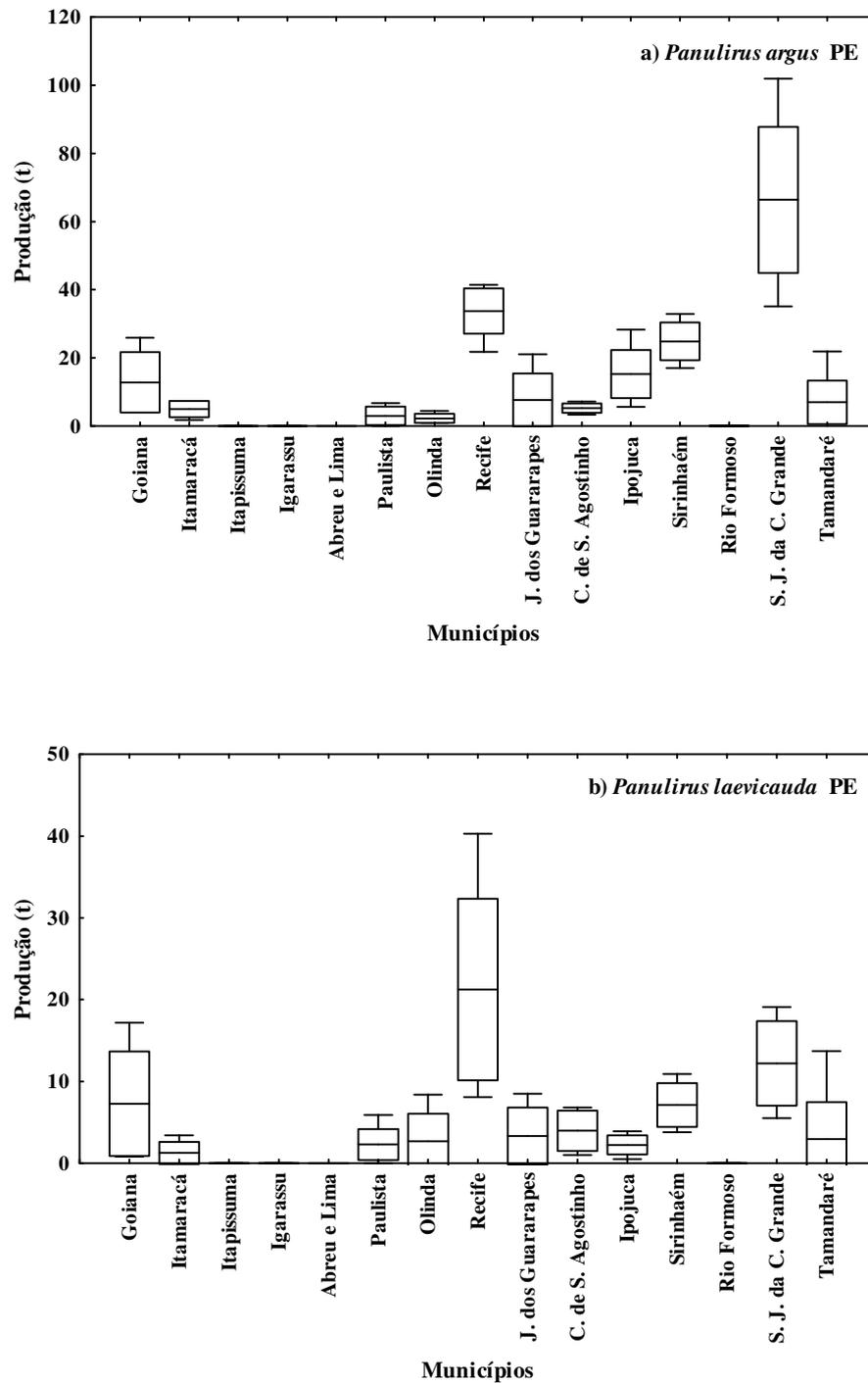


Fonte: IBAMA (2000 a 2007); SEAP; IBAMA; PROZEE (2006, 2008).

Figura 7 - Produção média em toneladas da lagosta *P. argus* por município no estado da Paraíba, no período de 1999 a 2006.

O estado de Pernambuco é constituído por 15 municípios costeiros, englobando 33 comunidades pesqueiras. Os registros da produção de lagosta espinhosa por município, no período de 1999 a 2006, foram separados por espécie (*P. argus* e *P. laevicauda*). A maior média de produção da lagosta *P. argus* ocorreu no município de São José da Coroa Grande ($66,4 \pm 21,5$ t), seguido pela capital Recife ($33,8 \pm 6,6$ t) e pelos municípios de Sirinhaém ($24,8 \pm 5,6$ t), Ipojuca ($15,3 \pm 7$ t) e Goiana ($12,8 \pm 8,8$ t). Nos outros municípios as médias de produção foram inferiores a 8 t (Figura 8a).

Na espécie *P. laevicauda*, a maior média de produção de ocorreu na capital Recife ($21,3 \pm 11,1$ t), porém com uma alta dispersão devido a variabilidade na produção anual (Figura 8b). Outros municípios que se destacaram na produção de *P. laevicauda* foram São José da Coroa Grande ($12,2 \pm 5,2$ t), Goiana ($7,3 \pm 6,4$ t) e Sirinhaém ($7,1 \pm 2,7$ t). Nos outros municípios as médias de produção foram inferiores a 4 t. No período estudado, não houve produção de lagosta nos municípios de Itapissuma, Igarassu, Abreu e Lima e Rio Formoso. No estado de Pernambuco, nos anos de 1999 a 2006, foi onde ocorreu a maior produção da lagosta *P. laevicauda*, com 76% do total nacional.



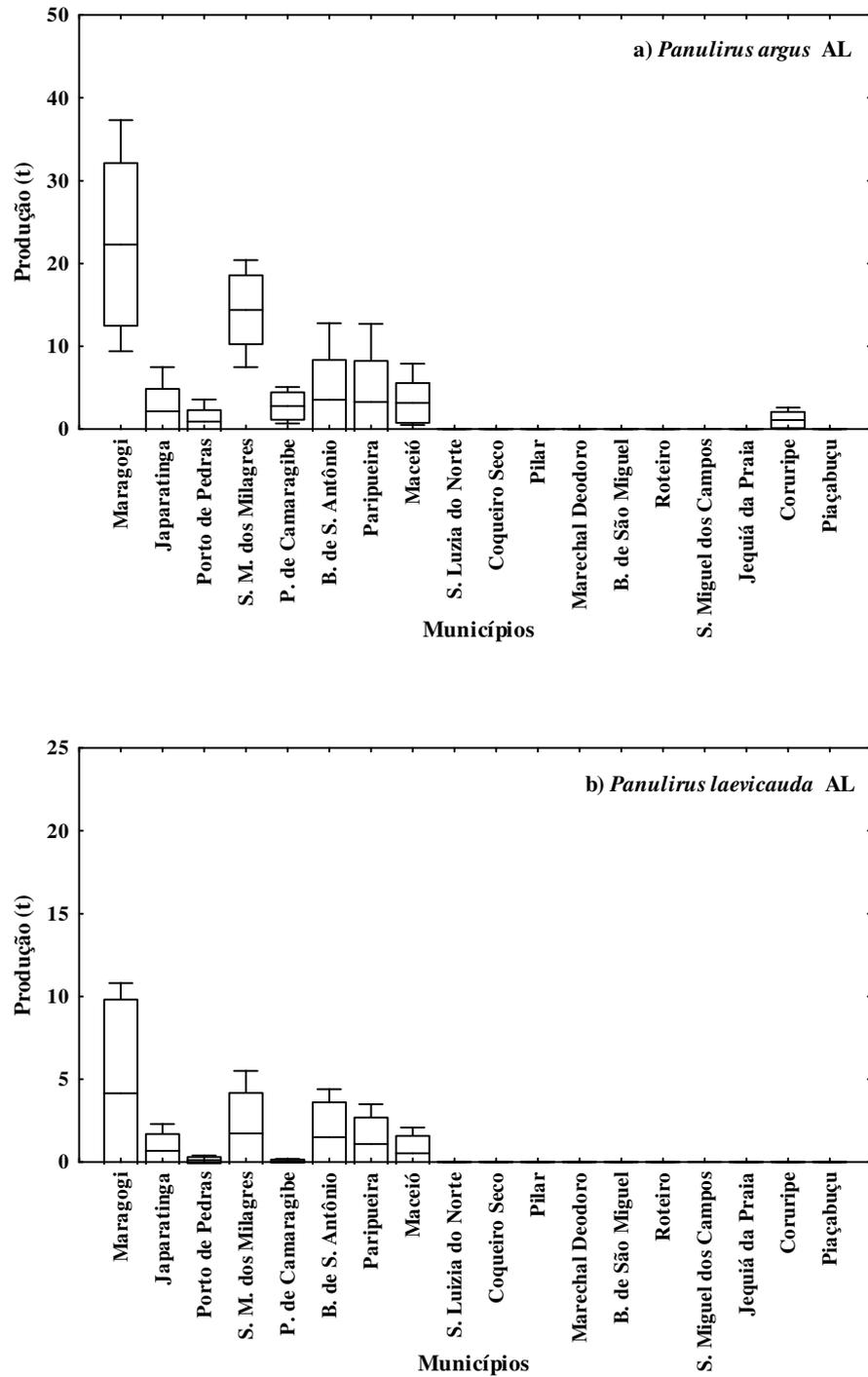
Fonte: IBAMA (2000 a 2007); SEAP; IBAMA; PROZEE (2006, 2008).

Figura 8 - Produção média em toneladas de lagostas espinhosas por município no estado de Pernambuco, no período de 1999 a 2006. a) *Panulirus argus* e b) *Panulirus laeviscauda*.

No estado de Alagoas foram encontrados 18 municípios costeiros com registros de desembarques de lagosta, e um total de 57 comunidades pesqueiras. Os registros da produção de lagosta espinhosa por município, no período de 1999 a 2006, foram separados por espécie (*P. argus* e *P. laevicauda*). A média de produção de *P. argus* foi representativa apenas nos municípios de Maragogi ($22,3 \pm 9,8$ t) e São Miguel dos Milagres ($14,4 \pm 4,2$ t). Nos outros municípios as médias de produção foram inferiores a 4 t (Figura 9a). Nos municípios de Alagoas, a produção da espécie *P. laevicauda* foi muito baixa e não chegou a uma média de 5 t (Figura 9b). No período estudado, não houve produção de lagosta nos municípios de Santa Luzia do Norte, Coqueiro Seco, Pilar, Marechal Deodoro, Barra de São Miguel, Roteiro, São Miguel dos Campos, Jequiá da Praia e Piaçabuçu. Em Coruripe, houve apenas produção da lagosta *P. argus* e a média não ultrapassou a 1,1 t.

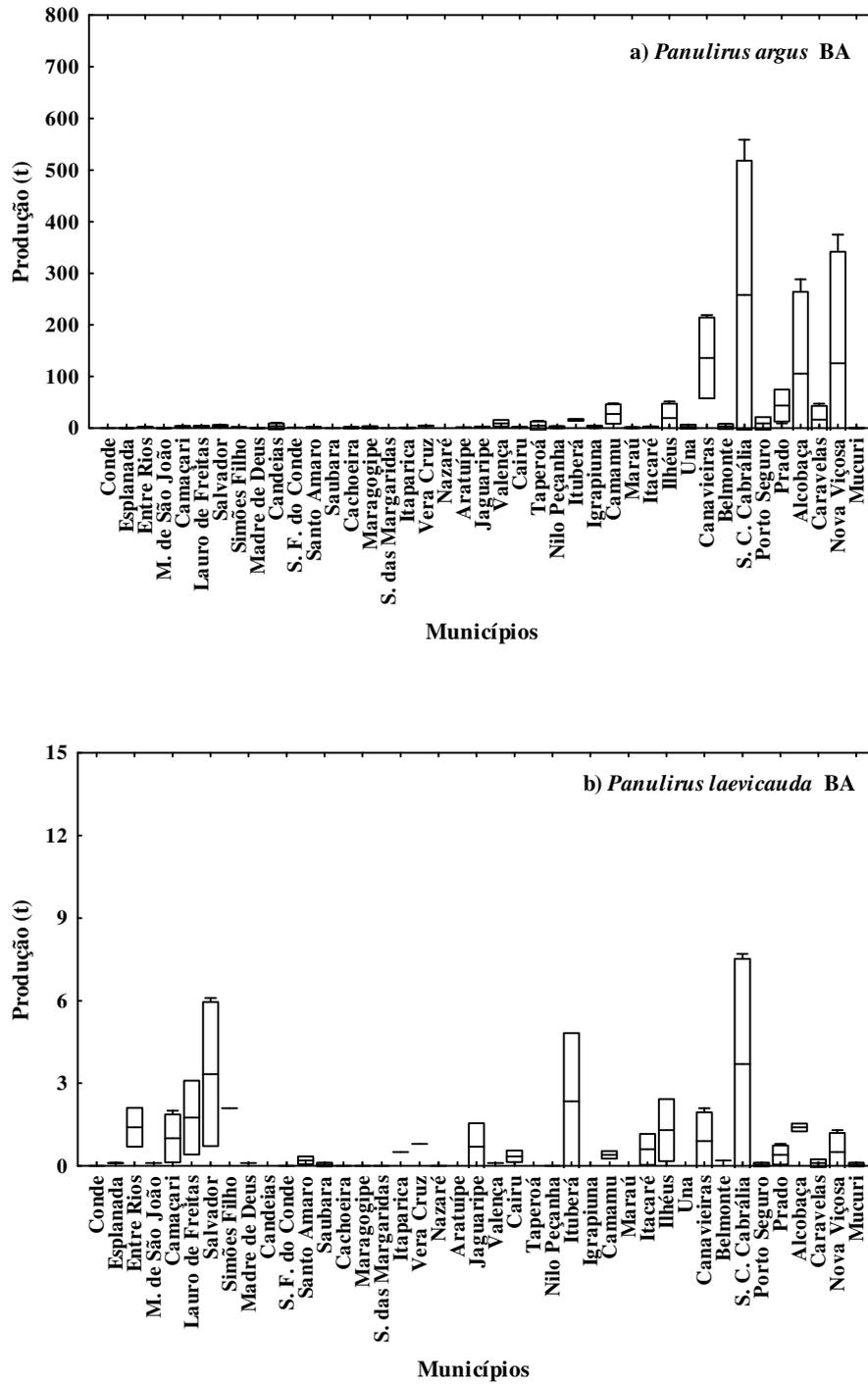
No estado de Sergipe existem aproximadamente 90 comunidades pesqueiras distribuídas em oito municípios costeiros e sete estuarinos. A ocorrência de pesca de lagosta espinhosa na região é muito recente, e somente no ano de 2004 foram identificadas embarcações do estado do Ceará, pescando com rede caçoeira e mergulho auxiliado por compressor. No entanto, não foram registradas produções de lagostas espinhosas no período estudado.

O estado da Bahia é constituído por 44 municípios costeiros, onde são encontradas cerca de 340 comunidades pesqueiras. O litoral é dividido em cinco áreas, denominadas Litoral Norte, Baía de Todos os Santos/Recôncavo, Litoral Baixo Sul, Litoral Sul e Litoral Extremo Sul. No período estudado, houve apenas registros de produção das lagostas *P. argus* e *P. laevicauda* por município, nos anos de 2002, 2005 e 2006. As maiores médias de produção de *P. argus* ocorreram no Litoral Sul e Extremo Sul, nos municípios de Santa Cruz Cabrália, Canavieiras, Nova Viçosa e Alcobaça, mas todos os valores de produção apresentaram uma alta dispersão devido a variabilidade na produção anual (Figura 10a). A produção da espécie *P. laevicauda* mostrou um comportamento similar, porém as maiores médias ocorreram no Litoral Extremo Sul, Baía de Todos os Santos/Recôncavo e Litoral Baixo Sul (Figura 10b).



Fonte: IBAMA (2000 a 2007); SEAP; IBAMA; PROZEE (2006, 2008).

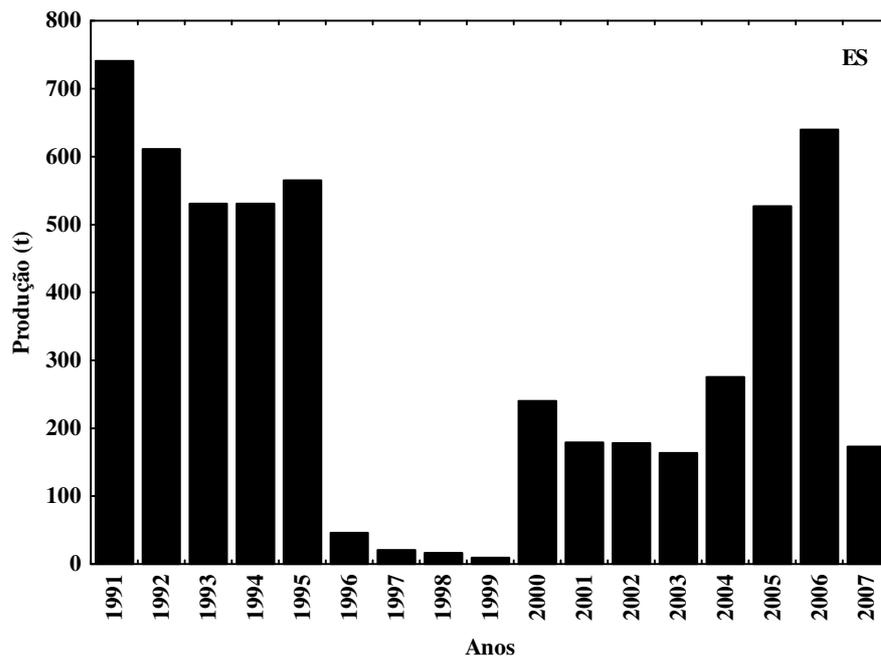
Figura 9 - Produção média em toneladas de lagostas espinhosas por município no estado de Alagoas, no período de 1999 a 2006. a) *Panulirus argus* e b) *Panulirus laevicauda*.



Fonte: IBAMA (2000 a 2007); SEAP; IBAMA; PROZEE (2006, 2008).

Figura 10 - Produção média em toneladas de lagostas espinhosas por município no estado da Bahia, nos anos de 2002, 2005 e 2006. a) *Panulirus argus* e b) *Panulirus laeviscauda*.

O estado do Espírito Santo é composto por 14 municípios costeiros, com 72 pontos de desembarque. A região é caracterizada por ser a mais distante do hemisfério sul onde se conclui a pesca comercial das espécies de lagosta *P. argus* e *P. laevicauda*. No período estudado, não foram relatados dados de produção de lagosta espinhosa por município. Entretanto, foi analisada a produção anual do estado, no período de 1991 a 2007, sendo observadas três etapas bem diferenciadas (Figura 11).



Fonte: IBAMA (2002 a 2009); PLANO DE GESTÃO (2008).

Figura 11 - Produção anual em toneladas de lagosta espinhosa no estado do Espírito Santo, no período de 1991 a 2007.

Na primeira etapa, entre 1991 e 1995, a média de produção foi de 596 ± 88 t, porém houve uma tendência decrescente, variando de 741 t a 565 t; na segunda etapa, entre 1996 e 1999, foi a fase de baixas produções onde a média nesse período foi de 23 ± 16 t e as produções anuais não chegavam a 50 t; a terceira etapa iniciou no ano 2000 e foi a fase onde houve uma tendência crescente na produção de lagostas, que durou até 2006, ano em que o estado produziu cerca de 640 t, e a média de produção nesse período foi de 315 ± 190 t. Entretanto, em 2007 houve outra queda de produção, não chegando a 200 t de lagostas.

4.3 Padrão estacional da produção pesqueira

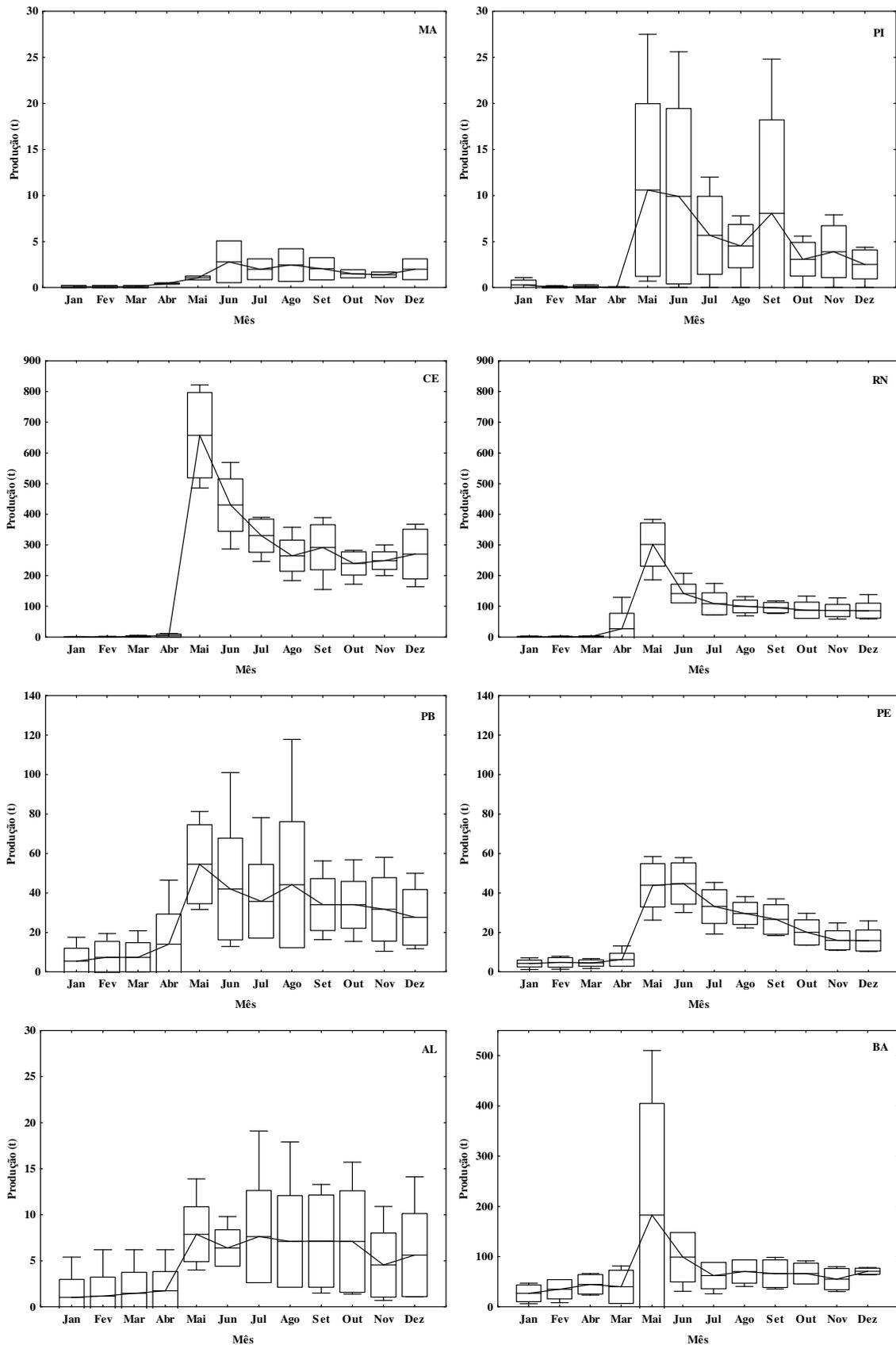
A produção mensal de lagostas espinhosas na região Nordeste do Brasil, no período de 1999 a 2006, se caracterizou por ter seus valores máximos imediatamente após concluído o período do defeso, o qual ocorria no mês de maio, início da temporada de pesca. No período estudado, cerca de 1.200 t de lagostas espinhosas foram produzidas anualmente no mês de maio, em oito estados da região Nordeste do Brasil. Posteriormente, a produção teve uma tendência decrescente, com valores baixos e em alguns estados se estabilizando, para decrescer no mês de janeiro justamente quando iniciava novamente o período do defeso (Figura 12).

As variações na produção de lagosta durante os meses ocorreram devido ao esforço de pesca empregado, onde as embarcações atuavam com maior intensidade no início da temporada de pesca, nos meses de maio, junho e julho. Esses meses representaram cerca de 50% da produção anual de lagosta espinhosa, no período de 1999 a 2006. A partir do mês de agosto, as expedições pesqueiras foram menos frequentes porque acreditava-se que não existiam muitas lagostas disponíveis para captura. Este fato teve grande influência sobre os volumes de produção anual.

Analisando por estado, observou-se que no Ceará ocorreu a maior média de produção no mês de maio ($657,7 \pm 139$ t), seguido pelo Rio Grande do Norte ($301,5 \pm 70,7$ t). O estado da Bahia produziu em média 182,7 t de lagostas espinhosas, mas com uma alta dispersão devido a variabilidade de produção nos meses de maio.

O padrão estacional nos estados do Piauí, Paraíba e Alagoas, mostrou um comportamento similar ao dos estados anteriores, com a maior média de produção no mês de maio. Dentre estes três estados, na Paraíba foi o onde ocorreu a maior média de produção ($54,6 \pm 20$ t), seguido pelo Piauí ($10,6 \pm 9,4$ t) e Alagoas ($7,9 \pm 3$ t). No estado de Pernambuco a maior média de produção ocorreu no mês de junho ($44,8 \pm 10,4$) e no Maranhão não se observou um padrão estacional definido.

Para todos os estados da região Nordeste do Brasil, a menor média de produção de lagosta espinhosa ocorreu nos meses de novembro e dezembro, justamente no final da temporada de pesca, quando existe uma baixa biomassa disponível para captura.



Fonte: IBAMA (2000 a 2007); SEAP; IBAMA; PROZEE (2006, 2008).

Figura 12 - Padrão estacional da produção de lagosta espinhosa nos estados da região Nordeste do Brasil, no período de 1999 a 2006.

4.4 Variação da abundância relativa por quadrícula de pesca

A distribuição espacial e temporal da pesca das lagostas *P. argus* e *P. laevicauda*, mostrou que entre os anos de 1974 e 1979 a atividade se concentrou entre os 45°-35°W e os 0°-6°S, cobrindo uma área total de aproximadamente 44.415 km². A partir da década de 1980, a abundância relativa da população diminuiu e a pescaria se expandiu mais para o Norte, Nordeste e o Sudeste do Brasil, entre 48°-34°W e 2°N e 17°S, cobrindo uma área de aproximadamente 213.286 km². Com isso houve um aumento da profundidade de captura, e a exploração lagosteira passou atuar, em diversas regiões, acima de 50 m de profundidade. A abundância média da população teve uma tendência decrescente ao longo de todo o período analisado, passando de 2,03 kg/covo entre 1974 e 1979 para 0,24 kg/covo entre 1986 e 1991 na espécie *P. argus* (Figura 13), e de 2,01 kg/covo para 0,07 kg/covo na espécie *P. laevicauda*, no mesmo período (Figura 14).

A análise dos dados de captura e esforço de pesca no estado do Ceará, no ano de 2010, mostrou que independente da frota ou do aparelho de pesca, a abundância relativa permaneceu muito baixa. No litoral oeste do estado, utilizando barcos a motor de médio porte e redes caçoeiras, a abundância relativa foi de 0,29 kg/metros de rede-dia. Na região central do estado, utilizando barcos a motor de médio porte e armadilhas do tipo manzuá, a abundância relativa foi de 0,12 kg/armadilhas-dia. Na região leste do estado, utilizando barcos a vela de pequeno porte e armadilhas do tipo cangalha, a abundância relativa foi de 0,35 kg/armadilhas-dia. Esses valores podem não refletir na real abundância da população, devido ao vício amostral incorporado pela dificuldade de estimativa do esforço de pesca.

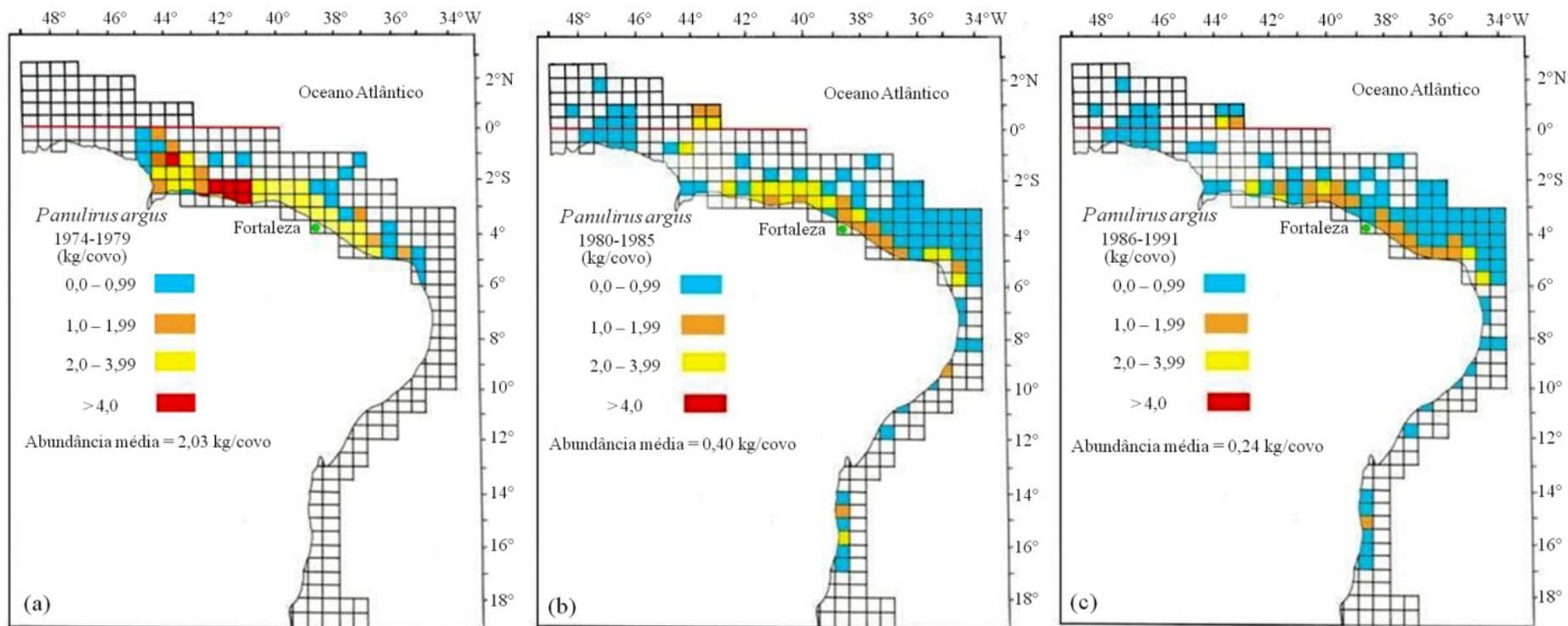


Figura 13 - Comportamento espaço-temporal da abundância média (kg/covo) por quadrículas de pesca da lagosta vermelha *P. argus* no Brasil. Período: (a) 1974-1979, (b) 1980-1985 e (c) 1986-1991.

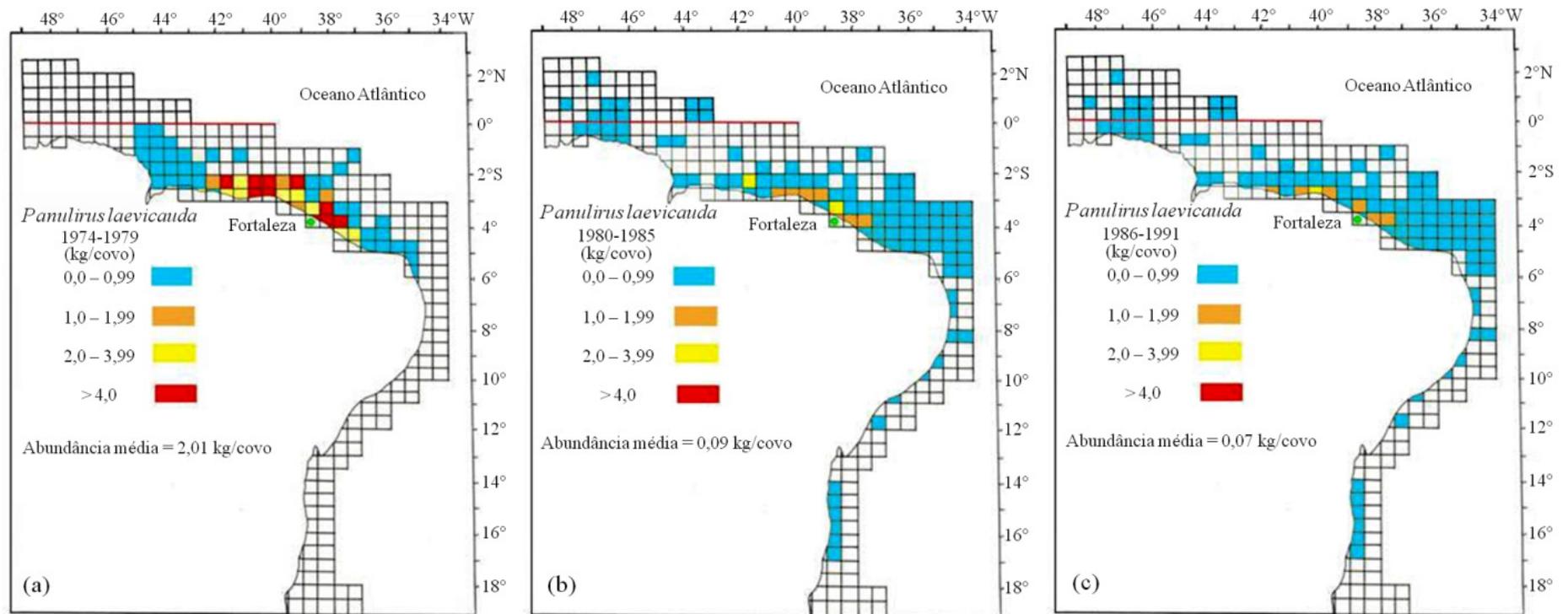


Figura 14 - Comportamento espaço-temporal da abundância média (kg/covo) por quadrículas de pesca da lagosta verde *P. laevis* no Brasil. Período: (a) 1974-1979, (b) 1980-1985 e (c) 1986-1991.

4.5 Variabilidade do tamanho das lagostas desembarcadas

A análise da distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax, entre os períodos de 1970-1979, 1980-1988 e 1989-1993, realizada a partir de amostragens no Mucuripe e em uma indústria pesqueira em Fortaleza, mostrou um aumento progressivo na frequência das lagostas *P. argus* de maior tamanho (Figura 15). Entre os anos de 1970 a 1979, foram amostradas 143.874 lagostas e a maior concentração de indivíduos capturados foi entre 100 e 119 mm de comprimento do cefalotórax, que representaram 58% dos desembarques. No período de 1980 a 1988 foram amostradas 52.141 lagostas e, os indivíduos capturados entre 100 e 119 mm de comprimento do cefalotórax, representaram 51% dos desembarques.

A partir de 1989 até 1993, as lagostas de menor tamanho foram representadas por exemplares de 86 mm de comprimento do cefalotórax. Nesse período, foram amostradas 29.395 lagostas e a maior concentração de indivíduos capturados foi entre 110 e 128 mm de comprimento de cefalotórax, que representaram 63% dos desembarques.

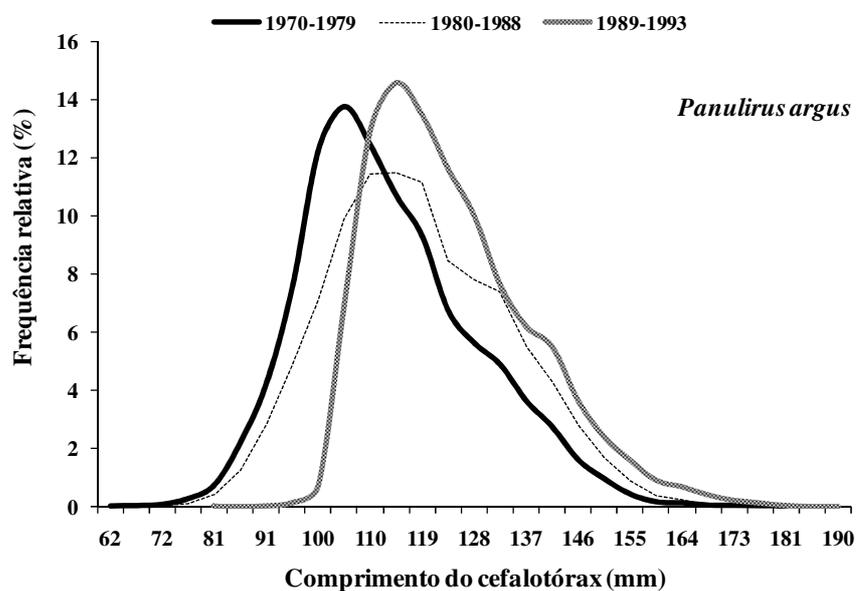


Figura 15 - Distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax da lagosta vermelha *P. argus*, coletada no Mucuripe (CE) e em uma indústria pesqueira de Fortaleza, estado do Ceará, durante os períodos de: 1970-1979, 1980-1988 e 1989-1993.

Entre 1970 e 1993 foram amostradas 225.410 lagostas da espécie *P. argus*, onde o tamanho médio anual apresentou uma tendência crescente ao longo do período (Figura 16). Os desembarques dos indivíduos abaixo de 75 mm de comprimento do cefalotórax representaram menos de 1%. Esta situação provavelmente está relacionada com a comercialização de lagostas ilegais (abaixo do tamanho mínimo permitido) no mercado interno.

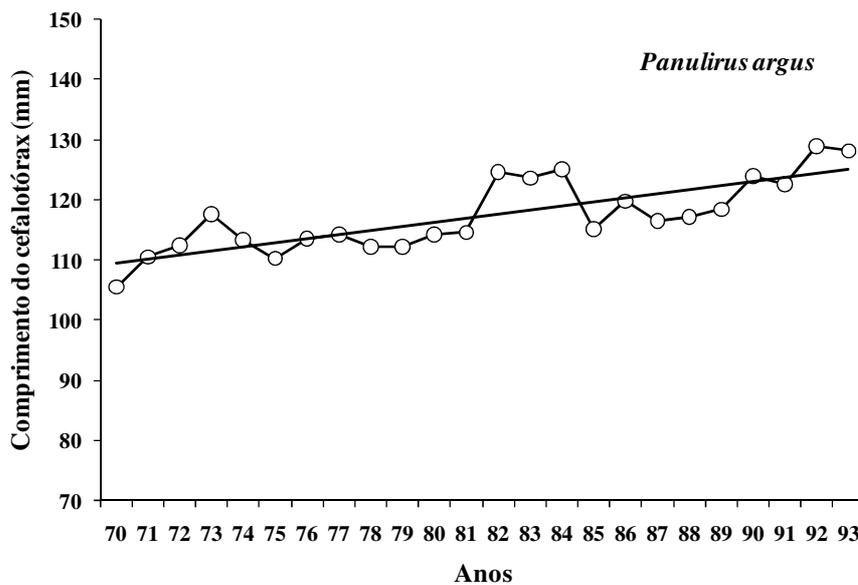


Figura 16 - Comportamento do comprimento médio anual do cefalotórax da lagosta vermelha *P. argus*, coletada no Mucuripe (CE) e em uma indústria pesqueira de Fortaleza, estado do Ceará, no período de 1970 a 1993.

Na espécie *P. laevicauda*, a distribuição do comprimento do cefalotórax no período 1970-1979 apresentou uma maior frequência de indivíduos de maior tamanho em relação ao período de 1980-1988 (Figura 17). Na década de 70, foram amostradas 102.501 lagostas e a maior concentração de indivíduos capturados foi entre 91 e 105 mm de comprimento do cefalotórax, que representaram 68% dos desembarques. No período de 1980 a 1988, foram amostradas 42.020 lagostas e a maior concentração de indivíduos capturados foi entre 86 e 100 mm de comprimento do cefalotórax, que representaram 58% dos desembarques.

A partir de 1989 até 1993, as lagostas de menor tamanho foram representadas por exemplares de 81 mm de comprimento do cefalotórax. Nesse período, foram amostradas 22.456 lagostas e a maior concentração de indivíduos capturados foi entre 96 e 105 mm de comprimento de cefalotórax, que representaram 58% dos desembarques.

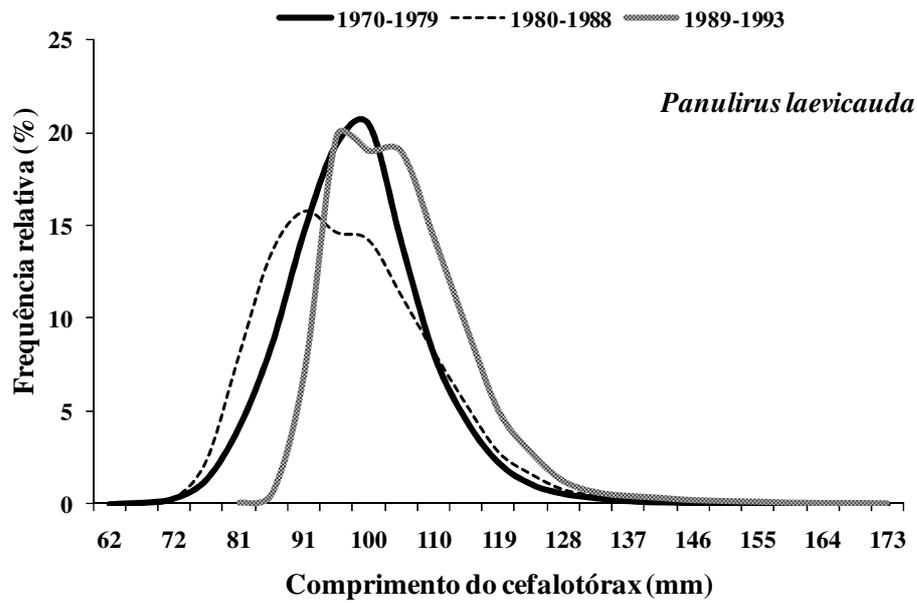


Figura 17 - Distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax da lagosta verde *P. laevicauda*, coletada no Mucuripe (CE) e em uma indústria pesqueira de Fortaleza, estado do Ceará, durante os períodos de: 1970-1979, 1980-1988 e 1989-1993.

Entre 1970 e 1993 foram amostradas 166.977 lagostas da espécie *P. laevicauda*, e o tamanho médio anual do comprimento do cefalotórax mostrou um comportamento diferente de *P. argus*, apresentando uma elevada variabilidade, onde no ano de 1985 se observou um decréscimo abrupto e, posteriormente, uma tendência crescente (Figura 18).

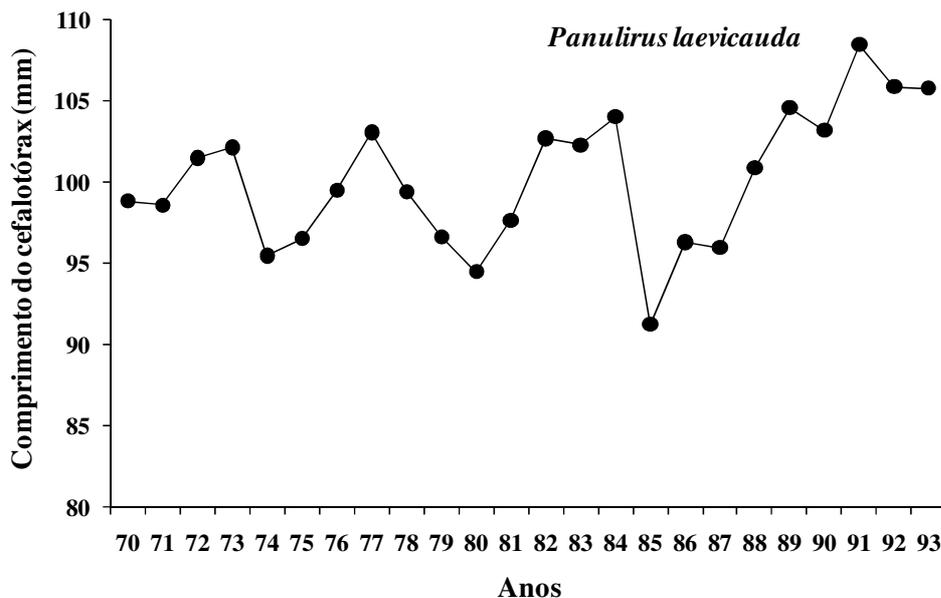


Figura 18 - Comportamento do comprimento médio anual do cefalotórax da lagosta verde *P. laevicauda*, coletada no Mucuripe (CE) e em uma indústria pesqueira de Fortaleza, estado do Ceará, no período de 1970 a 1993.

Na análise da distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax das lagostas por aparelhos de pesca, nos municípios de Cascavel e Paracuru (CE), em 1999, foi observado a captura de exemplares da espécie *P. argus* em um intervalo de comprimento que variou entre 50 e 92 mm de cefalotórax para as armadilhas (manzuás), e entre 55 e 117 mm de comprimento do cefalotórax para as redes de espera de fundo (caçoeiras) (Figura 19). Para a espécie *P. laevicauda* foram capturados exemplares em um intervalo de comprimento que variou entre 45 e 82 mm de cefalotórax para os manzuás, e entre 40 e 117 mm de comprimento do cefalotórax para as redes caçoeiras (Figura 20).

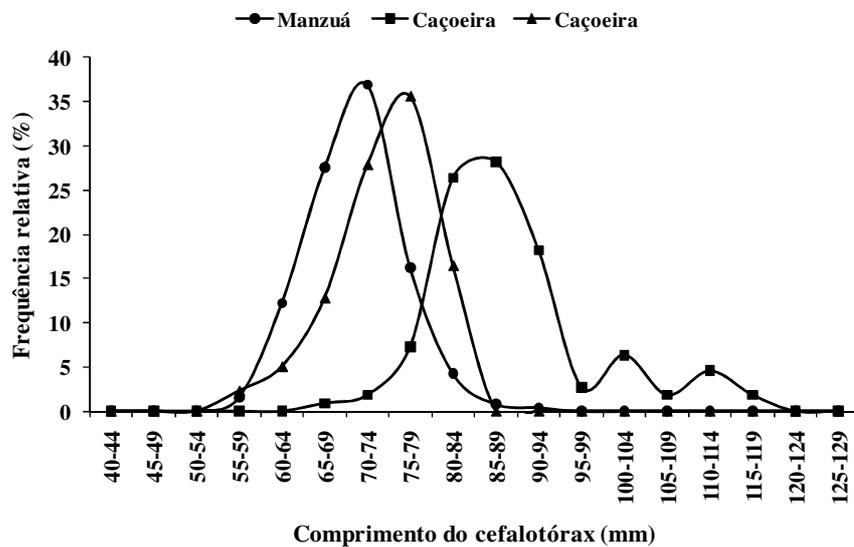


Figura 19 - Distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax, por aparelho de pesca, da lagosta vermelha *P. argus*, nos municípios de Cascavel (● - ■) e Paracuru (▲), estado do Ceará, no ano de 1999.

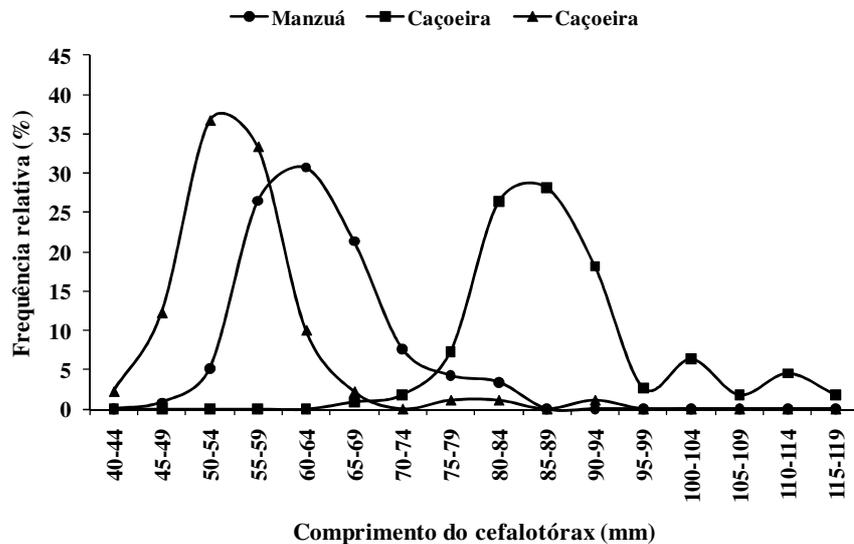


Figura 20 - Distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax, por aparelho de pesca, da lagosta verde *P. laevicauda*, nos municípios de Cascavel (● - ■) e Paracuru (▲), estado do Ceará, no ano de 1999.

Nos dois municípios estudados, a profundidade de captura para as duas espécies variou entre 25 e 35 m para as armadilhas, e entre 20 e 25 m para as redes de espera de fundo, e o substrato era formado por areia, rocha ou algas calcárias. No município de Cascavel, as lagostas da espécie *P. argus* abaixo do tamanho mínimo legal (menor que 75 mm de comprimento do cefalotórax), representaram 78% dos indivíduos capturados pelos manzuás. Nas redes caçoeiras, as lagostas capturadas desta espécie abaixo do tamanho mínimo legal mostraram uma variabilidade entre os municípios, com 3% em Cascavel e 48% em Paracuru.

Para a espécie *P. laevicauda*, os indivíduos capturados abaixo do tamanho mínimo legal (menor que 65 mm de comprimento do cefalotórax), representaram 63% nos manzuás em Cascavel. Os indivíduos capturados abaixo do tamanho mínimo legal pelas redes caçoeiras representaram 94% no município de Paracuru, e em Cascavel foram capturados apenas exemplares acima de 65 mm de comprimento do cefalotórax. Estes dados demonstram a potencialidade destes municípios para estudar a variação estacional do tamanho das lagostas capturadas e a abundância do recrutamento pesqueiro.

No período de 2005 a 2010, foram realizadas amostragens da lagosta *P. argus* nas indústrias e nos pontos de desembarques do estado do Ceará, sendo um total de 3.160 machos e 2.882 fêmeas. A distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax dessa espécie foi similar para ambos os sexos (Figura 21). As capturas foram de indivíduos com comprimento de cefalotórax mínimo de 64 mm (machos) e 58 mm (fêmeas), e máximo de 141 mm para ambos os sexos. A maior concentração de indivíduos capturados foi com 76 mm de comprimento do cefalotórax, representando 28% para os machos e 27% para fêmeas. A frequência de indivíduos capturados abaixo de 75 mm de comprimento do cefalotórax foi de 22% para os machos e 19% para as fêmeas.

Para a lagosta *P. laevicauda* as amostragens no estado do Ceará, entre 2005 e 2010, foram de 1.868 machos e 1.232 fêmeas. Na distribuição do tamanho dessa espécie foi observada uma maior frequência na captura das fêmeas acima de 82 mm de comprimento de cefalotórax em relação aos machos (Figura 22). As capturas foram de indivíduos com comprimento de cefalotórax mínimo de 59 mm, e máximo de 111 mm para machos e fêmeas. A maior concentração de indivíduos capturados foi com 77 mm de comprimento do cefalotórax, representando 30% para os machos e 26% para fêmeas. De acordo com as amostragens, houve uma baixa frequência de indivíduos capturados abaixo de 65 mm de comprimento do cefalotórax, sendo apenas 6% para os machos e 3% para as fêmeas.

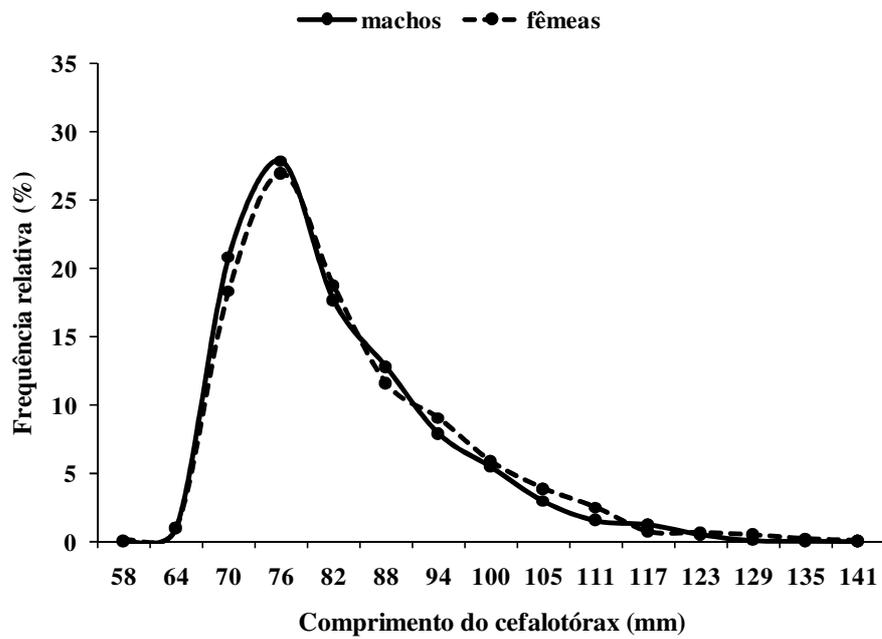


Figura 21 - Distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax de machos e fêmeas da lagosta vermelha *P. argus*, na costa do estado do Ceará, durante o período de 2005 a 2010.

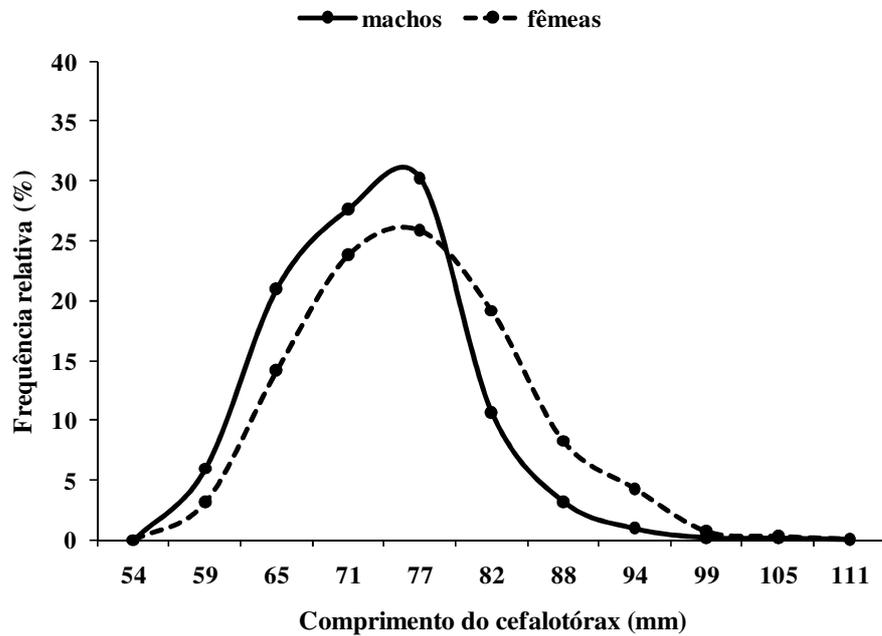


Figura 22 - Distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax de machos e fêmeas da lagosta verde *P. laevicauda*, na costa do estado do Ceará, durante o período de 2005 a 2010.

Na região Norte do Brasil, a partir das pescarias comerciais realizadas ao longo da costa dos estados do Amapá e Pará, no período de 2001 a 2003, foram realizadas amostragens da lagosta *P. argus*, sendo 4.007 machos e 4.437 fêmeas. Nessa região são capturados exemplares de grande porte, em profundidades que podem chegar até 100 m.

Na distribuição do tamanho desta espécie, foi observada uma maior frequência na captura de machos acima de 105 mm de comprimento de cefalotórax em relação às fêmeas (Figura 23). As capturas foram de indivíduos com comprimento de cefalotórax mínimo de 45 mm (machos) e 65 mm (fêmeas) e máximo de 175 mm para ambos os sexos. A maior concentração de indivíduos capturados foi com 95 mm de comprimento do cefalotórax, representando 29% para os machos e 37% para fêmeas. No período estudado, não ocorreu a captura da lagosta *P. laevicauda* na região Norte do Brasil, devido à atuação da frota ocorrer em águas profundas.

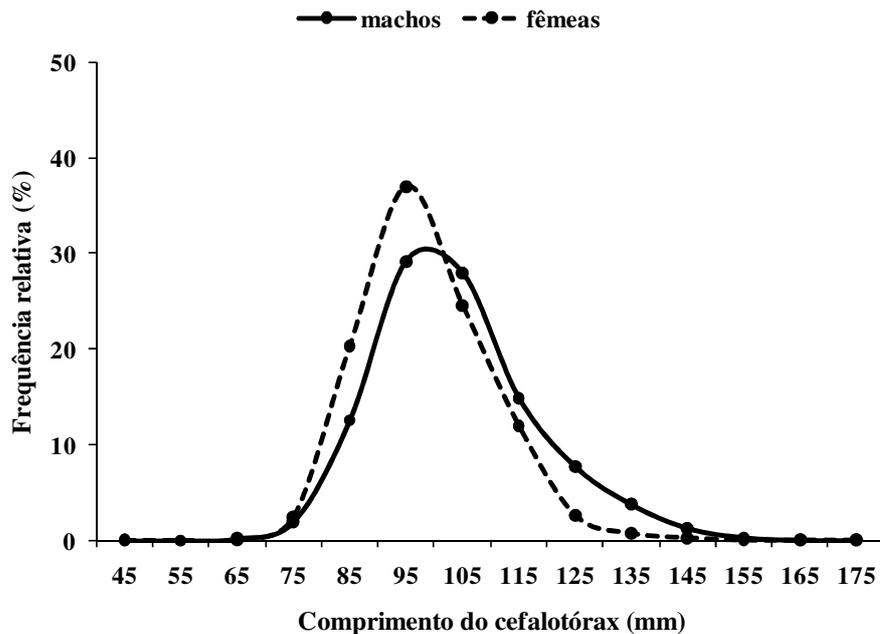


Figura 23 - Distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax de machos e fêmeas da lagosta vermelha *P. argus*, na costa dos estados do Amapá e Pará, durante o período de 2001 a 2003.

A proporção por sexo, para os intervalos do comprimento do cefalotórax, da lagosta *P. argus* na costa dos estados do Amapá e Pará, mostraram um comportamento diferente, nas duas faixas de profundidades analisadas.

Na profundidade entre 60 e 79 m, para o intervalo de tamanhos entre 70 e 110 mm de comprimento do cefalotórax, as proporções entre machos e fêmeas não diferem (1:1). A partir do tamanho de 110 mm de comprimento do cefalotórax, ocorre um aumento na proporção dos machos em relação às fêmeas e, para essa faixa de profundidade, no tamanho de 170 mm de comprimento do cefalotórax ocorrem somente os machos (Figura 24).

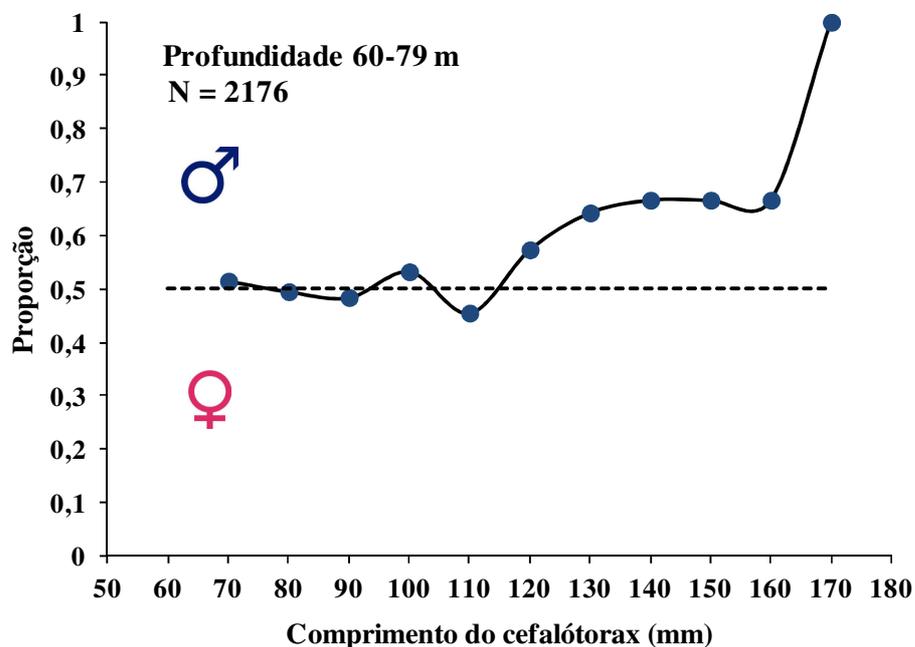


Figura 24 - Proporção por sexo e comprimento do cefalotórax da lagosta vermelha *P. argus* entre as profundidades de 60-79m, na costa dos estados do Amapá e Pará, durante o período de 2001 a 2003. Os círculos na cor azul representam a proporção dos machos.

Na profundidade entre 80 e 93 m, para o intervalo de tamanhos entre 80 e 90 mm de comprimento do cefalotórax, existe uma maior proporção de fêmeas. No tamanho de 100 mm de comprimento de cefalotórax, a proporção sexual é praticamente a mesma (1:1), mas a partir desse tamanho existe uma maior proporção dos machos. Nessa faixa de profundidade, para o tamanho de 140 mm de comprimento de cefalotórax ocorrem somente os machos (Figura 25).

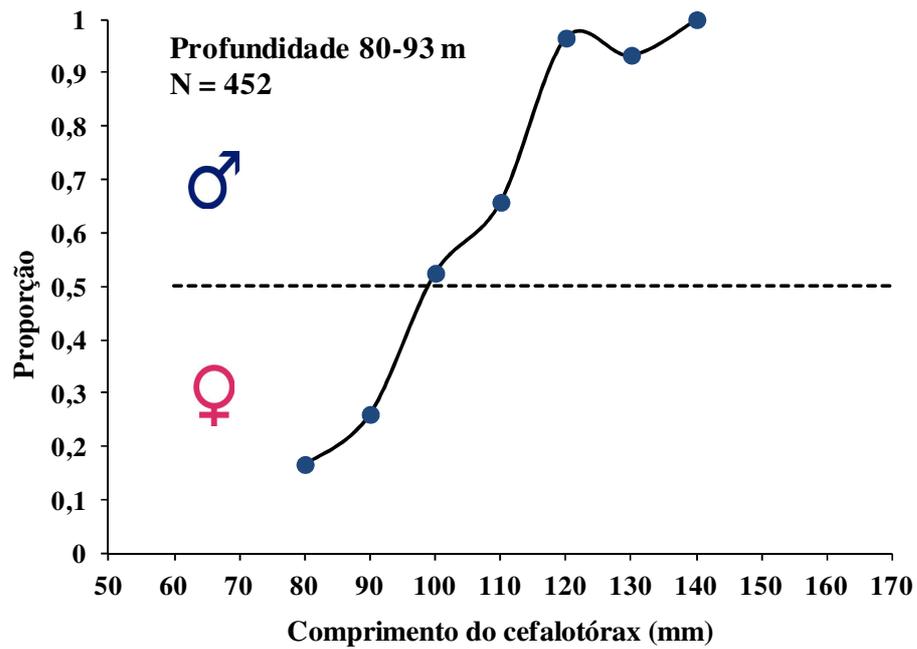


Figura 25 - Proporção por sexo e comprimento do cefalotórax da lagosta vermelha *P. argus* entre as profundidades de 80-93m, na costa dos estados do Amapá e Pará, durante o período de 2001 a 2003. Os círculos na cor azul representam a proporção dos machos.

4.6 Amostragem aleatória estratificada

Este capítulo foi dividido em duas partes, sendo que a primeira trata da elaboração dos estratos para realização de amostragem de lagosta, desde o estado do Amapá até o Espírito Santo, com as características de cada região. A segunda parte é composta pelas informações necessárias para a coleta dos dados biológicos e pesqueiros das lagostas.

4.6.1 Estratificação

Para a realização de amostragem das populações de lagostas foi projetado um método aleatório estratificado, ao longo da plataforma continental do Brasil (entre 04°25'56''N 051°32'18''W e 21°16'44''S 040°55'47''W), de maneira que permita obter uma amostra representativa da população das espécies *P. argus* e *P. laevicauda*, que se distribuem em uma área de 356.610 km² e 160.510 km², respectivamente. Este método também poderá ser utilizado para as espécies da família Scyllaridae.

As áreas de pesca foram distribuídas por estratos onde devem-se localizar as zonas de agregação do estoque por idade, através do sistema de amostragem aleatório estratificado. Dessa forma, os estados da região costeira do Brasil onde ocorre a pesca comercial de lagostas espinhosas, foram divididos em 31 estratos, assim como os estoques de lagostas, sendo quatro no norte, 24 no nordeste e três no sudeste, e em cada estrato foram delimitadas duas regiões: uma rasa (menor que 50 m) que possui uma área total de 160.510 km², e outra profunda (entre 50 e 100 m) com uma área total de 196.100 km² (Figura 26). A localização de cada estrato com seus respectivos municípios e coordenadas geográficas que limitam cada área estão apresentadas na Tabela 1.

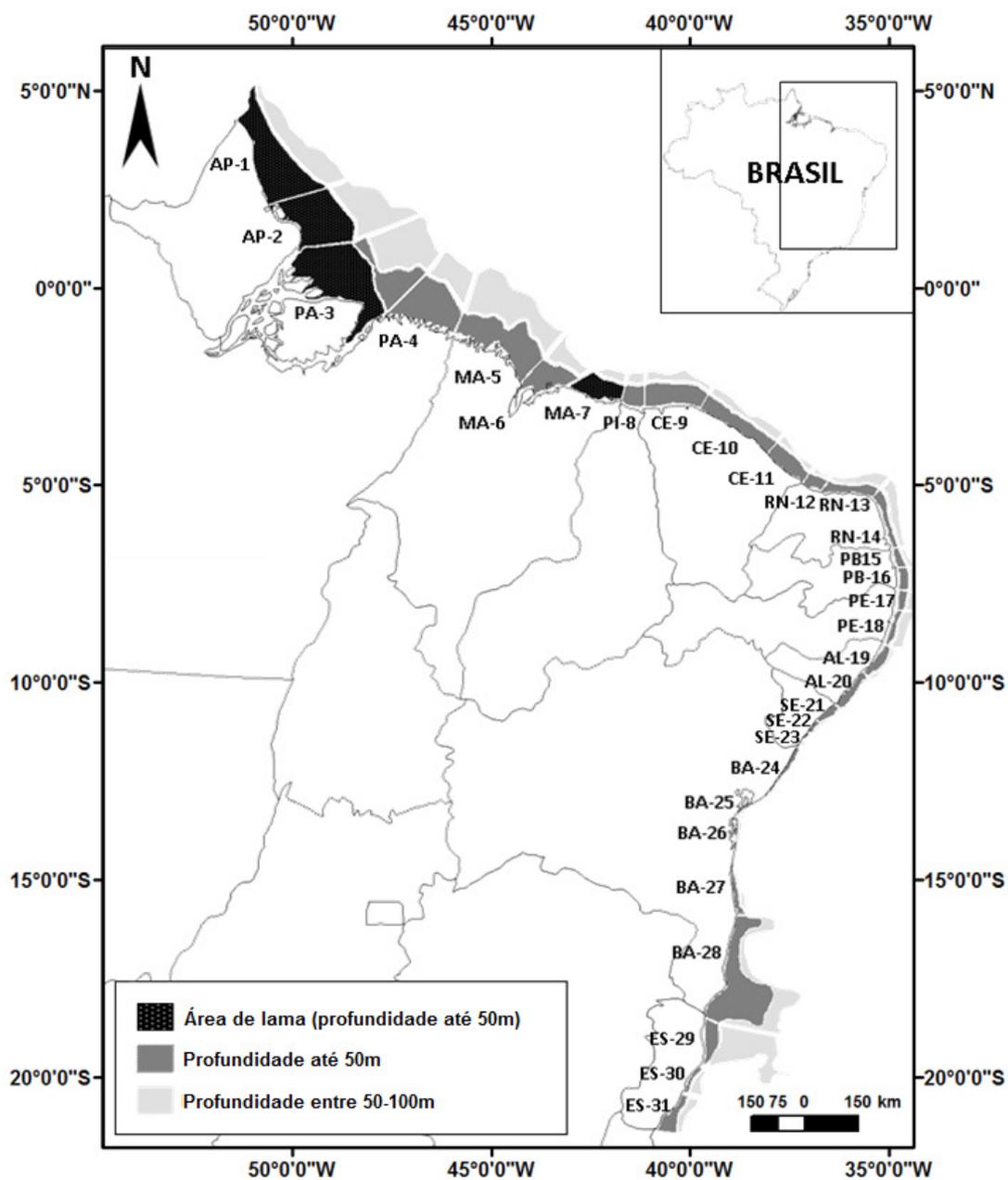


Figura 26 - Mapa do Brasil mostrando a distribuição dos estratos por estado onde ocorre a pesca comercial de lagostas espinhosas.

Tabela 1 - Distribuição dos estratos por estado, municípios e coordenadas geográficas para realização de amostragem de lagosta espinhosa no Brasil.

| Estados | Municípios | Estratos | Coordenadas geográficas | |
|---------------------|--|----------|-------------------------|---------------|
| | | | Latitude (φ) | Longitude (λ) |
| Amapá | Oiapoque, Calçoene | AP-1 | 04°25'56''N | 051°32'18''W |
| | Amapá, Macapá, Santana | AP-2 | 02°09'32''N | 050°40'53''W |
| Pará | Ilha de Marajó, Chaves | PA-3 | 01°00'13''N | 049°56'25''W |
| | Augusto Corrêa, Belém, Bragança, São João de Pirabas, Salinópolis, Salvaterra, Vigia, Viseu | PA-4 | 00°40'12''S | 048°02'28''W |
| Maranhão | Cururupu, Apicum-Açu | MA-5 | 01°09'33''S | 046°01'16''W |
| | Porto Rico do Maranhão, São Luís, São José de Ribamar, Raposa | MA-6 | 02°20'11''S | 044°21'40''W |
| | Tutóia, Araisoses | MA-7 | 02°19'18''S | 043°22'28''W |
| Piauí | Pedra do Sal, Luís Correia, Coqueiro, Cajueiro da Praia | PI-8 | 02°46'26''S | 041°47'48''W |
| Ceará | Barroquinha, Camocim, Jijoca de Jericoacoara, Cruz, Acaraú, Itarema | CE-9 | 02°53'22''S | 041°13'46''W |
| | Amontada, Itapipoca, Trairi, Paraipaba, Paracuru, São Gonçalo do Amarante, Caucaia, Fortaleza, Aquiraz, Cascavel | CE-10 | 02°56'59''S | 039°47'31''W |
| | Beberibe, Fortim, Aracati, Icapuí | CE-11 | 04°06'06''S | 038°08'56''W |
| Rio Grande do Norte | Tibau, Grossos, Areia Branca, Porto do Mangue | RN-12 | 04°53'26''S | 037°14'37''W |
| | Macau, Guamaré, Galinhos, São Bento do Norte, Caiçara do Norte, Pedra Grande, São Miguel do Gostoso | RN-13 | 05°03'18''S | 036°46'55''W |
| | Touros, Rio do Fogo, Maxaranguape, Ceará-Mirim, Extremoz, Natal, Parnamirim, Nísia Floresta, Tibau do Sul, Canguaretama, Baía Formosa | RN-14 | 05°12'06''S | 035°27'27''W |
| Paraíba | Mataraca, Baía da Traição, Marcação, Rio Tinto, Lucena, Cabedelo | PB-15 | 06°30'11''S | 034°57'30''W |
| | João Pessoa, Conde, Pitimbu | PB-16 | 06°57'57''S | 034°51'22''W |
| Pernambuco | Goiana, Ilha de Itamaracá, Itapissuma, Igarassu, Paulista, Olinda | PE-17 | 07°33'07''S | 034°50'39''W |
| | Recife, Jaboatão dos Guararapes, Cabo de Santo Agostinho, Ipojuca, Sirinhaém, Rio Formoso, São José da Coroa Grande, Tamandaré | PE-18 | 08°02'54''S | 034°52'42''W |
| Alagoas | Maragogi, Japaratinga, Porto de Pedras, São Miguel dos Milagres, Passo de Camaragibe, Barra de Santo Antônio, Paripueira | AL-19 | 08°57'46''S | 035°10'21''W |
| | Maceió, Santa Luzia do Norte, Coqueiro Seco, Pilar, Marechal Deodoro, Barra de São Miguel, Roteiro, Jequiá da Praia, Coruripe, Piaçabuçu | AL-20 | 09°40'36''S | 035°43'03''W |
| Sergipe | Ilha das Flores, Brejo Grande, Pacatuba, Pirambu | SE-21 | 10°26'39''S | 036°23'48''W |
| | Barra dos Coqueiros, Laranjeiras, Nossa Senhora do Socorro, Aracaju | SE-22 | 10°49'40''S | 036°56'07''W |
| | Itaporanga d' Ajuda, Estância, Santa Luzia do Itanh, Indiaroba | SE-23 | 11°08'10''S | 037°08'54''W |
| Bahia | Jandaíra, Conde, Esplanada, Entre Rios, Mata de São João, Camaçari, Lauro de Freitas | BA-24 | 11°30'50''S | 037°25'17''W |
| | Salvador, Simões Filho, Madre de Deus, Candeias, São Francisco do Conde, Santo Amaro, Saubara, Cachoeira, São Félix, Maragogipe, Salinas da Margarida, Itaparica, Vera Cruz, Nazaré, Aratuípe, Jaguaripe | BA-25 | 12°48'34''S | 038°12'55''W |
| | Valença, Cairu, Taperoá, Nilo Peçanha, Ituberá, Igrapiúna, Camamu, Maráú | BA-26 | 13°23'30''S | 038°57'06''W |
| | Itacaré, Uruçuca, Ilhéus, Una, Canavieiras | BA-27 | 14°06'22''S | 038°58'01''W |
| | Belmonte, Santa Cruz de Cabrália, Porto Seguro, Prado, Alcobaça, Caravelas, Nova Viçosa, Mucuri | BA-28 | 15°40'42''S | 038°56'56''W |
| Espírito Santo | Conceição da Barra, São Mateus, Linhares | ES-29 | 18°18'23''S | 039°40'08''W |
| | Aracruz, Fundão, Serra, Vitória | ES-30 | 19°38'55''S | 039°48'17''W |
| | Vila Velha, Guarapari, Anchieta, Piúma, Itapemirim, Maratáizes, Presidente Kennedy | ES-31 | 20°17'18''S | 040°14'03''W |

A região Norte do Brasil possui dois estados costeiros, o Amapá com extensão de 698 km de costa e o Pará com 562 km, representando 10,4% e 6,6% de todo o litoral brasileiro, respectivamente. Os estados do Amapá (estratos AP-1 e AP-2) e Pará (estratos PA-3 e PA-4) compartilham características muito similares quanto à distribuição do habitat para a pesca de camarões e lagosta (Figura 27). Essa região é influenciada pelo rio Amazonas e abrange uma área de 88.480 km², sendo constituído de lama, onde principalmente se desenvolve a pesca de camarão em uma distribuição batimétrica até 50 m. A pesca da lagosta *P. argus* é realizada com redes caçoeiras em um habitat entre 50 e 100 m de profundidade e são capturados indivíduos com um comprimento de cefalotórax superior aos 100 mm.

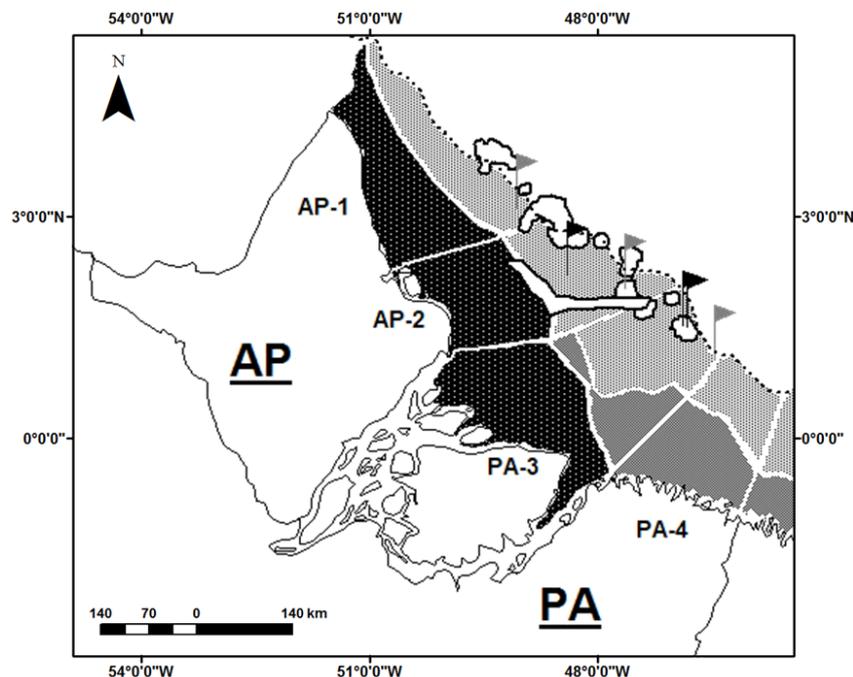


Figura 27 - Mapa dos estados do Amapá (AP) e Pará (PA) mostrando a distribuição dos estratos para realizar as amostragens de lagosta. A região apresenta uma área de lama (sombreado escuro), uma área rasa até a isóbata de 50 m (cinza escuro) e uma área profunda entre 50 e 100 m (cinza claro). Os polígonos irregulares (cor branco) representam as áreas de pesca de lagosta (modificado de SILVA *et al.*, 2003). Os dados de captura de *P. argus* (bandeiras pretas) e espécies da família Scyllaridae (bandeiras cinza) na faixa que corresponde a profundidade de 50 a 100 m foram relatados por Silva *et al.* (2008).

O litoral do estado do Maranhão (estratos MA-5, MA-6 e MA-7) possui 640 km de extensão, sendo considerado o segundo maior litoral do país com 8,7%, e a região é caracterizada por possuir uma plataforma continental rasa. No estado do Piauí (estrato PI-8), o litoral possui uma extensão de 66 km, representando apenas 0,9% de todo o litoral brasileiro. O litoral do Maranhão e, em menor escala a área rasa do Piauí, são influenciados pelo rio Parnaíba, com uma área de lama de 7.586 km² (Figura 28).

O litoral do estado do Ceará possui 573 km de extensão, representando 8,5% de todo litoral brasileiro e foi dividido em três estratos (CE-9, CE-10 e CE-11). No estado do Rio Grande do Norte, a elaboração dos estratos levou em consideração a divisão litorânea. Foram elaborados dois estratos no litoral setentrional (RN-12 e RN-13) e um estrato no litoral oriental (RN-14). A extensão costeira do estado é de 410 km e representa 4,7% de todo o litoral brasileiro. O estado da Paraíba possui 120 km de extensão litorânea, representando somente 1,4% de todo o litoral brasileiro, em uma região caracterizada pela presença de manguezais e estuários. Os estratos foram divididos em norte (PB-15) e sul (PB-16).

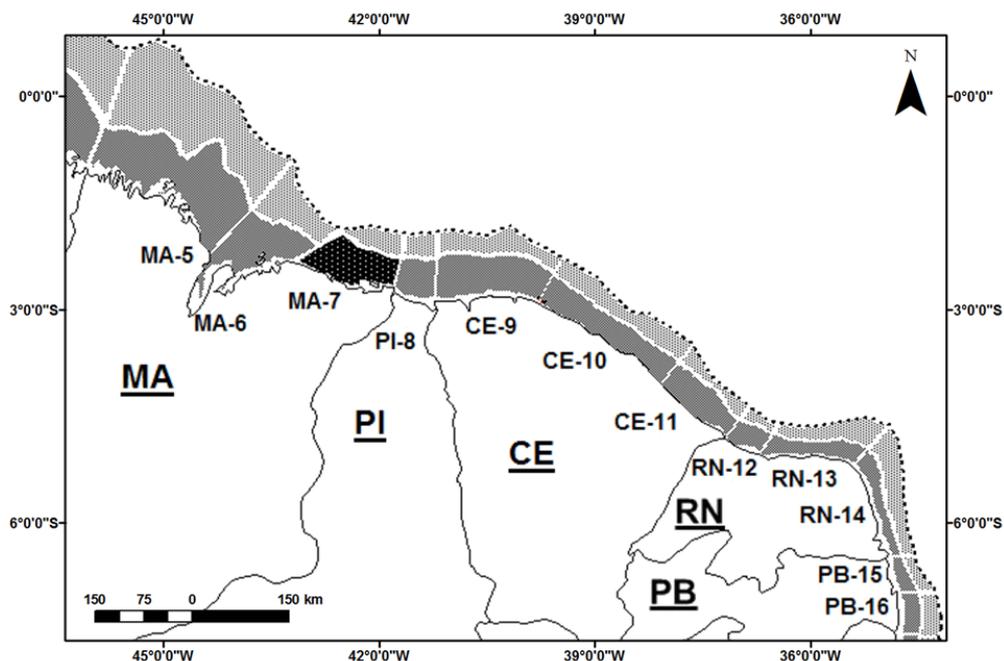


Figura 28 - Mapa dos estados do Maranhão (MA), Piauí (PI), Ceará (CE), Rio Grande do Norte (RN) e Paraíba (PB) mostrando a distribuição dos estratos para realizar as amostragens de lagosta. A região apresenta uma área de lama (sombreado escuro), uma área rasa até a isóbata de 50 m (cinza escuro) e uma área profunda, entre 50 e 100 m (cinza claro).

A pesca da lagosta nos estados de Pernambuco e Alagoas ocorre em uma plataforma continental estreita (Figura 29). A costa do estado de Pernambuco possui uma extensão de 187 km, representando apenas 2,3% de todo o litoral brasileiro. Na região foram elaborados dois estratos (PE-17 e PE-18). O litoral do estado de Alagoas possui 230 km de extensão e representa apenas 2,9% do litoral brasileiro. Os estratos do litoral alagoano foram divididos em duas áreas: norte e sul. A área norte (AL-19) é formada por recifes e existe grande concentração de peixes e lagostas. A área sul (AL-20) é caracterizada pelo aporte do rio São Francisco e faz divisa com o estado de Sergipe.

O litoral do estado de Sergipe possui 163 km de costa, e representa apenas 2,2% de todo o litoral brasileiro. Apesar da pouca ocorrência de pesca de lagosta, na região foram elaborados três estratos (SE-21, SE-22 e SE-23).

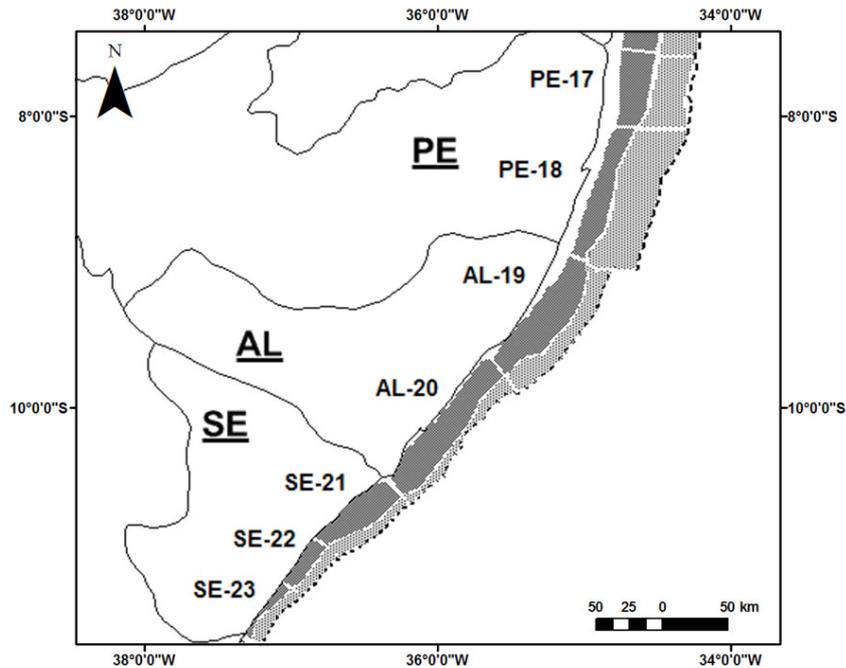


Figura 29 - Mapa dos estados de Pernambuco (PE), Alagoas (AL) e Sergipe (SE) mostrando a distribuição dos estratos para realizar as amostragens de lagosta. A região apresenta uma área rasa até a isóbata de 50 m (cinza escuro) e uma área profunda entre 50 e 100 m (cinza claro).

O estado da Bahia possui a maior extensão costeira do Brasil, com aproximadamente 932 km, representando 12,4% de todo o litoral. Foram elaborados cinco estratos para realização de amostragens de lagostas, de acordo com a divisão litorânea do estado: Litoral Norte (BA-24), Baía de Todos os Santos/Recôncavo (BA-25) (Figura 30), Litoral Baixo Sul (BA-26), Litoral Sul (BA-27) (Figura 31) e Litoral Extremo Sul (BA-28) (Figura 32). O estado possui uma plataforma continental estreita e na região sul, a 36 milhas náuticas da costa do município de Caravelas, localiza-se o Arquipélago de Abrolhos, que é constituído por cinco ilhas e possui diversos tipos de habitat.

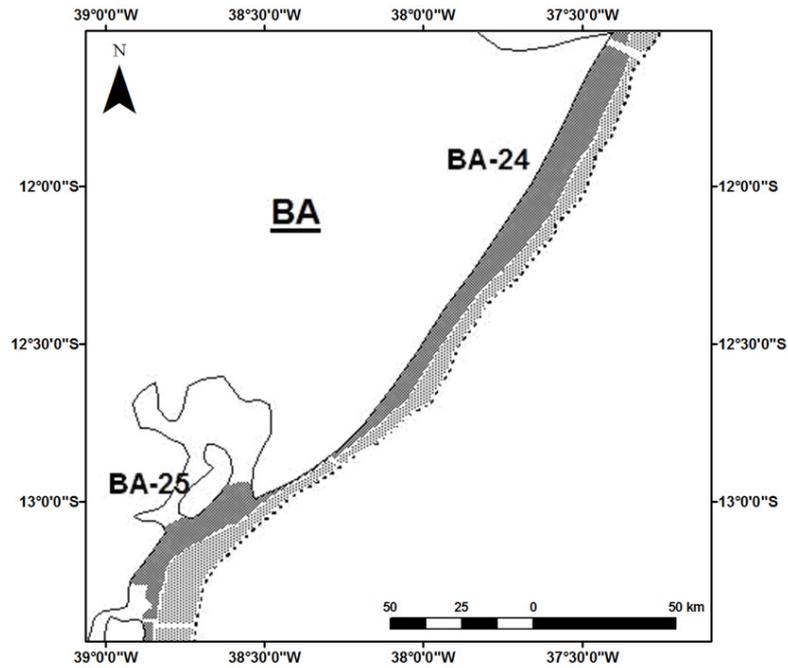


Figura 30 - Mapa do estado da Bahia (BA) mostrando os estratos (BA-24 e BA-25) selecionados para realizar as amostragens de lagosta. A região apresenta uma área rasa até a isóbata de 50 m (cinza escuro) e uma área profunda, situada entre 50 e 100 m (cinza claro).

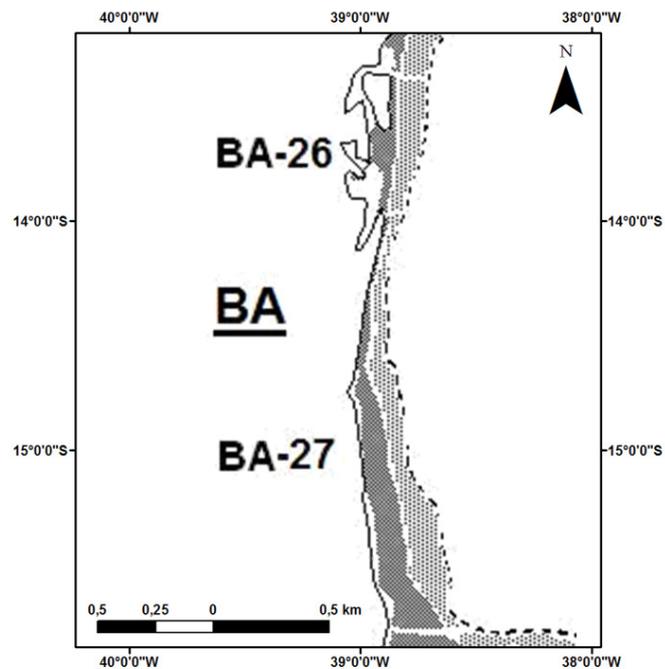


Figura 31 - Mapa do estado da Bahia (BA) mostrando os estratos (BA-26 e BA-27) selecionados para realizar as amostragens de lagosta. A região apresenta uma área rasa até a isóbata de 50 m (cinza escuro) e uma área profunda entre 50 e 100 m (cinza claro).

A costa do estado do Espírito Santo possui aproximadamente 460 km de extensão, e representa cerca de 6% de todo litoral brasileiro. As regiões norte e central do estado, do município de Conceição da Barra até Aracruz (ES-29 e ES-30), apresentam uma área de lama pela influência do rio São Mateus e do rio Doce. De acordo com observações *in loco*, a maior exploração de lagosta espinhosa do estado se realiza na região sul (ES-31) (Figura 32).

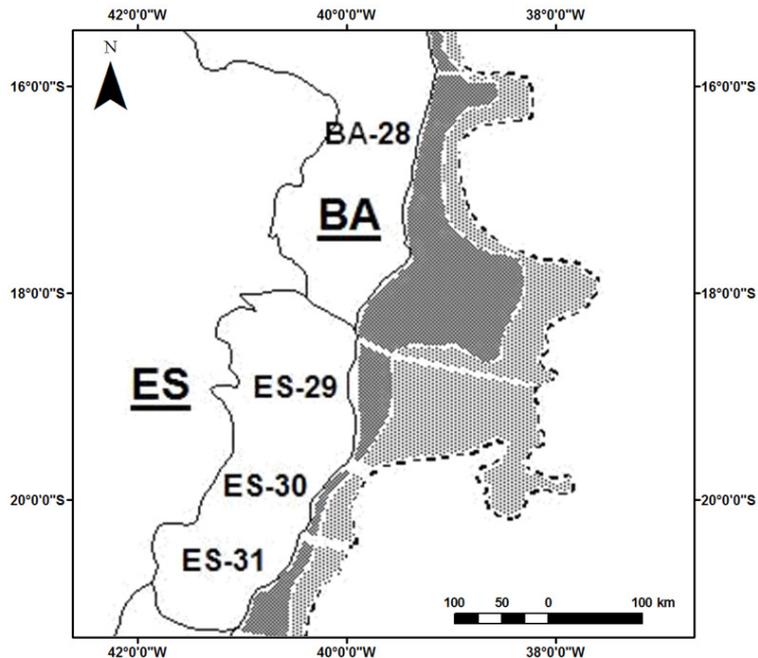


Figura 32 - Mapa do estado da Bahia (BA-28) e Espírito Santo (ES-29, ES-30 e ES-31), mostrando os estratos selecionados para realizar as amostragens de lagosta. A região apresenta uma área rasa até a isóbata de 50 m (cinza escuro) e uma rasa profunda entre 50 e 100 m (cinza claro).

4.6.2 Coleta de dados biológicos e pesqueiros

As informações biológicas e pesqueiras deverão ser obtidas a bordo de barcos de pesca e nos desembarques, por coletores de dados distribuídos nos estratos, que registrarão tudo em planilhas específicas (Apêndices A e B). Para a coleta dos dados biológicos, cada indivíduo deverá ser amostrado ao acaso, sendo que após a caracterização específica da espécie e do sexo, deverão ser realizadas, quando possíveis, as seguintes medidas de comprimento em milímetros (mm) e peso em gramas (g): 1) Comprimento do cefalotórax (CC) - distância medida desde a margem anterior do cefalotórax, entre o entalhe formado pelos espinhos rostrais até a extremidade posterior do cefalotórax; 2) Comprimento do abdômen (CA) - distância medida desde a margem anterior do primeiro segmento abdominal até a extremidade posterior do télson; 3) Peso total (PT) - valor da pesagem registrada para o

indivíduo inteiro, com todos os seus apêndices; 4) Peso do abdômen (PA) - peso registrado para a parte posterior do corpo da lagosta após ser desmembrada da parte anterior (cefalotórax). As medições deverão ser feitas sobre a parte longitudinal do indivíduo estendido sobre uma superfície plana, utilizando-se um paquímetro com graduação de 200 mm e uma precisão de 0,05 mm. As medidas de peso deverão ser determinadas com uma balança de capacidade de 2.000 g com aproximações decimais do grama.

Se o estudo exigir informações sobre as fases de pré e pós muda, estes são de fácil identificação e também poderão ser coletados: Pré-muda - observam-se incisões em ambos os lados da carapaça; Pós-muda - o exoesqueleto tem a consistência de uma fina membrana, que ao toque, apresenta-se como se fosse uma borracha elástica. Durante a coleta dos dados pode-se encontrar exemplares fêmeas em diferentes estados reprodutivos: COCM - fêmeas com ovos (ovos externos) e com a massa espermatofórica; COSM - fêmeas com ovos (ovos externos) e sem a massa espermatofórica; SOCM - fêmeas sem ovos (ovos externos) e com a massa espermatofórica; SOSM - fêmeas sem ovos (ovos externos) e sem a massa espermatofórica. Os ovários podem ser estudados mediante a identificação das fases de maturação, desde a fase de repouso até o desenvolvimento final (pré-ovulatório). Como são espécies de ciclo de vida longo, as amostragens devem abranger todos os meses do ano, e para que seja representativa, deverá incluir todos os estratos analisados.

A coleta de dados pesqueiros deve ser realizada por zonas de pesca em correspondência com os estratos recomendados no presente estudo, registrando informações como: dias de mar e de pesca, número de pescadores a bordo, município, pesqueiro de origem, o número de aparelhos de pesca (armadilhas, redes de espera e outros) utilizados em cada zona e as capturas. As espécies devem ser classificadas e pesadas separadamente. Com a informação pesqueira obtida, podem ser calculados os fatores de amplificação, a CPUE, bem como podem ser estimados o esforço total da pescaria e outros índices pesqueiros. Dessa forma, podem ser utilizadas outras fórmulas para avaliar diferentes unidades de esforço pesqueiro, com o objetivo de avaliar as estimativas da abundância e sua capturabilidade.

4.7 Produtividade por área de pesca

No período de 1991 a 2007, a produção de lagostas espinhosas no Brasil foi mais representativa na sub-região Nordeste Setentrional (57,20%), seguida das sub-regiões Nordeste Oriental (32,40%) e Norte (10,40%).

O índice de produtividade (kg/km^2) da pesca de lagosta espinhosa no Brasil mostrou-se muito variável tanto por sub-regiões, como por períodos (1991-1999 e 2000-2007) (Figura 33). A sub-região Norte, mesmo possuindo a maior extensão de área de pesca de lagosta, com aproximadamente 179.420 km^2 , foi a área menos produtiva entre as três consideradas, com um índice de produtividade de $2,04 \text{ kg}/\text{km}^2$ na década de 90, mas com um aumento para $7,15 \text{ kg}/\text{km}^2$ na década de 2000. A sub-região Nordeste Setentrional, mesmo possuindo a menor área de pesca entre as três com 59.490 km^2 , foi a mais produtiva nos dois períodos analisados, com um índice de produtividade de $90,42 \text{ kg}/\text{km}^2$ na década de 90 e um decréscimo para $55,10 \text{ kg}/\text{km}^2$ na década de 2000. A sub-região Nordeste Oriental possui a segunda maior área de pesca, cerca de 117.700 km^2 , e apresentou um índice de produtividade de $22,25 \text{ kg}/\text{km}^2$ na década de 90 e um pequeno decréscimo para $19,87 \text{ kg}/\text{km}^2$ na década de 2000.

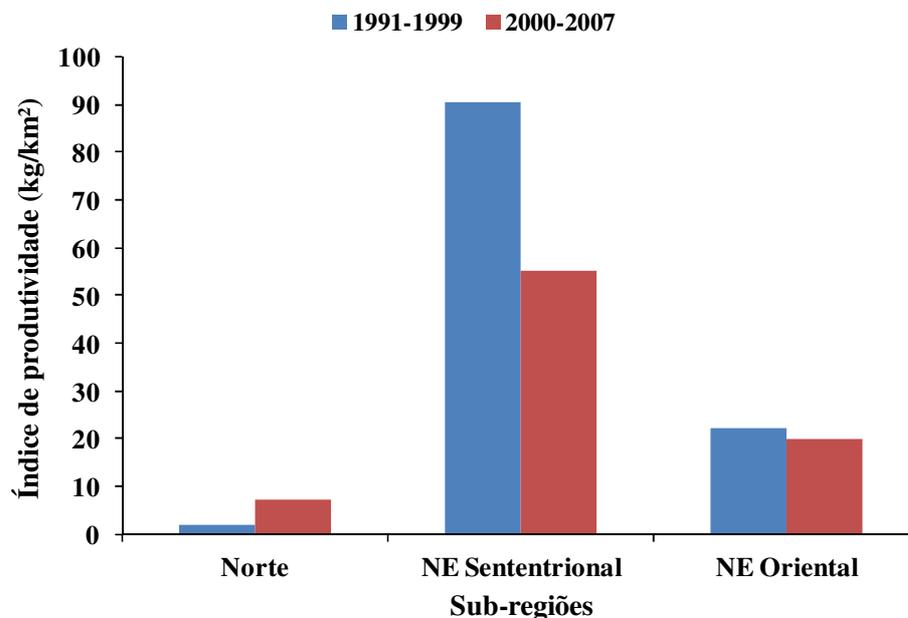


Figura 33 - Índice de produtividade por sub-regiões das lagostas espinhosas (*P. argus* e *P. laevicauda*) no Brasil, nos períodos de 1991-1999 e 2000-2007.

Analisando o índice de produtividade de acordo com a distribuição dos estratos, no período de 1999-2006, foi observado que ocorreu uma variação de 0,09 a 212,08 kg/km² (Figura 34), em uma área total de aproximadamente de 356.610 km² (Tabela 2). Os estratos da região Norte foram as áreas menos produtivas, porém o estrato PA-4 no Pará se destacou com um índice de produtividade de 34,74 kg/km² na profundidade menor que 50 m.

No estado do Maranhão e do Piauí, a produtividade de lagosta espinhosa foi muito baixa, alcançando um máximo de 1,42 kg/km² no estrato MA-6 e 13,21 kg/km² no PI-8. Vale ressaltar que existe uma subestimação no índice de produtividade dos estratos do Maranhão, devido à falta de dados pesqueiros. Os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco foram as regiões mais produtivas do Brasil. Na profundidade menor que 50 m, o estrato RN-14 obteve o maior índice de produtividade com 212,08 kg/km², seguido pelos estratos CE-11 com 122 kg/km² e PB-16 e PE-18, ambos com aproximadamente 116 kg/km².

A pesca da lagosta espinhosa no estado de Alagoas apresentou no habitat raso, uma produtividade de 21,38 kg/km² na área norte (AL-19), mas a área sul (AL-20) foi menos produtiva com apenas 1,51 kg/km². Na Bahia, a produtividade foi muito variável entre os seus cinco estratos, ocorrendo os maiores índices no Litoral Baixo Sul (BA-26) com 82,11 kg/km² e no Litoral Sul (BA-27) com 63,39 kg/km². O índice de produtividade no estado de Sergipe não foi calculado devido à falta de dados de produção de lagosta espinhosa por município. No estado do Espírito Santo, a produtividade total foi de 31,13 kg/km² no setor raso.

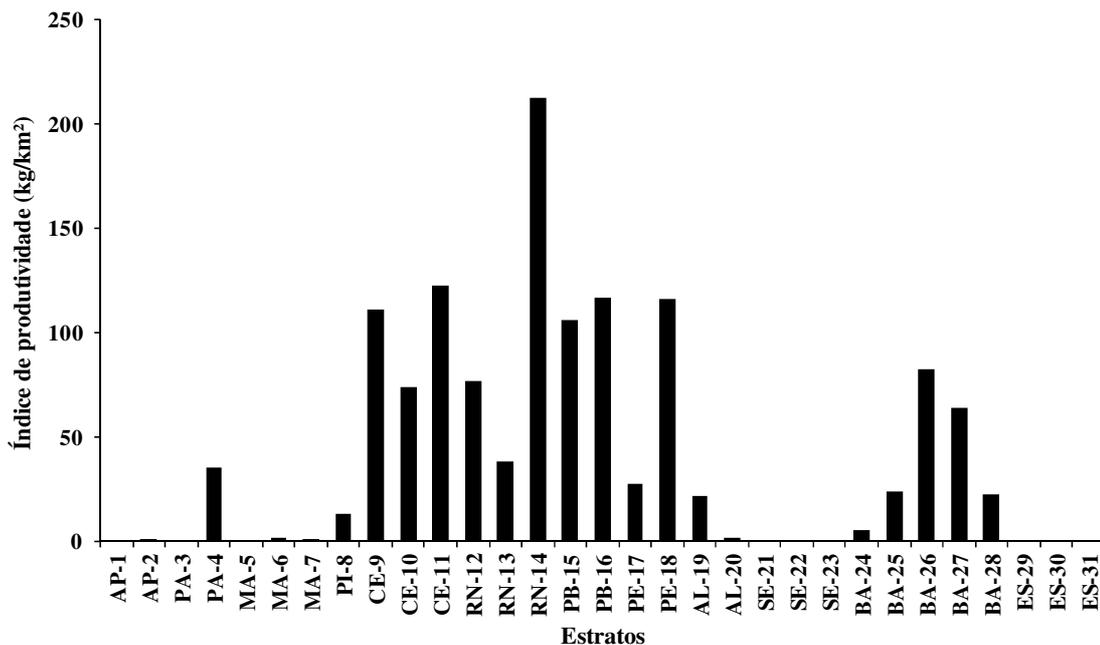


Figura 34 - Índice de produtividade por estratos das lagostas espinhosas (*P. argus* e *P. laevicauda*) no Brasil, no período de 1999 a 2006.

Tabela 2 - Distribuição por estratos das áreas (km²) do habitat de lama, raso (<50 m) e profundo (entre 50 e 100 m), produção (kg) e índice de produtividade (IP, em kg/km²) das lagostas espinhosas (*P. argus* e *P. laeviscauda*), no período de 1999 a 2006.

| Estados | Estratos | Área de lama (km ²) | Profundidade | | | | | | Área total (km ²) |
|---------------------------------|-------------|---------------------------------|------------------|-------------------------|--------------------------|----------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| | | | < 50 m | | | 50 - 100 m | | | |
| | | | Produção* (kg) | Área (km ²) | IP (kg/km ²) | Produção* (kg) | Área (km ²) | IP (kg/km ²) | |
| Amapá (1999-2006) | AP-1 | 29.320 | - | - | - | - | 20.260 | - | 20.260 |
| | AP-2 | 24.340 | - | - | - | 1.940 | 21.540 | 0,09 | 21.540 |
| | AP-T | 53.660 | - | - | - | 1.940 | 41.800 | 0,05 | 41.800 |
| Pará (1999-2005) | PA-3 | 34.820 | - | 12.780 | - | - | 22.430 | - | 35.210 |
| | PA-4 | - | 685.000 | 19.720 | 34,74 | - | 11.000 | - | 30.720 |
| | PA-T | 34.820 | 685.000 | 32.500 | 21,08 | - | 33.430 | - | 65.930 |
| Maranhão (2003- 2005) | MA-5 | - | - | 22.520 | - | - | 28.890 | - | 51.410 |
| | MA-6 | - | 15.150 | 10.690 | 1,42 | - | 6.736 | - | 17.426 |
| | MA-7 | 7.586 | - | - | - | 950 | 2.854 | 0,33 | 2.854 |
| | MA-T | 7.586 | 15.150 | 33.210 | 0,46 | 950 | 38.480 | 0,02 | 71.690 |
| Piauí (1999-2006) | PI-8 | - | 47.288 | 3.581 | 13,21 | - | 1.967 | - | 5.548 |
| Ceará (1999-2006) | CE-9 | - | 1.185.500 | 10.700 | 110,79 | - | 6.133 | - | 16.833 |
| | CE-10 | - | 702.075 | 9.585 | 73,25 | - | 7.283 | - | 16.868 |
| | CE-11 | - | 718.950 | 5.892 | 122,03 | - | 2.612 | - | 8.504 |
| | CE-T | - | 2.606.600 | 26.177 | 99,58 | - | 16.028 | - | 42.205 |
| Rio Grande do Norte (1999-2006) | RN-12 | - | 159.757 | 2.087 | 76,55 | - | 959 | - | 3.046 |
| | RN-13 | - | 155.741 | 4.115 | 37,85 | - | 4.576 | - | 8.691 |
| | RN-14 | - | 710.250 | 3.349 | 212,08 | - | 5.660 | - | 9.009 |
| | RN-T | - | 1.025.748 | 9.551 | 107,40 | - | 11.195 | - | 20.746 |
| Paraíba (1999-2006) | PB-15 | - | 133400 | 1.259 | 105,96 | - | 1.210 | - | 2.469 |
| | PB-16 | - | 207300 | 1.780 | 116,46 | - | 1.805 | - | 3.585 |
| | PB-T | - | 340700 | 3.039 | 112,11 | - | 3.015 | - | 6.054 |
| Pernambuco (1999-2006) | PE-17 | - | 36.500 | 1.335 | 27,34 | - | 1.718 | - | 3.053 |
| | PE-18 | - | 213.200 | 1.837 | 116,06 | - | 3.805 | - | 5.642 |
| | PE-T | - | 249.700 | 3.172 | 78,72 | - | 5.523 | - | 8.695 |
| Alagoas (1999-2006) | AL-19 | - | 54.300 | 2.540 | 21,38 | - | 1.600 | - | 4.140 |
| | AL-20 | - | 4.000 | 2.651 | 1,51 | - | 836 | - | 3.487 |
| | AL-T | - | 58.300 | 5.191 | 11,23 | - | 2.436 | - | 7.627 |
| Sergipe | SE-21 | - | - | 1.782 | - | - | 611 | - | 2.393 |
| | SE-22 | - | - | 820 | - | - | 368 | - | 1.188 |
| | SE-23 | - | - | 739 | - | - | 427 | - | 1.166 |
| | SE-T | - | - | 3.341 | - | - | 1.406 | - | 4.747 |
| Bahia (2002, 2005 e 2006) | BA-24 | - | 9.600 | 2.018 | 4,76 | - | 850 | - | 2.868 |
| | BA-25 | - | 22.800 | 954 | 23,90 | - | 623 | - | 1.577 |
| | BA-26 | - | 57.970 | 706 | 82,11 | - | 721 | - | 1.427 |
| | BA-27 | - | 161.900 | 2.554 | 63,39 | - | 1.828 | - | 4.382 |
| | BA-28 | - | 564.530 | 25.630 | 22,03 | - | 14.810 | - | 40.440 |
| | BA-T | - | 816.800 | 31.862 | 25,64 | - | 18.832 | - | 50.694 |
| Espírito Santo (1999-2006) | ES-29 | - | - | 4.304 | - | - | 17.380 | - | 21.684 |
| | ES-30 | - | - | 1.069 | - | - | 1.966 | - | 3.035 |
| | ES-31 | - | - | 3.513 | - | - | 2.642 | - | 6.155 |
| | ES-T | - | 276.630 | 8.886 | 31,13 | - | 21.988 | - | 30.874 |
| Brasil (1999-2006) | Total | 96.066 | 6.121.916 | 160.510 | 38,14 | 2.890 | 196.100 | 0,01 | 356.610 |

*Média do período indicado.

No período estudado, o índice de produtividade total no Brasil foi muito diferente entre as espécies, com a captura de *P. argus* apresentando-se mais produtiva (29,75 kg/km²) do que a de *P. laevicauda* (8,39 kg/km²) devido a sua maior abundância. Analisando o índice de produtividade por espécie nos estados de Pernambuco, Alagoas e Bahia, observa-se o mesmo comportamento, onde a espécie *P. argus* foi mais produtiva que *P. laevicauda* em todos os estratos analisados (Tabela 3).

Tabela 3 - Distribuição por estratos das áreas (km²) do habitat raso (<50 m), produção (kg) e índice de produtividade (IP, em kg/km²) das lagostas *P. argus* e *P. laevicauda*, nos estados de Pernambuco, Alagoas e Bahia, no período de 1999 a 2006.

| Estados | Estratos | Profundidade < 50 m | | | | | |
|---------------------------------|-------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | <i>Panulirus argus</i> | | | <i>Panulirus laevicauda</i> | | |
| | | Produção* (kg) | Área (km ²) | IP (kg/km ²) | Produção* (kg) | Área (km ²) | IP (kg/km ²) |
| Pernambuco (1999-2006) | PE-17 | 23.000 | 1.335 | 17,23 | 13.480 | 1.335 | 10,10 |
| | PE-18 | 160.130 | 1.837 | 87,17 | 53.063 | 1.837 | 28,89 |
| | PE-T | 183.130 | 3.172 | 57,73 | 66.543 | 3.172 | 20,98 |
| Alagoas (1999-2006) | AL-19 | 48.430 | 2.540 | 19,07 | 9.360 | 2.540 | 3,69 |
| | AL-20 | 3.730 | 2.651 | 1,41 | 530 | 2.651 | 0,20 |
| | AL-T | 52.160 | 5.191 | 10,05 | 9.890 | 5.191 | 1,91 |
| Bahia (2002, 2005 e 2006) | BA-24 | 6.400 | 2.018 | 3,17 | 3.200 | 2.018 | 1,59 |
| | BA-25 | 17.670 | 954 | 18,52 | 5.130 | 954 | 5,38 |
| | BA-26 | 55.870 | 706 | 79,14 | 2.100 | 706 | 2,97 |
| | BA-27 | 159.730 | 2.554 | 62,54 | 2.167 | 2.554 | 0,85 |
| | BA-28 | 558.800 | 25.630 | 21,80 | 5.733 | 25.630 | 0,22 |
| | BA-T | 798.470 | 31.862 | 25,06 | 18.330 | 31.862 | 0,58 |

*Média do período indicado.

4.8 Proporcionalidade entre a CPUE e a abundância

Nos três aparelhos de pesca analisados, em um cenário onde as condições ambientais e as regiões de pesca foram muito similares, mostrou que a relação entre a abundância (N) e a CPUE se ajustaram ao modelo selecionado ($CPUE_t = qN_t^\beta$). Para cada aparelho de pesca, o ajuste da curva de potência teórica foi melhor que o ajuste do modelo linear. A forma do parâmetro β foi estimada em menor do que um ($\beta < 1$), para os três aparelhos de pesca analisados (rede caçoeira, manzuá e cangalha). Isto demonstra que a CPUE diminui mais lentamente que a abundância (Figura 35). Esta situação é conhecida como hiperestabilidade e sugere a falta de proporcionalidade entre a abundância (N) e a CPUE.

Como o parâmetro β foi diferente de um ($\beta \neq 1$), para os três aparelhos de pesca analisados, o coeficiente de capturabilidade foi obtido pela função: capturabilidade = $qN^{\beta-1}$. Os valores do coeficiente de capturabilidade, calculados a partir da função, foram muito similares nos diferentes aparelhos de pesca: caçoeira ($q = 0,14$), manzuá ($q = 0,12$) e cangalha ($q = 0,10$); isto significa que dentre 100 indivíduos disponíveis da população, apenas 12 em média, são capturados pela pesca. Esses valores demonstram a baixa eficiência desses aparelhos de pesca para a captura de lagostas espinhosas.

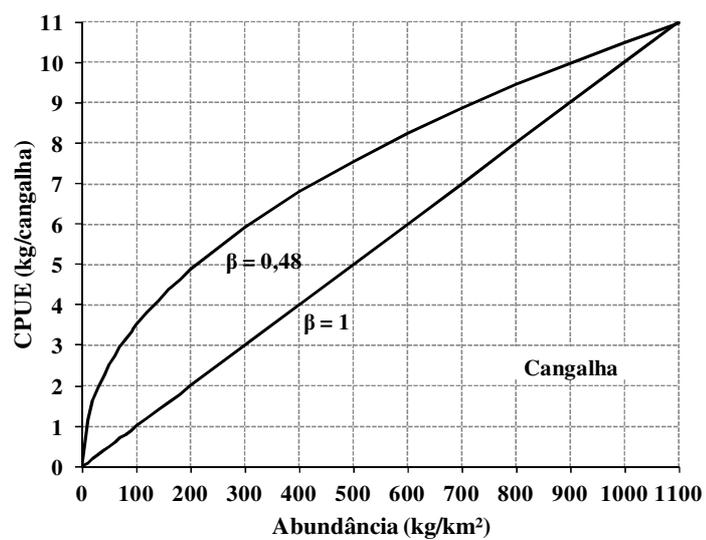
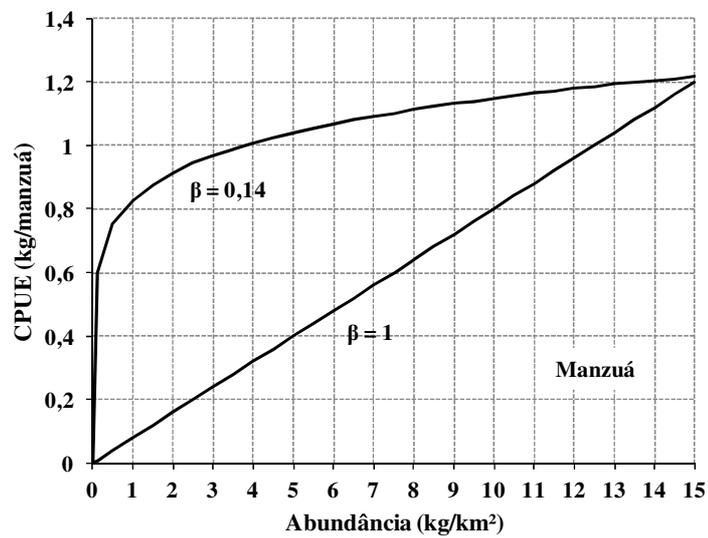
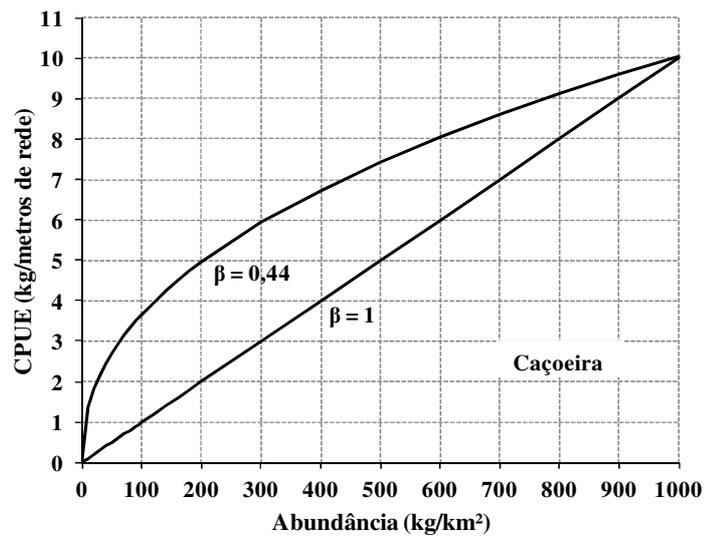


Figura 35 - Relação linear e não-linear entre a CPUE e a abundância, baseada em diferentes valores da curva do parâmetro β , para diferentes aparelhos de pesca (rede caçoeira, manzuá e cangalha) na pesca de lagosta espinhosa (*P. argus* e *P. laeviscauda*) em três regiões do estado do Ceará, no ano de 2010.

4.9 Avaliação do recurso

Os valores anuais da CPUE e do esforço de pesca foram calculados para provar o modelo de produção excedente proposto. O índice anual da abundância relativa (CPUE) foi calculado por estrato através da equação $CPUE = 0,12 * N^{(0,354-1)}$. Concomitantemente, os índices da CPUE foram utilizados para estimar o esforço de pesca (f); a fórmula utilizada foi $f = (\ln CPUE + 0,9965) / -0,000002$ ($R^2 = 0,8235$, $N = 9$, $p < 0,001$). Os valores anuais do esforço de pesca e da área (km^2) por estrato permitiram estimar a intensidade de pesca (f_{int}). Os resultados dos cálculos e os dados de entradas do modelo de Fox estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Comportamento dos dados calculados nos 19 estratos selecionados do índice de produtividade (IP), abundância relativa (CPUE), esforço (f) e a intensidade de pesca (f_{int}) para estimar o rendimento máximo sustentável por unidade de área (RMSA) e a intensidade de pesca ótima (f_{int-ot}) mediante o modelo de Fox.

| Ano | Produção (t) | Produção (kg) | Área (km^2) | IP (kg/km^2) | CPUE* (kg/armadilha) | f 10^3 (armadilhas-dia) | $f_{int} 10^3$ (armadilhas-dia/ km^2) |
|------|--------------|---------------|-----------------|------------------|----------------------|---------------------------|--|
| 1999 | 4.160,1 | 4.160.100 | 113.001 | 36,81 | 0,303 | 99.327 | 0,88 |
| 2000 | 4.712,2 | 4.712.180 | 121.595 | 38,75 | 0,291 | 119.598 | 0,98 |
| 2001 | 5.571,0 | 5.571.000 | 116.047 | 48,01 | 0,252 | 191.711 | 1,65 |
| 2002 | 5.917,2 | 5.917.200 | 166.741 | 35,49 | 0,223 | 250.930 | 1,50 |
| 2003 | 4.091,3 | 4.091.300 | 99.214 | 41,24 | 0,190 | 332.334 | 3,35 |
| 2004 | 7.440,4 | 7.440.387 | 121.595 | 61,19 | 0,146 | 462.155 | 3,80 |
| 2005 | 6.240,9 | 6.240.900 | 172.289 | 36,22 | 0,265 | 166.342 | 0,97 |
| 2006 | 5.994,9 | 5.994.900 | 166.741 | 35,95 | 0,201 | 304.362 | 1,83 |

*Média dos estratos.

A relação entre $\ln CPUE$ e a intensidade de pesca ($\ln CPUE = 0,2761 - 0,0357 * f_{int}$) foi significativa ($N = 8$, $R^2 = 0,8338$, $p < 0,001$) (Figura 36). Os parâmetros da regressão linear foram transformados em uma curva assimétrica para o modelo de Fox, através da seguinte equação: $IP = f_{int} * e^{(0,2761 - 0,0357 * f_{int})}$. Com o presente método de pesca, o rendimento máximo sustentável por unidade de área (RMSA) foi de $14 kg/km^2$ com um nível de intensidade de pesca ótima (f_{int-ot}) de $280 armadilhas-dia/km^2$ (Figura 37).

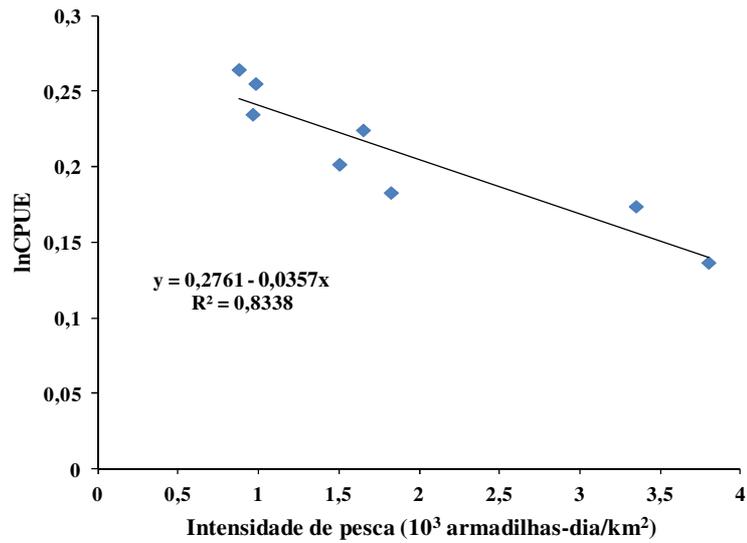


Figura 36 - Regressão linear entre lnCPUE e a intensidade de pesca, para as lagostas espinhosas (*P. argus* e *P. laevicauda*), na plataforma continental do Brasil. Dados 1999-2006.

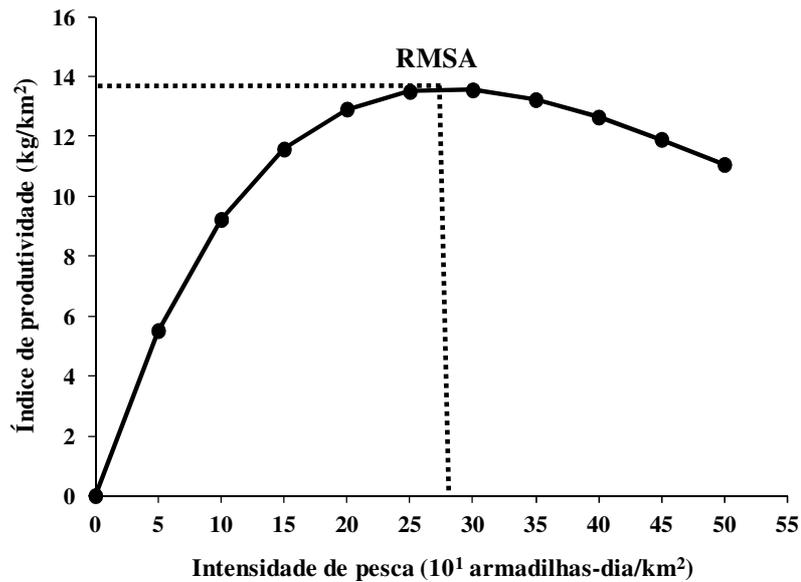


Figura 37 - Modelo de produção excedente de Fox, aplicado a pesca de lagostas espinhosas (*P. argus* e *P. laevicauda*), na plataforma continental do Brasil. Dados 1999-2006.

Tendo em conta que o RMSA calculado é de 14 kg/km² distribuído em uma área de 356.610 km², e assumindo que o regime ecológico não difere substancialmente entre as regiões, estima-se que o rendimento máximo sustentável (RMS) na plataforma continental do Brasil é de 5.000 t. As estimativas realizadas com as equações empíricas de Cadima e Gulland foram de 5.659 t e 5.604 t, respectivamente.

5 DISCUSSÃO

5.1 Comportamento da pescaria de lagosta

No Brasil a pesca de lagosta iniciou em 1955, mas houve pouca regulamentação pesqueira específica até 1975 (IBAMA, 1991). No ano de 1962 foi criada a Superintendência do Desenvolvimento da Pesca (SUDEPE), que foi responsável pelo ordenamento pesqueiro nacional, tendo como objetivo de prestar assistência técnica e financeira aos empreendimentos de pesca, realizar estudos e desenvolver o setor lagosteiro. Com isso, esta instituição federal editou as primeiras medidas de proteção dos estoques de lagosta em 1967 e 1969 (CAVALCANTE *et al.*, 2011).

A partir da década de 70 a produção de lagostas espinhosas cresceu devido ao desenvolvimento de tecnologias mais avançadas, principalmente no congelamento a bordo. Desta forma, houve uma maior procura pelos países importadores e a primeira consequência do aumento da demanda, por lagosta espinhosa, foi o aumento do esforço de pesca, gerando uma sobrepesca pela falta de controle das capturas, com consequente queda na produção nos anos seguintes (IVO, 1996). Outro fator que contribuiu para as grandes variações nas produções anuais de lagosta foi a expansão das áreas de pesca pelas frotas dos estados do Ceará e Pernambuco (PLANO DE GESTÃO..., 2008). Em 1975 essas frotas passaram a operar mais ao Norte, em direção ao litoral do Maranhão, e em 1979 mais ao Sul, em direção ao litoral da Bahia, em busca de áreas de pesca mais produtivas (CAVALCANTE, 1982).

A expansão das áreas de pesca, associada ao contínuo aumento do esforço, possibilitou no primeiro momento o aumento da produção, mas também contribuiu para o declínio das capturas nos anos seguintes. Silva e Fonteles-Filho (2011) atribuíram o declínio gradativo do volume de produção anual na década de 1990, a vários aspectos de ordem administrativa, principalmente em relação ao controle do esforço de pesca. De acordo com Oliveira (2005) as oscilações registradas na produção anual estão associadas a quatro fatores: o crescimento acentuado do esforço de pesca, a diminuição da produtividade (CPUE), o comportamento da oferta do produto por outros países e a situação econômica enfrentada pelos países consumidores. Segundo a análise de Ehrhardt (2001) a variabilidade interanual na produção de lagosta espinhosa é uma tendência em diversos países, como: Cuba, Bahamas, Estados Unidos, Honduras e Nicarágua. O autor relata que a limitação do esforço de pesca pode facilitar na implementação de estratégias de gestão, permitindo o planejamento da produção.

Analisando por espécie, a variabilidade da produção de *P. argus* pode estar associada a sucessos ou insucessos do recrutamento, onde a capacidade de crescimento em peso da população é insuficiente para compensar as perdas ocasionadas pela pesca. Esta hipótese também foi levantada por Cruz *et al.* (2007a) na avaliação da pesca de *P. argus* no caribe colombiano. Nessa região, a causa principal das variações da produção da lagosta *P. argus* está relacionada com a captura de lagostas ilegais, aproximadamente 27%, o que tem originado uma sobrepesca de crescimento (BORDA; CRUZ, 2006).

A lagosta *P. laevicauda* está relatada em diversas regiões do Atlântico, mas sua maior abundância e exploração estão localizadas no Nordeste do Brasil (FONTELES-FILHO, 2000). De acordo com dados do Plano de Gestão para o uso sustentável de lagostas no Brasil (2008), a redução na produção de *P. laevicauda* foi devido a não ocorrência de crescimento proporcional da biomassa do estoque nas novas áreas de pesca e ao excessivo esforço de pesca, concentrado em áreas próximas a costa (local onde habita essa espécie), o que ocasionou uma situação de sobrepesca.

O desenvolvimento dos aparelhos e técnicas de pesca nas últimas décadas também contribuiu com o aumento progressivo do esforço de pesca e das capturas de lagostas. A grande demanda, o elevado valor no mercado interno e internacional, o aumento da frota e o não cumprimento das medidas de conservação, têm propiciado uma elevada exploração ou uma sobre-exploração das lagostas em toda sua área de distribuição (CRUZ *et al.*, 2011).

Devido à falta de informações disponíveis de dados de produção pesqueira, que deveriam ser coletadas pelos órgãos que gerenciam o recurso, neste trabalho foi utilizada uma equação para se estimar a produção anual de lagostas por espécie (1995-2009), para se avaliar o comportamento dos desembarques nos últimos anos de *P. argus* e *P. laevicauda* separadamente. A melhor forma para se avaliar a problemática da sobre-exploração das lagostas é tendo o controle do que é produzido anualmente através da coleta de dados de captura e esforço de pesca. No Brasil, essas informações não estão sendo coletadas por falta de programas adequados de coleta de dados que promovam a exploração racional das espécies de lagostas.

No geral, a pesca de lagosta espinhosa na plataforma continental do Brasil é caracterizada por ser de livre acesso (cada barco pode pescar em qualquer região) e não são cumpridas totalmente as medidas de gestão para regular e controlar o nível de pesca. No período analisado, de 1991 a 2007, o estado do Ceará constituiu-se como o grande produtor de lagostas espinhosas no país, seguido do Rio Grande do Norte, da Bahia e do Pará. Os outros estados tiveram produções menores e com consideráveis variações entre os anos, nos dados

por município. Essa variação anual também pode ter ocorrido devido a falhas no acompanhamento estatístico de produção.

De acordo com os dados do Plano de Gestão para o uso sustentável de lagostas no Brasil (2008), a produção desembarcada no estado do Ceará, até o início da década de 90 não correspondeu necessariamente, às capturas realizadas no litoral do estado, já que parte da frota motorizada cearense pescou tanto ao norte (Maranhão ao Amapá), quanto ao sul (Rio Grande do Norte à Bahia), onde estava ocorrendo boa produção. Castro e Silva e Rocha (1999) analisando as pescarias de lagosta no estado do Ceará, no período de 1991 a 1995, relataram uma maior quantidade de embarcações capturando lagostas nos três primeiros meses da temporada de pesca, e quando as produções diminuía nas zonas próximas aos portos-base, essas embarcações migravam para o litoral de outros Municípios e de outros Estados, induzindo um erro na compilação das estatísticas pesqueiras municipais e estaduais. A partir da segunda metade da década de 90, os elevados custos de armação das embarcações motorizadas, associados aos baixos rendimentos das pescarias, contribuíram para a desativação de grande parte da frota motorizada e sua gradativa substituição por embarcações movidas a remo e a vela, processo esse que ficou conhecido como “re-artesanalização” (SILVA; FONTELES-FILHO, 2011). Apesar da grande dificuldade na coleta de informações pesqueiras por estados e municípios, o estado do Ceará historicamente é o maior produtor de lagostas do Brasil, em função de características ambientais muito favoráveis ao crescimento e sobrevivência das lagostas (FONTELES-FILHO; GUIMARÃES, 1999).

O acesso aberto e a grande quantidade de embarcações que pescam de forma ilegal dificultam o controle dos desembarques e as estimativas de produção de lagosta. Devido à natureza artesanal das pescarias, as estatísticas das capturas e esforço de pesca são difíceis de serem coletadas ou documentadas corretamente em escalas de tempo e espaço. Esta dificuldade impede uma análise mais precisa das características regionais das pescarias, a evolução do esforço e técnicas de pesca, bem como a eficácia da gestão pesqueira (EHRHARDT, 2001). Ao invés de se coletar informações pesqueiras de lagosta somente por localidade de desembarque, o controle pesqueiro mensal por área de pesca poderia ser uma forma de assegurar a sustentabilidade futura da produção.

No período de 1999 a 2006, o ciclo anual da produção de lagosta no Nordeste do Brasil apresentou três fases. A primeira fase ocorreu no período do defeso, que aconteceu nos meses iniciais do ano (janeiro a abril), estando associada à época das chuvas em muitas regiões, onde as embarcações lagosteiras praticamente não saem para pescar impostas pela proibição da legislação. Ao término dessa fase, no mês de maio, teve início a temporada de

pesca, com boa produção de lagosta até julho. Em seguida iniciou-se a terceira fase, que se caracterizou por apresentar uma tendência decrescente na produção de lagostas, sendo a atividade prejudicada devido aos fortes ventos em diversas regiões do Nordeste do Brasil, até os meses de setembro e outubro. Nos meses de novembro e dezembro, a produção de lagosta seguiu baixa até iniciar um novo período de defeso e fechamento da temporada de pesca. Este comportamento do ciclo anual da produção de lagosta coincide com a análise realizada por Paiva (1966), que desde a década de 60 identificou as fases de baixo e bom rendimento das pescarias de lagosta, estando essas fases associadas a fatores ambientais (chuvas e ventos) e biológicos (reprodução e desova). Almeida (2010) analisou o comportamento do ciclo anual da produção de lagosta na região leste do estado do Ceará, para os anos de 2004 a 2009, onde observou que as capturas nos primeiros meses das temporadas de pesca foram aproximadamente 40% da produção anual. Nos meses seguintes, a produção apresentava uma tendência decrescente até o final da temporada de pesca, mostrando que este padrão estacional da produção pesqueira de lagosta se mantém até os dias atuais.

O período de alta produção de lagostas espinhosas, no início da temporada de pesca, ocorre devido à concentração de biomassa gerada por causa do defeso. Este período pode variar de acordo com o mês em que inicia a temporada de pesca e com as mudanças no período do defeso. A tendência decrescente da produção nos meses seguintes ocorre devido à diminuição da disponibilidade de lagostas para a captura e possivelmente, devido à migração dos indivíduos para áreas mais distantes da costa para se reproduzirem.

Segundo Soares (1994) e Soares e Cavalcante (1985), as lagostas do gênero *Panulirus* possuem desova parcelada individual e populacional. Deste modo, são encontrados indivíduos em reprodução durante todos os meses do ano devido a essa característica reprodutiva e à grande extensão da área de distribuição. No entanto, existe uma época de maior intensidade reprodutiva: em janeiro-abril e setembro-outubro (*P. argus*) e fevereiro-maio (*P. laevicauda*). De acordo com Fonteles-Filho e Ivo (1980) a desova ocorre longe da costa, nas profundidades de 40-50 metros, em um processo que envolve uma migração com elevado componente direcional. As migrações das lagostas para desovarem longe da costa, em profundidades mais elevadas, podem estar associadas com a diminuição das capturas nos meses de setembro e outubro.

A pesca da lagosta *P. argus* em Cuba também mostra um padrão estacional de produção definido, porém com um comportamento diferente do Nordeste do Brasil. Na plataforma cubana as produções máximas ocorrem nos meses de junho, outubro e novembro, já que estão influenciadas pelo sistema de captura utilizado (*pesquero* e *jaulóns*), do início da

temporada de pesca, com defeso no período de março a maio, e pelo comportamento migratório da espécie durante o início da temporada de inverno (CRUZ; PHILLIPS, 2000). O comportamento da produção pesqueira de lagosta no Brasil deve ser analisado por cada região de pesca, determinando os fatores ambientais e biológicos que influenciam nas variações da abundância.

A tendência decrescente do índice de abundância relativa, analisada neste trabalho corresponde com a análise realizada por Fonteles-Filho (1997b) sobre a distribuição espacial do esforço de pesca por quadrículas (1974-1989), onde foi observada a intensa exploração a qual foi submetida os estoques de lagostas das regiões norte e nordeste do Brasil, sendo uma pescaria multi-específica com diversos aparelhos de pesca utilizados em sua área de distribuição. O aumento do esforço de pesca nas áreas tradicionalmente exploradas e a consequente diminuição da abundância relativa, fez com que a frota em operação se deslocasse para outras regiões, expandindo as pescarias em busca de áreas mais produtivas.

Comparando com a série histórica, no ano de 2004, a abundância relativa das lagostas capturadas no estado do Ceará variou entre 0,007 kg/covo-dia e 0,137 kg/covo-dia, para as embarcações de pequeno porte, com média de 0,068 kg/covo-dia para toda frota. No estado do Rio Grande do Norte a variação foi entre 0,160 kg/covo-dia e 0,307 kg/covo-dia, com média de 0,257 kg/covo-dia (PLANO DE GESTÃO..., 2008). Os valores da estimativa da abundância relativa das lagostas no estado do Ceará, no ano de 2010, aumentaram em relação aos dados de 2004, mas seguiram a tendência decrescente ao longo de todo o período.

O esforço de pesca exercido sobre as populações de lagosta é um parâmetro difícil de ser estimado, pois não existem informações sobre a quantidade de redes utilizadas pelas embarcações ou o número de refúgios artificiais fundeados de diferentes tipos (marambaias), que servem para as capturas de lagosta realizadas por mergulhadores que usam compressor de ar. Ivo e Pereira (1996) registraram que os pescadores capturam, nesta modalidade, grande quantidade de lagostas *P. argus* e *P. laevicauda* que se refugiam nas marambaias. Outro problema é que a estimativa do esforço de pesca empregado para a espécie *P. argus* é considerado também para *P. laevicauda*, sendo que a primeira espécie é capturada em uma área de distribuição geográfica muito maior que a segunda espécie (CRUZ *et al.*, 2011). Essa dificuldade na estimativa do esforço de pesca, por espécie, causa um vício nos cálculos da abundância relativa e no nível de exploração a qual está submetido o recurso.

Atualmente, não existem informações para determinar em que situação se encontra os estoques desovantes das lagostas *P. argus* e *P. laevicauda*. No entanto, a diminuição espaço-temporal da abundância observada na pescaria comercial desde 1974 até o

ano de 2010, e uma intensificação da pesca de *P. argus* no segmento de águas profundas, poderá provocar uma redução drástica das populações. Portanto, a produção de recrutas resultaria insuficiente para compensar as perdas pelo efeito da pesca e se originaria uma sobrepesca de recrutamento. Cushing (1971), King (1995), Goñi (1998) e outros autores argumentam declinações de várias pescarias devido a uma redução do recrutamento por baixos níveis do estoque desovante.

A área total de pesca de lagosta ao longo da costa do Brasil calculada neste trabalho (356.610 km²) foi superior a estimada por Paiva (1997), que compreendeu a uma área de exploração lagosteira de 74.607 km² (1974-1993). Fonteles-Filho (2000) estimou uma área de pesca de lagosta para a região Nordeste do Brasil de 83.552 km². Estas consideráveis variações, nas estimativas das áreas de pesca de lagosta ocorreram porque no presente estudo foi considerada a exploração lagosteira em duas faixas de profundidade, para toda a plataforma continental do Brasil.

De acordo com este estudo, a sub-região Nordeste Setentrional é a área mais produtiva para captura de lagostas no Brasil, confirmando os resultados do trabalho realizado por Ferreira (1994), com os dados de abundância das lagostas espinhosas no período entre 1974 e 1988, que determinou essa sub-região como a mais produtiva, devido às condições favoráveis de cobertura do substrato para a ocorrência das lagostas.

Considerando a área de pesca calculada para toda a plataforma continental do Brasil, nas duas faixas de profundidade, o índice de produtividade da lagosta *P. argus* no período de 1999 a 2006 (29,75 kg/km²) foi menor quando comparado com os dados de 1978 a 1991 (74 kg/km²) (CRUZ *et al.*, 1995), o que demonstra que a produtividade dessa espécie vem diminuindo ao longo do tempo. O IP da lagosta *P. argus* no Brasil, também foi inferior ao calculado nas regiões do arquipélago cubano (493 kg/km²) (CRUZ; PHILLIPS, 2000), assim como em outras regiões do oceano Atlântico (CRUZ *et al.*, *op. cit.*).

O índice de produtividade total estimado para a lagosta *P. laevicauda* na plataforma continental do Brasil foi 8,39 kg/km², mas quando se analisa por áreas de pesca, os estados de Pernambuco, Alagoas e Bahia se destacaram, onde os valores podem ter ocorrido devido ao tipo de substrato e ao nível de exploração em que tem estado submetida à espécie por décadas nessas regiões. De acordo com os resultados, os estados de Pernambuco, Alagoas e Bahia são as regiões que, provavelmente, possuem a maior abundância da lagosta *P. laevicauda*. Como o Brasil é o principal produtor dessa espécie em escala mundial, deve tomar medidas que promovam a exploração racional dessa espécie.

5.2 Estrutura das populações de lagosta

O aumento progressivo dos indivíduos maiores nas amostras dos desembarques em Fortaleza, no período de 1970 a 1993, provavelmente foi devido à introdução de um erro na coleta de dados, que fez com que as estimativas do tamanho médio anual da lagosta *P. argus* tivessem uma tendência crescente. As causas da variabilidade do tamanho médio anual da lagosta *P. laevicauda* ao longo do tempo são desconhecidas, mas vale ressaltar, que entre o período de 1970 a 1993, foram amostrados somente indivíduos acima de 65 mm de comprimento do cefalotórax.

No Brasil, as lagostas espinhosas já chegam aos desembarques pré-selecionadas, onde os exemplares capturados abaixo do tamanho mínimo legal são consumidos pelos pescadores ou vendidos no mercado interno. Ao ser desembarcada uma maior proporção de lagostas de grande porte, o tamanho médio anual mostra artificialmente uma tendência crescente ao longo do tempo. Neste caso, as amostras obtidas contêm maior proporção de exemplares grandes e os tamanhos menores ficam insuficientemente representados. Fonteles-Filho (2007) sugeriu uma revisão no sistema de amostragem biológica dos desembarques, com o objetivo de determinar a real estrutura do comprimento da população e estimar os parâmetros da dinâmica populacional (reprodução, crescimento, recrutamento e mortalidade), evitando os vícios na estimativa dos parâmetros.

A elevada porcentagem de lagostas capturadas abaixo do tamanho mínimo legal, tanto de *P. argus* como de *P. laevicauda*, nos municípios de Cascavel e Paracuru (CE), ocorreu devido à atuação da pesca no setor raso (entre 20 e 35 m). Os aparelhos de pesca não influenciaram de forma considerável na distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax, porque nas profundidades que eles atuaram, próximo a costa, habitam uma grande quantidade de lagostas de pequeno porte (FONTELES-FILHO, 1997b). Ivo e Neto (1996) realizaram um estudo comparativo sobre a pesca de lagostas com manzuá e rede caçoeira no estado do Ceará, durante as temporadas de pesca de 1994 e 1995, e mostraram que as maiores capturas de lagostas ilegais, para os dois aparelhos de pesca, ocorreram na faixa de profundidade inferior a 20 m. Tomando por base amostras da pesca comercial realizada em 1994 nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco (IBAMA, 1994), observou-se que o manzuá não é seletivo para captura das lagostas, onde as amplitudes de comprimento do cefalotórax variaram entre 51 mm e 123 mm para *P. argus*, e entre 41 mm e 103 mm para *P. laevicauda*. A rede caçoeira também não se mostrou seletiva para captura lagostas, onde as amplitudes de comprimento do cefalotórax variaram entre 36 mm e 146 mm para *P. argus*, e

entre 38 mm e 143 mm para *P. laevicauda*. Este fato demonstra que a distribuição do comprimento do cefalotórax das lagostas coletadas está associada com a faixa de profundidade de captura (setor raso ou profundo) e não pelos aparelhos de pesca utilizados, já que os mesmos não são seletivos para captura de lagostas.

A pescaria de lagosta no litoral do estado Ceará, no período de 2005 a 2010, apresentou uma distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax com um valor modal de 76 mm (*P. argus*) e 77 mm (*P. laevicauda*) para ambos os sexos, representando cerca de 30% das lagostas amostradas em cada espécie. Esses valores revelam que as lagostas capturadas no Ceará são menores que as lagostas das áreas de pesca de Providencia e Santa Catalina (Caribe colombiano), onde o valor modal da distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax de *P. argus*, foi entre 100 e 109 mm para ambos os sexos, representando cerca de 25% das lagostas capturadas (CRUZ *et al.*, 2007a).

Cochrane *et al.* (2001) analisaram a distribuição de frequência do comprimento do cefalotórax da lagosta *P. argus* de países como Belize, Jamaica, Colômbia, Nicarágua, Bermuda, Flórida, Cuba e na Ilha das Mulheres, no México, e observaram que os tamanhos mínimos regulados são parcialmente refletidos na composição dos comprimentos das capturas de cada região, onde os tamanhos mínimos parecem ter um efeito sobre os desembarques amostrados. Segundo os autores, os comprimentos de cefalotórax das lagostas nesses países apresentaram valores modais variando entre 80 e 95 mm para machos e fêmeas, mas na Ilha das Mulheres (México) e Nicarágua tiveram comprimentos modais substancialmente mais elevados (111 a 153 mm), sugerindo uma porcentagem mais elevada de animais maiores em suas áreas de pesca ou seletividade para animais maiores.

Apesar dos valores modais do comprimento do cefalotórax das lagostas capturadas no Ceará serem inferiores aos de outras regiões do mundo, ainda estão acima dos valores do tamanho de primeira captura, determinados pela legislação brasileira. Porém, com os resultados do presente estudo foi observada uma frequência de aproximadamente 25% de machos e fêmeas da espécie *P. argus* capturadas abaixo de 75 mm de comprimento do cefalotórax. Para a espécie *P. laevicauda*, houve uma baixa frequência de indivíduos capturados abaixo de 65 mm de comprimento do cefalotórax, sendo menor que 10% para ambos os sexos. Historicamente, a frequência de lagostas capturadas abaixo do tamanho mínimo legal no Nordeste do Brasil se caracterizou por elevadas variações, e de acordo com a análise realizada por Fonteles-Filho (2000), no período de 1965 a 1997, as frequências de captura destas lagostas foram entre 8% e 58% para a espécie *P. argus*, e de 2% a 48% para a espécie *P. laevicauda*.

Na região Norte do Brasil (estados do Amapá e Pará) são capturados apenas exemplares da espécie *P. argus* de grande porte, e em profundidade de até 100 m, que foi o principal fator responsável pela grande diferença na distribuição do comprimento do cefalotórax das lagostas amostradas nessa região e no estado do Ceará, onde as lagostas foram capturadas em profundidades abaixo de 40 m. Apesar de sua exploração com redes de espera de fundo (caçoeira) ter sido registrada por Paiva (1997) há mais de 14 anos, não existem muitas informações pesqueiras disponíveis, sobre as capturas de lagostas no setor profundo na região Norte do Brasil.

A frequência relativa dos machos da lagosta *P. argus* foi superior a das fêmeas, exceto nos tamanhos entre 85 e 95 mm de comprimento do cefalotórax. A proporção por sexo mostrou um comportamento muito próximo a uma unidade (1:1), assim como em toda a área de distribuição de *P. argus* (BUESA, 1965; MUNRO, 1983), ocorrendo em indivíduos com 100 mm de comprimento do cefalotórax, nas duas faixas de profundidade analisadas. A partir desse tamanho ocorreu um aumento na proporção dos machos em relação às fêmeas. A proporção das fêmeas foi maior somente entre os tamanhos de 80 e 90 mm de comprimento do cefalotórax nas profundidades de 80-93 m. No arquipélago de San Andrés, Providencia e Santa Catalina (Caribe colombiano) e em Cuba, os machos da lagosta *P. argus* são capturados com uma frequência superior a das fêmeas, apenas a partir dos 110 mm de comprimento do cefalotórax, apesar de possuírem uma taxa de crescimento superior (CRUZ *et al.*, 2007a; CRUZ; PHILLIPS, 2000). De acordo com os estudos de Dávila *et al.* (2007) a excessiva captura de machos da lagosta *P. argus* pode afetar a população porque um macho pode se acasalar com várias fêmeas.

Na espécie *P. argus*, a relação entre o tamanho, atividade reprodutiva por sexo, profundidade e localização geográfica é uma característica intrínseca da população. O comprimento médio do cefalotórax aumenta com a profundidade, comportando-se de modo diferente entre os sexos (CRUZ *et al.*, 2011). Em águas profundas habitam exemplares com um tamanho máximo de 175 mm de comprimento do cefalotórax para os machos e 228 mm de comprimento do cefalotórax para as fêmeas. No entanto, Silva *et al.* (2008) relataram que para as fêmeas ovígeras o tamanho máximo foi de 231 mm de comprimento do cefalotórax. O número de ovos fecundados nas fêmeas ovígeras é função do comprimento do cefalotórax (BERTELSEN; MATTHEWS, 2001; CRUZ, 1980; RAMÍREZ, 1996), onde fêmeas maiores produzem mais ovos que as fêmeas menores. Na região do Caribe, os tamanhos superiores a 140 mm de comprimento do cefalotórax mostraram uma fecundidade média superior a 1,9

milhões de ovos e têm um elevado potencial reprodutor, podendo desovar várias vezes ao ano, entre 3 e 6 milhões de ovos (CRUZ; BERTELSEN, 2009).

Dessa forma, na região Norte do Brasil pode estar localizado um dos principais estoques de lagosta com alto potencial reprodutor. Se levarmos em conta as considerações de Kanciruk (1980) e Gonzáles-Sansón *et al.* (1991) sobre as características das lagostas que habitam o setor profundo (maior tamanho, elevada atividade reprodutiva e densidade), então pode-se concluir que o nível de biomassa desovante neste seguimento da população é um ponto de referência essencial na produção de larvas e na conservação das populações de lagosta nessa área. Com isso, a intensa exploração pesqueira sobre as lagostas do setor profundo, pode propiciar uma diminuição do tamanho do estoque desovante acima do nível que é necessário para manter o recrutamento à pescaria.

5.3 Implicações da amostragem aleatória estratificada

No Brasil, a obtenção de dados primários de captura e esforço de pesca é um dos principais desafios que tem confrontado a pesquisa pesqueira sobre o recurso lagosta desde que se iniciou sua exploração comercial no ano de 1955 (FONTELES-FILHO, 2000). Os métodos para obter a captura por unidade de esforço (CPUE) dependem de como se determina a captura e o esforço de pesca. O ideal seria estabelecer um sistema de monitoramento de coleta de dados biológicos e pesqueiros, dispondo de coletores de dados a bordo das embarcações e nos principais pontos de desembarques e de acordo com os estratos elaborados neste trabalho, que coletassem com precisão as informações biológicas das lagostas e de captura e esforço de pesca por embarcação. Assim, seria possível ter o controle da produção por espécie e realizar estimativas precisas do cálculo da CPUE, da produtividade, da capturabilidade e analisar a composição por tamanho, sexo e idade.

Durante muitos anos o IBAMA coletou dados biológicos e pesqueiros das lagostas capturadas na plataforma continental do Brasil, mas atualmente a coleta de informações das pescarias não vem sendo realizada por quem administra o recurso, o que tem dificultado o gerenciamento pesqueiro. Segundo Aragão (1997) a coleta sistemática de informações das pescarias é uma etapa indispensável para a tomada de decisões na administração dos recursos pesqueiros devendo, portanto, ser considerada como uma atividade prioritária.

No arquipélago cubano (BUESA, 1965; CRUZ, 1981; CRUZ *et al.*, 1986, 1991; CRUZ, 2002), na Flórida (MULLER; DOUG, 1997) e no México (BRIONES, 1994) foram estabelecidos sistemas de monitoramento que incorporam diferentes aspectos do ciclo vital da lagosta *P. argus*. Em outros países do Caribe, estes programas de monitoramento vêm sendo realizados de forma esporádica. Em geral, os sistemas de monitoramento e a coleta confiável das estatísticas de pesca dos estoques de lagosta não têm compreendido toda sua faixa de distribuição, e este é um dos principais problemas enfrentados para alcançar uma avaliação integral da população.

A plataforma continental do Brasil, por abrigar várias populações de lagostas que não dependem da transmigração estrangeira de larvas (DINIZ *et al.*, 2005), e por apresentar um acesso geográfico fechado, além de não contar com países vizinhos que pescam lagosta em sua plataforma, apresenta condições excepcionais para estabelecer um sistema de monitoramento e uma base de dados pesqueiros confiável. Assim, é permitido que sejam estabelecidas medidas de controle eficientes para recuperar, incrementar e sustentar as

populações de lagosta. No entanto, essa base de dados pesqueiros (captura, esforço, pontos de pesca, dados biológicos, etc.) com informações detalhadas, deve estar ao alcance das instituições de pesquisa e dos pesquisadores que atuam com o recurso, para que seja possível realizar avaliações do comportamento das pescarias, fato que atualmente pouco tem ocorrido.

A divisão das áreas de pesca em estratos poderá garantir a obtenção de uma informação biológica e pesqueira mais organizada e confiável em correspondência com as características das diferentes espécies de lagostas que são capturadas ao longo da plataforma continental do Brasil. Será alcançado um nível técnico-organizacional superior se for adotado uma divisão territorial, proporcionando um melhor controle dos instrumentos de manejo (tamanho mínimo legal, defeso, licenças das embarcações, controles dos aparelhos de pesca) por estados, municípios, áreas de pesca e barcos.

Fonteles-Filho e Ferreira (1990) analisaram o sistema de amostragem nos portos de desembarques de lagostas no Nordeste do Brasil para obter a distribuição do comprimento do cefalotórax e idades, além de realizarem estimativas da abundância nas populações das lagostas espinhosas. Dessa forma, determinaram um tamanho de amostra ótimo de 250 indivíduos para *P. argus* e 200 indivíduos para *P. laevicauda*, que se distribuíram em quatro unidades de amostragem (machos e fêmeas para cada espécie). Os autores ainda enumeraram uma série de restrições e dificuldades importantes no sistema de amostragem das lagostas no Nordeste do Brasil, como por exemplo, a diversidade das embarcações, dos aparelhos e tecnologias de pesca, que poderiam influir na confiabilidade da informação obtida. A eficácia de um plano de amostragem é constatada com a possibilidade de que o mesmo ofereça uma abrangência satisfatória da população a partir das amostras coletadas (CRUZ, 2002).

Portanto, como o país explora diferentes espécies de lagosta e não há uma organização territorial das pescarias, é imprescindível dispor de dados biológicos e pesqueiros por espécie com o objetivo de avaliá-los de forma separada. Outro aspecto importante desta pescaria é o uso de aparelhos de pesca ilegais (redes caçoeiras e mergulhos auxiliados por compressores de ar em marambaias) que, embora sejam proibidos pelas leis vigentes (BRASIL, 2006), precisam ser avaliadas a fim de se determinar o seu impacto sobre o ecossistema bentônico e nas populações de lagosta. O eficiente controle das medidas de gestão e os resultados de um plano de amostragem permitirão prognosticar o estado de saúde das populações de lagostas do Brasil e repercutirão favoravelmente em toda a área de distribuição do estoque comercial.

5.4 Estado de exploração dos estoques

Na plataforma continental do Brasil, as lagostas *P. argus* e *P. laevicauda* foram intensamente estudadas nos últimos 40 anos (1960-2000), com séries de tempo de captura e esforço e informações sobre a estrutura do estoque que permitiram desenvolver numerosos trabalhos sobre a dinâmica de populações e a avaliação pesqueira (CRUZ *et al.*, 2011).

Desde o início da década de 2000 não se possui informação biológica e pesqueira precisa, portanto se desconhece se o esforço de pesca no novo milênio ultrapassou os níveis ótimos. Os dados de CPUE e esforço de pesca por estratos entre 1999 e 2006 foram calculados a partir de equações empíricas e não de registros de rendimento e esforço aplicado por anos, durante os quais este deve haver variado de forma considerável. Por tal razão, o RMS projetado entre 5.000 t e 5.604 t deve ser considerado como uma estimativa muito preliminar e não deve ser incluído nos planos de manejo das lagostas no Brasil. Este resultado empírico deve ser corroborado com evidências práticas a partir do desenvolvimento de amostragens aleatórias estratificadas no meio natural, com o objetivo de obter índices diretos da abundância e do esforço de pesca, assim como outros parâmetros biológicos e pesqueiros, nas zonas de agregação dos estoques.

No capítulo 4.8 foi demonstrado que a CPUE diminui mais lentamente que a abundância e esta falta de proporcionalidade (hiperestabilidade) em uma série de tempo curta (oito anos) poderia estar influenciando no cálculo do rendimento máximo sustentável. Gulland (1961) sugere que quando não se observam mudanças prolongadas e consistentes nas variações da CPUE e do esforço de pesca, esta relação causa-efeito se vê afetada e não oferece os resultados esperados. Harley, Myers e Dunn (2001) determinaram esta falta de proporcionalidade (CPUE e N) em 70% das observações realizadas (em um conjunto de 209 dados pesqueiros) em vários estoques de peixes. Peterman e Steer (1981), Crecco e Overholtz (1990), Swain e Sinclair (1994), Harley, Myers e Dunn (*op. cit.*) e Cruz *et al.* (2007a) sugerem que esta nova informação deve ser incorporada nos modelos de avaliação de estoques. A falta de proporcionalidade entre a abundância e a CPUE está relacionada com a forma de como é coletado os dados de captura e de como é determinado o esforço de pesca. Essa problemática pode ser resolvida, a partir da coleta de informações a bordo de embarcações pesqueiras e através de estimativas da abundância em meio natural. Apesar das suas deficiências, a CPUE ainda permanece como um índice de abundância frequentemente utilizado para o diagnóstico de avaliação dos estoques pesqueiros pelas agências internacionais de pesca (GAERTNER; DREYFUS-LEON, 2004).

Para o recurso lagosta no Brasil as capturas máximas sustentáveis têm sido estimadas em 8.680 t (FONTELES-FILHO, 1992), 8.962 t (IVO, 1996) e de 9.468 t (FONTELES-FILHO, 2007). No entanto, na atualidade existem altos níveis de incertezas para determinar o nível do RMS devido à falta de precaução nos regimes de manejo pesqueiro, já que não existem evidências de como são afetadas as populações autóctones de lagosta através do impacto dos fatores antrópicos, principalmente os ocasionados pela intensa exploração pesqueira no ecossistema, e pela falta de cumprimento dos instrumentos de manejo durante várias décadas. Devem ser avaliadas as fontes de incertezas que geram a variabilidade no desempenho da pescaria e aplicar os pontos de referência biológicos recomendados por Caddy e Mahon (1996) e Cadima (2003) para a gestão e conservação dos recursos pesqueiros.

O rendimento é afetado pelas variações do recrutamento e no cenário atual não existem estimativas para nenhuma das áreas consideradas no presente estudo. No entanto, um exame das lagostas capturadas no setor mais raso (ver capítulo 4.5), demonstrou que as elevadas porcentagens de lagostas capturadas abaixo do tamanho mínimo legal estão compostas, principalmente, por exemplares recém incorporados à pescaria (50-75 mm de comprimento de cefalotórax), o qual está originando uma elevada sobrepesca de crescimento que ocorre quando as lagostas que se recrutam são capturadas antes que possam alcançar o tamanho mínimo de captura. Uma diminuição do número de lagostas ilegais (menor que 5%) capturadas e descartadas pelos pescadores, poderia incrementar o comprimento de primeira captura, o rendimento por recruta e as capturas, como foi demonstrado por Cruz *et al.* (1991) na pescaria cubana de lagostas. Este cenário pesqueiro, provavelmente, seja um dos fatores determinantes na variação e na diminuição da produção de lagosta por espécie no Brasil.

Atualmente, não existem reais evidências de que possa existir uma sobrepesca de recrutamento nas populações de *P. argus* e *P. laevicauda*, produto de uma redução da população. Embora, as altas taxas de exploração desde a década de 1980 (PAIVA, 1997) em que tem estado submetido o estoque do setor profundo (entre 50 e 100 m) de *P. argus* na região Norte, constituído principalmente por exemplares de maior idade (SILVA *et al.*, 2008) e poder reprodutor na população, possa estar acentuando o risco dos baixos recrutamentos e dos colapsos. Neste habitat não se captura *P. laevicauda*, e apesar de ser uma espécie mais costeira, existe um grande desconhecimento de seu comportamento ecológico-pesqueiro.

Os estudos de Kanciruk (1980) e Cruz e Bertelsen (2009) no Caribe reportam que os exemplares de maior tamanho (maiores que 100 mm de comprimento de cefalotórax) são os que contribuem com a maior quantidade de ovos à população, tendo um período reprodutivo muito intenso durante todo o ano, e apesar de sua baixa densidade, são mais

produtivas que as fêmeas com um intervalo de tamanho entre 90 e 99 mm de comprimento de cefalotórax (CRUZ *et al.*, 2007a), representando os exemplares de maior idade e poder reprodutor.

Em conclusão, a biomassa desovante da população de *P. argus* é um ponto de referência essencial na produção de larvas e na conservação do estoque dessa espécie, e não deve ser explorado em nenhuma região do Brasil (CRUZ *et al.*, 2011). Devem ser desenvolvidas pesquisas que permitam avaliar por separado as espécies *P. argus* e *P. laevicauda*, já que a produção no Brasil esta última espécie é a mais importante comercialmente em âmbito mundial.

Este grande nível de incerteza pelo que transcorre a pescaria de lagosta na plataforma continental do Brasil deve ser abordado por formas de pensar novas e diferentes, por uma visão de longo prazo e pela aquisição de novos treinamentos e conhecimentos que permitam desenvolver uma pesca sustentável.

6 CONCLUSÕES

- A elevada variabilidade na produção de lagosta, com uma tendência decrescente nos últimos 15 anos (1995-2009), é provável que esteja relacionada com a intensa pesca de indivíduos abaixo do tamanho mínimo de captura em águas rasas, que evidenciou uma sobrepesca de crescimento. A elevada exploração que tem estado submetido o estoque do setor profundo (entre 50 e 100 m) de *P. argus* na região Norte, constituído principalmente por exemplares de maior idade e elevado poder reprodutor, poderia estar acentuando o risco dos recrutamentos baixos e dos colapsos (sobrepesca de recrutamento).
- Na espécie *Panulirus argus*, o tamanho médio dos exemplares capturados aumenta com a profundidade, variando entre os sexos. Entre os 60 e 100 m a maior porcentagem das lagostas são superiores aos 95 mm de comprimento de cefalotórax e seus valores máximos são de 175 mm de comprimento de cefalotórax. A lagosta *Panulirus laevicauda* habita águas rasas (< 50 m) e não se observou uma estratificação dos tamanhos com a profundidade.
- Com a proposta do novo sistema de amostragem aleatória estratificada, será obtida uma informação biológica, ecológica e pesqueira confiável nas zonas de agregação dos estoques de lagosta, permitindo avaliar os índices de abundância, esforço, intensidade de pesca e a produtividade do habitat, assim como, a obtenção de amostras não viciadas da população que propiciem estudar os ciclos de vida das espécies.
- A produtividade das lagostas na plataforma continental do Brasil vem diminuindo ao longo do tempo. Os baixos valores dos coeficientes de capturabilidade (entre 0,10 e 0,14) demonstram a pouca eficiência que tem os aparelhos de pesca para capturar lagostas. A falta de proporcionalidade entre a abundância relativa (CPUE) e a abundância do estoque (N) afeta a relação entre a CPUE e o esforço e sobre-estimam os valores do rendimento máximo sustentável (RMS).
- O modelo de avaliação apresentado sugere que a partir da informação que se obtenha das amostragens aleatórias estratificadas na plataforma continental do Brasil, poderão ser realizadas estimativas confiáveis do rendimento máximo sustentável por unidade de área (RMSA), do rendimento máximo sustentável (RMS) e do esforço de pesca ótimo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. G. **Caracterização das áreas de pesca artesanal de lagosta na praia de Redonda, Icapuí - CE.** 2010. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- ARAGÃO, J. A. N. Metodologia de coleta de dados de desembarque de pescado no estado do Ceará - Projeto ESTATPESCA. In: FONTELES-FILHO A. A. (Ed.). **Anais do Workshop Internacional sobre a Pesca Artesanal.** Fortaleza: Imprensa Universitária da Universidade Federal do Ceará, p. 19-36, 1997.
- ASSAD, L. T. **Tradição-Modernidade-Sustentabilidade. Icapuí-CE: os desafios do desenvolvimento de uma comunidade diante do imperativo da sustentabilidade.** 2002. 290 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2002.
- BERTELSEN, R. D.; MATTHEWS, T. R. Fecundity dynamics of female spiny lobster (*Panulirus argus*) in a south Florida fishery and Dry Tortugas National Park Lobster Sanctuary. **Marine and Freshwater Research**, v. 52, n. 8, p. 1559-1565, 2001.
- BORDA, C. A.; CRUZ, R. Evaluación de la pesquería de langosta (*Panulirus argus*) en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Caribe colombiano. **Revista de Investigaciones Marinas, Cuba**, v. 27, n. 3, p. 219-230, 2006.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Negócios: sustentabilidade da exploração lagosteira.** Fishtec Consultores Associados. Brasília-DF, 2000. 372 p.
- BRASIL. Instrução Normativa IBAMA nº 138, de 6 de dezembro de 2006. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2006.
- BRIONES, F. P. Variability in postlarval recruitment of the spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille, 1804) to the Mexican Caribbean coast. **Crustaceana**, v. 66, n. 3, p. 326-340, 1994.
- BUESA, R. J. **Biología de la langosta *Panulirus argus*, Latreille, 1804 (Crustacea, Decapoda, Reptantia) en Cuba.** Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP). INPP, Cuba (mimeogr.), 1965. 228p.
- BUESA, R. J.; MOTA ALVES M. I. Escala de colores para el estudio del ciclo reproductor de la langosta *P. argus* (Latreille) en el área del mar Caribe. **FAO Fisheries Report**, v. 71, n. 2, p. 9-12, 1970.
- CADDY, J. F.; MAHON, R. **Puntos de referencia para la ordenación pesquera.** FAO Documento Técnico de Pesca. Roma, FAO, n. 347, 1996. 109p.
- CADIMA, E. L. **Modelos para la evaluación de poblaciones de peces.** Traducción de FAO, Fisheries Circular. Ciudad de La Habana, Cuba, n. 701, 1979. 191p.
- CADIMA, E. L. **Manual de evaluación de recursos pesqueros.** FAO Documento Técnico de Pesca. Roma, FAO, n. 393, 2003. 162p.

CASTRO e SILVA, S. M. M.; CAVALCANTE, P. P. L. **Perfil do Setor Lagosteiro Nacional**. Coleção Meio Ambiente. Série Estudos – Pesca, Brasília: IBAMA, n. 12, 1994. 81p.

CASTRO e SILVA, S. M. M.; ROCHA, C. A. S. Embarcações, aparelhos e métodos de pesca utilizados nas pescarias de lagostas no Estado do Ceará. **Arquivo de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 32, p. 7-27, 1999.

CAVALCANTE, P. P. L. A pesca de lagostas no litoral sul do estado da Bahia. **Pesca e Aquicultura**, Brasília, n. 12, p. 2-3, 1982.

CAVALCANTE, P. P. L.; FURTADO NETO, M. A. A.; COSTA, J. M.; NEVES, S. S. **Ordenamento da pesca da lagosta: uma experiência desordenada**. Fortaleza: Ministério de Pesca e Aquicultura; Universidade Federal do Ceará, 2011. 256p.

CEPNOR. Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Norte. Ministério do Meio Ambiente. Estatística por Estado, 1995, 1996, 1998, 1999, 2000, 2004 e 2005. Disponível em: <http://www4.icmbio.gov.br/cepnor/index.php?id_menu=52>. Acesso em: 14 dez. 2009.

CETRA, M.; PETRERE JÚNIOR, M. Small-scale fisheries in the middle River Tocantins, Imperatriz (MA), Brazil. **Fisheries Management and Ecology**, Oxford, v. 8, n. 2, p. 153-162, 2001.

COCHRANE, K.; TANDSTAD, M.; CRUZ, R.; EHRHARDT, N. M.; GONZALEZ CANO, J.; MEDLEY, P.; RESTREPO, V. R.; SEIJO, J. C. Management: review of existing regulations. In: FAO/Western Central Atlantic Fishery Commission. Report on the FAO/DANIDA/CFRAMP/WECAFC. **Regional Workshops on the Assessment of the Caribbean Spiny Lobster (*Panulirus argus*)**. Belize City, Belize, 21 April - 2 May 1997 and Merida, Yucatan, Mexico, 1-12 June 1998. FAO Fisheries Report, Rome, n. 619, p. 136-154, 2001.

COSTA, R. S.; ALBUQUERQUE, J. J. L. Experimentação de covos para a captura de lagostas no Ceará. **Boletim da Estação de Biologia Marinha**. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, n. 14, p. 1-7, 1966.

COUTINHO, P. N.; MORAIS, J. O. Distribución de los sedimentos en la plataforma continental norte y nordeste del Brasil. **Arquivo de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 10, n.1, p. 79-90, jun. 1970.

CRECCO, V.; OVERHOLTZ, W. J. Causes of density-dependent catchability for Georges Bank haddock *Melanogrammus aeglefinus*. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Canadá, v. 47, n. 2, p. 385-394, 1990.

CRUZ, R. Fecundidad y madurez sexual en la langosta comercial *Panulirus argus* (Latreille, 1804) Crustacea: Palinuridae en Cuba. **Revista de Investigaciones Marinas**, Cuba, v. 5, n. 1, p. 1-27, 1980.

CRUZ, R. **Metodología para la programación de la veda de la langosta**. Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP). MIP, Cuba, enero de 1981. 12p.

CRUZ, R. **Manual de métodos de muestreo para la evaluación de las poblaciones de langosta espinosa**. FAO Documento Técnico de Pesca. Roma, FAO, n. 399, 2002. 43p.

CRUZ, R., BAISRE, J. A.; DÍAZ, E.; BRITO, R.; GARCÍA, C.; BLANCO, W.; CARRODEGAS, C. Atlas biológico-pesquero de la langosta en el archipiélago cubano. **Revista de Investigaciones Pesqueras y Revista Mar y Pesca**. Publicación Especial. La Habana, 1987. 125p.

CRUZ, R.; BERTELSEN, R. The spiny lobster (*Panulirus argus*) in the Wider Caribbean: a review of life cycle dynamics and implications for responsible fisheries management. In: **Proceedings of the 61st Gulf and Caribbean Fisheries Institute**, Gosier, Guadeloupe, French West Indies, p. 433-446, 2009.

CRUZ, R.; BORDA, C. A.; MEDINA, J. H.; AYALA, A.; BUITRAGO, D. **Evaluación y ordenación del stock de langosta (*Panulirus argus*) en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Caribe colombiano**. Bogotá, Colombia: Ed. Ramos López Fotomecánica Ltda., Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER), 2007a, 46p.

CRUZ, R.; BRITO, R.; DÍAZ, E.; LALANA, R. Ecología de la langosta (*Panulirus argus*) al SE de la Isla de la Juventud. I. Colonización de arrecifes artificiales. **Revista de Investigaciones Marinas**, Cuba, v. 7, n. 3, p. 3-17, 1986.

CRUZ, R.; CONCEIÇÃO, R. N. L.; MARINHO, R. A.; BARROSO, J. C.; HOLANDA, J. S.; FÉLIX, C. S.; MARTINS, M. E. O.; SANTOS, F. S.; SILVA, K. C. A.; FURTADO-NETO, M. A. A. **Metodologias de amostragem para avaliação das populações de lagosta: Plataforma Continental do Brasil**. Edição bilíngue português/espanhol. Fortaleza: UFC / LABOMAR / NAVE; UH / CIM, Coleção Habitat, v. 6, 2011. 142p.

CRUZ, R.; SOTOMAYOR, R.; DE LEÓN, M. E.; PUGA, R. Impacto en el manejo de la pesquería de langosta (*Panulirus argus*) en el archipiélago cubano. **Revista de Investigaciones Marinas**, Cuba, v. 12, n. 1-3, p. 246-253, 1991.

CRUZ, R.; GONZÁLEZ, J.; DE LEÓN, M. E.; R. PUGA. La pesquería de la langosta espinosa (*Panulirus argus*) en el Gran Caribe. Evaluación y pronóstico. **Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras**, Cuba, v. 19, p. 63-76, 1995.

CRUZ, R.; LUCKHURTS B.; MULLER, R. Review of larval recruitment patterns and variability in spiny lobster (*Panulirus argus*). In: FAO/Western Central Atlantic Fishery Commission. Report on the FAO/DANIDA/CFRAMP/WECAFC. **Regional Workshops on the Assessment of the Caribbean Spiny Lobster (*Panulirus argus*)**. Belize City, Belize, 21 April - 2 May 1997 and Merida, Yucatan, Mexico, 1-12 June 1998. FAO Fisheries Report, Rome, n. 619, p. 26-32, 2001.

CRUZ, R.; PHILLIPS, B. F. The artificial shelters (pesqueros) used for the spiny lobster (*Panulirus argus*) fisheries in Cuba. In: PHILLIPS, B. F.; KITAKA, J. (Org.). **Spiny lobsters: Fisheries and Culture**. 2 ed. Oxford: Fishing News Books, p. 400-419, 2000.

CRUZ, R.; SUÁREZ, A. M.; LALANA, R.; ADRIANO, R. Predicción del reclutamiento y la población en la fase puerulo, algal y juvenil de la langosta (*Panulirus argus*) en asociaciones de algas. **Revista de Investigaciones Marinas**, Cuba, v. 28, n. 1, p. 11-19, 2007b.

CUSHING, D. H. The dependence of recruitment on parent stock in different groups of fishes. **J. Cons. Int. Explor. Mer**, v. 33, n. 3, p. 340-362, 1971.

DÁVILA, D.; CRUZ, R.; PERERA, E.; SAAVEDRA, G. Apareamiento y desove de la langosta *Panulirus argus* (Latreille, 1804) en cautiverio en Cuba. **Revista de Investigaciones Marinas**, v. 28, n. 1, p. 29-41, 2007.

DHN. Diretoria de Hidrografia e Navegação. Centro de Hidrografia Marinha. Cartas Digitais: cartas da costa brasileira, 2009. Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/dhn/dhn/index.html>>. Acesso em: 21 dez. 2009.

DIAS NETO, J. **Gestão do uso dos recursos pesqueiros marinhos no Brasil**. 2002. 164 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável, área de concentração Política e gestão Ambiental) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

DIAS NETO, J.; DORNELLES, L. D. C. Diagnóstico da pesca marítima do Brasil. Coleção Meio Ambiente Série Estudos de Pesca, Brasília: IBAMA, n. 20, 1996. 165p.

DINIZ, F. M.; MACLEAN, N.; OGAWA, M.; CINTRA, I. H. A. BENTZEN, P. The Hypervariable Domain of the Mitochondrial Control Region in Atlantic Spiny Lobsters and Its Potential as a Marker for Investigating Phylogeographic Structuring. **Marine Biotechnology**, v. 7, p. 462-473, 2005.

EHRHARDT, N. M. Regional Review. In: FAO/Western Central Atlantic Fishery Commission. Report on the FAO/DANIDA/CFRAMP/WECAFC. **Regional Workshops on the Assessment of the Caribbean Spiny Lobster (*Panulirus argus*)**. Belize City, Belize, 21 April - 2 May 1997 and Merida, Yucatan, Mexico, 1-12 June 1998. FAO Fisheries Report, Rome, n. 619, p. 12-16, 2001.

FERREIRA, M. G. N. **Avaliação e distribuição geográfica dos estoques de lagosta (Crustacea: Palinuridae) e sua capturabilidade nas regiões Norte e Nordeste do Brasil**. 1994. 25 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Pesca) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1994.

FONTELES-FILHO, A. A. Population dynamics of spiny lobsters (Crustacea: Palinuridae) in Northeast Brazil. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 44, n. 2-3, p. 192-196, 1992.

FONTELES-FILHO, A. A. Diagnóstico e perspectivas do setor pesqueiro artesanal do Estado do Ceará. In: FONTELES-FILHO A. A. (Ed.). **Anais do Workshop Internacional sobre a Pesca Artesanal**. Fortaleza: Imprensa Universitária da Universidade Federal do Ceará, p. 7-17, 1997a.

FONTELES-FILHO, A. A. Spatial distribution of the lobster *Panulirus argus* and *P. laeviscauda* in northern and northeastern Brazil in relation to the distribution of fishing effort. **Ciência e cultura**, São Paulo, v. 49, n. 3, p. 172-176, 1997b.

FONTELES-FILHO, A. A. The state of the lobster fishery in North-east Brazil. In: PHILLIPS, B. F.; KITAKA, J. (Org.). **Spiny lobsters: Fisheries and Culture**. 2 ed. Oxford: Fishing News Books, p. 121-134, 2000.

FONTELES-FILHO, A. A. Síntese sobre a lagosta-vermelha (*Panulirus argus*) e a lagosta-verde (*Panulirus laevicauda*) do Nordeste do Brasil. In: HAIMOVICI, M. (Org.). **A prospecção pesqueira e abundância de estoques marinhos no Brasil nas décadas de 1960 a 1990: levantamento de dados e avaliação crítica**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, p. 257-265, 2007.

FONTELES-FILHO, A. A.; FERREIRA, A. H. Análise do sistema de amostragem na captura de lagostas no Nordeste do Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 7, p. 175-185, 1990.

FONTELES-FILHO, A. A.; GUIMARÃES, M. S. S. Ciclos de produção e capacidade de carga dos estoques de lagostas do gênero *Panulirus* na plataforma continental do Estado do Ceará, Brasil. **Arquivo de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 32, p. 29-38, 1999.

FONTELES-FILHO, A. A.; IVO, C. T. C. Comportamento migratório da lagosta *Panulirus argus* (Latreille), em frente ao Estado do Ceará, Brasil. **Bol. Inst. Oceanogr.**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 173-176, 1980.

FOX, W. W. JR. An exponential surplus-yield model for optimizing exploited fish populations. **Transactions of the American Fisheries Society**, United Kingdom, v. 99, n. 1, p. 80-88, 1970.

GAERTNER, D.; DREYFUS-LEON, M. Analysis of non-linear relationships between catch per unit effort and abundance in a tuna purse-seine fishery simulated with artificial neural networks. **ICES Journal of Marine Science**, Oxford, v. 61, n. 5, p. 812-820, 2004.

GARCÍA, S. M.; MORENO, I. L.; Global overview of marine fisheries. In: SINCLAIR, M.; VALDIMARSSON, G. (Ed.). **Responsible Fisheries in the Marine Ecosystem**. Roma, FAO e CABI publishing, Wallingford, UK. p. 1-24, 2003.

GÓES, C. A.; LINS OLIVEIRA, J. E. Natural diet of the spiny lobster, *Panulirus echinatus* Smith, 1869 (Crustacea: Decapoda: Palinuridae), from São Pedro and São Paulo Archipelago, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 69, n. 1, p. 143-148, 2009.

GONZÁLEZ-SANSÓN, G.; HERRERA, A.; DÍAZ, E.; BRITO, R.; GOTERA, G.; ARRINDA, C.; IBARZÁBAL, D. Bioecología y conducta de la langosta (*Panulirus argus*, Lat.) en las zonas profundas del borde de la plataforma en la región suroccidental de Cuba. **Revista Investigaciones Marinas**, Cuba, v. 12, n. 1-3, p.140-153, 1991.

GOÑI, R. Ecosystem effects of marine fisheries: an overview. **Ocean & Coastal Management**, v. 40, n. 1, p. 37-64, 1998.

GULLAND, J. A. The estimation of the effect on catches of changes in gear selectivity. **ICES Journal of Marine Science**, Oxford, v. 26, n. 2, p. 204-214, 1961.

GULLAND, J. A. **Manual of sampling and statistical methods for fisheries biology**. Part 1. Sampling methods. FAO Manuals in Fisheries Science. Roma, FAO, n. 3, 1966. 87p.

GULLAND, J. A. **The fish resources of the ocean**. Fishing News (Books), Ltd., West Byfleet, Surrey, England, FAO, 1971. 255p. Edición revisada del FAO Fisheries Technical Paper. n. 97, 1970. 425p.

GULLAND, J. A.; ROSENBERG, A. A. **A review of length-based approaches to assessing fish stocks**. FAO Fisheries Technical Paper. Roma, FAO, n. 323, 1992. 100p.

HARLEY, S. J.; MYERS R. A.; DUNN A. Is catch-per-unit-effort proportional to abundance?. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Canadá, v. 58, n. 9, p. 1760-1772, 2001.

HERRNKIND, W. F. Spiny lobsters: patterns of movement. In: COBB, J. S.; PHILLIPS, B. F. (Ed.). **The biology and management of lobsters: Physiology and behavior**. Academic Press, New York, USA, v. 1, p. 349-407, 1980.

HILBORN, R.; WALTERS, C. J. **Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics and uncertainty**. New York: Chapman and Hall, 1992. 592p.

HOLDEN, M. J.; RAITT, D. F. S. **Manual de ciencia pesquera**. Parte 2 - Métodos para investigar los recursos y su aplicación. FAO Fisheries Technical Paper. Roma, FAO, n. 115, 1975. 255p.

IBAMA. **Relatório da reunião do grupo permanente de estudos (GPE) da lagosta**. Período: 16 a 19 de setembro de 1991. Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Nordeste - CEPENE, Tamandaré, Pernambuco, 1991. 75p.

IBAMA. **Relatório da reunião do grupo permanente de estudos (GPE) da lagosta**. Período: 08 a 12 de novembro de 1993. Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal, Fortaleza, Ceará, 1993. 73p.

IBAMA. **Relatório da reunião do grupo permanente de estudos (GPE) da lagosta**. Período: 21 a 25 de novembro de 1994. Rio Formoso – Tamandaré. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal, 1994. 232p.

IBAMA. **Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil – 1999**. Tamandaré, PE: CEPENE, 2000a. 150p.

IBAMA. **Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil – 2000**. Tamandaré, PE: CEPENE, 2000b. 140p.

IBAMA. **Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil – 2001**. Tamandaré, PE: CEPENE, 2001. 140p.

IBAMA. **Estatística da pesca 2000 Brasil: grandes regiões e unidades da federação**. Brasília: IBAMA, 2002a. 130p.

IBAMA. **Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil – 2002.** Tamandaré, PE: CEPENE, 2002b. 209p.

IBAMA. **Estatística da pesca 2001 Brasil:** grandes regiões e unidades da federação. Tamandaré: IBAMA, 2003. 124p.

IBAMA. **Proposta Preliminar para Implementação de Medidas Emergenciais de Ordenamento da Pesca de Lagostas.** IBAMA, Brasília, DF, 2004a.

IBAMA. **Estatística da pesca 2002 Brasil:** grandes regiões e unidades da federação. Tamandaré: IBAMA, 2004b. 129p.

IBAMA. **Estatística da pesca 2003 Brasil:** grandes regiões e unidades da federação. Brasília: IBAMA, 2004c. 137p.

IBAMA. **Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil – 2003.** Tamandaré, PE: CEPENE, 2004d. 191p.

IBAMA. **Estatística da pesca 2004 Brasil:** grandes regiões e unidades da federação. Brasília: IBAMA, 2005a. 136p.

IBAMA. **Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil – 2004.** Tamandaré, PE: CEPENE, 2005b. 152p.

IBAMA. **Estatística da pesca 2005 Brasil:** grandes regiões e unidades da federação. Brasília: IBAMA, 2007a. 147p.

IBAMA. **Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil – 2005.** Tamandaré, PE: CEPENE, 2007b. 217p.

IBAMA. **Estatística da pesca 2006 Brasil:** grandes regiões e unidades da federação. Brasília: IBAMA, 2008. 174p.

IBAMA. **Estatística da pesca 2007 Brasil:** grandes regiões e unidades da federação. Brasília: IBAMA, 2009. 175p.

IVO, C. T. C. **Biologia, pesca e dinâmica populacional das lagostas *Panulirus argus* (Latreille) e *Panulirus laevicauda* (Latreille) (Crustacea, Palinuridae), capturadas ao longo da plataforma continental do Brasil, entre os estados do Amapá e do Espírito Santo.** 1996. 277 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1996.

IVO, C. T. C.; NETO, J. R. Estudo comparativo sobre a pesca de lagostas com covo e rede de espera no estado do Ceará. **Boletim Técnico Científico do CEPENE**, Tamandaré, v. 4, n. 1, p. 95-134, 1996.

IVO, C. T. C.; PEREIRA, J. A. Sinopse das principais observações sobre a lagosta *Panulirus argus* (Latreille) e *Panulirus laevicauda* (Latreille), capturadas em águas costeiras do Brasil, entre os estados do Amapá e Espírito Santo. **Boletim Técnico Científico do CEPENE**, Tamandaré, v. 4, n. 1, p. 1-96, 1996.

KANCIRUK, P. Ecology of juvenile and adult Palinuridae (spiny lobsters). In: COBB, J. S.; PHILLIPS, B. F. (Eds.). **The biology and management of lobsters**, v. 2: ecology and management. New York: Academic Press, p. 59-96, 1980.

KING, M. **Fisheries biology, assessment and management**. Fishing News Books, Oxford: Blackwell Science-UK, 1995. 341p.

LAUREC, A.; LE GUEN, J. C. **Dynamique des populations marines exploitées**. Tome 1 Concepts et Modèles. Centre National Pour L'Exploitation des Océans. Rapports Scientifiques et Techniques, n. 45, 1981. 118 p.

LIPCIUS, R. N.; EGGLESTON, D. B. Ecology and fishery biology of spiny lobsters. In: PHILLIPS, B. F.; KITTAKA, J. (Org.). **Spiny Lobsters: Fisheries and Culture**. 2 ed. Oxford: Fishing News Books, p. 1-41, 2000.

MAMEDE, P. O mar não está para lagosta. **Revista Universidade Pública**. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, n. 33, p. 20-27, 2006.

MCDONALD, A. D.; KENDRICK, T. H.; BREEN, P. A. Empirical weighting of multiple stock-abundance indices for parameter estimation and stock assessment in a multi-zone or multi-species fishery. **ICES Journal of Marine Science**, Oxford, v. 58, n. 1, p. 204-215, 2001.

MELO, A. S. S. A.; BARROS, A. D. Pesca predatória da lagosta no Brasil: um modelo insustentável. In: **XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural - SOBER**, Recife, 2007. 19p.

MPA. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura**. Brasil 2008-2009. Brasília, DF: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2011. 99p.

MULLER, R.; DOUG, H. Draft national report. Spiny lobster fisheries of the United States of America. CFRAMP/FAO/DANIDA. **Assessment Workshop on the Spiny Lobster, *Panulirus argus*, Fisheries in the WECAFC Area**. Belize City, Belize, April 21-May 2, 1997.

MUNRO, J. L. The biology, ecology and bionomics of spiny lobsters (Palinuridae), spider crabs (Majidae) and other crustacean resources. In: MUNRO, J. L. (Ed.). **Caribbean coral reef fishery resources**. Chapter 16. Manila: ICLARM Studies and Reviews 8, p. 206-222, 1983.

MUNRO, J. L. THOMPSON, R. The Jamaica fishing industry. In: MUNRO, J. L. (Ed.). **Caribbean coral reef fishery resources**. Chapter 2. Manila: ICLARM Studies and Reviews 8, p. 10-14, 1983.

NASCIMENTO, R. C. **Impactos sócio-ambientais de marambaias para a pesca de lagosta: o caso de Ponta Grossa, Icapuí-CE**. 2006. 86 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

OLIVEIRA, G. **A pesca da lagosta sapateira *Scyllarides deceptor* Holthuis, 1963 (Crustacea: Decapoda: Scyllaridae) no Sul do Brasil** – Subsídios ao conhecimento da biologia reprodutiva e à conservação da espécie. 2008. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas, área de concentração Zoologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

OLIVEIRA, G. M. A pesca de lagostas. In: OLIVEIRA, G. M. (Org.). **Pesca e Aquicultura no Brasil, 1991-2000: Produção e Balança Comercial**. Brasília: IBAMA, p. 83-84, 2005.

PAIVA, M. P. Estudo sobre a pesca de lagostas no Ceará, durante o ano de 1965. **Arquivos da Estação de Biologia Marinha**. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, v. 6, n. 2, p. 147-165, dez. 1966.

PAIVA, M. P. Estudo sobre a pesca de lagostas no Ceará, durante o ano de 1972. **Arquivo de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 65-67, jun. 1973.

PAIVA, M. P. Estudo sobre a pesca de lagostas no Ceará, durante o ano de 1973. **Arquivo de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 14, n. 1, p. 37-40, jun. 1974.

PAIVA, M. P. **Recursos pesqueiros estuarinos e marinhos do Brasil**. Fortaleza: Edições UFC, 1997. 286p.

PAIVA, M. P.; COSTA, R. S. Comportamento biológico da lagosta *Panulirus laevicauda* (Latreille). **Arquivos da Estação de Biologia Marinha**. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, v. 8, n. 1, p. 1-6, jun. 1968.

PETERMAN, R. M.; STEER, G. J. Relation between sport-fishing catchability coefficients and salmon abundance. **Transactions of the American Fisheries Society**, United Kingdom, v. 110, n. 5, p. 585-593, 1981.

PETERSON, R. G.; STRAMMA, L. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. **Progress in Oceanography**, Oxford, v. 26, n. 1, p. 1-73, 1991.

PHILLIPS, B. F.; COBB, J. S.; GEORGE, R. W. General Biology. In: COBB, J. S.; PHILLIPS, B. F. (Ed.). **The biology and management of lobsters: Physiology and behavior**. Academic Press, New York, USA, v. 1, p. 1-82, 1980.

PINHEIRO, A. P.; FREIRE, F. A. M.; LINS OLIVEIRA, J. E. Population biology of *Panulirus echinatus* Smith, 1869 (Decapoda: Palinuridae) from São Pedro and São Paulo Archipelago, Northeastern Brazil. **Nauplius**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 27-35, 2003.

PINHEIRO, A. P.; LINS OLIVEIRA, J. E. Reproductive Biology of *Panulirus echinatus* (Crustacea: Palinuridae) from São Pedro and São Paulo Archipelago, Brazil. **Nauplius**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 89-97, 2006.

PLANO DE GESTÃO para o uso sustentável de Lagostas no Brasil: *Panulirus argus* (Latreille, 1804) e *Panulirus laevicauda* (Latreille, 1817). Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. DIAS NETO, J. (Org.), Brasília: IBAMA, 2008. 121p.

PORTO, V. M. S.; CINTRA, I. H. A.; SILVA, K. C. A. Sobre a pesca da lagosta-vermelha, *Panulirus argus* (Latreille, 1804), na costa norte do Brasil. **Boletim Técnico Científico do CEPNOR**, Belém, v. 5, n. 1, p. 83-92, 2005.

RAMÍREZ, A. **Reproducción de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Latreille, 1804) en la costa Noreste de Quintana Roo**. 1996. 85 f. Tesis de Maestría – Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1996.

RANDALL, R. G.; MINNS, C. K. Comparison of a Habitat Productivity Index (HPI) and an Index of Biotic Integrity (IBI) for Measuring the Productive Capacity of Fish Habitat in Nearshore Areas of the Great Lakes. **Journal of Great Lakes Research**, v. 28, n. 2, p. 240-255, 2002.

SCHMIEGELOW, J. M. M. **O planeta azul: uma introdução às ciências marinhas**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 202p.

SEAP; IBAMA; PROZEE. **Relatório técnico sobre o censo estrutural da pesca artesanal marítima e estuarina nos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Relatório técnico. Convênio SEAP/IBAMA/PROZEE n° 110/2004, (Processo n° 00350.000748/2004-74). Itajaí, novembro de 2005. 154 p.

SEAP; IBAMA; PROZEE. **Relatório final do projeto de monitoramento da atividade pesqueira no litoral do Brasil – Projeto Estatpesca**. Convênio SEAP/IBAMA/PROZEE n° 109/2004 (Processo n° 00350.000749/2004-19). Brasília, agosto de 2006. 328p.

SEAP; IBAMA; PROZEE. **Monitoramento da atividade pesqueira no litoral nordestino – Projeto Estatpesca**. Convênio SEAP/IBAMA/PROZEE 060/2006. Tamandaré, PE: CEPENE, junho de 2008. 385p.

SEBER, G. A. F. **The Estimation of animal abundance and related parameters**. New York: MacMillan Publishing Co. 2ª ed., 1982. 654p.

SILVA, A. C. **A pesca de pequena escala nos litorais setentrional e oriental do Rio Grande do Norte**. 2010. 201 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Pesca) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

SILVA, A. C.; FONTELES-FILHO, A. A. **Avaliação do defeso aplicado à pesca da lagosta no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: Editora Expressão Gráfica, 2011. 112p.

SILVA, K. C. A.; BOTELHO, K. B.; CINTRA, I. H. A.; ARAGÃO, J. A. N. Parâmetros reprodutivos da lagosta-vermelha *Panulirus argus* (Latreille, 1804), na costa Norte do Brasil. **Boletim Técnico Científico do CEPNOR**, Belém, v. 8, n. 1, p. 27-39, 2008.

SILVA, K. C. A.; CINTRA, I. H. A.; RAMOS-PORTO, M.; VIANA, G. F. S. Lagostas capturadas durante pescarias experimentais para o Programa REVIZEE/Norte (Crustacea, Nephropoidea, Eryonoidea, Palinuroidea). **Boletim Técnico Científico do CEPNOR**, Belém, v. 3, n. 1, p. 21-35, 2003.

SILVA, M. de B.; CAMPOS, C. E. C; TARGINO, S. G.; MELO, C. E. D. C. A. Aspectos populacionais da lagosta pintada *Panulirus echinatus* Smith, 1869 na Reserva Biológica de Atol das Rocas – Brasil. **Holos environment**, v. 1, n. 2, p. 187-198, 2001.

SOARES, C. N. C. **Época de reprodução da lagosta *Panulirus argus* (Latreille), no litoral do Estado do Ceará, Brasil**. 1994. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1994.

SOARES, C. N. C.; CAVALCANTE, P. P. L. Caribbean spiny lobster (*Panulirus argus*) and smooth tail spiny lobster (*Panulirus laevicauda*) reproductive dynamics on the Brazilian Northeastern coast. **FAO Fisheries Report**, Rome, n. 327, p. 200-217. 1985.

SPARRE, P.; VENEMA, S. C. **Introdução à avaliação de mananciais de peixes tropicais**. Part 1. Manual. FAO Documento Técnico sobre as Pescas. Roma, FAO, n 306/1, rev. 2, 1997. 404p.

SWAIN, D. P.; SINCLAIR, A. F. Fish distribution and catchability: what is the appropriate measure of distribution? **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Canadá, v. 51, n. 5, p. 1046-1054, 1994.

VASCONCELOS, J. A.; OLIVEIRA, J. E. L. Estudo comparativo sobre a pesca de lagostas com rede de espera de fundo, tipo caçoeira e mergulho, auxiliado por compressor, no Estado do Rio Grande do Norte. **Boletim Técnico Científico do CEPENE**, Tamandaré, v. 4, n. 1, p. 1-41, 1996.

VASCONCELOS, J. A.; VASCONCELOS, E. M. S.; OLIVEIRA, J. E. L. Captura por unidade de esforço dos diferentes métodos de pesca (rede, mergulho e covo) empregados na pesca lagosteira do Rio Grande do Norte (Nordeste - Brasil). **Boletim Técnico Científico do CEPENE**, Tamandaré, v. 2, n. 1, p. 133-153, 1994.

VASKE JÚNIOR, T.; LESSA, R. P.; NÓBREGA, M. F.; AMARAL, F. M. D.; O'BRIEN, S. R. M.; COSTA, F. A. P. **Arquipélago de São Pedro e São Paulo: histórico e recursos naturais**. Fortaleza: NAVE/LABOMAR UFC, Coleção Habitat, v. 3, 2010. 242p.

ZANCHETTA, R. S. **Estudo de caso do ordenamento pesqueiro aplicado à pesca da lagosta no estado do Espírito Santo**. 2009. 98 f. Monografia (Graduação em Oceanografia) - Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

APÊNDICE B - DADOS DE CAPTURA E ESFORÇO DA PESCA DE LAGOSTA

Nome do observador: _____ Data da amostragem: __/__/__

Município / local: _____ Estrato: ____ Estado: ____

Porto de saída: _____ Porto de chegada: _____

Data da saída: __/__/__ Data da chegada: __/__/__

Dias de mar: ____ Dias de pesca: ____ Nome do barco: _____

Comprimento do barco: _____ Propulsão: _____

Aparelho de pesca: _____ Técnica de pesca: _____

Nº aparelhos de pesca vazios: _____ Nº de pescadores: _____

| Dados do esforço | Lance Nº | | Lance Nº | | Lance Nº | | Lance Nº | |
|---------------------------------|----------|----|----------|----|----------|----|----------|----|
| Data | | | | | | | | |
| Latitude | | | | | | | | |
| Longitude | | | | | | | | |
| Hora (lançamento) | | | | | | | | |
| Nº de armadilhas (lançamento) | | | | | | | | |
| Hora (recolhimento) | | | | | | | | |
| Nº de armadilhas (recolhimento) | | | | | | | | |
| Profundidade | | | | | | | | |
| Tipo de fundo | | | | | | | | |
| Tipo de isca | | | | | | | | |
| Tipo de aparelho de pesca | | | | | | | | |
| Dados de Captura | Lance Nº | | Lance Nº | | Lance Nº | | Lance Nº | |
| | Nº | kg | Nº | kg | Nº | kg | Nº | kg |
| Lagosta vermelha | | | | | | | | |
| Lagosta verde | | | | | | | | |
| Lagosta sapateira | | | | | | | | |
| Lagosta pintada | | | | | | | | |
| Outras | | | | | | | | |

Observações gerais: _____
