

**REVISÃO DAS AVALIAÇÕES POPULACIONAIS DA
LAGOSTA VERDE (PANULIRUS LAEVICAUDA) E DA
LAGOSTA VERMELHA (PANULIRUS ARGUS)
EXPLORADAS NO LITORAL DO NORDESTE DO BRASIL**

Carolina Minte-Vera
2023

Citação:

Minte-Vera, C.V. 2023. REVISÃO DAS AVALIAÇÕES POPULACIONAIS DA LAGOSTA VERDE (PANULIRUS LAEVICAUDA) E DA LAGOSTA VERMELHA (PANULIRUS ARGUS) EXPLORADAS NO LITORAL DO NORDESTE DO BRASIL. Relatório final (não publicado, 17 páginas)

Contato:

Carolina Minte-Vera

cminte@iattc.org

Senior Stock Assessment Scientist

Stock Assessment Program

Inter-American Tropical Tuna Commission

CONTEÚDO

Resumo	3
Introdução.....	4
Metodologia.....	4
Supostos Sobre A Estrutura Das Populações	5
Parâmetros da historia de vida.....	7
Nível De Informação / Contraste Nos Dados Para Fins De Avaliação De Estoque	9
Índices De Abundância.....	10
Enfoque De Avaliação Utilizado	11
Diagnóstico Das Populações	12
Langosta vermelha (<i>Panulirus argus</i>)	14
Langosta verde (<i>Panulirus laevicauda</i>)	14
Conclusões E Recomendações Gerais.....	14
Referencias bibliográficas	15
Anexo 1. Comentários Menores	17
Anexo 2. Avaliações anteriores dos estoques de lagosta realizadas pelo CEDEPESCA.....	17

RESUMO

É apresentada uma revisão das avaliações populacionais das duas principais espécies de lagostas exploradas na costa nordeste do Brasil, a lagosta verde (*Panulirus laevicauda*) e a lagosta vermelha (*Panulirus argus*). Ambas as avaliações são baseadas em dados de peso de cauda de lagosta transformados a comprimento e dados de captura. Índices de abundância não são usados. A interpretação dos dados de peso da cauda depende da transformação peso-comprimento, das taxas de crescimento, da variabilidade do comprimento na idade, das taxas de mortalidade natural e da seletividade da pesca. A interpretação dos dados de captura depende da área ocupada pela frota em relação à área de distribuição do estoque e de possíveis expansões da frota ao longo do tempo para novos pesqueiros e áreas mais profundas. As estimativas do estado das populações apresentadas ($B/B_0=10\%$, $F/FMSY_proxy=5,67$ para a lagosta verde e $B/B_0=25\%$, $F/FMSY_proxy=1,57$ para a lagosta vermelha) representam um bom guia inicial para a tomada de decisões que não podem ser postergadas. Os estoques, no entanto, podem estar ainda mais sobreexplorados e podem estar sob uma superexploração ainda mais intensa caso a mortalidade natural seja menor do que a suposta pelos autores e caso a frota tenha se expandido a novos pesqueiros no Norte do Brasil na região do Grande Sistema de Recifes da Amazônia (GARS por sua sigla em inglês, *Great Amazon Reef System*) e para áreas mais profundas, pois isto seria evidencia de que supostos importantes das análises estão sendo violados. A diminuição da mortalidade por pesca nos últimos anos estimada para a lagosta vermelha pode ser tanto um artifício do aumento dos tamanhos devido à expansão da frota em áreas com animais maiores (e.g., GARS), quanto o efeito dos defesos implementados desde 2012. A distinção entre estas duas hipóteses é importante porque pode indicar tanto o esgotamento da população nos locais tradicionais de pesca (e daí a necessidade de procurar novos pesqueiros quando pesqueiros tradicionais estão em colapso), ou o efeito de medidas de gestão (imposição de períodos de defeso nos meses quando as lagostas são menores). Essa distinção só será possível obtendo dados sobre as mudanças ao longo do tempo na distribuição espacial das capturas, que permitam avaliar quanto da captura processada pelas indústrias vem do GARS. São feitas sugestões específicas para melhorar a qualidade da informação, para que no futuro possam ser feitas melhores avaliações e a gestão pesqueira possa ser baseada na melhor informação científica disponível. Recomenda-se que a pesquisa científica seja realizada em colaboração com as universidades federais e os institutos de pesquisa do IBAMA sejam retomadas a fim de obter índices de abundância relativa das duas espécies e outras informações para a gestão pesqueira. Considera-se que as avaliações apresentadas, apesar de poderem ser melhoradas no futuro, são suficientes para apontar a necessidade urgente de um plano de recuperação das populações, em especial da lagosta verde, aplicando o princípio da precaução.

INTRODUÇÃO

Este relatório relata a revisão das avaliações de estoques das duas principais espécies de lagostas exploradas na costa nordeste do Brasil, a lagosta verde (*Panulirus laevicauda*) e a lagosta vermelha (*Panulirus argus*) realizadas pelos pesquisadores Dr. Cristian Canales, Professor Associado da Pontifícia Universidad Católica de Valparaíso, Escola de Ciências Marinhas, Laboratório de Dinâmica de Populações Marinhas e Modelagem Estatística (DIMARE), e Msc. Maurício Ibarra. A revisão foi realizada a pedido do CEDEPESCA, no âmbito de um Projeto de Melhoria Pesqueira (FIP) da pesca da lagosta no Brasil realizado em colaboração com a Associação de Pesca Sustentável de Icapuí, M M SEA, Tequesta Bay, World Wide Fund for Nature (WWF), Federação dos Pescadores do Estado do Rio Grande do Norte, Colônia de Pescadores Z-33 do Rio Grande do Norte, Colônia de Pescadores Z-17 do Rio Grande do Norte e Colônia de Pescadores Z-4 do Rio Grande do Norte. Os principais objetivos do trabalho de avaliação foram resumir e sintetizar as informações disponíveis sobre os dois estoques, compilar os dados de captura e tamanho e avaliar a situação dos dois estoques usando métodos pobres em dados.

Este trabalho de revisão foi solicitado a fim de avançar no desenvolvimento e implementação de um procedimento de gestão pesqueira transparente e verificável. O objetivo da revisão foi avaliar o desempenho geral da abordagem de avaliação de estoque proposta pelos pesquisadores para a lagosta verde e para a lagosta vermelha, sua aplicação e resultados, e preparar recomendações para o curto, médio e longo prazo, para melhorar as avaliações.

A revisão apresentada neste relatório centrou-se em:

- Suposições sobre a estrutura das populações
- A adequação dos parâmetros da história de vida (crescimento, mortalidade natural e maturidade).
- O nível de informação/contraste nos dados para fins de avaliação de estoque (desembarques, composições de tamanho de desembarque)
- A aplicabilidade da abordagem de avaliação utilizada
- A qualidade das estimativas e níveis de incerteza
- O diagnóstico de populações

METODOLOGIA

Para revisar as avaliações de estoque, foram analisados dois relatórios (Canales e Ibarra 2021a, 2021b) e os artigos que descrevem os modelos usados: modelo LBPA (“Length Based pseudo-cohort analysis”), que é uma análise de coortes em comprimento proposta por Canales et al. (2021) com base em Hodryk et al. (2014), e o modelo MESTOCKL (Canales et al, 2014), que é um modelo dinâmico por idade, que para a presente aplicação foi ajustado para dados de captura frequência de comprimento das capturas.

SUPOSTOS SOBRE A ESTRUTURA DAS POPULAÇÕES

Justificativa: Idealmente, a unidade básica de gestão da pesca deve ser um grupo de indivíduos que se auto-reponha. O pressuposto principal para avaliar um estoque é analisar se ele é constituído por uma população fechada com capacidade de auto-reposição.

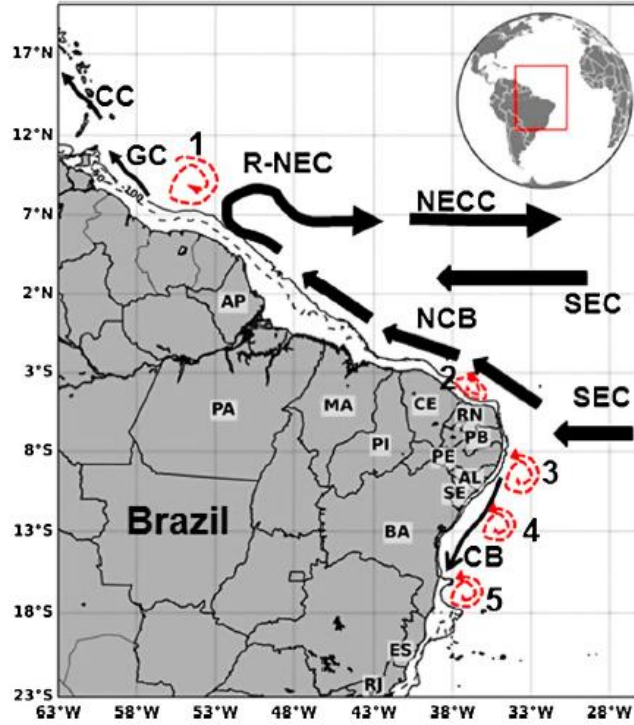
Premissas: No trabalho analisado, considera-se que os estoques objeto da análise estão distribuídos na costa brasileira e assume-se que cada espécie é composta por apenas uma população. No entanto, não está claro a quais áreas costeiras correspondem os dados de captura e, dessa forma, não está claro qual é o pressuposto da extensão espacial da distribuição dos estoques na costa brasileira. O esclarecimento sobre este ponto é essencial para a interpretação dos dados e resultados.

Análise: O sistema oceanográfico das costas Norte e Nordeste do Brasil poderia justificar a retenção das larvas de lagosta e justificar a suposição de uma população fechada nas áreas de maior pesca. As maiores capturas no norte e nordeste do Brasil, de 2°S a 8°S, e especialmente nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, devem-se à existência de uma plataforma continental relativamente larga e rasa (3–60 m), com predominância de vários habitats favoráveis às lagostas, como recifes e leitos de algas calcárias, e ausência de grandes rios, que possam trazer descargas sedimentares (Cruz et al 2021). Nessas áreas, ocorre também o declive da plataforma continental, que desce abruptamente a partir dos 60 m. Ao sul de Pernambuco e no sudeste do Brasil, com exceção da região de Abrolhos, a plataforma é estreita e os desembarques de lagostas são pequenos.

Cruz et al (2015) indicam que o assentamento de puerulos da lagosta verde ocorre na plataforma continental do Brasil ao longo do ano, com dois períodos de maior intensidade, em março-abril e em julho-setembro, quando ocorrem os vórtices de retroflexão do Norte do Brasil. As correntes são mais intensas e alimentam a Contracorrente Norte Equatorial que flui para leste (Figura 1a), que poderia reter as larvas geradas nas costas Norte e Nordeste do Brasil. Cruz et al (2015) mencionam, inclusive, que as larvas não poderiam atravessar as descargas dos rios Orinoco e Amazonas, o que impediria a troca de larvas entre o Brasil e o Caribe. Gaeta et al (2022), descrevem a fecundidade da lagosta vermelha e indicam a presença de fêmeas com ovos tanto no litoral do Ceará quanto no GARS (Grande Sistema de Recifes da Amazônia), sendo que as fêmeas no GARS tem tamanhos e fecundidades maiores que no Ceará (Figura 1b). A diferença de tamanhos indica que esgotamento local pode estar acontecendo em áreas fora do GARS. Os autores indicam ainda que houve expansão das áreas de pesca para o GARS, o que poderia ser outra população.

O acompanhamento da expansão da frota para áreas fora do Ceará e do Rio Grande do Norte deve ser levados em consideração quando se realiza a avaliação dos estoques, a fim de determinar se esgotamento seriado pode estar acontecendo. Os crustáceos são suscetíveis ao esgotamento seriado, que pode ser mascarado se os pescadores encontrarem regiões cada vez mais distantes ou profundas para explorar, abandonando as áreas de sobreexploração (Orensanz e outros 1998).

Para efeitos das avaliações apresentadas, considera-se que se justifica a hipótese de população fechada, se forem consideradas todas as capturas do Brasil, o que não fica claro na explicação apresentada no relatório.



b

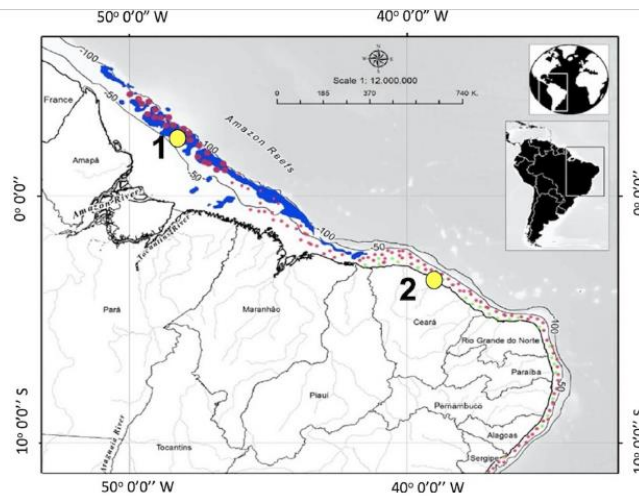


Figura 1 (a). Representação esquemática das correntes e da geração de redemoinhos que podem atuar como sistemas de retenção oceanográfica para larvas de lagosta: Corrente Equatorial Sul (SEC), Corrente Norte do Brasil (NCB), Corrente do Brasil (CB), Retroflexão da Corrente Norte do Brasil (R-NEC), Contracorrente Norte Equatorial (NECC), Corrente das Guianas (CG) e Corrente do Caribe (CC). As setas vermelhas indicam redemoinhos citados na literatura. O mapa mostra a plataforma continental do Brasil e os estados costeiros: Amapá (AP), Pará (PA), Maranhão (MA), Piauí (PI), Ceará (CE), Rio Grande do Norte (RN), Paraíba (PB), Pernambuco (PE), Alagoas (AL), Sergipe (SE), Bahia (BA) e Espírito Santo (ES). Retirado de Cruz et al 2015. (b) Mapa da Plataforma continental do Brasil mostrando as áreas de pesca da lagosta vermelha (pontos vermelhos) e da lagosta verde (pontos verdes) e a área do no GARS (Grande Sistema de Recifes da Amazônia). Os pontos numerados indicam áreas de coleta de fêmeas para estimativa de fecundidade no Pará (1) no Ceará (2). Retirado de Gaeta et al (2022).

Recomendações

Curto prazo:

- Produzir mapas da distribuição das capturas ao longo do tempo.

Medio prazo:

- Produzir mapas da distribuição de juvenis e adultos basados em amostragens biológicas.

Longo prazo:

- Realizar estudos de estrutura de estoques

PARÂMETROS DA HISTORIA DE VIDA

Antecedentes: Os parâmetros da história de vida determinam a produtividade das populações e sua suscetibilidade aos impactos do extrativismo pela pesca. Os resultados das avaliações de estoque são altamente sensíveis a suposições de mortalidade natural, crescimento e biologia reprodutiva, não apenas por causa do efeito na estimativa de variáveis de estado, mas também pelo efeito nas estimativas de pontos de referência biológicos (por exemplo, Minte-Vera et al, 2019). Idealmente, os parâmetros da história de vida devem corresponder aos estoques avaliados. Um parâmetro frequentemente negligenciado nas avaliações de estoque é o coeficiente de variação do comprimento com a idade. Este parâmetro pode ter grande influência nas informações que são extraídas das frequências de comprimento. Este ponto é especialmente importante no caso dos modelos utilizados para avaliação da lagosta vermelha e da lagosta verde do Brasil, que são ajustados apenas às distribuições de tamanho. A interpretação das distribuições de tamanho é totalmente dependente dos parâmetros de mortalidade natural, crescimento e relação peso-comprimento.

Premissas: Os autores realizam uma revisão da literatura e dentro dos valores encontrados, foram escolhidos os valores dos parâmetros de crescimento correspondentes aos estudos com maior número de anos. Para ambas as espécies, foram adotados os parâmetros estimados por Ivo & Pereira (1996) por progressão modal. Em relação à mortalidade natural, embora seja citada na literatura uma ampla gama de valores (de cerca de 0,15 a 0,8, para ambas as espécies), o valor assumido nas análises foi um valor médio de 0,45-0,46, que corresponde a mais ou menos 6 anos de longevidade. Foi utilizada a relação média entre peso e comprimento.

Justificativa apresentada: Não há justificativa explícita para os valores de mortalidade natural. Os parâmetros de crescimento adotados são os estimados baseados em mais anos de dados

Análise: Em geral, os parâmetros de crescimento baseados em progressões modais podem subestimar o crescimento, pois tamanhos maiores podem conter diferentes classes de idade, mas não ser claramente distinguíveis nos modas. Além disso, o tamanho não é considerado uma boa medida de idade em crustáceos na natureza, porque o crescimento depende de muitos fatores ambientais e pode até ser dependente da densidade (Maxwell et al 2009). O envelhecimento usando estruturas duras, como os ossículos gástricos, ainda está em desenvolvimento (por exemplo, Gnanalingam et al 2019). O uso da concentração neuronal de lipofuscina tem sido sugerido como uma alternativa para estimar a longevidade em crustáceos. A dificuldade em estimar idades em crustáceos é evidenciada pela predominância de

trabalhos que utilizam progressão modal para estimar crescimento (82%) versus lipofuscina (13%) e bandas em estruturas duras (4%) (Kilada e Driscoll 2017).

Dadas as dificuldades em estimar as idades, a incerteza tanto no crescimento quanto na mortalidade natural deve ser levada em consideração ao usar métodos de comprimento final para avaliar as populações de lagostas. Maxwell et al (2009) estimaram que, com base nas taxas de acúmulo de lipofuscina neuronal, a lagosta vermelha no Caribe pode viver até 20 anos. Essa longevidade representa quase mais de 3 vezes a longevidade assumida nas avaliações analisadas.

Além da incerteza na longevidade, o dimorfismo sexual no crescimento exibido pela lagosta vermelha e pela lagosta verde impõe outra fonte de incerteza ao usar uma única curva de crescimento para os dois sexos.

Outro ponto que parece problemático é a transformação entre pesos e comprimentos da cauda e a separação das caudas em espécies. Não há detalhes de como essa relação foi estimada, nem como as espécies foram separadas, apenas é mencionado que foram utilizadas as proporções indicadas pelas indústrias. As indústrias parecem não ter preços diferenciados para as espécies, apenas para as diversas categorias (Cerqueira 2022).

Estimativas fertilidade em relação ao comprimento, o comprimento na primeira maturação e a distribuição espacial e temporal de fêmeas maduras parecem ser mais bem determinados, bem como o crescimento em idades mais jovens, que podem ser distinguidas como modas nas frequências de comprimento.

Assim, para o modelo LBPA quanto para o modelo MESTOCKL, análises de sensibilidade a parâmetros de história de vida, como mortalidade natural e crescimento, devem ser incluídas. A incerteza na relação entre peso e comprimento da cauda também deve ser incluída. Para avaliar essas duas espécies, ou manejá-las da melhor maneira possível, a distribuição de tamanho de áreas com alta pressão de pesca pode ser comparada com a distribuição de tamanho em áreas protegidas. A diferença entre as distribuições de tamanhos entre esses dois tipos de área podem dar uma ideia do efeito da mortalidade por pesca na população. A estrutura de tamanho em áreas fechadas para pesca pode servir como um guia.

Recomendações

Curto prazo:

- Fazer análises de sensibilidade usando valores alternativos para os parâmetros de história de vida das duas espécies, usando intervalos de M de 0,14 (correspondente a 20 anos de longevidade) a 0,8.
- Realizar análise de sensibilidade aos valores de proporção de capturas entre as duas espécies.

Médio prazo:

- Implementar amostragem de tamanho e composição de espécies de capturas de lagosta
- Estimar o crescimento usando a frequência dos modas mensais para ver se elas podem ser preditas pelas taxas de crescimento somático assumidas.

Longo prazo:

- Estimar idades usando métodos alternativos, como concentração de lipofuscina neuronal

- Estimar a mortalidade natural comparando tamanhos em áreas sem pressão de pesca (por exemplo, áreas mais profundas ou áreas protegidas, onde os tamanhos podem ser estimados usando levantamentos visuais) e áreas com diferentes níveis de pressão de pesca
- Estimar o crescimento usando técnicas de marcação e recaptura de lagostas.

NÍVEL DE INFORMAÇÃO / CONTRASTE NOS DADOS PARA FINS DE AVALIAÇÃO DE ESTOQUE

Antecedentes: As informações sobre pesca precisam mostrar contraste (ou seja incluem períodos de alta e de baixa pressão pesqueira ou áreas com alta e baixa pressão pesqueira) e não apresentar confundimento com outros fatores para serem informativas sobre a dinâmica populacional. Para entender as informações que os dados podem conter, é necessário entender se existem outras fontes de variabilidade e viés (como as relacionadas a mudanças no desenho amostral ou interrupção na coleta de dados devido a mudanças nas políticas governamentais).

Premissas:

- Os dados de exportação representam todas as capturas
- A proporção entre as espécies não mudou ao longo do tempo
- A distribuição de pesos por categoria comercial representa bem a distribuição de tamanhos
- A relação entre categorias e tamanhos comerciais não varia
- A mistura de artes de pesca e locais de pesca manteve-se constante ao longo do tempo, de forma que a seletividade para toda a pescaria pode ser estimada com uma distribuição logística.

Análise: Alencar et al (2020) aponta que os dados de exportação não podem ser utilizados para inferir a produção anual, pois as exportações de um ano referem-se a duas temporadas de pesca, sendo uma do ano anterior. Por exemplo, para as exportações de janeiro a maio de 2019, correspondem a pescarias realizadas na safra de 2018, e que são mantidas nas indústrias. Para interpretar os dados utilizados, há várias perguntas que devem ser respondidas:

- Como é estimada a captura total?
- Quanto da captura os dados representam?
- Quais são as áreas cobertas pelas empresas que compram as lagostas?
- Qual é o nível de confiança nos dados de captura?
- Existem capturas que não são consideradas?
- Como são obtidos os dados das categorias comerciais?
- As lagostas que não são processadas para exportação têm os mesmos tamanhos daquelas que são processadas pela indústria?

Após a entrega da primeira versão deste relatório, o CEDEPESCA esclareceu que para fazer a aproximação das capturas através das exportações tomam-se as exportações desde o início da temporada de pesca até o mês anterior ao início da temporada do ano seguinte, não correspondendo ao ano calendário. Também

informam que as exportações são muito grandes durante a temporada e logo diminuem fortemente, indicando que o que se exporta pode ser o que provem da captura naquele período apenas, não incluindo lagostas de outros períodos.

Quando à composição específica das capturas, CEDEPSCA indica que a proporção entre a lagosta vermelha e a verde foi estimada até o ano de 2011. Posteriormente foi definida com informação obtida diretamente das empresas, que diferenciam claramente as duas espécies para sua exportação. Os dez últimos anos de dados de captura seria então provindos de dados confiáveis. As lagostas sapateiras não estão incluídas, e pode ser que ocorra ocasionalmente a lagosta pintada, mas seria raro.

Estes esclarecimentos indicam que os dados de captura podem ser confiáveis e restaria estabelecer as áreas de procedencia das capturas.

Recomendações

Curto prazo:

- Documentar os procedimentos de coleta de dados das empresas pesqueiras.

Médio prazo:

- Retomar a coleta de dados de frequência de tamanho e estimativa de captura e esforço da pesca da lagosta no Brasil.

ÍNDICES DE ABUNDÂNCIA

Antecedentes: Os índices de abundância fornecem informação direta sobre a evolução da abundância da população e são considerados os dados mais importantes para a avaliação dos estoques pesqueiros (Francis, 2011), uma vez que juntamente com as capturas permitem estimar o impacto da pesca na redução da população, sem a necessidade de assumir valores para a redução. Eles podem ser independentes da pesca, com base em dados de cruzeiros de pesquisa, ou dependentes da pesca, com base nos dados de captura por unidade de esforço (CPUE). Para obter índices a partir dos dados de pesca, é necessário ter uma boa amostragem da captura e do esforço, além disso, o processamento (padronização) dos dados deve ser realizado para remover efeitos nas taxas de captura atribuídas às táticas de pesca (como artes de pesca, mês de captura, área de captura) e outros fatores, para obter índices proporcionais à abundância da população (Maunder e Punt 2004).

Premissas:

- Índices de abundância não são usados

Justificativa apresentada: Os autores indicam que a pesca não possui estatísticas de esforço de pesca.

Análise: O modelo MESTOCKL deve ser ajustado aos índices de abundância para estimar a redução do estoque. Na ausência de um índice de abundância, os autores incluíram várias hipóteses para a redução da população e calcularam o suporte dado pelos dados para os valores. Andrade (2015) fez uma avaliação da população de lagostas vermelhas e cita que os dados de CPUE só estão disponíveis para armadilhas (artes de pesca permitidas) para os períodos de 1965 a 1997, e para 2002 e 2004. A retomada da coleta

de captura e os dados de esforço podem permitir a estimativa de índices de abundância que podem ser usados para avaliar os estoques no futuro. A coleta de dados deve ser em escala regional, para investigar possível esgotamento local nos estoques conforme indicado por estudos de fecundidade (Gaeta et al 2021).

Recomendaciones

Médio prazo:

- Retomar a coleta de dados de captura e esforço para poder estimar índices de abundância.
- Recolher dados sobre as artes de pesca e suas características.

ENFOQUE DE AVALIAÇÃO UTILIZADO

Fundamentação e justificação: Foram utilizadas duas abordagens de avaliação, uma baseada apenas nos tamanhos e outra baseada nos tamanhos e capturas. Os modelos utilizados foram programados pelo primeiro autor.

Premissas: Os modelos utilizados aproximam bem a dinâmica dos estoques e da pesca.

Análise: Modelos baseados apenas em comprimentos tem sido usados para avaliar espécies com poucos dados, como aquelas para as quais estimativas confiáveis do total de capturas não estão disponíveis (Hordyk et al 2014). Ambas as abordagens são altamente dependentes de suposições de história de vida e estimativas de distribuição de comprimento. A sua correta aplicação dependerá do conhecimento destes processos e de bons desenhos de amostragem, conforme discutido no ponto anterior.

Modelos integrados têm sido usados para a avaliação de estoques de lagostas, como a lagosta da Nova Zelândia (Haist et al 2009). Os modelos integrados permitem a definição de várias frotas, cada uma com sua seletividade, ao contrário dos modelos utilizados, que assumem uma única curva de seletividade. Os dados disponíveis não permitem a utilização de modelos com várias frotas, uma vez que os dados não são desagregados por artes de pesca ou por região. A retomada da coleta de dados pode permitir que isso seja feito em uma avaliação futura.

Uma opção ao modelo integrado é a curva de captura (CCA, Carvalho et al 2017), que é estimada a partir do mesmo modelo integrado, ajustada apenas aos dados de comprimento-frequência, sem usar os dados do índice de abundância, mas permite estimar variações no recrutamento. Dentro dos modelos propostos, uma curva de captura poderia ser feita simplesmente incluindo os desvios de recrutamento da curva média assumida no MESTOCKL, e ajustando o modelo às capturas e à distribuição de tamanho, conforme proposto pelos autores, com a diferença de que não são incluídos como usados nesta avaliação. No CCA, os resultados mostram as informações que os tamanhos trazem, condicionadas às capturas, sobre a dinâmica da população.

Não se espera que as lagostas tenham muita variabilidade no recrutamento para a pesca, pois isso parece limitado pelo número de áreas onde os juvenis podem se refugiar. Este número de áreas, por depender apenas do substrato, deve ser mais ou menos constante ao longo do ano. No entanto, se a precisão da pesca for alta, é possível que alguns refúgios sejam “soltos” com mais frequência e é possível que mais juvenis se estabeleçam. O recrutamento para a pesca pode ter a ver com a quantidade de habitat

disponível (refúgios), se há uma grande população, há menos refúgios (dense-dependência entra), com uma população menor os refúgios são liberados e há sobrecompensação, por esta razão parece que há uma inclinação de 0,85.

Os modelos utilizado não se ajustam bem a parte dos dados de comprimento. Os valores esperados para a classe de tamanho 180 mm são subestimados pelos dois modelos para as duas espécies, indicando que há uma especificação errônea dos modelos. A seletividade pode não ser bem aproximada pela curva logística, que pode não ser a curva apropriada para modelar a combinação de petrechos que está operando na pescaria. Outras curvas de seletividade mais flexíveis poderiam ser testadas como aquelas baseadas em *splines*. Os autores apontam que "a partir de 2005, acrescenta-se a captura com armadilhas, fixadas em maiores profundidades, razão pela qual são extraídos indivíduos maiores". Isso indica que o modelo deveriam ser definidas pelo menos duas pescarias, cada uma com sua seletividade, a fim de representar a diferente vulnerabilidade dos indivíduos nos dois ambientes, para as diferentes artes. Esse tipo de flexibilidade de modelo pode ser obtido com modelos integrados (por exemplo, Haist et al 2009). Outra especificação errônea pode ser a do crescimento.

Recomendações

Curto prazo:

- Remover as distribuições *a priori* informativas sobre a redução atual das populações e reestimar os modelos MESTOCKL para ambas as espécies com *prioris* não informativas.

Médio prazo:

- Retomar a coleta de dados para que os modelos integrados possam ser usados em uma avaliação futura.
- Realizar análises exploratórias da composição de espécies e distribuição de tamanho das capturas de petrechos e áreas de pesca.

Longo prazo:

- Usar modelos integrados para avaliar espécies

DIAGNÓSTICO DAS POPULAÇÕES

A pesca da lagosta é registrada no Brasil desde a década de 1950. Mantém empregos, renda e é parte central da cultura litorânea de vários estados do Brasil. É a atividade extrativista que mais gera divisas de exportação no Brasil, resultando em cerca de US\$ 90 milhões por ano (Alencar et al 2020). Cerca de 20.000 pescadores recebem seguro-desemprego durante o fechamento, o que custa ao governo federal cerca de nove milhões de dólares anualmente (IBAMA, 2008). Apesar da importância histórica, social, econômica e cultural da atividade, a coleta de dados sobre captura, esforço, frequência de comprimento, biologia pesqueira, entre outros, tem piorado ao longo do tempo. Nas décadas de 1970 a 1990, as pesquisas realizadas por pesquisadores do CEPNOR, CEPENE (ambos do IBAMA) e universidades federais forneceram dados valiosos que até recentemente eram usados para avaliar as populações de lagostas (por exemplo, Fonteneles-Filho e Guimarães, 1999, Cruz et al 2013, Andrade 2015) que não existem atualmente.

As avaliações feitas pelos autores não continham dados atualizados sobre índices de abundância ou frequência de comprimento a partir de amostragens de desembarque, que seriam as informações ideais para realizar esse tipo de análise. No entanto, dadas as características da atividade, dispunham-se de

dados da indústria processadora e exportadora de lagostas. Essa colaboração com a indústria parece um ponto extremamente positivo. Com alguns ajustes, a qualidade dos dados pode ser aumentada para futuras avaliações ou indicadores da pescaria.

As avaliações são baseadas em dados de peso de categoria comercial. A interpretação desses dados em termos de status populacional dependerá: 1) da abrangência da informação (quanto de toda extração de lagosta esses dados representam?), 2) da transformação entre pesos por categoria e tamanhos (Qual é o erro associados a essa transformação?), 3) mudanças na proporção das capturas por arte de pesca que compõem a pescaria, que podem levar a mudanças na seletividade ao longo do tempo, 5) a proporção de cada espécies de lagostas nos dados, 6) os parâmetros biológicos de cada espécie (mortalidade natural, crescimento, reprodução), 7) expansão da área de pesca da lagosta.

Assumindo que os dados representam corretamente todas as capturas, que o erro associado à transformação entre as categorias de peso e comprimento é aceitável e que a proporção das capturas por artes de pesca é constante ao longo do tempo, os outros pontos merecem atenção:

- A maioria das espécies de lagostas não possui estudos de longevidade, porém, quando possuem, sugerem que as lagostas possuem grande longevidade (Vogt 2007). O único estudo para lagosta vermelha que determinou a longevidade usando lipofuscina neuronal (Maxwell et al 2009) indicou que a longevidade pode ser de 20 anos, o que corresponderia a uma mortalidade natural de $0,15 \text{ ano}^{-1}$. A suposição de que as lagostas podem ter uma mortalidade natural de $0,45 \text{ ano}^{-1}$ não seria precaucionário. Cenários com valores mais baixos de mortalidade natural também devem ser incluídos para se ter uma ideia da amplitude de possíveis valores de exploração das duas espécies. Uma alternativa seria usar uma distribuição *a priori* informativa para a mortalidade natural que inclua uma alta probabilidade de que os valores de mortalidade natural sejam menores que 0,45. Por ora, é possível concluir que o estado das populações de ambas as espécies pode estar abaixo dos 10% B_0 estimados nas avaliações.
- Existe dimorfismo sexual no crescimento para ambas as espécies, as fêmeas crescem em tamanhos menores que os machos. Taxas de crescimento mais baixas podem estar associadas a valores de mortalidade natural mais baixos (e.g., Hordyk et al 2014), pelo que é possível que a biomassa reprodutiva das fêmeas seja ainda inferior ao que foi estimado nos dois modelos.
- Relatos na literatura mostram como as áreas de pesca da lagosta se expandiram ao longo do tempo. A pesca começou no Ceará e Rio Grande do Norte (Fonteles-Filho 2000) em áreas rasas, expandiu-se para estados vizinhos e áreas mais profundas. Atualmente há pesca na região do GARS, onde as lagostas são encontradas em profundidades maiores e são de tamanhos. A população de langosta vermelha pode ter um refúgio no GARS (Grande Sistema de Recifes da Amazônia) e pode ser o que está contribuindo para a manutenção da pesca há tanto tempo (mais de 100 anos). Mapas de localização da frota e monitoramento da expansão da frota devem ser levados em consideração, pois os crustáceos são susceptíveis ao esgotamento serial, que pode ser mascarado caso os pescadores encontrem regiões cada vez mais distantes ou profundas para explorar (Orensanz et al 1998). O aumento dos tamanhos nos últimos anos pode ser devido a: 1) falha no recrutamento, de modo que os jovens estão ausentes da população; 2) a frota mudou-se para áreas de pesca com animais maiores em áreas mais remotas; 3) efeito dos defesos, ao fechar a pesca por vários meses (até 6), o esforço foi limitado e não só as fêmeas com ovos foram protegidas, mas também todos os animais, o que aumenta o rendimento da pescaria ao permitir crescimento. Para distinguir entre essas hipóteses seria necessário conhecer os locais de pesca ao longo do tempo e obter índices de abundância.

Os autores usam o modelo dinâmico apenas para um exercício, pois não há índice de abundância disponível. Se os dados podem ser considerados representativos das capturas, poderia-se utilizar um modelo integrado, como o modelo de curva de captura (CCA), proposto por Carvalho et al (2007). Em nossa experiência, os dados de tamanho e captura, em certos casos, podem conter informações suficientes para serem usados sem a necessidade de índices de abundância (ver Minte-Vera et al 2021).

Langosta vermelha (*Panulirus argus*)

Os resultados indicam uma diminuição da mortalidade por pesca nos últimos anos, os autores afirmam que "a mesma informação sugere que a pressão de pesca pode estar a diminuir ligeiramente se se considera que o valor da mortalidade por pesca diminui à medida que diminui o número de anos considerados nas análises . De fato, a mortalidade por pesca é reduzida de $4,15 \text{ ano}^{-1}$ nos anos 2014-2020 para $2,69 \text{ ano}^{-1}$ durante os anos 2018-2020 (Tabela 10)". Este resultado é obtido pelas mudanças na distribuição de tamanho, para tamanhos um pouco maiores. Dentro das hipóteses do modelo, este aumento só pode ser interpretado como uma diminuição da pressão pesqueira. No entanto, há evidências de que a pescaria encontrou novos pesqueiros ao longo dos anos em águas mais profundas e locais mais isolados (Dias et al 2007), como os correspondentes ao Sistema de Recifes da Grande Amazônia (GARS, Moura et al, Gaeta et al. até 2021). Desta forma, os valores estimados nesta avaliação, pelo menos para a lagosta vermelha, podem estar muito subestimados, uma vez que a expansão da área de pesca não foi levada em consideração e pode haver uma superestimação da mortalidade natural para ambas as espécies (Vogt, 2019).

Langosta verde (*Panulirus laevicauda*)

A mortalidade por pesca sobre a langosta verde foi estimada em cerca de 10 vezes maior que a mortalidade por pesca sobre a langosta vermelha (4.15 ano^{-1} y 0.45 ano^{-1} respectivamente). Este resultado se justifica pela diferença na preferéncia de hábitats de cada especie. A langosta verde prefere áreas mais rasas que a lagosta vermelha que são mais facilmente acessíveis as pescarias artesanais costeiras. A langosta vermelha, pode habitar tanto áreas rasas quanto áreas mais profundas. Os autores notam que "um pequeno segmento de adultos poderia refugiar-se em fundos menos acessíveis e continuar sustentando parte dos recrutamentos à pesca da langosta, os resultados obtidos neste trabalho mostram que o efeito da pesca tem sido notável e tem gerado escassa presença de exemplares acima dos 300 mm de comprimento total". Os resultados do status do estoque ($B/B_0=10\%$, $F/F_{MSY_proxy}= 5.67$) indicam a necessidade urgente de um plano de recuperação para o estoque

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES GERAIS

A hipótese de uma população fechada nas águas do nordeste do Brasil é a base para o ajuste dos dois modelos propostos. Como passo inicial para explorar esta hipótese, recomenda-se aprofundar o conhecimento da distribuição espacial das capturas de cada estoque, e dos indivíduos adultos, através de mapas das informações já disponíveis, mesmo que sejam mapas aproximados a partir do conhecimento dos pescadores, e estimar modelos com cenários de captura que incluem capturas de estados vizinhos, especialmente capturas feitas no Grande Ecossistema Marinho da Amazônia. De acordo com os pressupostos dos modelos ajustados, a área de distribuição da pescaria em relação ao estoque tem se mantido constante, o que não parece ser corroborado pela literatura mais recente. Cruz et al (2013) mostram como as capturas de lagostas se expandiram para novos pesqueiros mais profundos e onde

animais maiores são encontrados. É preciso investigar essa expansão, visto que o estoque pode ser bem menor se isso for verdade, e seria urgente um plano de recuperação das populações.

Canales e Ibarra (2021a) recomendam implementar regras de controle de captura ou esforço. Considero que as regras de controle de captura podem não ser efetivas no caso da lagosta verde e vermelha, pois dependem de um bom sistema de registro de captura, o que parece muito difícil de conseguir, já que a pesca é dispersa em vários estados e é realizada por muitos pescadores artesanais, que podem não ter condições ou tempo para registrar suas próprias capturas. Não significa que este caminho não possa ser percorrido, existem outras pescarias artesanais de lagosta certificadas pelo Marine Stewardship Council (MSC) que têm um registro contínuo de capturas por meio de um aplicativo para celular (por exemplo, a pescaria de Baja California no México e a lagosta pesca nas Ilhas Juan Fernandez no Chile). Isso vai depender de um trabalho de educação e assistência técnica aos pescadores, além da implantação de um banco de dados que possa ser alimentado pela internet.

As regras de controle de esforço, no entanto, podem ser muito eficazes no caso do Brasil. Em 2012, o governo brasileiro impôs um defeso de 6 meses às lagostas verde e vermelha. No presente trabalho não houve ênfase em avaliar o efeito dessa proibição, que já dura 6 anos, porém, Gaeta et al (2022) mostraram que a fecundidade média da lagosta vermelha aumentou nos anos após a implementação da proibição.

Embora um estudo para avaliar estratégias de manejo possa teoricamente ser benéfico para qualquer pescaria, no caso da lagosta, um melhor aproveitamento dos recursos econômicos alocados para a melhoria da pescaria seria a coleta de dados que permitissem a avaliação dos dois estoques com melhores modelos e ferramentas.

Conclui-se que, embora hajam pontos a melhorar e esclarecer no futuro, principalmente quanto aos procedimentos de tomada de dados e de comportamento da frota, os modelos utilizados em conjunto com os pressupostos usados são apropriados para guiar ações de gestão da pesca da lagosta, visto que fazem uso da informação disponível de forma adequada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alencar, C. A. G., Tavares, L. S., Cintra, I.H. A. 2020. Estado atual das exportações de lagostas no Brasil. *Research, Society, and Development* 9(8): e312985804. Available from: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5804>
- Canales, C, M. Peralta & V. Jurado 2014. Evaluación de la Población de Pinchagua (*Ophistonema* sp) en aguas ecuatorianas. *Boletín Especial Año 4 N°3*, Instituto Nacional de Pesca del Ecuador INP, ISSN 1390-6690): 50 pp
- Canales, C. M., Ibarra, M. 2021a Evaluación de la población de langosta verde (*Panulirus laevicauda*) explotada en costas del noreste de Brasil. Valparaíso, Chile (Informe no publicado). 52p.
- Canales, C. M., Ibarra, M. 2021b Evaluación de la población de langosta roja (*Panulirus argus*) explotada en costas del noreste de Brasil. Valparaíso, Chile (Informe no publicado). 18p.
- Canales, C.M. A.E. Punt & M. Mardones. 2021. Can a length-based pseudo-cohort analysis (LBPA) using multiple catch length-frequencies provide insight into population status in data-poor situations? *Fisheries Research*, 234: 1-15.
- Carvalho, F., Punt, A.E., Chang, Y.-J., Maunder, M.N., Piner, K.R. 2017. Can diagnostic tests help identify model misspecification in integrated stock assessments? *Fisheries Research* 10.1016/j.fishres.2016.09.018.

- Cerqueira, D.A. 2022. Experiência de estágio na indústria IPESCA S/A: linha de beneficiamento da lagosta inteira e em cauda para exportação. Universidade Federal do Ceará. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de engenharia de pesca. Curso de graduação em engenharia de pesca. Experiência de estágio na indústria ipesca s/a: linha de beneficiamento da lagosta inteira e em cauda para exportação. Fortaleza: relatório não publicado. 53 pg.
- Cruz, R., Silva, K.C., Cintra, I.H.A. 2013. Assessment of wild spiny lobster stocks on the Brazilian continental shelf. *Crustaceana* 86 (3): 336-356.
- Cruz, R. Teixeira, C.E.P., Menezes, Santana, J.M., Neto, Gaeta, J.C., Freitas, P.P de, Silva, K.C.A., Cintr, I.H.A. 2015. Large-scale oceanic circulation and larval recruitment of the spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille, 1804). *Crustaceana* 88 (3): 298-323.
- Fonteneles-Filho, A.A. 2020. The state of the lobster fishery in the Northeast Brazil . chapter 6 in Phillips, B.F., Kittaka, J. (Eds), *Spiny lobsters: fisheries and culture*. Fishing News Books. 33
- Fonteneles-Filho, A.A., Guimarães, M.S.S.1999. Ciclos de produção e capacidade de carga dos estoques de lagostas do gênero *Panulirus* na plataforma continental do estado do Ceará, Brasil. *Arq. Cien. Mar, Fortaleza*, 32Ç 29-38.
- Francis, R.I.C.C. 2011. Data weighting in statistical stock assessment models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 68:1124-1138.
- Gaeta, J., Cintra, I.A., Torres, M.T., Silva, J.L.S. da, Cruz, R. 2021. Spiny lobster fecundity on the Brazilian continental shelf (Decapoda, Achelata). *Crustaceana* 95 (5-6): 593-604.
- Hordyk, A., Ono, K., Valencia, S.R., Loneragan, N.R., Prince, J.D., 2014. A novel length-based empirical estimation method of spawning potential ratio (SPR), and tests of its performance, for small-scale, data-poor fisheries. *ICES J. Mar.Sci.*, <http://dx.doi.org/10.1093/icesjms/fsu004>.
- IBAMA. 2008. Plano de gestão para o uso sustentável de Lagostas no Brasil: *Panulirus argus* (Latreille, 1804) e *Panulirus laevicauda* (Latreille, 1817). Brasília: Ibama. Jose Dias Neto (Organizador)
- Kilada, R., Driscoll, J.G. 2017. Age determination in crustaceans: a review. *Hydrobiologia* 799: 21-36.
- Kleiven, A.R., Espeland, S.H., Stiansen, S. et al. 2022. Technological creep masks continued decline in a lobster (*Homarus gammarus*) fishery over a century. *Science Reports* 12: 3318. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07293-2>
- Lee, H.H., Piner,K.R., Methot, R.D., Maunder. M.N. 2014. Use of likelihood profiling over a global scaling parameter to structure the population dynamics model: an example using blue marlin in the Pacific Ocean. *Fish. Res.* 158: 138-146
- Maunder, M.N., Punt, A.E. 2004 Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. *Fisheries Research* 70(2-3):141-159
- Maxwell, K.E., Matthews, T.R., Sheehy, M.R.J., Bertelsen, R.D., Derby, C.D. 2007. Neurolipofuscin is a measure of age in *Panulirus argus*, the Caribbean spiny lobster, in Florida. *Biol. Bull* 213: 55-66.
- Minte-Vera, C.V., Maunder, M.N., Aires-da-Silva, A.M. 2021. Auxiliary diagnostic analyses used to detect model misspecification and highlight potential solutions in stock assessments: application to yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean. *ICES Journal of Marine Science* 78(10): 3521-3537. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsab213>
- Minte-Vera, C.V., Maunder, M.N., Schaefer, K.M., Aires-da-Silva, A.M. 2019. The influence of metrics for spawning output on stock assessment results and evaluation of reference points: An illustration with yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean. *Fisheries Research* 217: 35-45.
- Orensanz, J.M.(Lobo), Armstrong, J., Armstrong, D., Hilborn, R. 1998. Crustacean resources are vulnerable to serial depletion in the multifaceted decline of crab and shrimp fisheries in the Greater Gulf of Alaska. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 8: 117-176
- Vogt, G.A. 2019. A compilation of longevity data in decapod crustaceans. *Nauplius*, 27: E2019011DOI 10.1590/2358-2936e2019011

ANEXO 1. COMENTÁRIOS MENORES

Dados de captura Nos últimos anos, muitas exportações foram feitas de São Paulo, como você sabe se as capturas estão bem representadas?

Figura 15 - Aqueles que não estão em cinza não devem ser incluídos, pois não são suportados pelos dados

Suposições A suposição de variabilidade de comprimento também é fundamental e deve ser baseada em dados.

As manzuas podem ter seletividades diferentes das cangalhas. Os modelos são ajustados assumindo que todas essas engrenagens têm a mesma seletividade,

Figura 4. Foi feita uma reamostragem dos dados de comprimento, o que me parece um procedimento adequado. No entanto, a Figura 4 deve ser representada como barras separadas, porque cada classe de tamanho tem uma amplitude diferente.

Tabela 7 – quanto % da captura representa esta tabela?

Tabela 5 – o que é Lc?

Por que os dados de tamanho coletados no Brasil não foram usados?

Por que você não usou os índices de abundância da literatura?

3.2 Qual é a cobertura?

Tabela 9 a0 é equivalente a Lo citado na lista de parâmetros?

ANEXO 2. AVALIAÇÕES ANTERIORES DOS ESTOQUES DE LAGOSTA REALIZADAS PELO CEDEPESCA

1. GODELMAN, E; BEZERRA, R.C.A (2014). Preliminary conclusions to contribute to a sustainable management of the lobster fishery, CeDePesca, 12 p, available in: http://www.cedepesca.net/wp-content/uploads/2014/10/Status_Brazilian_Lobster_fishery.pdf
2. GODELMAN, E; BEZERRA, R.C.A (2015). Brazilian red lobster Stock Assessment and Management Recommendations- Technical Report N° 2, CeDePesca, 11 p, available in: http://www.cedepesca.net/wp-content/uploads/2015/12/Brazilian_red_lobster_Stock_Assessment_2015.pdf
3. GODELMAN, E; BEZERRA, R.C.A (2016). Avaliação do estoque da Lagosta Vermelha e Recomendações de Gestão- Relatório Técnico N° 3, CeDePesca, 13 p, available in: http://www.cedepesca.net/wp-content/uploads/2016/08/CeDePesca_Analise_dados_exportacao_fornecidos_pelo_SINDFRIO_2016-corregido.pdf
4. GODELMAN, E; BEZERRA, R.C.A (2017). Avaliação do estoque da Lagosta Vermelha e Recomendações de Gestão- Relatório Técnico N° 4, CeDePesca, 12 p, available in: http://cedepesca.net/wp-content/uploads/2017/03/Analise_dados_exportacao_fornecidos_pelo_SINDFRIO_201715096.pdf

5. GODELMAN, E; BEZERRA, R.C.A (2018). Avaliação do estoque da Lagosta Vermelha e Recomendações de Gestão- Relatório Técnico Nº 5, CeDePesca, 13 p, available in https://cedepesca.net/wp-content/uploads/2022/11/Analise_dados_exportacao_fornecidos_pelo_SINDFRIO_2018.pdf
6. GODELMAN, E; BEZERRA, R.C.A (2019). Avaliação do estoque da Lagosta Vermelha e Recomendações de Gestão- Relatório Técnico Nº 6, CeDePesca, 13 p, available in https://cedepesca.net/wp-content/uploads/2022/11/Brazilian_red_lobster_Stock_Assessment_2019.pdf