



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIA
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA



Exploração e sustentabilidade da utilização de redes de
emalhar na pesca artesanal do litoral leste do Rio Grande
do Norte

Demétrio de Lima Figueiroa Câmara

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Francisco de Nóbrega

Recife

Abril/2023

DEMÉTRIO DE LIMA FIGUEIROA CÂMARA

**Exploração e sustentabilidade da utilização de redes de emalhar na
pesca artesanal do litoral leste do Rio Grande do Norte**

Monografia apresentada a disciplina trabalho de conclusão de curso (TCC), do curso de Bacharelado em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Francisco de Nóbrega

Recife

Abril/2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Câmara, Demétrio de Lima Figueirôa.

Exploração e sustentabilidade da utilização de redes de emalhar na pesca artesanal do litoral leste do Rio Grande do Norte / Demétrio de Lima Figueirôa
Câmara. - Recife, 2023.

66 : il., tab.

Orientador(a): Marcelo Francisco de Nóbrega

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Oceanografia -
Bacharelado, 2023.

1. Peixes. 2. Rio Grande do Norte. 3. Exploração pesqueira. 4.
Sustentabilidade . 5. Pesca. I. Nóbrega, Marcelo Francisco de . (Orientação). II.
Título.

550 CDD (22.ed.)

DEMÉTRIO DE LIMA FIGUEIROA CÂMARA

**Exploração e sustentabilidade da utilização de redes de emalhar na
pesca artesanal do litoral leste do Rio Grande do Norte**

Monografia apresentada a disciplina trabalho de conclusão de curso (TCC), do curso de Bacharelado em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia.

Aprovado em: 08/05/2023

Comissão examinadora

Prof. Dr. Marcelo Francisco de Nóbrega
Orientador e Presidente da Banca Examinadora
Universidade Federal de Pernambuco-UFPE

Msc. Walter Dennis Menezes de Oliveira - Titular
Departamento de Oceanografia
Universidade Federal de Pernambuco-UFPE

Msc. Sara de Castro Loebens - Titular
Departamento de Oceanografia
Universidade Federal de Pernambuco-UFPE

Msc Anna Carolina Pereira Locatelli - Suplente
Departamento de Oceanografia- UFPE
Universidade Federal de Pernambuco-UFPE

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus, por ter dado forças para seguir até o fim. Agradecer a toda minha família pelo apoio, a Alê minha companheira que sempre me incentivou a nunca desistir das conquistas, ao meu orientador Marcelo Nobrega que sempre incentivou, se dedicou e forneceu conhecimento, a equipe do LAGEP, aos demais professores que passaram em minha jornada acadêmica e seus respectivos laboratórios que passei, ao IMAT na pessoa da Beth e toda a sua equipe (Walter, Cabelo, Daniel, Zé Renato, Cinthia, entre outros tantos que fizeram parte), a pessoa do André como um grande Secretário/Amigo e a todos os amigos em especial: Nykon, Túlio, Luis, Eduardo e Renan.

“Um passo a frente e você não estará mais no mesmo lugar”

Chico Science e Nação Zumbi

RESUMO

Identificar e compreender como variáveis ambientais influenciam na distribuição espacial e temporal da abundância e riqueza de espécies de peixes, constituem aspectos primordiais para o estabelecimento de medidas sustentáveis para as pescarias, a fim de garantir a manutenção e conservação dos estoques explorados. Com esse objetivo, pescarias experimentais foram desenvolvidas entre julho de 2012 e junho de 2014 junto à frota que utiliza redes de malhar de fundo na plataforma continental leste do estado do Rio Grande do Norte. Modelos Lineares Generalizados (GLM) foram utilizados para modelar o peso total capturado, ponderados pelo esforço empregado (CPUE) em função das variáveis ambientais. Foram realizados 88 lances de redes, entre as coordenadas 6,37°S a 5,076°S, em profundidades de 6 m a 52,7 m. O peso total capturado por lance variou de 0,84 a 312,416 kg (média=28,603±45,457), totalizando 4.816 exemplares capturados, em redes com comprimentos de 509 a 2.400 m (média=987±437) e alturas de 1 a 2 m (média=1,7±0,12), que permaneceram no mar por 1,3 a 12,3 horas (média=4,66±2,55). A CPUE para o peso total capturado por pescaria variou entre 12 e 23.201 (g/Km²/hora) por lance. Segundo o modelo GLM estabelecido para o peso esperado de captura, as variáveis profundidade (P=0,006) e latitude (P=0,017) foram estatisticamente significativas, influenciando nas variações do peso de captura por lance. O teste de correlação para CPUE indicou que a profundidade, a distância da costa, a temperatura e transparência da água apresentam correlações estatisticamente significativas. As maiores abundâncias médias foram estimadas entre 20 e 50 metros de profundidade, em áreas mais afastadas da costa; já para temperatura, em águas mais frias ocorrem as maiores CPUEs; entre 10 e 20 m de transparência da água foram estimados as maiores abundâncias. O modelo de regressão não linear foi o que melhor se ajustou para CPUE em relação a profundidade, resultando nas maiores abundâncias entre 20 e 50 metros de profundidade. Técnicas de estatística espacial foram utilizadas e construídos um grid com a interpolação da CPUE para toda a área de estudo. A cartografia de abundância relativa dos recursos capturados apresentou as menores abundâncias até a isóbata de 20 m, exceto entre Pirangi e Natal, onde maiores valores de abundância foram observados antes dos 20 m de profundidade. De uma forma geral, as maiores abundâncias foram estimadas entre 20 e 30 m de profundidade, exceto no norte da área de estudo, entre Maxaranguape e o Cabo Calcanhar, onde as maiores abundâncias foram estimadas, entre 20 e aproximadamente 50 m de profundidade. Com relação à riqueza de espécies, foram identificadas 101 espécies de peixes, distribuídos em 72 gêneros, sendo 38 famílias de peixes ósseos e 4 de peixes cartilaginosos, totalizando 4.816 exemplares capturados. As espécies mais frequentes nas capturas em peso foram *Caranx crysos* (xixarro), *Euthynnus alleteratus* (bonito), *Sphyrna lewini* (tubarão-martelo), *Haemulon parra* (cambuba), *Scomberomorus brasiliensis* (serra), *Rhizoprionodon porosus* (tubarão-rabo-seco), *Carcharhinus acronotus* (tubarão-flamengo), *Lutjanus synagris* (ariocó), *Acanthurus chirurgus* (caraúna), *Carcharhinus limbatus* (tubarão-sucuri), *Bagre marinus* (bagre-branco) e *Caranx bartholomaei* (guarajuba). Essas espécies representaram 70% do total capturado em peso. As técnicas de geoestatística aplicadas resultaram em importantes modelos e mapas que facilitam a visualização e compreensão da distribuição espacial dos recursos pesqueiros explorados pela frota de rede de malhar na costa do Rio Grande do Norte, representando informações que poderão subsidiar importantes medidas para o manejo e conservação dos recursos pesqueiros da região.

Palavras-chave: Peixes; Rio Grande do Norte; Exploração pesqueira; Sustentabilidade pesca.

ABSTRACT

Identifying and understanding how environmental variables influence the spatial and temporal distribution of fish species' abundance and richness are essential aspects for establishing sustainable fishing measures to ensure the maintenance and conservation of exploited stocks. To achieve this goal, experimental fisheries were developed between July 2012 and June 2014, targeting the fleet using bottom trawl nets on the continental shelf off the eastern coast of the state of Rio Grande do Norte. Generalized linear models (GLM) were used to model the total weight and species number captured, weighted by effort (CPUE) as a function of environmental variables. Eighty-eight trawl deployments were made between 6.37°S and 5.076°S, at depths ranging from 6 m to 52.7 m. The total weight caught per trawl ranged from 84 g to 312,416 g (mean = $28,603 \pm 45,457$), with a total of 4,816 specimens captured in nets with lengths ranging from 509 m to 2,400 m (mean = 987 ± 437) and heights from 1 m to 2 m (mean = 1.7 ± 0.12), which remained in the water for 1.3 to 12.3 hours (mean = 4.66 ± 2.55). The CPUE for total weight caught per fishery ranged from 12 to 23,201 (g/Km²/hour) per trawl. According to the established GLM model for expected catch weight, the variables of depth ($P=0.006$) and latitude ($P=0.017$) were statistically significant, influencing the variation of catch weight per trawl. The correlation test for CPUE indicated that depth, distance from the coast, temperature, and water transparency presented statistically significant correlations. The highest average abundances were estimated between 20 and 50 meters depth in areas further away from the coast; for temperature, the highest CPUEs occurred in colder waters; the highest abundances were estimated between 10 and 20 m of water transparency. The non linear regression model was the best fit for CPUE regarding depth, resulting in the highest abundances between 20 and 50 meters depth. Spatial statistical techniques were used to construct a grid with the interpolation of CPUE for the entire study area. The cartography of relative abundance of captured resources showed the lowest abundances up to the 20 m isobath, except between Pirangi and Natal, where higher abundance values were observed before 20 m depth. In general, the highest abundances were estimated between 20 and 30 m depth, except in the north of the study area, between Maxaranguape and Cabo Calcanhar, where the highest abundances were estimated between 20 and approximately 50 m depth. Regarding species richness, 101 fish species were identified, distributed in 72 genera, with 38 families of bony fish and four of cartilaginous fish, totaling 4,816 captured specimens. The most frequent species in weight catches were *Caranx crysos* (Blue runner), *Euthynnus alleteratus* (Little tunny), *Sphyrna lewini* (Scalloped hammerhead), *Haemulon parra* (Sailor's grunt), *Scomberomorus brasiliensis* (Serra Spanish mackerel), *Rhizoprionodon porosus* (Caribbean sharpnose shark), *Carcharhinus acronotus* (Blacknose shark), *Lutjanus synagris* (Lane snapper), *Acanthurus chirurgus* (Doctorfish), *Carcharhinus limbatus* (Blacktip shark), *Bagre marinus* (Gafftopsail sea catfish) and Carangoides. These species accounted for 70% of the total weight captured. The applied geostatistical techniques resulted in significant models and maps that facilitate the visualization and understanding of the spatial distribution of the fishery resources exploited by the gillnet fleet along the coast of Rio Grande do Norte. These findings represent valuable information that may support important measures for the management and conservation of the region's fishery resources.

Keywords: Fish; Rio Grande do Norte; Fishery exploitation; Fishing sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mapa da área de estudo mostrando o polígono onde os lances de rede de emalhar de fundo foram realizados e as respectivas localidades onde as embarcações foram contratadas.	21
Figura 2: Esquema de uma rede de emalhar de fundo usada na região nordeste do Brasil (Fonte: Sudepe).....	22
Figura 3. Carta náutica nº22.100 do Centro de Hidrografia da Marinha Brasileira.....	29
Figura 4. Área de estudo mostrando as áreas de pesca regionalizadas onde os lances de redes de emalhar foram realizados na costa leste do Rio Grande do Norte.....	30
Figura 5. Embarcações da frota de rede de emalhar de fundo utilizadas nas pescarias experimentais nas localidades de Baía Formosa (a), Tibau do Sul (b), Natal (c), Barra de Maxaranguape (d), Rio do Fogo (e) e Touros (f).....	31
Figura 6. Rede sendo lançada ao mar em pescaria realizada em setembro de 2012 na localidade de Rio do Fogo.....	32
Figura 7. Peso médio capturado por lance de rede e intervalo de confiança (erro padrão-95%) em relação as estações do ano (a), profundidades (b), distância da costa (c), transparência da água (d), temperatura (e) e tipos de substratos (f).....	35
Figura 8. Resíduos do modelo GLM estimado para o peso esperado para os recursos capturados pela frota artesanal da costa leste do Rio Grande do Norte.....	37
Figura 9. Peso médio esperado e intervalos de confiança estimados pelo modelo GLM para as capturas da frota pesqueira artesanal da costa leste do Rio Grande do Norte em relação à profundidade (a) e latitude (b).....	37
Figura 10: Distribuição de frequência da captura por unidade de esforço (CPUE) estimada para as capturas realizadas na costa leste do Rio Grande do Norte.....	38
Figura 11. CPUE média e intervalo de confiança (95%) em relação às estações do ano (a) e tipos de substratos (b).....	38
Figura 12. Abundâncias relativas médias (CPUE) em relação a profundidade (a), distância da costa (b), transparência da água (c) e temperatura da água (d).....	40
Figura 13: Modelos de regressões ajustados a CPUE dos recursos capturados e profundidades onde os lances de rede foram realizados.....	41

Figura 14: Valores estimados pelo modelo não linear para CPUE em relação as profundidades onde os lances de rede foram realizados na costa leste do Rio Grande do Norte.....	41
Figura 15: Projeções do modelo batimétrico estimado para a abundância relativa média dos recursos capturados nos lances de rede na plataforma continental leste do Rio Grande do Norte.....	42
Figura 16: Resíduos do modelo batimétrico estimado para CPUE dos recursos pesqueiros capturados pela frota de rede de emalhar no litoral leste do RN.....	43
Figura 17: Variograma e modelo exponencial estimados para os resíduos do modelo batimétrico estabelecido para abundância relativa dos recursos capturados pela frota de rede de emalhar da costa leste do Rio Grande do Norte (0,01 de distância =1 milha)....	44
Figura 18. Reticula de pontos criados através da técnica de interpolação (Kriging) dos resíduos do modelo batimétrico, estabelecido para CPUE dos recursos pesqueiros capturados na plataforma continental leste do Rio Grande do Norte, entre 6,362°S a 35,358°W e 5,164°S a 34,927°W.....	45
Figura 19: Cartografia de abundância relativa (CPUE) dos recursos pesqueiros capturados pela frota de rede de emalhar de fundo na plataforma continental leste do Rio Grande do Norte.....	46
Figura 20: Espécies capturadas nas pescarias de rede de emalhar de fundo no Rio Grande do Norte: <i>Caranx crysos</i> (a), <i>Euthynnus alleteratus</i> (b), <i>Sphyrna lewini</i> (c) e <i>Haemulon parra</i> (d).....	52
Figura 21: Espécies capturadas nas pescarias de rede de emalhar de fundo no Rio Grande do Norte: <i>Scomberomorus brasiliensis</i> (a), <i>Rhizoprionodon porosus</i> (b), <i>Carcharhinus acronotus</i> (c), <i>Lutjanus synagris</i> (d), <i>Acanthurus chirurgus</i> (e).....	53
Figura 22: Espécies capturadas nas pescarias de rede de emalhar de fundo no Rio Grande do Norte: <i>Carcharhinus limbatus</i> (a), <i>Bagre marinus</i> (b) e <i>Caranx bartholomaei</i> (e).....	54
Figura 23. Distribuição de frequência de profundidades em relação aos tipos de substratos onde os lances de rede foram realizados na plataforma continental leste do Rio Grande do Norte.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Número de pescarias realizadas na plataforma continental leste do Rio Grande do Norte com frequências absolutas e relativas em relação aos anos e meses do período de estudo.....	32
Tabela 2. Número de pescarias realizadas na plataforma continental leste do Rio Grande do Norte com frequências absolutas e relativas em relação às localidades e tipos de substratos onde as redes foram lançadas.....	33
Tabela 3. Sumário dos comprimentos das redes (metros) e esforços de pesca (área da rede *tempo de submersão) utilizados pelas frotas das diferentes localidades estudadas.....	33
Tabela 4. Profundidade, distância da costa, temperatura da água e transparência da água das áreas de pesca onde os lances de redes foram realizados.....	34
Tabela 5. Peso (gramas) de pescado capturado mínimo, máximo, total, médio e desvio padrão para os lances de redes realizados pela frota de diferentes localidades da costa leste do Rio Grande do Norte.....	34
Tabela 6: GLMs estabelecidos com modelos de distribuições de probabilidades e funções de ligação para modelar o peso esperado de captura por pescaria. O melhor modelo de acordo com o critério de AIC é representado em negrito.....	36
Tabela 7. Valores de P e graus de liberdade para as covariáveis incluídas no GLM (distribuição normal com função de ligação identidade) estabelecido para modelar o peso esperado de captura por pescaria na plataforma continental leste do Rio Grande do Norte.....	36
Tabela 8. Resultados gerais do teste de correlação de Pearson para CPUE em relação a latitude, profundidade, distância da costa, temperatura e transparência da água.....	39
Tabela 9. Resultados gerais dos modelos de regressões ajustados a CPUE dos recursos capturados e profundidades onde os lances de rede foram realizados.....	40
Tabela 10: Valores mínimos, máximos, médios, variância (S^2) e coeficiente de variação (CV) dos resíduos do modelo batimétrico estimado para CPUE dos recursos pesqueiros capturados pela frota de rede de emalhar de fundo na costa leste do Rio Grande do Norte. Parâmetros do modelo exponencial de variograma: C_0 = efeito pepita; a = escala; C = limiar.....	45

Tabela 11. Composição específica, nome vulgar em português e inglês, família, peso total capturado (g), número de exemplares capturados, comprimento total mínimo, médio e máximo de captura dos exemplares amostrados nas pescarias da frota artesanal de rede de emalhar de fundo na plataforma continental leste do Rio Grande do Norte.....47

Sumário

1. Introdução.....	14
2. Objetivos.....	21
3. Materiais e Métodos.....	21
4. Resultados	31
5. Discussão	57
6. Conclusões	59
7. Referências	60

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas costeiros e oceânicos contêm a maior parte da biodiversidade disponível no planeta. Os ambientes marinhos da plataforma continental suportam a maior produção de recursos renováveis em todo o mundo. Segundo a FAO, 95% de todas as pescarias mundiais localizam-se em águas costeiras (Caddy, 1997). Sendo assim, os ambientes marinhos da plataforma continental suportam a maior produção de recursos renováveis em todo o mundo.

Apesar da grande capacidade de produção de recursos renováveis nos ambientes marinhos, recentes documentos elaborados pelo Banco Mundial e pela FAO discutem as justificativas para uma reformulação das pescarias e estimam perdas econômicas acumuladas de aproximadamente 2 trilhões de dólares. Essas perdas se devem ao estado de sobrepesca dos estoques e consequente declínio das capturas (Jackson, 2001; Myers *et al.* 2001; Pauly *et al.* 1998). Enquanto os relatórios divulgados por essas agências apontam especialmente os aspectos financeiros para reformular as pescarias e recuperar a abundância dos estoques, não existe um reconhecimento claro sobre os equívocos dos conceitos biológicos de rendimento máximo sustentável adotados nas técnicas de manejo (Ludwig *et al.* 1993).

Dar continuidade as técnicas de manejo baseadas na gestão de populações separadamente, com enfoque em recuperar o potencial dos rendimentos de outrora, que ocorreram em ecossistemas distintos dos que existem hoje é extremamente preocupante (Thrush & Dayton, 2010). O destacado papel da pesca na degradação do ambiente marinho, combinado as alterações climáticas e oceanográficas nos ecossistemas marinhos exige que abordagens com ampla perspectiva ecológica sejam empregadas, visando a recuperação desses ecossistemas e consequentemente das populações de peixes (Ramalho, 2006).

Semelhante ao cenário mundial de sobrepesca e declínio das populações de peixes, os recursos pesqueiros mais importantes explorados tradicionalmente na região nordeste do Brasil encontram-se atualmente em situação de exploração plena ou sobrepescados (Lessa, 2006; Lessa *et al.*, 2009a; Lins-Oliveira & Vasconcelos, 2009). A Instrução Normativa nº148 (MMA, 07/06/2022) incluiu importantes recursos pesqueiros da região. Esta situação é particularmente agravada devido à degradação sofrida pelos ecossistemas costeiros, produzindo efeito danoso sobre o ambiente marinho e os estoques da plataforma continental, dos quais depende a continuidade da atividade pesqueira artesanal (Barros *et al.*, 2001).

A situação de declínio dos estoques pesqueiros em todo o mundo e a dificuldade em delimitar os direitos e espaços de exploração das nações levou a comunidade internacional a efetuar esforços e pactuar normas para conservação e exploração racional das regiões costeiras, mares e oceanos, plataformas continentais e grandes fundos marinhos. A fim de assegurar os direitos de soberania sobre a Zona Econômica Exclusiva, foi criado no Brasil em 1994 o Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE). Esse programa, além de contribuir para o preenchimento de lacunas no conhecimento das potencialidades de exploração sustentável de recursos pelágicos e demersais, garantiu a obtenção e divulgação das informações necessárias para o reordenamento das pescarias nacionais, possibilitando ainda, cumprir metas assumidas frente à comunidade internacional (REVIZEE).

A produção total de pescado no Brasil no ano de 2004 foi de 1.072.226 t (IBAMA, 2007). A região nordeste foi responsável por 68.497,0 t (28,2%) desse total. Considerando-se somente a pesca artesanal extrativa marinha, o total produzido foi de 539.966,5 t, com a região nordeste contribuindo com 155.625,5 t (41%). O estado do Rio Grande do Norte apresentou um crescimento na produção de pescado de 7,3%, devido o aumento da produção das seguintes espécies: a albacora-bandolim com 56,9%, o espadarte com 25,4%, o ariocó com 24% e o peixe-voador com 18,2%. Os crustáceos que apresentaram um crescimento na produção foram: o caranguejo-uçá com 40,1%, a lagosta com 15% e o camarão com 5,4% (IBAMA, 2007).

A pesca artesanal marinha na região nordeste é composta por aproximadamente 510 comunidades e envolve diretamente 200.000 pessoas (IBAMA, 2002). O processo produtivo na plataforma continental e regiões estuarinas emprega técnicas de captura simples ou mesmo rudimentares. Além disso, predominam embarcações de pequeno porte, em sua maioria movida à vela e com pequena autonomia de pesca. Segundo Paiva (1997), a frota artesanal contribuiu com aproximadamente 75% das capturas, em uma região caracterizada por elevada riqueza de espécies e baixas biomassas específicas.

No estado do Rio Grande do Norte a frota pesqueira artesanal (abaixo de 20 Toneladas Bruta de Arqueação) contribuiu no ano de 2002 com 11.483 t, representando 71,3% do total, enquanto a industrial produziu 4.614 t (IBAMA, 2002). O estado apresenta 82 comunidades pesqueiras litorâneas (CEPENE, 2008). As artes de pesca mais utilizadas no estado são o espinhel, a linha de mão e as redes de emalhar. A

produção de pescado marinho no Rio Grande do Norte em 2002 foi de 16.097 t, com 2.250 t (14%) desembarcadas pela frota que opera com redes de emalhar.

Entre 1998 e 2000, a rede de emalhar foi à segunda arte de pesca mais utilizada (20,6%) na região nordeste, segundo resultados obtidos pelas amostragens do Programa REVIZEE (Lessa *et al.*, 2009a). Apesar de menos utilizada que a linha de mão, as capturas resultantes da frota que utiliza a rede de emalhar no nordeste brasileiro são constituídas de 96 espécies, 63 gêneros e 33 famílias (Lessa *et al.*, 2009a). As espécies mais abundantes nos desembarques dessa frota segundo o estudo são a serra (*Scomberomorus brasiliensis*), o ariocó (*Lutjanus synagris*), a cavala (*Scomberomorus cavalla*), a guarajuba (*Caranx bartholomaei*), o xixarro (*Caranx crysos*), a cioba (*Lutjanus analis*), a guaiúba (*Ocyurus chrysurus*), o tubarão-rabo-seco (*Rhizoprionodon porosus*) e a biquara (*Haemulon plumieri*).

Estudos realizados pelo Programa REVIZEE no nordeste do Brasil na última década possibilitaram divulgar importantes conhecimentos a respeito da dinâmica das frotas, composição das capturas, dinâmica de populações e níveis de exploração dos principais recursos explorados (REVIZEE). Resultados de outros importantes projetos desenvolvidos no nordeste brasileiro foram também divulgados nesse período, como os estudos realizados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Viana *et al.*, 2009; Vaske Jr. *et al.*, 2010), Assim como o valioso inventário da Biodiversidade Marinha da Bacia Potiguar (Garcia Jr. *et al.*, 2010). Apesar dos valiosos avanços divulgados nos últimos anos pela comunidade científica que trabalha com recursos vivos marinhos na região nordeste do Brasil, existem ainda muitas lacunas no conhecimento dos aspectos sócio-econômicos da comunidade pesqueira da região, bem como da dinâmica de populações dos recursos explorados.

Nesse sentido, estudos que abordem aspectos sócio-econômicos da comunidade pesqueira do Rio Grande do Norte e estabeleçam a distribuição espaço-temporal da abundância e tamanhos individuais de captura para as populações de peixes exploradas pela frota de rede de emalhar na costa do Rio Grande do Norte, assim como as variáveis ambientais que influenciam as abundâncias, as interações no uso do habitat entre diferentes populações de peixes e estimem taxas de mortalidade e sobrevivência são de extrema importância, não somente pela relevância comercial (comunidade pesqueira) que essas espécies apresentam, mas, sobretudo, buscando compreender as relações ecológicas e manter o equilíbrio (fluxo de energia e teia alimentar) nas comunidades desse ambiente marinho. Estas abordagens podem contribuir para criação de medidas de

conservação e manejo para exploração dos recursos pesqueiros da plataforma continental do Rio Grande do Norte.

Modelos Estatísticos para Abundância

Índice de abundância para muitas espécies avaliadas no mundo todo (ex: atuns) e espécies vulneráveis (ex: tubarões) são baseados em dados de captura e esforço (CPUE) coletados da frota pesqueira comercial. Estes índices podem apresentar mudanças nas taxas de captura devido a outros fatores (como mudanças temporal, espacial e da composição da frota pesqueira), que não estão relacionados a reais mudanças da densidade dos recursos (Cooke & Beddington, 1984; Cooke, 1985; Hilborn & Walters, 1992).

A padronização de dados de captura e esforço visa remover o impacto desses fatores e minimizar os perigos associados à utilização de dados de captura em avaliação de estoques. Vários métodos para padronizar dados de captura e esforço foram desenvolvidos no passado (Gulland, 1956; Beverton & Holt, 1957; Robson, 1966; Honna, 1973). Todos definem a eficiência de uma embarcação e seu poder de pesca relativo em relação a uma embarcação de pesca padrão. Atualmente, os Modelos Lineares Generalizados (McCullough & Nelder 1989) constituem o recurso estatístico mais aplicado para padronização de dados de captura e esforço (CPUE) em estudos de recursos pesqueiros (Helser *et al.* 2004, Maunder & Punt, 2004).

Os modelos Lineares Generalizados ou GLMs, formalmente introduzidos por Nelder & Wedderburn (1972), caracterizam-se por uma distribuição de probabilidade conhecida para a variável Y com média $E(y) = \mu$, uma estrutura linear ($\eta = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots \beta_p x_p$) nas variáveis explicativas e uma ligação conhecida ($\mu = f^{-1}(\eta)$), que estabelece a relação entre η e μ . Sua “generalização” em relação aos modelos lineares convencionais provém da abrangência de distribuições possíveis para Y : a família exponencial de distribuições, cuja densidade de probabilidade é definida por $\pi(y; \theta, \phi) = \exp\{\phi[y\theta - b(\theta) + c(y, \phi)]\}$. Distribuições como a normal, log-normal, Poisson, binomial, gama, binomial negativa e normal inversa são todos os membros dessa família. GLMs, portanto, fornecem um método de estimação e inferência que é equivalente à modelos lineares (regressão linear múltipla), nos casos em que Y tem distribuição aproximadamente normal.

A perspectiva de aplicar os recursos teóricos de inferência estatística na estimação de tendências de índices de abundância de recursos pesqueiros e a criação de softwares que facilitaram a aplicação desse método de análise, justificam a popularização dos GLMs em ciências pesqueiras e ambientais (Venables & Dichmont 2004). Historicamente, aplicação de GLMs tem sido na padronização de índices de abundância baseados em dados comerciais de captura e esforço (Kimura, 1981; Punt *et al.*, 2001; Maunder & Punt, 2004) ou dados de cruzeiros (Stefánsson, 1996; Ferrandis, *et al.*, 2000). Contudo, aplicações também incluem estimativas de seletividade de aparelhos de pesca (Myers & Hoenig, 1997), estimativas de taxas de captura de descartes (Ortiz *et al.*, 2000; Ortiz & Arocha, 2004) e em estudos de parâmetros biológicos, tais como crescimento (Bromley, 2000).

Análise espacial, conservação e manejo baseados no ecossistema

Recentemente, grande ênfase é dada à importância do padrão espacial, sua escala e variação como um componente no processo ecológico (Petitgas, 1993; Horne & Schneider, 1995). A importância da heterogeneidade de recursos biológicos e físicos tem sido reconhecida como um fator crítico na manutenção de populações (Legendre & Fortin, 1989).

Considerar a informação espacial na organização de habitats e espécies dentro da coluna da água, bem como a variação nas características ambientais do habitat deve contribuir para o entendimento dos processos do ecossistema e a sustentabilidade de populações de peixes. A relação entre características físicas, químicas e processos biológicos (história de vida das espécies) é um aspecto crucial da dinâmica do ecossistema que controla a abundância, a distribuição, a produção do zooplâncton e populações de peixes (Platt & Denman, 1975; Wiebe *et al.*, 1996).

Pescarias modernas mudam o ambiente oceânico de muitas formas, incluindo distúrbios no fundo marinho, alteração da cadeia alimentar e modificações de importantes funções do ecossistema. Informações da história natural, da oceanografia, do habitat, do comportamento e ecológicas devem ser integradas para implementar medidas de manejo baseadas no ecossistema. Manejo baseado no ecossistema busca basicamente a sustentabilidade ecológica a longo prazo. Esse tipo de manejo reconhece o homem como parte do ecossistema e seu compromisso com a adaptabilidade e

responsabilidade final nas decisões tomadas. Esse tipo de abordagem reconhece a dinâmica e heterogeneidade natural de ecossistemas, com atenção para o contexto, escala e aplicação de modelos ecológicos abrangentes que enfocam a complexidade e conectividade dos ecossistemas (Thrush & Dayton, 2010).

Reconhecer e realizar previsões da relação entre a dinâmica de populações de peixes e a ocupação do habitat é fundamental para a efetiva avaliação e manejo de populações de peixes marinhos (Rubec *et al.* 2001). Tomadores de decisões de pescarias comerciais e recreativas, reconhecem a importância do habitat para a produtividade de estoques de peixes (Friel, 2000). Mapas precisos de habitats, associados à distribuição espacial de populações de peixes, estão se tornando importantes ferramentas para manejo e proteção desses habitats, promovendo pescarias sustentáveis (Rubec & McMichael 1996, Rubec *et al.* 1998, Ault *et al.* 1999a).

Sistema de Informação Geográfico (SIG)

Sistema de Informação Geográfico (SIG) caracteriza-se por organizar, analisar e representar graficamente complexos e diversos dados com atributos geográficos (Nishida & Booth, 2001). Avaliação de estoques espacialmente referenciada apenas recentemente vem sendo desenvolvida. Existe um interesse crescente no desenvolvimento de SIG na área marinha, principalmente para visualizar conjuntos de dados espaciais e prover uma plataforma de avaliação de estoques.

Etnologicamente, o termo “geoestatística” designa o estudo estatístico de fenômenos naturais. G. Matheron (1962) foi o primeiro a denominar o termo Geoestatística, descrevendo-o como uma aplicação formal de funções aleatórias para o reconhecimento e estimação de fenômenos naturais. Um fenômeno natural pode ser caracterizado pela distribuição no espaço de uma ou mais variáveis, chamada “variáveis regionalizadas”, como a distribuição de gradientes no espaço tridimensional, por exemplo, a variação de minérios em reservatórios terrestres, finalidade para qual foi inicialmente desenvolvida a geoestatística (Journel & Huijbregts, 2004).

Sistema de Informação Geográfico (SIG) é amplamente aplicado nas mais diversas áreas como engenharia, planejamento de cidades e manejo de resíduos (Star & Estes, 1990). Em pesquisas com recursos pesqueiros e sobre a perspectiva de manejo a aplicação de SIG ainda é pequena, sendo adotada apenas na década de 1980. Aplicações pioneiras na área focalizaram o manejo de desembarques, pescarias costeiras (Caddy &

Garcia 1986, Simpson 1992, Meaden & Do Chi 1996) e aquíicultura (Kapetsky *et al.* 1988, Meaden & Kapetsky, 1991).

Mapeamentos para estudar habitat e biodiversidade é a mais comum aplicação na área marinha de SIG. Sistema de Informação Geográfico têm sido utilizado com o foco no mapeamento e na análise de dados exploratórios, para obter um melhor entendimento da correlação entre a distribuição e abundância de peixes, outras espécies e covariáveis abióticas e bióticas (Booth, 1998; Fisher & Toepfer, 1998).

Conhecer o habitat, a distribuição e a abundância são importantes problemas em manejo de pescarias. A tecnologia do SIG é essencial para o sucesso e implementação de medidas de manejo em capturas de pescarias, particularmente na caracterização inicial do ambiente, na correlação espacial de potenciais ameaças ao habitat, na evolução de impactos acumulativos e no monitoramento da qualidade e quantidade do habitat. Mapeamento do ecossistema, modelagem e a determinação de ambientes essenciais de peixes são atualmente realizados com SIG (Booth, 1998; Fisher *et al.*, 2000; Nishida & Miyashida, 2000; Ross & Ott, 2000).

As ciências do ecossistema e da oceanografia pesqueira referem-se às áreas de pesquisa e a relação espacial entre peixes, pescarias, oceanografia e ecologia. O conhecimento obtido através desses estudos permite instituir um sistema de “pesca responsável” e facilita as práticas de manejo na otimização de pescarias (FAO, 1995). Desde essa adoção, as nações pesqueiras do mundo estão buscando gradualmente a promoção de pescarias sustentáveis, proteção de seus recursos essenciais e manutenção da saúde do ecossistema.

A necessidade para manejar pescarias de uma perspectiva espacial é clara (Hinds 1992). Entretanto, poucos estudos têm incorporado à variabilidade espacial da estrutura de idade dos estoques, maturidade, padrão de crescimento, juntamente com dados de captura e esforço dentro de uma estrutura de avaliação dos recursos. Capturas comerciais são georreferenciadas, com peixes capturados em localizações geográficas específicas como uma função do esforço de pesca e abundância dos estoques nessas localizações. Incorporar um SIG espacialmente referenciado aos dados de pescarias e modelos de avaliação contribui significativamente para integração com outras fontes de dados e criação de uma plataforma integrada de avaliação e manejo de recursos pesqueiros.

OBJETIVOS

Objetivo geral:

Estimar e identificar a distribuição espacial da abundância de peixes, bem como a composição das capturas da frota que opera com rede de emalhar de fundo para peixe na costa leste do Rio Grande do Norte

Objetivos Específicos:

1. Avaliar como o esforço influencia no peso total de captura em relação as frotas de diferentes localidades e variáveis ambientais;
2. Estimar índices de abundância e estabelecer modelos e cartografias que descrevam as tendências médias da abundância dos recursos no tempo e espaço;
3. Identificar as variáveis ambientais que influenciam na abundância das espécies e indicar as áreas essenciais para os recursos pesqueiros;
4. Identificar composição das capturas da frota que opera com rede de emalhar de fundo para peixe na costa leste do Rio Grande do Norte

MATERIAIS E MÉTODOS

Dados

Os dados do presente estudo foram gerados por pescarias experimentais realizadas com embarcações da frota artesanal do Rio Grande do Norte que operaram com rede de emalhar de fundo, nas localidades de Baía Formosa, Tibau do Sul, Natal, Barra de Maxaranguape, Rio do Fogo e Touros. Procurou-se desenvolver um delineamento experimental cujas áreas de pesca (lances de rede) apresentassem distâncias regulares entre os lances de rede que foram georreferenciados, abrangendo uma área de aproximadamente 150 Km² da plataforma continental leste do estado do Rio Grande do Norte (Figura 1).

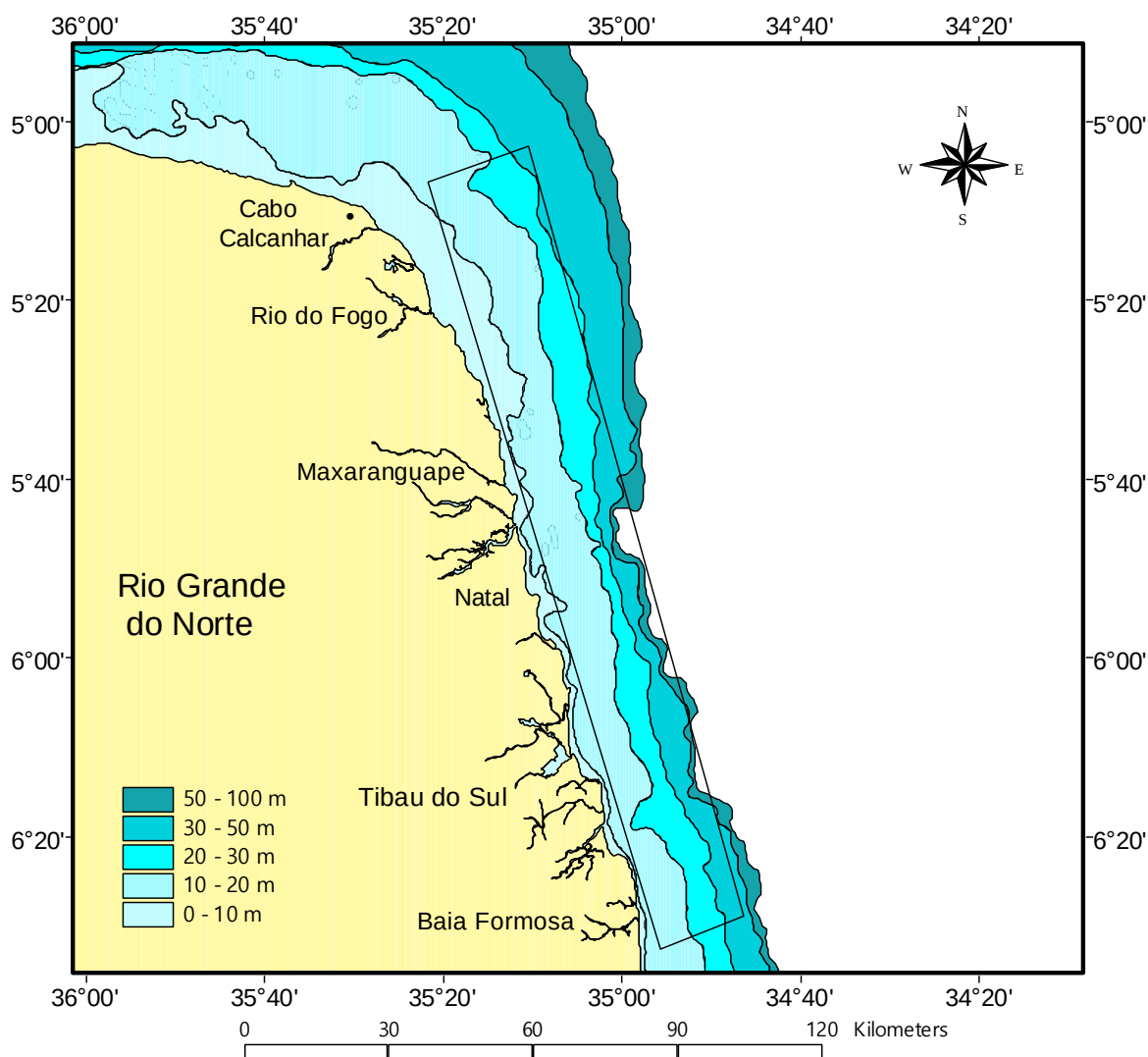


Figura 1: Mapa da área de estudo mostrando o polígono onde os lances de rede de emalhar de fundo foram realizados e as respectivas localidades onde as embarcações foram contratadas.

As redes de emalhe de fundo empregadas pela frota artesanal no Nordeste são confeccionadas com nylon de monofilamento, sendo fixadas no fundo do mar (Figura 2). Os comprimentos variam de 800 a 3.600 m, com malhas de 35 a 130 mm entre nós opostos e aproximadamente 2 metros de altura (Lessa *et al.*, 2009a). As redes são lançadas ao mar no final da tarde e recolhidas aproximadamente duas horas após o final do lançamento. As pescarias que foram realizadas no presente projeto utilizaram embarcações, redes de emalhar e procedimentos de pesca das comunidades mais próximas aos perfis desenhados, visando diminuir custos com longos deslocamentos até as áreas de pesca e identificar como as diferenças nas operações de pesca (esforço, tamanho de malha, profundidade, distância da costa, estação do ano e latitude) das

frotas de Baía Formosa, Tibau do Sul, Pirangi, Natal, Maxaranguape e Touros influenciam nas probabilidades e peso esperado de captura.

O esforço de pesca empregado pela embarcação em cada pescaria foi o produto do comprimento da rede vezes a altura multiplicado pelo tempo de imersão da rede na água. As pescarias foram realizadas nos pontos georreferenciados pré-estabelecidos utilizando um GPS e um ecobatímetro, onde as seguintes informações foram registradas: latitude e longitude, comprimento e altura da rede, tamanho da malha, tempo de imersão da rede na água, profundidade, distância da costa, estação do ano, tipo de substrato; temperatura e transparência da água.

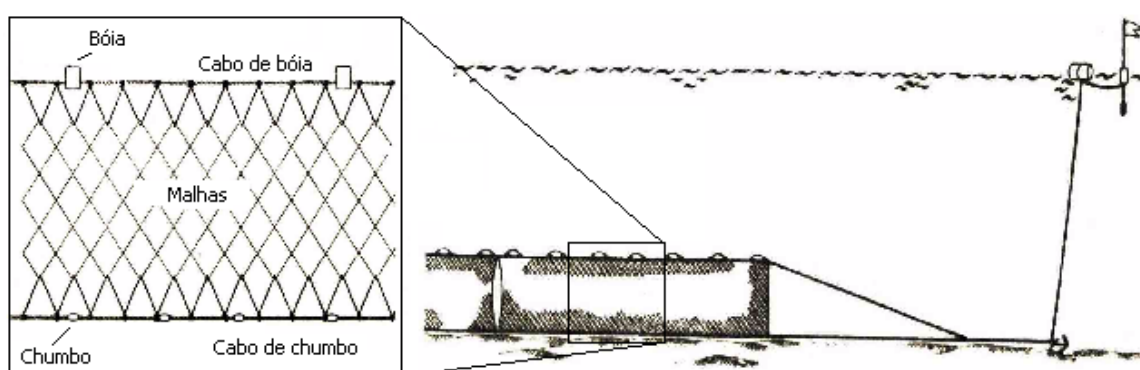


Figura 2: Esquema de uma rede de emalhar de fundo usada na região nordeste do Brasil (Fonte: Sudepe).

Com relação aos recursos capturados, todos os exemplares foram identificados, medidos e pesados. Posteriormente os dados foram digitalizados e organizados em planilhas Microsoft® Office Excel 2003, desenvolvendo um sistema conjunto de informações tanto das pescarias, dos dados ambientais e dos recursos capturados. A distância da costa das áreas de pesca foram estimadas com o Software ArcView GIS 3.1 (1999), a partir dos pontos regionalizados (latitude e longitude) onde as pescarias ocorreram.

Metodologia

Modelagem e padronização da abundância

Modelos Lineares Generalizados ou GLMs foram formalmente introduzidos por Nelder & Wedderburn (1972). Posteriormente foram expandidos por McCullagh & Nelder (1989) e incorporados em avaliações de recursos pesqueiros (Helser *et al.* 2004; Maunder & Punt, 2004, Venables & Dichmont 2004). Modelos GLM serão utilizados nas análises dos dados, com objetivo de modelar o peso esperado de captura para diferentes embarcações e malhas de rede, no espaço, no tempo, em relação as variáveis ambientais, assim como para estimar um índice de abundância padrão para os recursos estudados.

Após a organização dos dados das pescarias em planilhas do Microsoft® Office Excel 2003, essas informações foram transferidas para o Software estatístico SPSS 17, com o qual as análises iniciais foram desenvolvidas. A frequência relativa do peso e número de indivíduos capturados foi estimada para a totalidade das espécies capturadas.

Modelos GLM foram ajustados aos dados e consideraram como variável resposta (Y) o peso (g) total de captura em cada pescaria (lance de rede). Neste caso, foram utilizados os modelos de probabilidades $f(Y)$ normal e gama, e como função de ligação às funções identidade ($\delta(\mu) = \mu$) e logarítmica ($\delta(\mu) = \log(\mu)$). Essa classe de modelos apresentou a seguinte estrutura:

Peso total capturado $\sim \beta + \text{estação do ano} + \text{localidade} + \text{tipo de substrato} + \text{profundidade} + \text{latitude} + \text{distância da costa} + \text{transparência da água} + \text{temperatura da água} + \text{Localidade} \cdot \text{esforço}$.

Onde: β é o termo intercepto.

As escolhas do modelo de probabilidade, da função de ligação e das covariáveis explicativas importantes foi realizada pelo critério de informação de Akaike (AIC) (Akaike 1973) (1). A escolha do melhor modelo entre um conjunto de possíveis modelos se dá em função do menor valor de AIC (Burnham & Anderson 2002).

$$AIC = 2k - 2 \ln(L) \quad (1)$$

Onde: k é o número de parâmetros do modelo; L é o valor maximizado da função de verossimilhança do modelo estabelecido.

Após a seleção do melhor modelo GLM (combinação mais adequada entre distribuição de probabilidade para a variável resposta, função de ligação e conjunto de covariáveis), foram verificados quais os níveis dos fatores, coeficientes e interações são estatisticamente significativos para explicar a variabilidade da variável resposta (peso esperado). O nível de significância de 0,05 (valores de P) foi utilizado na análise dos fatores, coeficientes e interações estimados nos GLMs.

Um índice de abundância relativo (CPUE – Captura por unidade de esforço) foi estimado utilizando o peso total capturado por lance de rede dividido pelo esforço (comprimento da rede*altura*tempo de permanência na água).

Estatística Espacial

A independência probabilística entre unidades amostrais é uma suposição implícita em numerosas técnicas estatísticas, sendo muitas vezes pouco realista (Petitgas, 1996). Em geral os recursos biológicos apresentam uma distribuição com dependências espaciais, já que argumentos ecológicos como a promoção da reprodução e controle da mortalidade natural frente à atuação de predadores, favorecem a agregação espacial dos indivíduos (Helfman *et al.*, 1997).

Essa distribuição espacial contagiosa dos organismos oferece um campo de ação para os dados espaciais, ou seja, dados onde a dependência está presente entre todos os valores obtidos em distintas localizações e em todas as direções, diminuindo com a distância. Os modelos espaciais representam uma recente adição à literatura estatística (Manly, 2001). Áreas do conhecimento como Geologia, Epidemiologia, Ecologia, Astronomia ou qualquer disciplina que trabalhe com dados coletados em diferentes localizações (variáveis regionalizadas), necessitam desenvolver modelos que levem em consideração as dependências entre os valores das variáveis em diferentes localizações.

Para identificar a correlação entre o índice de abundância relativo (CPUE) dos recursos estudados e o espaço foram utilizados modelos de regressões linear (2), quadrático (3), cúbico (4) e não linear (5) (Cressie 1993, Manly, 2001; Seber & Wild, 2003; Fortin & Dale, 2005; Nóbrega *et al.*, 2009), a fim de estabelecer um modelo batimétrico que descreva as tendências médias da CPUE em relação a profundidade onde os recursos foram capturados. O nível de significância para a relação entre as

variáveis foi de 5% e a seleção dos modelos foi realizada mediante a comparação do coeficiente de determinação ajustado ($\bar{R}^2$) (6).

$$E(Y) = \beta_0 + \beta_1 x \quad (2)$$

$$E(Y) = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 \quad (3)$$

$$E(Y) = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \beta_3 x^3 \quad (4)$$

$$E(Y) = \frac{k * (x - \alpha) * (\beta - x)}{(x^2 - ax + b)} \quad (5)$$

Onde: $E(Y)$ = valor esperado da variável resposta; β_0 = coeficiente linear; β_1 = coeficiente angular; β_2 = coeficiente quadrático; β_3 = coeficiente cúbico; x = profundidade; k, a, b é um conjunto de parâmetros da regressão não linear, que descrevem as tendências da variável resposta em relação a x (profundidade); α e β é a variação de x do recurso estudado.

$$\bar{R}^2 = \frac{\frac{1}{n-2} SQR}{\frac{1}{n-1} SQT} \quad (6)$$

Onde: n = número de observações usadas na regressão; SQR = soma dos quadrados dos resíduos; SQT = soma dos quadrados totais.

Variograma

Quando amostras são coletadas independentemente de outras, a variância pode ser estimada diretamente dos valores das amostras, sob algum pressuposto na correlação espacial (Cochran, 1977). Mas quando amostras não são coletadas independentemente de outras ou quando a distribuição espacial dos organismos é estruturada, torna-se necessário o cálculo da variância das estimativas e estabelecimento de um modelo que descreva a correlação espacial na população (Cochran, 1977).

Um variograma foi estabelecido para estimar a variância média da CPUE em função da localização (áreas de pesca) dos recursos e estabelecer um modelo que descreva a correlação espacial da abundância (Cochran, 1977), assim como verificar a precisão das estimativas de acordo com o desenho amostral (áreas de pesca). Para a construção do variograma foram utilizados os resíduos do modelo batimétrico (CPUE - Modelo batimétrico), com as respectivas localizações (latitude e longitude) das áreas de pesca onde a frota atuou nas capturas. O variograma foi calculado com o auxílio do

software EVA 2 (Petitgas & Lafont, 1997). Um Modelo exponencial de variograma foi ajustado à variância média dos resíduos em função das distâncias entre as áreas de pesca onde os recursos foram capturados e estimados os seguintes parâmetros: c_0 (efeito pepita); c (limiar); a (escala).

Interpolação (Kriging)

O Kriging caracteriza-se em um tipo de interpolação, que recebeu esse nome após o engenheiro de minerais D.G. Krige desenvolver e propor essa técnica (Manly, 2001). Supõe-se que em uma área de estudo valores coletados $y_1, y_2, \dots, y_n$ são conhecidos em n localizações e, espera-se estimar o valor y_0 em outra localização, simplesmente assumindo que não há tendências nos valores de y . Então, a interpolação estima y_0 por uma combinação linear de valores conhecidos:

$$\hat{y} = \sum a_i y_i ,$$

com os pesos $a_1, a_2, \dots, a_n$ para aqueles valores conhecidos escolhidos onde o estimador de y_0 não é tendencioso, com a mínima variância possível para a predição do erro. A idéia geral é de que pontos próximos de y_0 tenham pesos maiores que os pontos mais distantes.

A equação para determinar os pesos que são usados na equação acima é na maioria das vezes complicada. Autores como Thompson (1992), Goovaerts (1997) e Journel & Huijbregts, (2004) descrevem e explicam em detalhes essas equações. Elas são funções dos modelos assumidos para o variograma. Existem também diferentes tipos de Kriging, que resultam em modificações básicas do procedimento. Por exemplo, um Kriging simples assume que o valor esperado da variável amostrada (abundância dos recursos) é constante e conhecido sobre toda a área de estudo; Kriging ordinário permite que a média varie em diferentes partes da região de estudo, utilizando apenas observações próximas para estimar um valor desconhecido.

Cartografias de abundância

Após a Análise Estrutural dos dados, quando foram estimados modelos de abundância em relação ao espaço e estabelecido um modelo de variograma experimental, foi possível simular e projetar os valores de abundância média relativa

dos recursos sobre todo o suporte D de localizações considerado (plataforma continental leste do Rio Grande do Norte). Este recobrimento dos valores de abundância para todo o conjunto D de localizações é realizado pela interpolação (Kriging), a partir de uma amostra incompleta da mesma (áreas de pesca). A interpolação estabelece a distribuição espacial dos recursos estudados e pode ser representado graficamente mediante interfaces adequadas com Sistema de Informação Geográfico.

Para representar espacialmente (Journel & Huijbregts 2004) o modelo batimétrico estabelecido para o índice de abundância (CPUE) foi utilizado a interface do Sistema de Informação Geográfico ArcView GIS 3.1 (1999). Um mapa da área de estudo foi construído a partir da carta náutica digitalizada 22.100 (Figura 3), disponibilizada no site http://www.mar.mil.br/dhn/chm/cartas/download/cartasbsb/cartas_eletronicas_Internet.htm do Centro de Hidrografia da Marinha Brasileira. Essa carta náutica foi convertida do formato BSB para TIFF com o auxílio do software NOAA Chart Reprojection (NOAA Costal Service Center, 2004) e importada para o ArcView GIS 3.1 (1999). Foram digitalizados (latitude e longitude) a linha de costa, as isóbatas de 10 m, 20 m, 30 m, 50 m e 100 m. A partir da linha de costa e isóbatas foram criados polígonos e, utilizando o módulo Spatial Analysis 1.0 do ArcView GIS 3.1, uma retícula foi interpolada para toda a área da costa até 100 m de profundidade, criando um polígono com a batimetria e latitude em todos os pontos da área da costa até 100 m de profundidade. Este polígono representa o suporte D de localizações considerado no presente estudo.

Utilizando o módulo Spatial Analysis 1.0 do ArcView GIS 3.1, o modelo de abundância estimado para batimetria foi criado espacialmente, dentro do suporte D de localizações considerado, para toda a área de estudo. Dessa forma, o recobrimento dos valores com a abundância média estimada pelo modelo batimétrico foi estabelecido, descrevendo espacialmente a abundância dos recursos em toda área de estudo.

Utilizando os parâmetros do modelo exponencial de variograma que descreve a correlação espacial da abundância de peixes, o processo de interpolação (kriging) (Rivoraïd, 1994; Journel & Huijbregts, 2004) foi realizado com ajuda do software Surfer 8 (2002). Foram utilizados para a interpolação e criação da retícula de abundância (densidades), as variáveis X (longitude), Y (latitude) e Z (resíduos do modelo batimétrico), juntamente com os parâmetros estimados pelo modelo exponencial de variograma. O resultado dessa interpolação são valores da variável Z

projetados sobre a área de estudo em um diâmetro de 3*a (parâmetro do modelo de variograma), representando a distribuição espacial dos recursos no período de estudo. Finalmente a retícula de pontos interpolados para variável Z foi transferida para o software Arc View e somado ao modelo batimétrico, sendo então criada espacialmente a cartografia de abundância de peixes com a distribuição espacial dos recursos capturados.

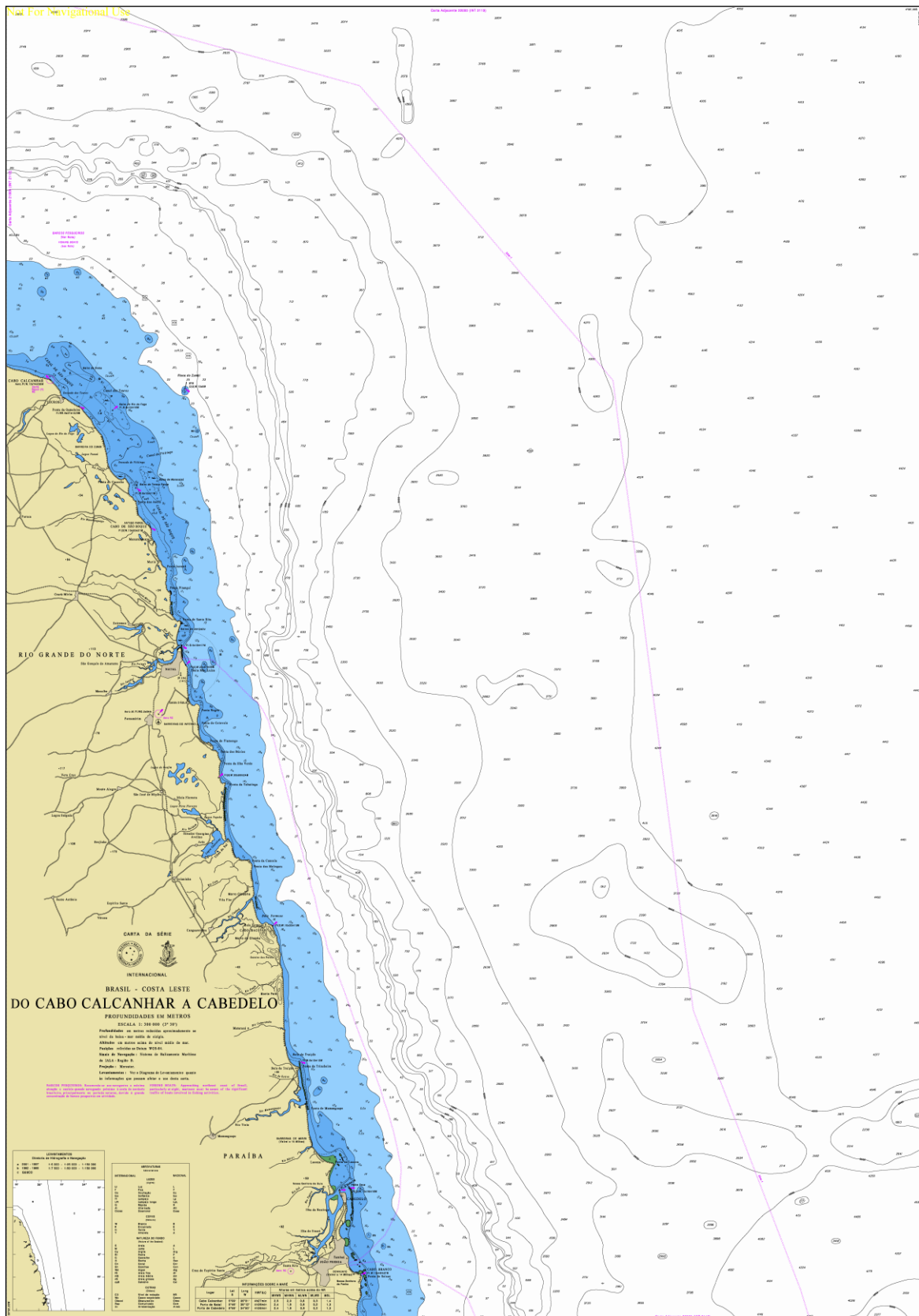


Figura 3. Carta náutica n°22.100 do Centro de Hidrografia da Marinha Brasileira.

RESULTADOS

Entre julho de 2012 e junho de 2014 (Tabela 1) foram realizados 88 lances de redes de emalhar de fundo para peixe na plataforma continental leste do Rio Grande do Norte, entre as latitudes de 6,376°S e 5,076°S (Figura 4). Essas pescarias experimentais foram desenvolvidas utilizando embarcações e redes da frota artesanal das localidades de Baía Formosa, Tibau do Sul, Pirangi, Natal, Barra de Maxaranguape, Rio do Fogo e Touros (Tabela 2). As embarcações apresentaram comprimentos de 7 a 10 m, com motores de 1 a 4 cilindros (Figura 5). Os lances de rede foram realizados em áreas com fundos de areia, cascalho, lama e pedra (Tabela 2).

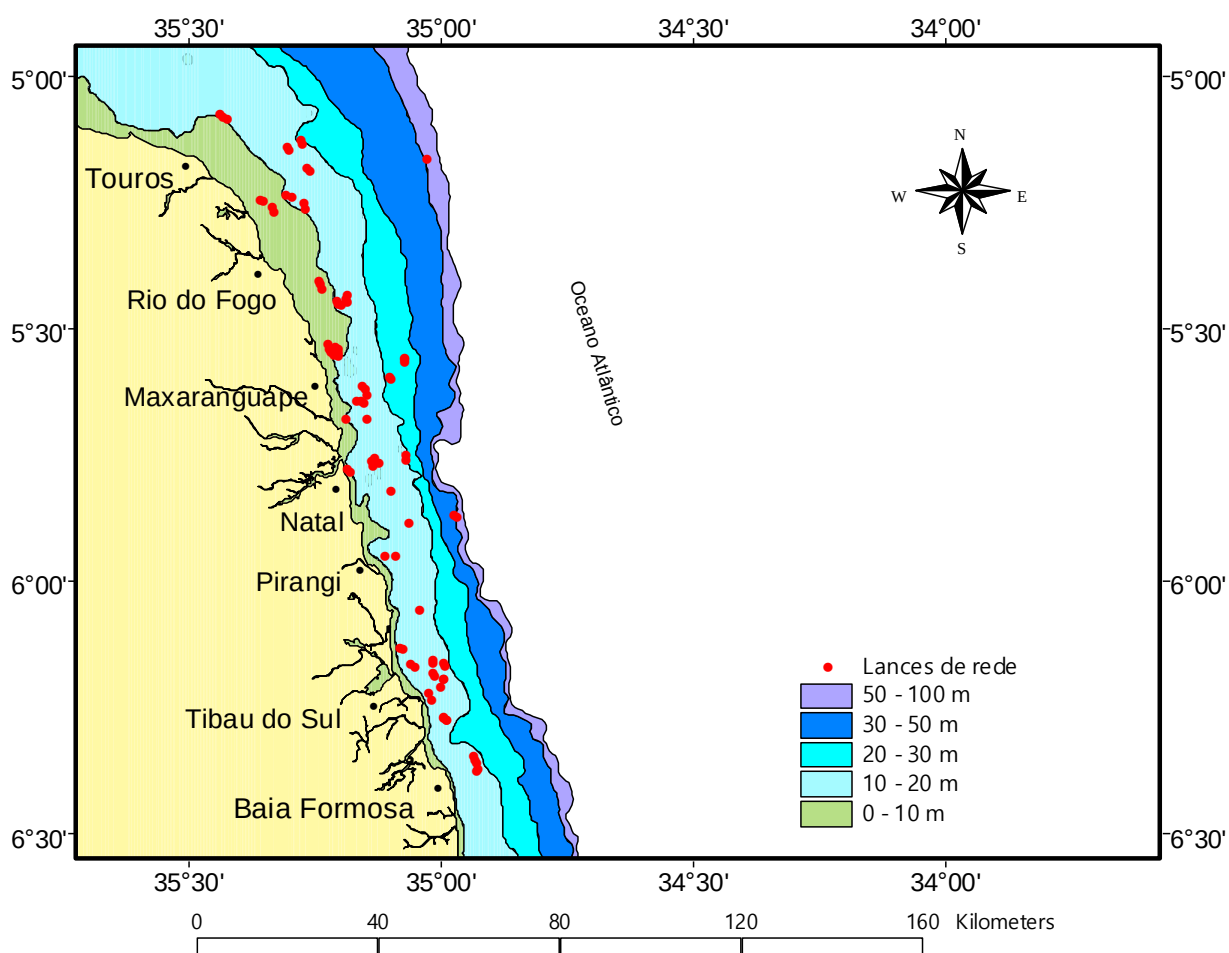


Figura 4. Área de estudo mostrando as áreas de pesca regionalizadas onde os lances de redes de emalhar foram realizados na costa leste do Rio Grande do Norte.

As redes eram lançadas ao mar no final da tarde (Figura 6), entre 3 e 5 horas da tarde, permanecendo submersas entre 1:30 e 12:13 horas (média=4,66; DP=2,55),

totalizando 410,44 horas de redes ao mar. Os comprimentos das redes variaram de 509 a 2.400 m (média=987; DP=437), somando 86,936 Km de redes utilizadas no período de estudo. As redes apresentaram malhas com tamanhos entre nós opostos de 40 mm a 160 mm, com nylons variando de 40 a 120; a altura das redes variou de 1 a 2 m. A tabela 3 apresenta um sumário dos comprimentos das redes e esforços de pesca utilizados pelas frotas das diferentes localidades.



Figura 5. Embarcações da frota de rede de emalhar de fundo utilizadas nas pescarias experimentais nas localidades de Baía Formosa (a), Tibau do Sul (b), Natal (c), Barra de Maxaranguape (d), Rio do Fogo (e) e Touros (f).

Tabela 1. Número de pescarias realizadas na plataforma continental leste do Rio Grande do Norte com frequências absolutas e relativas em relação aos anos e meses do período de estudo.

Ano	Mês	Frequência absoluta	Frequência relativa
2012	7	4	36,4
	9	5	45,5
	11	2	18,2
	Total	11	100
2013	1	2	3,4
	2	4	6,9
	3	9	15,5
	4	5	8,6
	5	7	12,1
	6	4	6,9
	7	4	6,9
	9	6	10,3
	10	7	12,1
	11	10	17,2
	Total	58	100
2014	1	4	21,1
	2	4	21,1
	3	5	26,3
	4	2	10,5
	5	3	15,8
	6	1	5,3
	Total	19	100



Figura 6. Rede sendo lançada ao mar em pescaria realizada em setembro de 2012 na localidade de Rio do Fogo.

Tabela 2. Número de pescarias realizadas na plataforma continental leste do Rio Grande do Norte com frequências absolutas e relativas em relação às localidades e tipos de substratos onde as redes foram lançadas.

Localidade	Tipo de substrato	Frequência absoluta	Frequência relativa %
BAÍA FORMOSA	CASCALHO	4	4,5
	PEDRA	5	5,7
BARRA DE MAXARANGUAPE	CASCALHO	19	21,6
	PEDRA	7	8,0
NATAL	AREIA	2	2,3
	CASCALHO	7	8,0
	LAMA	1	1,1
	PEDRA	6	6,8
PIRANGI	LAMA	3	3,4
	PEDRA	1	1,1
RIO DO FOGO	CASCALHO	7	8,0
TIBAU DO SUL	AREIA	2	2,3
	CASCALHO	5	5,7
	LAMA	4	4,5
	PEDRA	4	4,5
TOUROS	CASCALHO	11	12,5
TOTAL		88	100

Tabela 3. Sumário dos comprimentos das redes (metros) e esforços de pesca (área da rede *tempo de submersão) utilizados pelas frotas das diferentes localidades estudadas.

		N	Mínimo	Máximo	Soma	Médio	DP
Baia Formosa	Comprimento da rede	9	583	1030	7972	886	162
	Esforço	9	1705	14053	59952	6661	3746
Barra de Maxaranguape	Comprimento da rede	26	520	880	18101	696	99
	Esforço	26	1749	8455	131832	5070	1938
Natal	Comprimento da rede	16	509	2340	20949	1309	587
	Esforço	16	2245	25495	183977	11499	6537
Tibau do Sul	Comprimento da rede	15	677	2400	15210	1014	442
	Esforço	15	3527	19397	141406	9427	6108
Pirangi	Comprimento da rede	4	775	2300	7222	1806	695
	Esforço	4	9697	55660	95319	23830	21366
Rio do Fogo	Comprimento da rede	7	873	1080	6844	978	76
	Esforço	7	2655	9382	39541	5649	2305
Touros	Comprimento da rede	11	750	1150	10638	967	138
	Esforço	11	2095	9095	57864	5260	2047

As variações das profundidades, distâncias do porto e distâncias da costa onde os lances de redes foram realizados, assim como a temperatura e a transparência da água

encontram-se na tabela 4. Foram capturados 2,517 t de pescados, com pesos por pescaria variando entre 0,84 a 312,416 Kg (média=28,603 Kg; DP=45,457 Kg). O peso médio de captura por lance de rede foi maior em Natal e Rio do Fogo (Tabela 5). Em relação a estação do ano, na primavera um maior rendimento médio por pescaria foi estimado (Figura 7a). Entre 20 e 40 m de profundidade foram capturados os maiores pesos médios (Figura 7b). O peso médio de captura apresentou tendência de aumento em lances realizados em áreas mais afastadas da costa (Figura 7c). Em águas com transparências entre 10 e 20 m foram obtidos os maiores pesos médios (Figura 7d). Entre 24 e 27°C os pesos médios de captura foram superiores (Figura 7e). Em fundos de pedra e cascalho os maiores rendimentos médios foram obtidos (Figura 7f).

Tabela 4. Profundidade, distância da costa, temperatura da água e transparência da água das áreas de pesca onde os lances de redes foram realizados.

	N	Mínimo	Máximo	Médio	DP
Profundidade (m)	88	6,0	52,7	17,0	8,4
Distância da costa (Km)	88	0,9	41,0	9,0	6,2
Temperatura da água (°C)	85	24,0	29,5	27,2	1,1
Transparência da água (m)	88	2,0	24,0	7,4	4,1

Tabela 5. Peso (gramas) de pescado capturado mínimo, máximo, total, médio e desvio padrão para os lances de redes realizados pela frota de diferentes localidades da costa leste do Rio Grande do Norte.

Localidade	N	Mínimo	Máximo	Soma	Médio	DP
Baia Formosa	9	4028	84102	278646	30961	29414
Barra de Maxaranguape	26	2580	102807	415884	15996	19106
Natal	16	84	312416	843343	52709	90160
Tibau do Sul	15	403	74127	337434	22496	23357
Pirangi	4	5420	60993	146078	36520	28013
Rio do Fogo	7	10460	131581	307865	43981	44219
Touros	11	2810	53860	187839	17076	16329
Total	88			2.517.089		

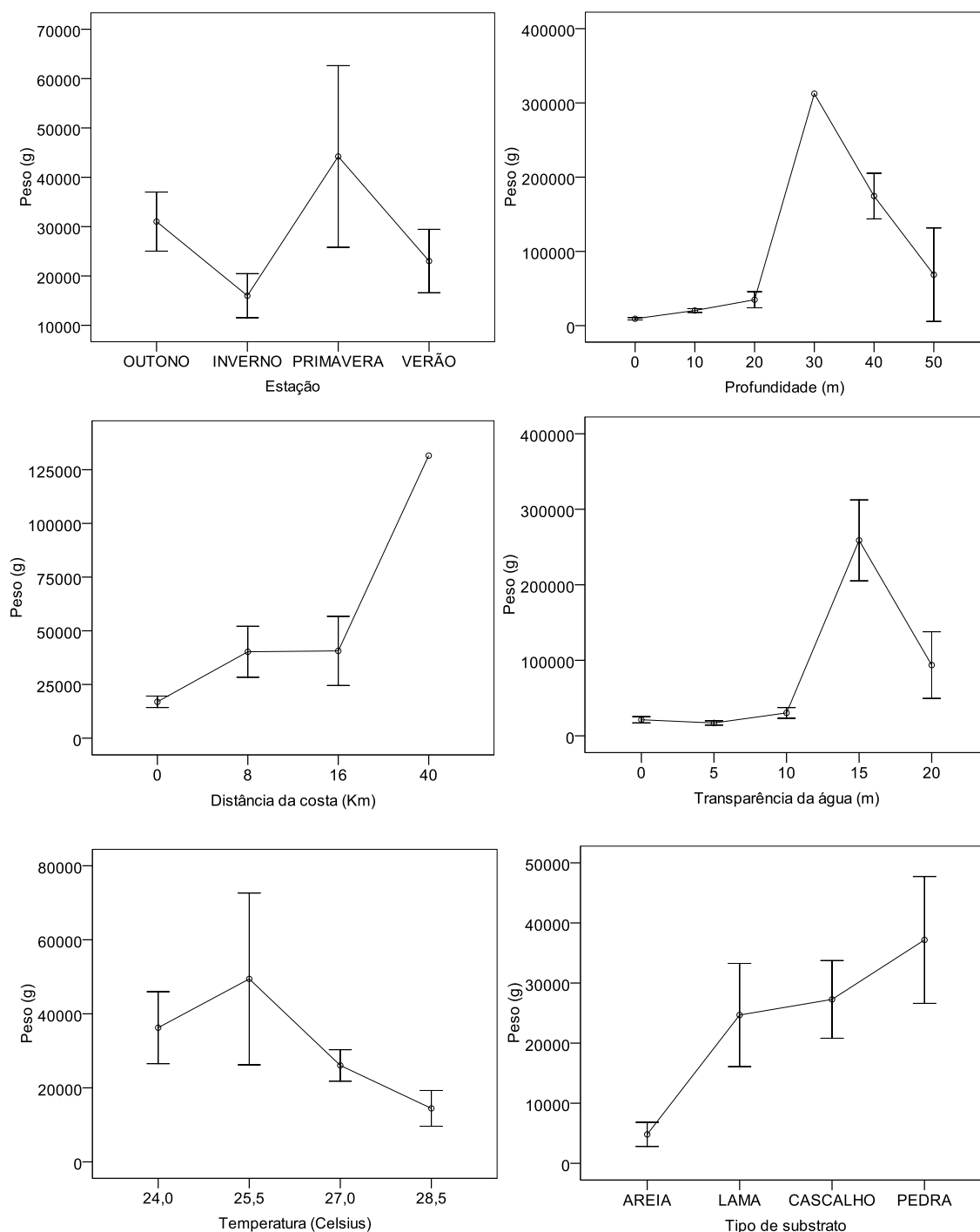


Figura 7. Peso médio capturado por lance de rede e intervalo de confiança (erro padrão-95%) em relação as estações do ano, profundidades, distância da costa, transparência da água, temperatura e tipos de substratos.

Dentre os Modelos Lineares Generalizados estabelecidos para modelar o peso esperado de captura por pescaria o modelo normal com função de ligação identidade apresentou o melhor ajuste, resultando o menor valor de AIC (Tabela 6). Os resíduos desse modelo apresentaram distribuição normal (Figura 8), segundo o teste de Kolmogorov Smirnov ($KS=1,179$; $P=0,124$), demonstrando o razoável ajuste dos dados ao modelo utilizado. Segundo esse modelo, o intercepto, a profundidade e a latitude são estatisticamente significativas (Tabela 7); já a estação do ano, a localidade, o tipo de

substrato, a distância da costa, a transparência da água, a temperatura da água e a interação entre a localidade e o esforço não são estatisticamente significativas (Tabela 7). Os valores médios e intervalo de confiança estimado para o peso esperado em relação a profundidade e latitude encontram-se na figura 9.

Como os fatores para as frotas (localidades) e a interação entre as frotas das diferentes localidades e seu esforço não foram estatisticamente significativas (tabela 7), ou seja, não existem diferenças significativas entre as capturas e os esforços de diferentes frotas, não houve a necessidade de padronizar um índice de abundância (CPUE).

Tabela 6: GLMs estabelecidos com modelos de distribuições de probabilidades e funções de ligação para modelar o peso esperado de captura por pescaria. O melhor modelo de acordo com o critério de AIC é representado em negrito.

Modelo	N	Distribuição	Função de ligação	GL	AIC
1	88	Normal	Identidade	62	1982
2	88	Normal	Log	62	2026
3	88	Gama	Identidade	62	2138

Tabela 7. Valores de *P* e graus de liberdade para as covariáveis incluídas no GLM (distribuição normal com função de ligação identidade) estabelecido para modelar o peso esperado de captura por pescaria na plataforma continental leste do Rio Grande do Norte.

Covariáveis	Gl	P
Intercepto	1	0,010
Estação do ano	3	0,146
Localidade	6	0,261
Tipo de substrato	3	0,475
Profundidade	1	0,006
Distância da costa	1	0,485
Latitude	1	0,017
Temperatura da água	1	0,422
Transparência da água	1	0,917
Ano	1	0,120
Localidade*esforço	7	0,238

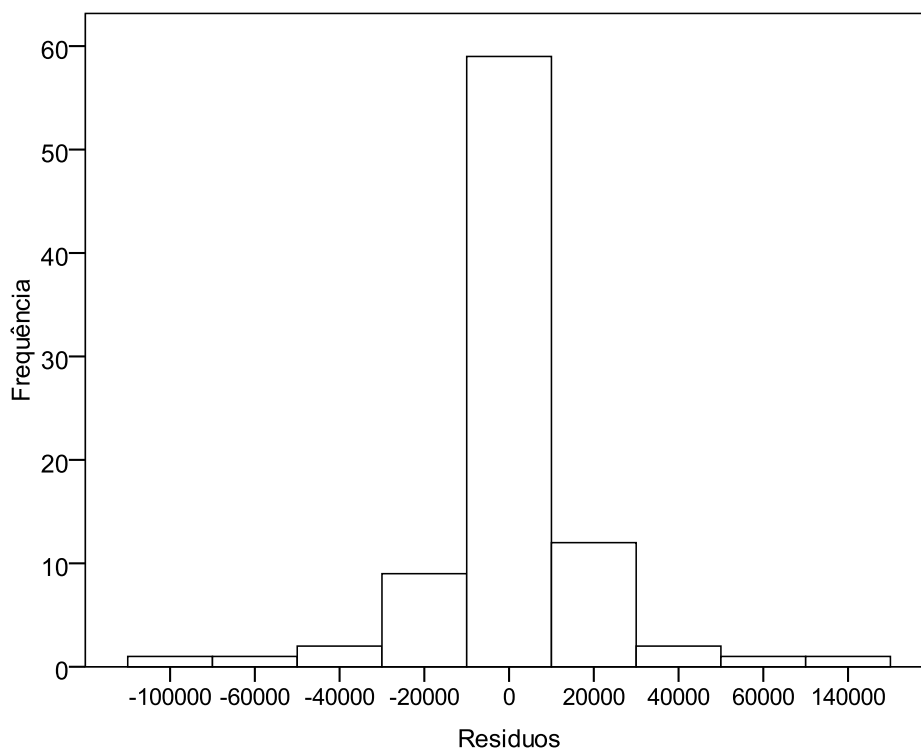


Figura 8. Resíduos do modelo GLM estimado para o peso esperado para os recursos capturados pela frota artesanal da costa leste do Rio Grande do Norte.

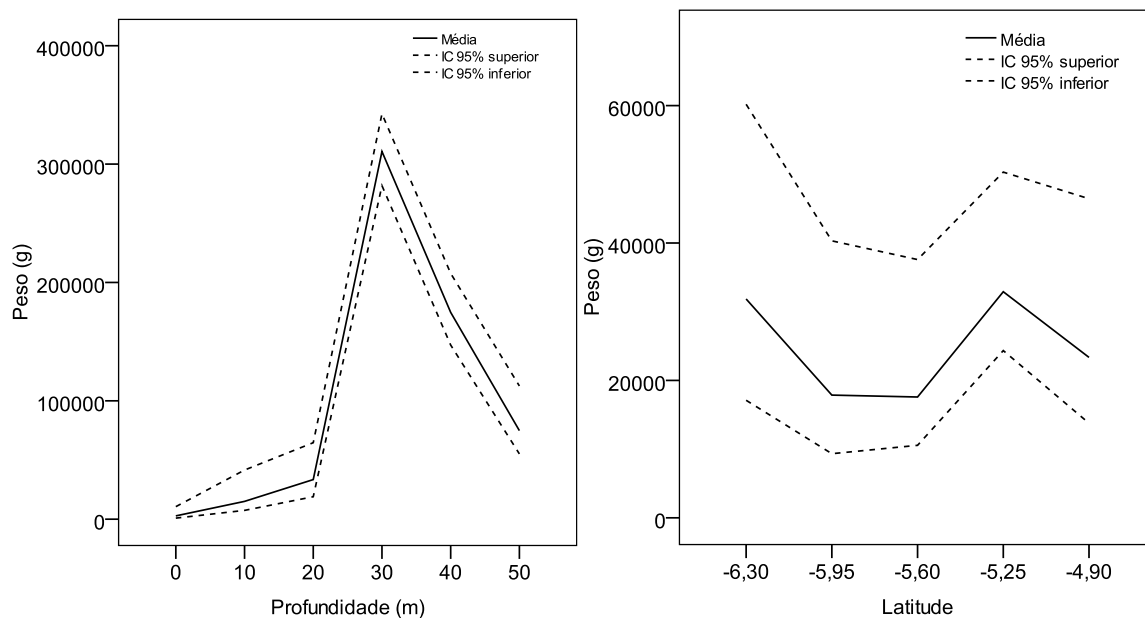


Figura 9. Peso médio esperado e intervalos de confiança estimados pelo modelo GLM para as capturas da frota pesqueira artesanal da costa leste do Rio Grande do Norte em relação à profundidade (a) e latitude (b).

A CPUE variou de 12 a 23.201 g/Km²/hora (média=4.232; DP=5.241) (Figura 10). Em relação às estações do ano, as maiores abundâncias relativas médias foram estimadas na primavera e no outono (Figura 11a). As abundâncias médias foram maiores em fundos de pedra e cascalho (Figura 11b). O teste de correlação de Pearson indicou que a CPUE apresenta correlação com a profundidade, distância da costa, temperatura e transparência da água (Tabela 8), já a latitude não apresentou correlação com a CPUE (Tabela 8).

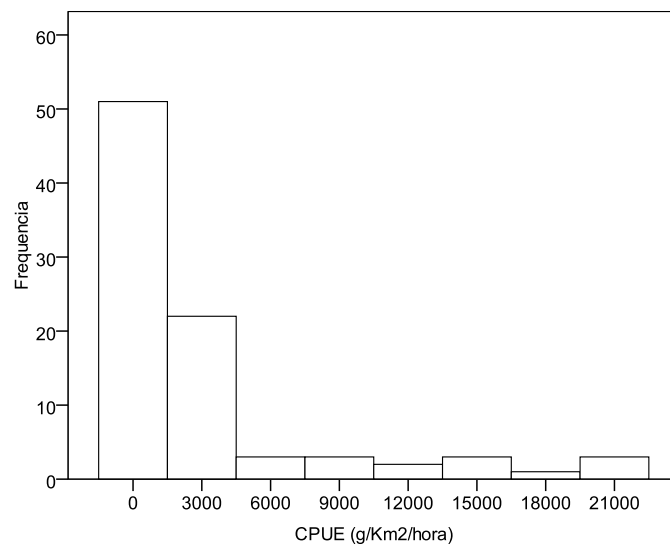


Figura 10: Distribuição de frequência da captura por unidade de esforço (CPUE) estimada para as capturas realizadas na costa leste do Rio Grande do Norte.

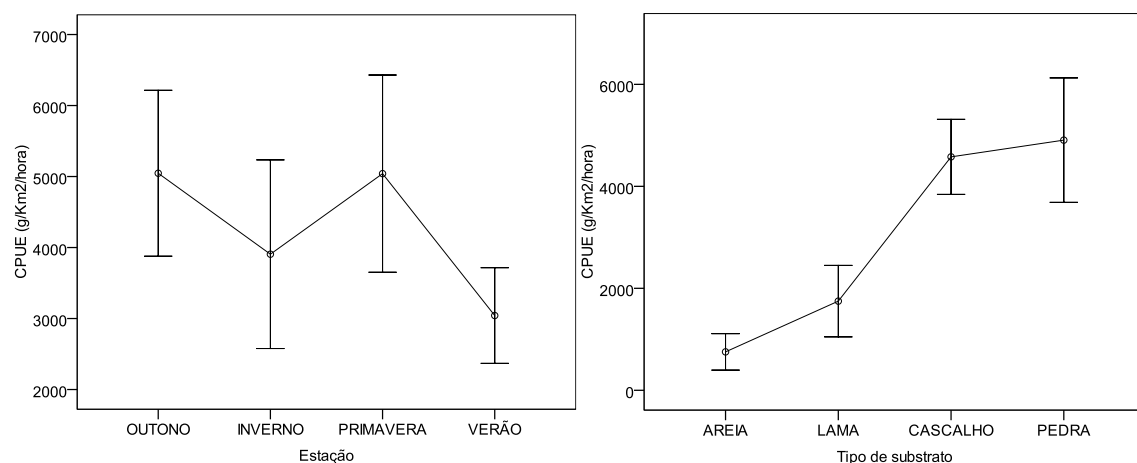


Figura 11. CPUE média e intervalo de confiança (95%) em relação às estações do ano (a) e tipos de substratos (b).

Tabela 8. Resultados gerais do teste de correlação de Pearson para CPUE em relação a latitude, profundidade, distância da costa, temperatura e transparência da água.

	Correlação Pearson	CPUE	Latitude	Profundidade	Distância da costa	Temperatura da água	Transparência da água
CPUE	R	1	0,024	0,430	0,418	-0,229	0,336
	P		0,822	0,00003	0,00005	0,032	0,001
	N	88	88	88	88	88	88
Latitude	R	0,024	1	-0,142	0,373	0,045	0,041
	P	0,822		0,187	0,0003	0,677	0,702
	N	88	88	88	88	88	88
Profundidade	R	0,430	-0,142	1	0,688	-0,002	0,828
	P	0,00003	0,187		0,00001	0,987	0,00001
	N	88	88	88	88	88	88
Distância da costa	R	0,418	0,373	0,688	1	-0,083	0,769
	P	0,00005	0,0003	0,00001		0,440	0,00001
	N	88	88	88	88	88	88
Temperatura da superfície	R	-0,229	0,045	-0,002	-0,083	1	0,167
	P	0,032	0,677	0,987	0,440		0,120
	N	88	88	88	88	88	88
Transparência da água	R	0,336	0,041	0,828	0,769	0,167	1
	P	0,001	0,702	0,00001	0,00001	0,120	
	N	88	88	88	88	88	88

Entre 20 e 50 m de profundidade foram estimadas as maiores abundâncias médias (Figura 12a). Em relação às distâncias da costa, a abundância média tende a aumentar em áreas mais afastadas da costa (Figura 12b). Maiores abundâncias médias foram obtidas em pescarias em águas mais claras, entre 10 e 20 m de transparência (Figura 12c). Como observado na correlação entre a CPUE e a temperatura da água, em águas mais frias foram estimadas as maiores abundâncias, diminuindo conforme a temperatura aumenta (Figura 12d).

As regressões testadas para CPUE e profundidade indicaram que o modelo não linear ($CPUE = ((1.620,436 * Prof) * (100 - Prof)) / ((Prof^2) - (72,569 * Prof) + 1.509,265)) - R^2 = 0,369$; $P < 0,001$) apresentou o melhor ajuste (Tabela 9; Figura 13), sendo escolhido para descrever as tendências médias da abundância relativa dos recursos capturados em relação as profundidades onde os lances foram realizados na plataforma continental leste do Rio Grande do Norte. Segundo esse modelo, entre as profundidades de 20 e 50 m (Figura 14) ocorrem as maiores abundâncias dentro da área de estudo.

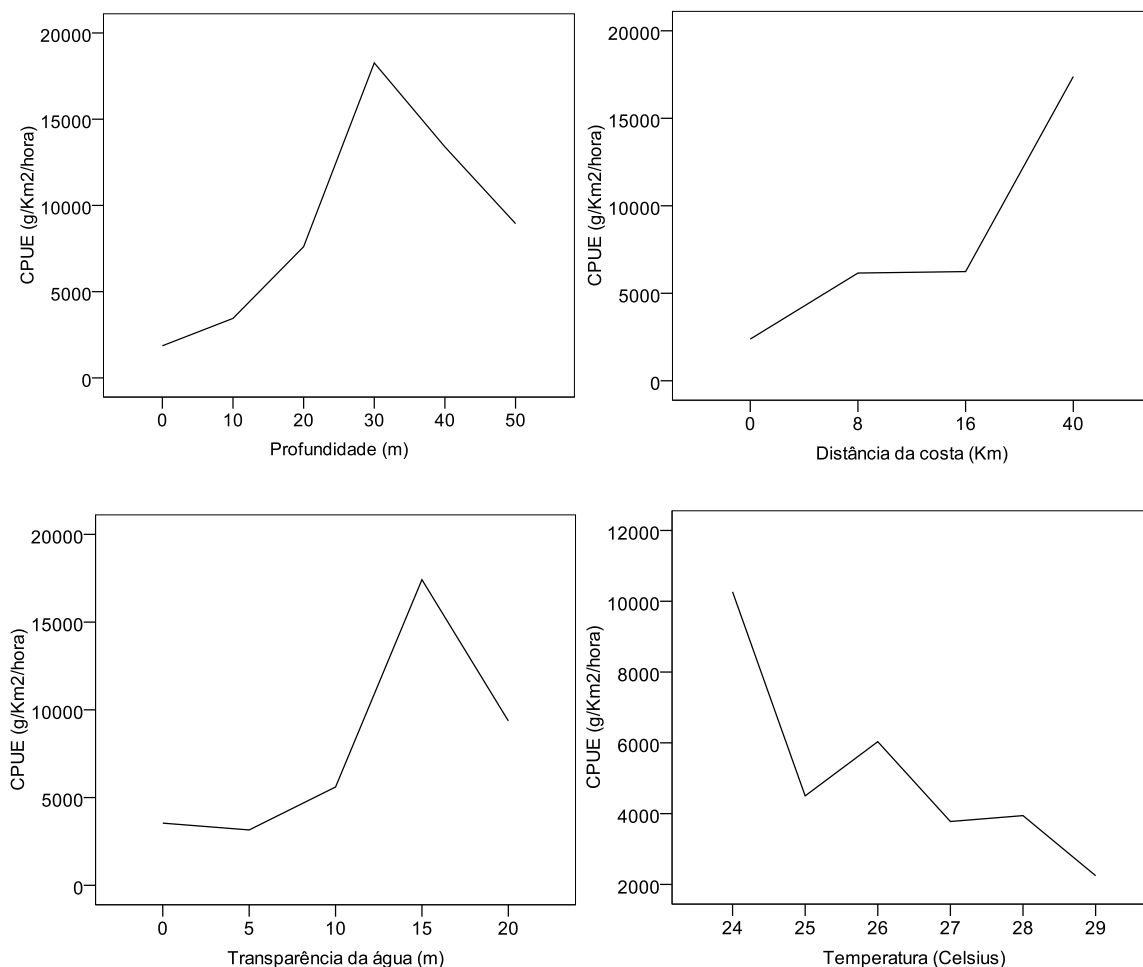


Figura 12. Abundâncias relativas médias (CPUE) em relação a profundidade (a), distância da costa (b), transparência da água (c) e temperatura da água (d).

Tabela 9. Resultados gerais dos modelos de regressões ajustados a CPUE dos recursos capturados e profundidades onde os lances de rede foram realizados.

Modelo	Sumário do modelo					Parâmetros estimados			
	R ²	F	Gl1	Gl2	P	Constante	b1	b2	b3
Linear	0,184	19,455	1	86	0,0001	-305,261	267,285		
Quadrático	0,201	10,689	2	85	0,0001	-3449,766	564,643	-5,313	
Cúbico	0,239	8,789	3	84	0,0001	6043,979	-978,405	66,025	-0,885

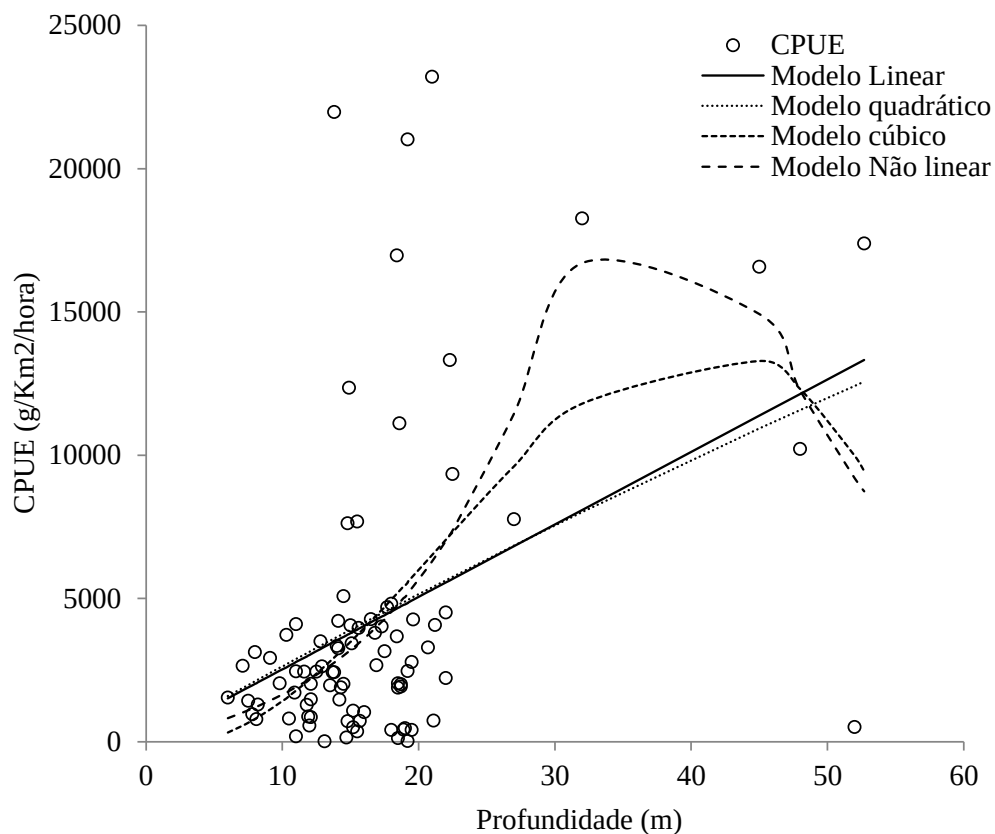


Figura 13: Modelos de regressões ajustados a CPUE dos recursos capturados e profundidades onde os lances de rede foram realizados.

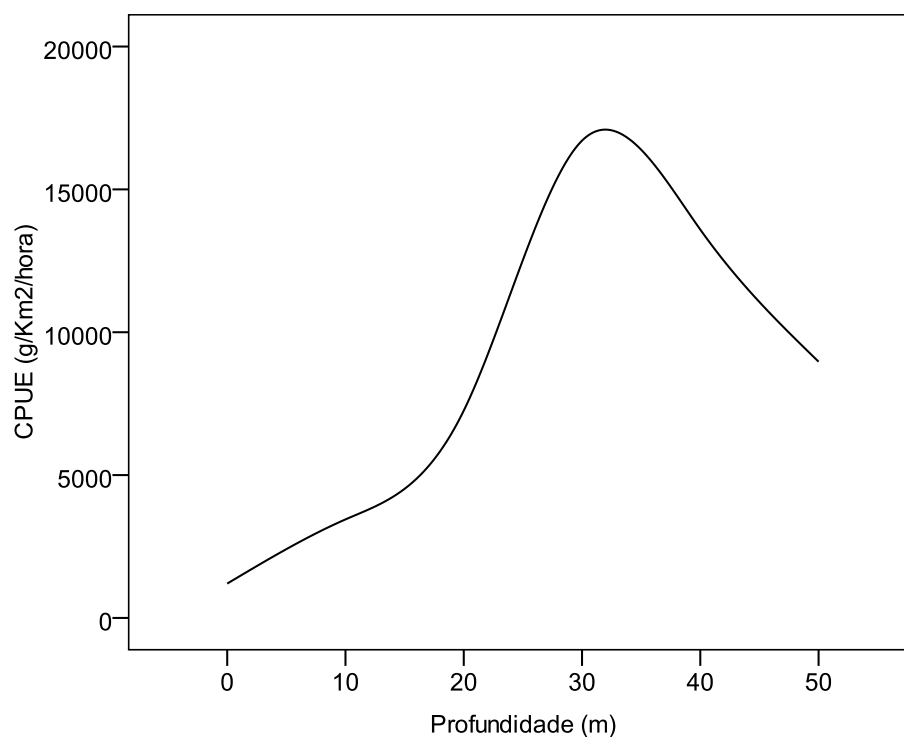


Figura 14: Valores estimados pelo modelo não linear para CPUE em relação as profundidades onde os lances de rede foram realizados na costa leste do Rio Grande do Norte.

O modelo batimétrico estimado para CPUE dos recursos pesqueiros capturados nas pescarias de rede de fundo na plataforma continental leste do Rio Grande do Norte foi projetado no mapa criado no Sistema de Informação Geográfico, gerado a partir da linha de costa, isóbatas de 10 m, 20 m, 30 m e 50 m de profundidade. Essa cartografia estabelecida com a abundância relativa dos recursos capturados descreve as maiores abundâncias entre as isóbatas de 20 e 50 metros (Figura 15).

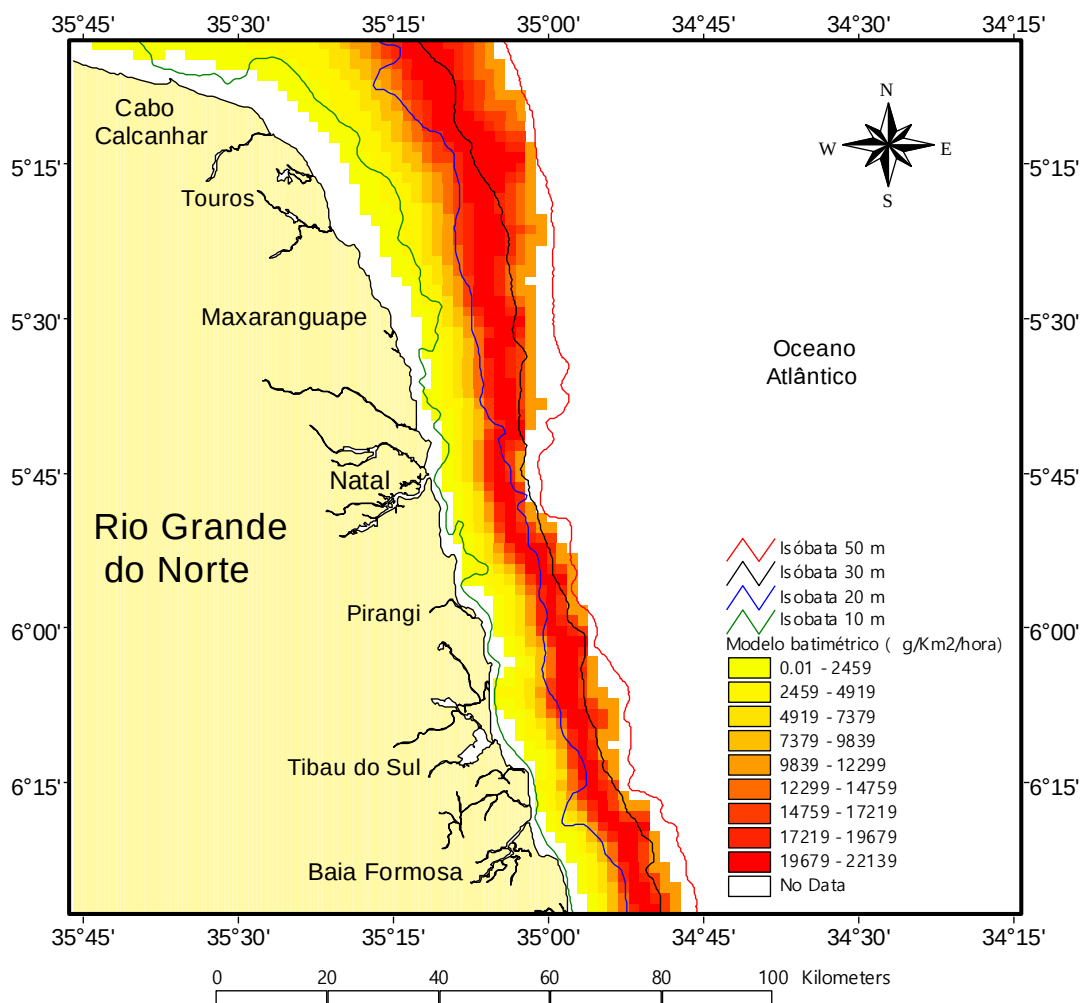


Figura 15: Projeções do modelo batimétrico estimado para a abundância relativa média dos recursos capturados nos lances de rede na plataforma continental leste do Rio Grande do Norte.

A fim de estimar a precisão das estimativas de abundância relativa (CPUE), de acordo com o desenho das áreas amostradas e identificar a correlação espacial da CPUE estimada, para os recursos capturados pela frota de rede de emalhar do litoral leste do Rio Grande do Norte um variograma foi estabelecido, utilizando os resíduos do modelo

batimétrico, com as respectivas localizações (latitude e longitude) das áreas de pesca, onde os lances de rede foram realizados. Os resíduos variaram de -8.691 a 19.209 g (média= 117 g; dp=4.535 g), apresentando uma distribuição aproximadamente normal (Figura 16), com média próxima a zero, indicando um razoável ajuste do modelo batimétrico ajustado a CPUE e profundidade.

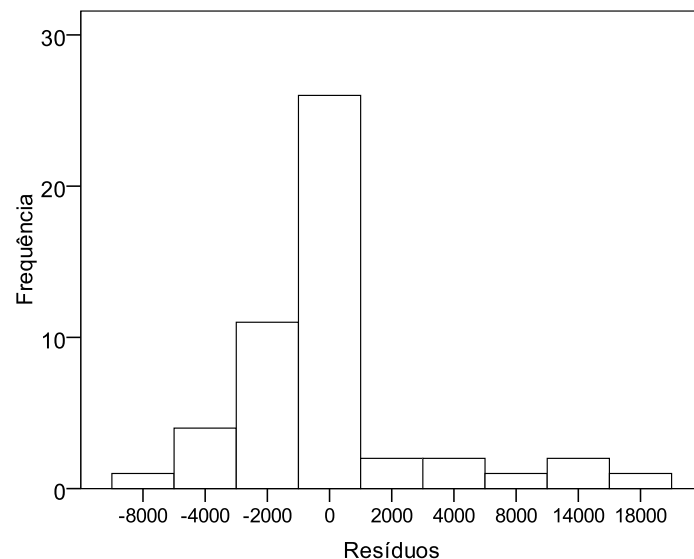


Figura 16: Resíduos do modelo batimétrico estimado para CPUE dos recursos pesqueiros capturados pela frota de rede de emalhar no litoral leste do RN.

As áreas de pesca apresentaram distâncias médias de 2 milhas. O variograma estabelecido apresenta um rápido aumento da variância média dos resíduos entre pequenas distâncias, tendência de estabilização a partir de distâncias de 8 milhas, apresentando novamente diminuição da variância média, seguido de novo aumento e tendência de estabilização da variância em distâncias de 18 a 22 milhas (Figura 17). Um modelo exponencial de variograma foi ajustado às variâncias médias dos resíduos em função do deslocamento entre as áreas de pesca (Figura 17). Segundo esse modelo, a variância média dos resíduos se estabiliza a partir de distâncias de 8 milhas ($a=0,08$) entre as localizações concretas (áreas de pesca). Variações e estatísticas calculadas para os resíduos, assim como os parâmetros estimados para o modelo exponencial de variograma encontram-se na tabela 10.

Foram interpolados (Kriging) os resíduos para as variáveis regionalizadas (latitude e longitude) onde a frota de rede de emalhar do litoral leste do Rio Grande do Norte operou nas capturas, utilizando os parâmetros estimados (modelo exponencial) no variograma para a correlação espacial dos resíduos do modelo batimétrico. O total de

pontos interpolados entre 6,362°S a 35,358°W e 5,164°S a 34,927°W foi de 4.648 (Figura 18), sendo posteriormente filtrados apenas aqueles que resultaram em valores superiores a 1E-0,6. O total de pontos interpolados que foram utilizados para criação da cartografia de abundância dos recursos pesqueiros capturados na costa leste do Rio Grande do Norte foi 1.971, entre 6,362°S a 35,358°W e 5,164°S a 34,927°W.

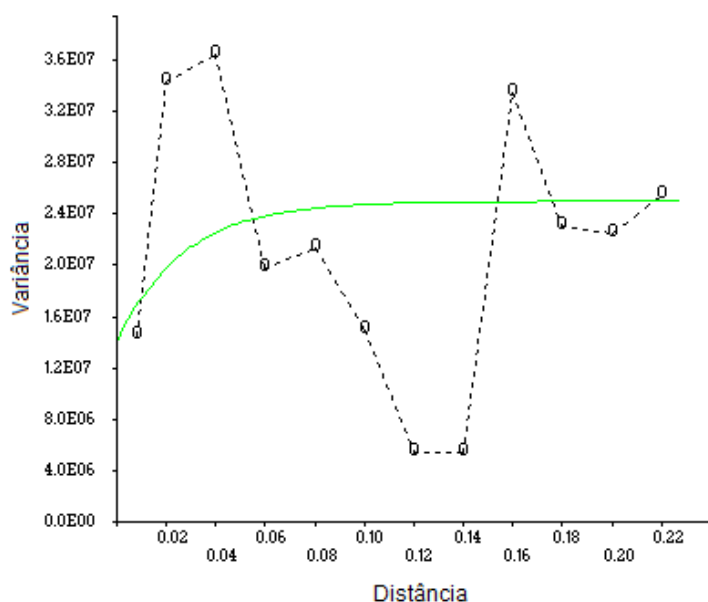


Figura 17: Variograma e modelo exponencial estimados para os resíduos do modelo batimétrico estabelecido para abundância relativa dos recursos capturados pela frota de rede de emalhar da costa leste do Rio Grande do Norte (0,01 de distância =1 milha).

A cartografia de abundância relativa dos recursos capturados pela frota de rede de emalhar na costa leste do Rio Grande do Norte apresenta as menores abundâncias até a isóbata de 20 m (Figura 19), exceto entre Pirangi e Natal, onde maiores valores de abundância foram observados antes dos 20 m de profundidade. De uma forma geral, as maiores abundâncias foram estimadas entre 20 e 30 m de profundidade, exceto no norte da área de estudo, entre Maxaranguape e o Cabo Calcanhar, onde as maiores abundâncias foram estimadas, entre 20 e aproximadamente 50 m de profundidade (Figura 19).

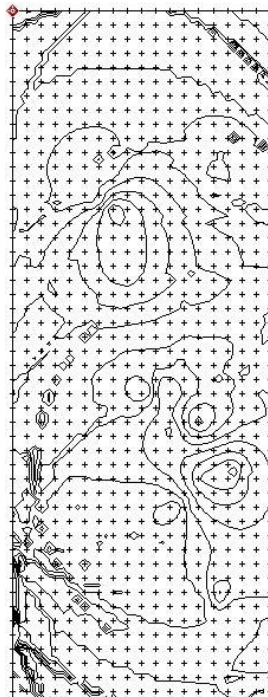


Figura 18. Reticula de pontos criados através da técnica de interpolação (Kriging) dos resíduos do modelo batimétrico, estabelecido para CPUE dos recursos pesqueiros capturados na plataforma continental leste do Rio Grande do Norte, entre 6,362°S a 35,358°W e 5,164°S a 34,927°W.

Tabela 10: Valores mínimos, máximos, médios, variância (S^2) e coeficiente de variação (CV) dos resíduos do modelo batimétrico estimado para CPUE dos recursos pesqueiros capturados pela frota de rede de emalhar de fundo na costa leste do Rio Grande do Norte. Parâmetros do modelo exponencial de variograma: C_0 = efeito pepita; a = escala; C = limiar.

Mínimo	Média	Máximo	S^2	CV	C_0	A	C
-8691	-117	19209	2681175	-396,3242	4000000	0,08	1000000

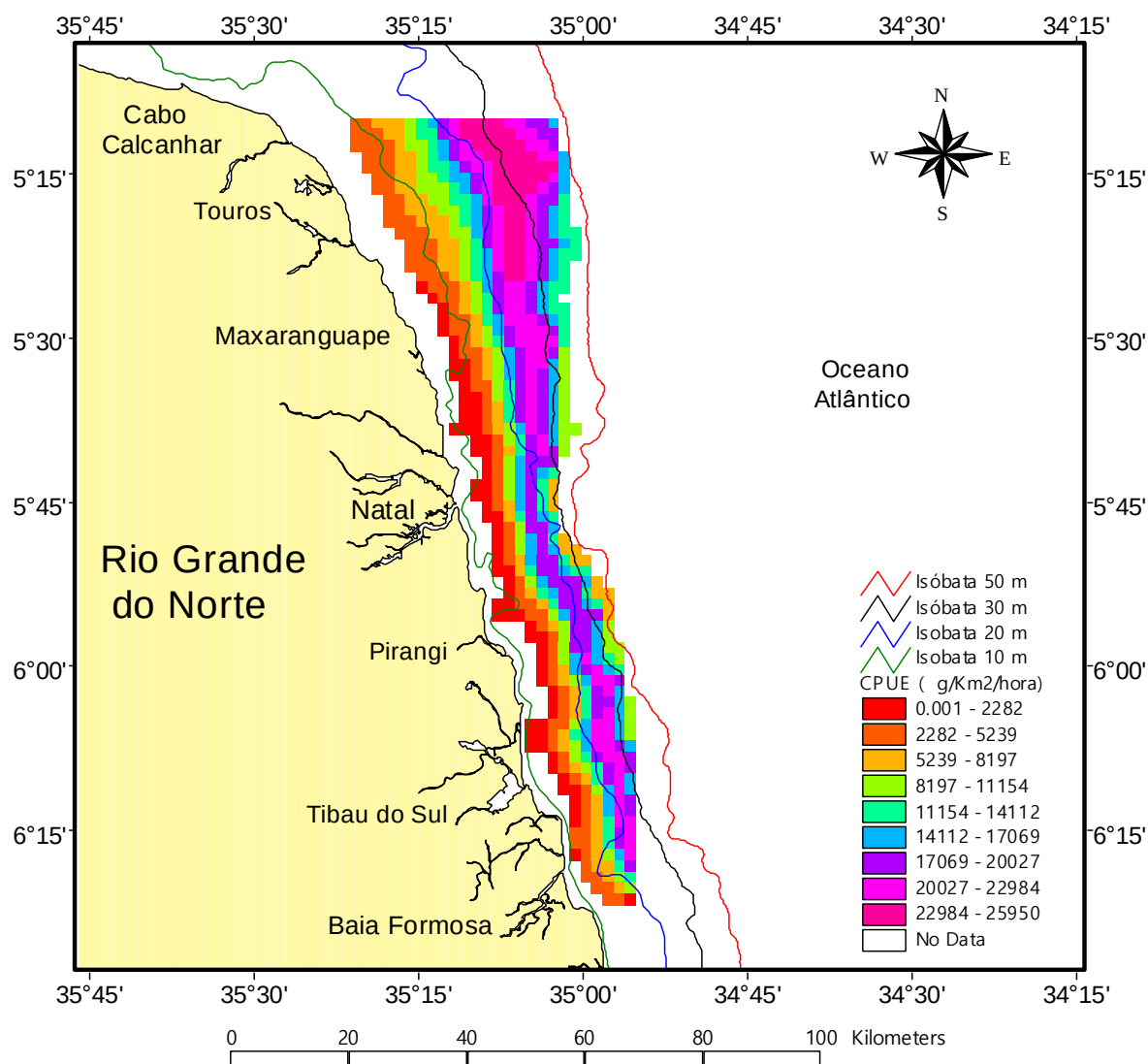


Figura 19: Cartografia de abundância relativa (CPUE) dos recursos pesqueiros capturados pela frota de rede de emalhar de fundo na plataforma continental leste do Rio Grande do Norte.

Composição das capturas

Nas capturas das pescarias de rede de emalhar de fundo realizadas na plataforma continental leste do Rio Grande do Norte foram identificados 101 espécies e 72 gêneros, totalizando 38 famílias de peixes ósseos e 4 famílias de peixes cartilagosos. Do total de 2,517 t de pescado capturados nos 88 lances de redes acompanhados foram medidos e pesados individualmente 2,316 t (92,03%), totalizando 4.186 exemplares (Tabela 11).

Tabela 11. Composição específica, nome vulgar em português e inglês, família, peso total capturado (g), número de exemplares capturados, comprimento total mínimo, médio e máximo de captura dos exemplares amostrados nas pescarias da frota artesanal de rede de emalhar de fundo na plataforma continental leste do Rio Grande do Norte.

	Composição específica	Nome vulgar (português)	Nome vulgar (inglês)	Família	Peso (g)	N	Minímo	Médio	Máximo
1	<i>Acanthostracion quadricornis</i> (Linnaeus, 1758)	Cofre	Scrawled cowfish	Ostraciidae	1138	7	16	26.5	21.6
2	<i>Acanthurus bahianus</i> Castelnau, 1885	Craúna	Ocean surgeon	Acanthuridae	1360	7	20.5	24.5	22.5
3	<i>Acanthurus chirurgus</i> (Bloch, 1787)	Craúna	Doctorfish	Acanthuridae	67406	310	17	33.5	21.7
4	<i>Albula vulpes</i> (Linnaeus, 1758)	Ubarana fucinho-de-rato	Bonefish	Albulidae	10167	20	24	65.0	40.1
5	<i>Alectis ciliaris</i> (Bloch, 1788)	Galo-do-alto	African pompano	Carangidae	257	3	14.5	19.0	16.7
6	<i>Alphestes afer</i> (Bloch, 1793)	Guaçapé	Mutton hamlet	Serranidae	222	1	23	23.0	23.0
7	<i>Anisotremus virginicus</i> (Linnaeus, 1758)	Salema	Porkfish	Haemulidae	13338	58	16.2	36.0	23.0
8	<i>Archosargus rhomboidalis</i> (Linnaeus, 1758)	Sargo de dente	Western Atlantic seabream	Sparidae	1020	4	21	27.4	24.5
9	<i>Aspistor luniscutis</i> (Valenciennes, 1840)	Bagre amarelo		Ariidae	37746	64	27.5	54.0	39.5
10	<i>Auxis thazard</i> (Lacepède, 1803)	Bonito	Frigate tuna	Scombridae	23487	41	26.5	46.0	35.4
11	<i>Bagre bagre</i> (Linnaeus, 1766)	Bagre-fita	Coco sea catfish	Ariidae	21185	49	31.5	42.5	36.1
12	<i>Bagre marinus</i> (Mitchill, 1815)	Bagre-branco	Gafftopsail sea catfish	Ariidae	85955	154	26	54	39.2
13	<i>Calamus penna</i> (Valenciennes, 1830)	Peixe pena	Sheepshead porgy	Sparidae	5823	27	18	29	22.9
14	<i>Calamus pennatula</i> Guichenot, 1868	Peixe pena	Pluma porgy	Sparidae	4655	15	21	75.5	26.9
15	<i>Caranx bartholomaei</i> (Cuvier, 1833)	Guarajuba	Yellow jack	Carangidae	48626.5	90	30	48	36.1
16	<i>Caranx crysos</i> (Mitchill, 1815)	Xaréu-dourado	Blue runner	Carangidae	328793	695	27.5	365	35.3
17	<i>Caranx hippos</i> (Linnaeus, 1766)	Xaréu-macoa	Crevalle jack	Carangidae	4795	1	76.5	76.5	76.5
18	<i>Caranx latus</i> Agassiz, 1831	Guaracimbora	Horse-eye jack	Carangidae	19849	18	25.5	70	41.8
19	<i>Carcharhinus acronotus</i> (Poey, 1861)	Tubarão-flamengo	Blacknose shark	Carcharhinidae	82370	9	80	128	108.9
20	<i>Carcharhinus limbatus</i> (Valenciennes, 1839)	Tubarão-galha-preta	Blacktip shark	Carcharhinidae	65000	1	172	172	172.0
21	<i>Centropomus parallelus</i> Poey, 1860	Robalo	Fat snook	Centropomidae	1560	1	58	58	58.0
22	<i>Centropomus undecimalis</i> (Bloch, 1792)	Camurim açu	Common snook	Centropomidae	99907	38	58	78	67.9
23	<i>Cephalopholis fulva</i> (Linnaeus, 1758)	Piraúna	Coney seabass	Serranidae	350	2	23	23.5	23.3

Tabela 11 (Continuação)

	Composição específica	Nome vulgar (português)	Nome vulgar (inglês)	Família	Peso (g)	N	Minímo	Médio	Máximo
24	<i>Chaetodipterus faber</i> (Broussonet, 1782)	Parú-branco	Atlantic spadefish	Ephippidae	4094	11	18.5	31.5	23.8
25	<i>Chloroscombrus chrysurus</i> (Linnaeus, 1776)	Palombeta	Atlantic bumper	Carangidae	2934	28	20	28	22.7
26	<i>Conodon nobilis</i> (Linnaeus, 1758)	Coró	Barred grunt	Haemulidae	3201	15	22	28.5	24.2
27	<i>Cynoscion leiarchus</i> (Cuvier, 1830)	Pescada branca	Smooth weakfish	Scianidae	8080	7	35.5	73.5	47.3
28	<i>Cynoscion virescens</i> (Cuvier, 1830)	Pescada-cambucu	Green weakfish	Scianidae	3206	1	80	80.0	80.0
29	<i>Dactylopterus volitans</i> (Linnaeus, 1758)	Voador-de-pedra	Flying gurnard	Dactylopteridae	381	3	16.5	29	21.8
30	<i>Dasyatis marianae</i> Gomes, Rosa & Gadig, 2000	Raia verde	Brazilian large-eyed Stingray	Dasyatidae	1594	2	24	29	26.5
31	<i>Decapterus tabl</i> Berry, 1968		Rougher scad	Carangidae	1900	10	23.5	30.5	26.4
32	<i>Diapterus auratus</i> Ranzani, 1842	Carapeba branca	Irish mojarra	Gerridae	149	1	22	22	22.0
33	<i>Diodon</i> sp.	Baiacú	Porcupinefish	Diodontidae	170	1	16.5	16.5	16.5
34	<i>Echeneis naucrates</i> Linnaeus, 1758	Rêmora	Live sharksucker	Echeneidae	20429	29	38	81.5	59.3
35	<i>Echeneis naucratoides</i>	Rêmora	Live sharksucker	Echeneidae	29529	36	43.5	78	61.7
36	<i>Elagatis bipinnulatus</i> (Quoy & Gaimard, 1825)	Arabaiana azul	Rainbow runner	Carangidae	6380	5	56	64	60.2
37	<i>Elops saurus</i> Linnaeus, 1766	Bbarana	Ladyfish	Elopidae	31765	29	36.5	68.5	59.5
38	<i>Euthynnus alletteratus</i> (Rafinesque, 1810)	Bonito	Little tunny	Scombridae	190200	195	27.5	65	43.2
39	<i>Fistularia petimba</i> Lacepède, 1803	Peixe-corneta	Red cornetfish	Fistularidae	790	1	115	115	115.0
40	<i>Fistularia tabacaria</i> Linnaeus, 1758	Trombeta	Cornetfish	Fistularidae	2020	1	14.4	14.4	14.4
41	<i>Gymnothorax moringa</i> (Cuvier, 1829)	Moréia pintada	Spotted moray	Muraenidae	1812	2	77	79	78.0
42	<i>Gymnothorax vicinus</i> (Caselnaui, 1855)	Moréia marrom	Purpelmouth moray	Muraenidae	592	1	66	66	66.0
43	<i>Haemulon aurolineatum</i> Cuvier, 1830	Xira-branca	Tomtate grunt	Haemulidae	3816	28	12.5	26.5	20.2
44	<i>Haemulon chrysargyreum</i> Gunther, 1859	Xira-amarela	Smallmouth grunt	Haemulidae	86	1	19	19	19.0
45	<i>Haemulon melanurum</i> (Linnaeus, 1758)	Sapuruna	Cottonwick grunt	Haemulidae	200	1	26	26	26.0
46	<i>Haemulon parra</i> (Desmarest, 1823)	Cambuba	Sailor's choice	Haemulidae	164866	489	20.5	42	28.6
47	<i>Haemulon plumieri</i> (Lacepède, 1802)	Biquara	White grunt	Haemulidae	54302	212	16.5	34	25.4

Tabela 11 (Continuação)									
	Composição específica	Nome vulgar (português)	Nome vulgar (inglês)	Família	Peso (g)	N	Minímo	Médio	Máximo
48	<i>Haemulon steindachneri</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	Xira	Latin grunt	Haemulidae	530	6	12.5	20.5	17.1
49	<i>Harengula clupeola</i> (Cuvier, 1829)	Sardinha cascuda	False herring	Clupeidae	45	1	16	16	16.0
50	<i>Heteropriacanthus cruentatus</i> (Lacepède, 1801)	Olho de vidro	Glasseye	Priacanthidae	1286	5	20.5	27	23.9
51	<i>Holacanthus ciliaris</i> (Linnaeus, 1758)	Paru-amarelo	Queen angelfish	Pomacanthidae	330	1	22.5	22.5	22.5
52	<i>Holocentrus ascensionis</i> (Osbeck, 1765)	Mariquita	Squirrelfish	Holocentridae	12546	78	19	29	26.0
53	<i>Lactophrys trigonus</i> (Linnaeus, 1758)	Baiacú-caixão	Buffalo trunkfish	Ostraciidae	3158	3	34.5	44.0	39.5
54	<i>Lagocephalus laevigatus</i> (Linnaeus, 1766)	Baiacú guarajuba	Smooth puffer	Tetraodontidae	1257	1	41.5	41.5	41.5
55	<i>Lutjanus alexandrei</i> Moura & Lindeman, 2007	Baúna de fogo	Brazilian snapper	Lutjanidae	425	1	31	31	31.0
56	<i>Lutjanus analis</i> (Cuvier, 1828)	Cioba	Mutton snapper	Lutjanidae	19554	20	27	63.5	40.7
57	<i>Lutjanus apodus</i> (Walbaum, 1792)	Baúna-de-fogo	Schoolmaster	Lutjanidae	2000	5	29	32	30.1
58	<i>Lutjanus jocu</i> (Bloch & Schneider, 1801)	Dentão	Dog snapper	Lutjanidae	1920	3	28	41.5	35.2
59	<i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus, 1758)	Ariocó	Lane snapper	Lutjanidae	120060	343	18.5	44.5	29.3
60	<i>Lycengraulis grossidens</i> Agassiz, 1829	Arenque	Toothed anchovy	Engraulidae	6101	6	20	53	44.8
61	<i>Micropogonias furnieri</i> (Desmarest, 1823)	Cururuca	Whitemouth croaker	Scianidae	10213	10	43	51	46.9
62	<i>Mugil curema</i> Valenciennes, 1835	Sauna	White mullet	Mugilidae	1573	3	35	40.5	37.2
63	<i>Mulloidichthys martinicus</i> (Cuvier, 1829)	Saramunete-guaiúba	Yellow goatfish	Mullidae	510	2	28	28	28.0
64	<i>Mycteroperca bonaci</i> (Poey, 1860)		Black grouper	Serranidae	7820	1	81	81	81.0
65	<i>Notarius grandicassis</i> (Valenciennes, 1840)	Bagre	Thomas sea catfish	Ariidae	760	1	35.5	35.5	35.5
66	<i>Ocyurus chrysurus</i> (Bloch, 1791)	Guaiúba	Yellowtail snapper	Lutjanidae	21001	47	26.5	44	36.4
67	<i>Oligoplites palometa</i> (Cuvier, 1833)	Tibiro	Maracaibo leatherjack	Carangidae	1250	1	57.5	57.5	57.5
68	<i>Oligoplites saliens</i> (Bloch, 1793)	Guaivira	Castin leatherjacket	Carangidae	905	1	51	51	51.0
69	<i>Opisthonema oglinum</i> (Lê Sueur, 1818)	Sardinha	Atlantic Thread Herring	Clupeidae	11254	74	17	34.5	25.6
70	<i>Orthopristis ruber</i> (Cuvier, 1830)	Canguito	Corocoro grunt	Haemulidae	461	3	18.8	25.2	21.3
71	<i>Polydactylus virginicus</i> (Linnaeus, 1758)	Barbudo	Barbu threadfin	Polynemidae	337	5	19	21	20.3
72	<i>Pomacanthus paru</i> (Bloch, 1787)	Paru frade	French angelfish	Pomacanthidae	1825	2	29.5	37.5	33.5
73	<i>Priacanthus arenatus</i> Cuvier & Valenciennes, 1829	Piranema	Atlantic bigeye	Priacanthidae	12536	58	17.5	36	24.7

Tabela 11 (Continuação)									
	Composição específica	Nome vulgar (português)	Nome vulgar (inglês)	Família	Peso (g)	N	Minímo	Médio	Máximo
74	<i>Pseudupeneus maculatus</i> (Bloch, 1793)	Saramunete	Spotted goatfish	Mullidae	205	2	20.5	21	20.8
75	<i>Rachycentron canadum</i> (Linnaeus, 1766)	Beijupirá	Cobia	Rachycentridae	31606	17	38.5	123	54.3
76	<i>Rhinobatus percellens</i> (Walbaum, 1792)	Cação viola	Chola guitarfish	Rhinobatidae	2013	4	50	61	54.3
77	<i>Rhizoprionodon porosus</i> (Poey, 1861)	Tubarão-rabo-seco	Caribbean sharpnose shark	Carcharhinidae	93348	74	30	101	61.7
78	<i>Sciades proops</i> (Valenciennes, 1840)	Bagre-ariaçu	Cucifix sea catfish	Ariidae	46764	90	35	52	40.5
79	<i>Scomberomorus brasiliensis</i> Collete, Russo e Zavala-Camin, 1978	Serra	Spanish mackerel	Scombridae	241800	342	36.5	78.5	51.0
80	<i>Scomberomorus cavalla</i> (Cuvier, 1829)	Cavala	King mackerel	Scombridae	12379	13	43	80	54.1
81	<i>Scomberomorus regalis</i> (Bloch, 1793)	Serra-pininga	Cero	Scombridae	7828	11	37.5	64	48.5
82	<i>Scorpaena plumieri</i> (Bloch, 1789)	Beatriz	Pacific spotted scorpionfish	Scorpaenidae	1570	4	18.5	30	24.5
83	<i>Selar crumenophthalmus</i> (Bloch, 1793)	Garapau	Bigeye scad	Carangidae	2356	18	20.5	25	22.5
84	<i>Selene brownii</i> (Cuvier, 1816)	Galo	Caribbean moonfish	Carangidae	2392	9	16.5	40	24.8
85	<i>Selene setapinnis</i> (Mitchill, 1815)	Galo	Atlantic moonfish	Carangidae	71	1	17	17	17.0
86	<i>Selene vomer</i> (Linnaeus, 1758)	Peixe-galo-de-penacho	Atlantic look down	Carangidae	1189	3	17.5	43.5	26.5
87	<i>Seriola rivoliana</i> Valenciennes, 1833	Charuteiro-limão	Longfin yellowtail	Carangidae	6123	9	37	44.5	40.1
88	<i>Sparisoma amplum</i> (Ranzani, 1841)	Budião	Reef Parrotfish	Scaridae	3595	5	30	41.5	36.8
89	<i>Sparisoma axilare</i> (Steindachner, 1878)	Budião	Gray Parrotfish	Scaridae	38639	82	21	42	29.3
90	<i>Sparisoma frondosum</i> (Agassiz, 1831)	Budião batata	Agassiz's Parrotfish	Scaridae	16085	34	22.5	41.5	29.2
91	<i>Sphyrna guachancho</i> Cuvier, 1829	Bicuda	Guachanche barracuda	Sphyrnidae	821	2	50	59	54.5
92	<i>Sphyrna lewini</i> (Griffith & Smith, 1834)	Tubarão martelo	Scalloped hammerhead	Sphyrnidae	100171	2	186	200	193.0
93	<i>Syacium micrum</i> Ranzani	Linguado	Channel flounder	Paralichthyidae	742	7	20	24.5	22.0
94	<i>Syacium papillosum</i> (Linnaeus, 1758)	Linguado-de-areia	Dusky flounder	Paralichthyidae	2748	23	21	32.5	23.4
95	<i>Syacium</i> sp.	Linguado	Flounder	Paralichthyidae	204	2	21.5	24	22.8
96	<i>Synodus intermedius</i> (Spix & Agassiz, 1829)	Peixe lagarto	Sand diver	Synodontidae	770	4	26.5	32.5	28.8
97	<i>Thalassophryne nattereri</i> Steindachner, 1876	Anequim		Batrachoididae	149	1	20	20	20.0
98	<i>Trachinocephalus myops</i> (Forster, 1801)	Peixe-lagarto	Snakefish	Synodontidae	1426	7	24	31	27.8
99	<i>Trichiurus lepturus</i> Linnaeus, 1758	Espada-preta	Largehead hairtail	Trichiuridae	1282	1	108	108	108.0

Tabela 11 (Continuação)									
	Composição específica	Nome vulgar (português)	Nome vulgar (inglês)	Família	Peso (g)	N	Minímo	Médio	Máximo
100	<i>Ulaema lefroyi</i> (Goode, 1874)		Mottled mojarra	Gerridae	698	12	14	19	17.0
101	<i>Uraspis secunda</i> (Poey, 1860)	Cara-de-gato	Cottonmouth jack	Carangidae	1855	2	40	42	41.0
	Total				2315992	4186			

As espécies mais frequentes nas capturas em peso (Figuras 20, 21 e 22) foram *Caranx crysos* (xixarro), *Euthynnus alleteratus* (bonito), *Sphyrna lewini* (tubarão-martelo), *Haemulon parra* (cambuba), *Scomberomorus brasiliensis* (serra), *Rhizoprionodon porosus* (tubarão-rabo-seco), *Carcharhinus acronotus* (tubarão-flamengo), *Lutjanus synagris* (ariocó), *Acanthurus chirurgus* (caraúna), *Carcharhinus limbatus* (tubarão-sucuri), *Bagre marinus* (bagre-branco) e *Carangoides bartholomaei* (guarajuba). Essas espécies representaram 70% do total capturado em peso.



Figura 20: Espécies capturadas nas pescarias de rede de emalhar de fundo no Rio Grande do Norte: *Caranx crysos* (a), *Euthynnus alleteratus* (b), *Sphyrna lewini* (c) e *Haemulon parra* (d).



Figura 21: Espécies capturadas nas pescarias de rede de emalhar de fundo no Rio Grande do Norte: *Scomberomorus brasiliensis* (a), *Rhizoprionodon porosus* (b), *Cacharhinus acronotus* (c), *Lutjanus synagris* (d), *Acanthurus chirurgus* (e).



Figura 22: Espécies capturadas nas pescarias de rede de emalhar de fundo no Rio Grande do Norte: *Carcharhinus limbatus* (a), *Bagre marinus* (b) e *Caranx bartholomaei* (c).

A predominância de fundos de pedra e cascalho a partir de 20 m de profundidade (Figura 23), habitat onde foram verificados os maiores pesos médios de captura e índice de abundância médio, aliados a condições oceanográficas e hidrológicas entre as isóbatas de 20 e 50 m de profundidade devem estar relacionadas a maior abundância de recursos pesqueiros na plataforma continental leste do Rio grande do Norte. Com relação à variação da abundância ao longo do ano, a mais alta CPUE média foi estimada no outono e primavera, período em que as condições climáticas e oceanográficas favorecem o deslocamento da frota de rede de emalhar da região para lançarem suas redes em áreas mais afastadas da costa, principalmente entre as isóbatas de 30 e 50 m de profundidade, onde foram verificadas maiores ocorrências de fundo de pedra (Figura 23) e estimadas as maiores abundâncias médias relativas. Essas áreas identificadas com maiores abundâncias devem ser priorizadas para criação de áreas de conservação e manejo, podendo ser consideradas como as áreas essenciais para os recursos pesqueiros da região.

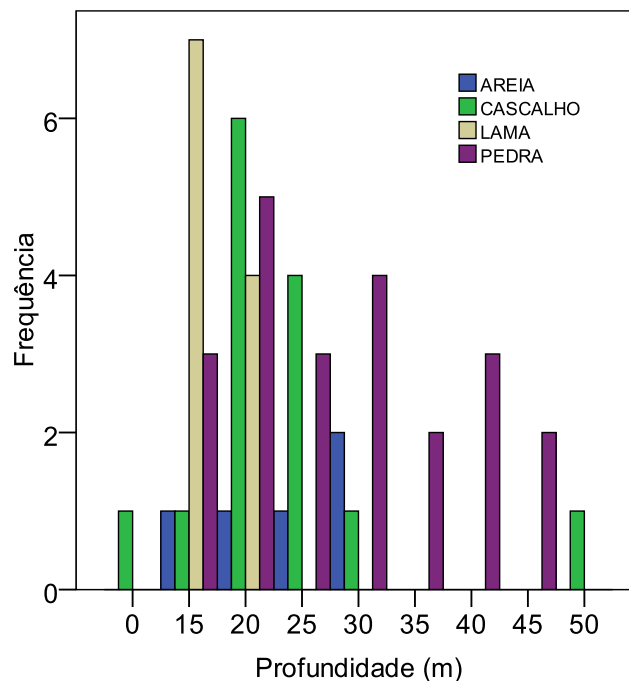


Figura 23. Distribuição de frequência de profundidades em relação aos tipos de substratos onde os lances de rede foram realizados na plataforma continental leste do Rio Grande do Norte.

DISCUSSÃO

Os pescadores escolhem as áreas de pesca em função das condições climáticas e oceanográficas, que se mostraram extremamente distintas ao longo do ano. No período compreendido entre maio até o final de setembro (outono - inverno), que compreende o período das chuvas na região, as pescarias são em sua maioria realizadas até profundidades máximas de 25 m (aproximadamente 8 Km da costa), principalmente em áreas com fundos de cascalho e, em menor frequência em fundos de lama e pedra. Essa escolha decorre dos fortes ventos de sudeste, que geram correntes e obrigam os pescadores a atuarem em áreas mais próximas da costa.

Nesse período das chuvas na região, a escolha por fundos de cascalho (que se encontram mais próximas da costa) se devem principalmente aos perigos associados à perda das redes em áreas mais profundas e mais afastadas da costa, onde as correntes são mais fortes. A realização de pescarias experimentais realizadas no presente estudo no período chuvoso, em profundidades superiores a 25 m e distâncias da costa maiores que 8 Km foi feita mediante um acompanhamento frequente das condições meteorológicas e oceanográficas, principalmente a intensidade das correntes e ventos.

A partir de outubro até aproximadamente a primeira quinzena do mês de abril, a frota que atua com redes de emalhar de fundo na costa leste do Rio Grande do Norte opera com frequência até profundidades aproximadas de 50 m. Nesse período, as embarcações continuam operando em áreas próximas da costa em fundos de lama e cascalho, mas se deslocam também para áreas mais profundas e distantes da costa e lançam suas redes em fundos de pedra. A mudança do sentido do vento de sudeste, para leste e nordeste, que possuem menor velocidade e conseqüentemente diminuem a intensidade e direção das correntes permite que a frota atue em áreas mais distantes da costa e em maiores profundidades no período seco do ano (outubro a abril).

De uma forma geral, a espécie alvo das pescarias direcionadas para profundidades maiores que 30 m é a guaraxumba (*Caranx crysos*) e a guarajuba (*Carangoides bartholomaei*); já as pescarias realizadas até 30 m de profundidade tem como espécie alvo a serra (*Scomberomorus brasiliensis*) e o ariocó (*Lutjanus synagris*). Essas espécies representaram 30% de todo o peso capturado nas pescarias realizadas (Tabela 11).

A composição das capturas totalizou 101 espécies identificadas, apresentando uma elevada riqueza de espécies em uma área de estudo que abrangeu aproximadamente 526 Km² da plataforma continental leste do Rio Grande do Norte. Apesar da elevada

riqueza de espécies, a região é caracterizada por estoques pouco densos, levando-se em consideração as baixas capturas médias por pescaria observadas no presente estudo. As águas marinhas quentes e oligotróficas da região nordeste do Brasil determinam a existência de biotas tropicais, que se caracterizam por apresentar estoques pesqueiros de baixa densidade, mas com alta diversidade de espécies (Lessa *et al*, 2009b).

A produtividade das frotas pesqueiras que utilizam a rede de emalhar de fundo na costa leste do Rio Grande do Norte não apresentaram diferenças estatisticamente significativas. Os resultados obtidos no presente estudo indicaram que os esforços de pesca das frotas de diferentes localidades da região de estudo não apresentam variações que são estatisticamente significativas. Esses resultados não demonstram a necessidade da padronização de dados de captura e esforço das pescarias realizadas. Considerando esses resultados, a abundância relativa dos recursos capturados foi estimada utilizando índices de abundâncias relativos (CPUE), pela simples divisão das capturas por lance pelo esforço empregado.

Considerando as análises realizadas para o peso total de captura por pescaria, incluindo todos os recursos capturados, observou-se que a CPUE tende a aumentar em direção a maiores profundidades e em áreas mais distantes da costa, apresentando os maiores valores no extremo norte da área de estudo, entre as isóbatas de 20 e 50 m de profundidade. Essa área da região de estudo apresenta a maior extensão da plataforma continental da costa leste do Rio Grande do Norte. Essa característica física pode estar relacionada à maior abundância dos recursos pesqueiros no norte da costa leste do Rio Grande do Norte, onde a maior extensão da plataforma deve determinar o aumento da abundância de organismos (Lalli & Parsons, 1997) e, conseqüentemente, da abundância de peixes.

A modelagem espacial e técnicas de geoestatística permitiram mapear as abundâncias estimadas, utilizando um SIG para identificar tendências médias da abundância relativa para a CPUE dos recursos capturados, contribuindo para um melhor entendimento da correlação entre a distribuição e abundância desses recursos explorados na plataforma continental leste do Rio Grande do Norte. As possibilidades analíticas e funcionais oferecidas pelas técnicas de geoestatística permitem aperfeiçoar a visualização, facilitar a investigação da dinâmica espaço-temporal associada com peixes, pescarias e seus ecossistemas (Nishida & Booth 2001).

As técnicas de geoestatística aplicadas resultaram em importantes modelos e mapas que facilitam a visualização e compreensão da distribuição espacial dos recursos

pesqueiros explorados pela frota de rede de emalhar na costa do Rio Grande do Norte. Segundo Maynou *et al.*, 1998, para calcular a variância e identificar a correlação espacial de organismos é aconselhável que as localizações de coleta apresentem distâncias regulares, aspecto mais importante para produzir estimativas precisas. A utilização das pescarias experimentais, que permitiram desenhar um delineamento experimental das áreas de pesca, com distâncias regulares entre essas áreas (localizações concretas) permitiu utilizar as técnicas de geoestatística, com resultados bastante satisfatórios.

CONCLUSÕES

Toda a organização e logística para a realização das pescarias experimentais e, especialmente, as atividades de embarques e acompanhamento de todos os procedimentos envolvidos com o lançamento e recolhimento das redes de pesca permitiram conhecer a dinâmica das frotas que atuam com rede de emalhar na plataforma continental leste do Rio Grande do Norte.

A abundância relativa dos recursos capturados pela frota de rede de emalhar na costa leste do Rio Grande do Norte apresenta as menores abundâncias até a isóbata de 20 m, exceto entre Pirangi e Natal, onde maiores valores de abundância foram observados antes dos 20 m de profundidade. De uma forma geral, as maiores abundâncias foram estimadas entre 20 e 30 m de profundidade, exceto no norte da área de estudo, entre Maxaranguape e o Cabo Calcanhar, onde as maiores abundâncias foram estimadas, entre 20 e aproximadamente 50 m de profundidade. A região compreendida entre 20 e 50 metros de profundidade apresenta áreas de habitats essenciais para as espécies.

A predominância de fundos de pedra e cascalho a partir de 20 m de profundidade, aliados a condições oceanográficas e hidrológicas entre as isóbatas de 20 e 50 m de profundidade devem estar relacionadas a maior abundância de recursos pesqueiros na plataforma continental leste do Rio grande do Norte.

A região de estudo apresentou elevada riqueza de espécies, apesar de se caracterizar pela existência de estoques pouco densos, levando-se em consideração as baixas capturas médias por pescaria observadas no presente estudo. As características de águas marinhas quentes e oligotróficas da região nordeste do Brasil determinam a existência de biotas tropicais, que se caracterizam por apresentar estoques pesqueiros de

baixa densidade, mas com alta riqueza de espécies, corroborando com os resultados obtidos no presente estudo.

REFERÊNCIAS

- ABELLA, R, JF CADDY & F SERENA. 1997. Do natural mortality and availability decline with age? An alternative yield paradigm for juvenile fisheries, illustrated by hake, *Merluccius merluccius* fishery in the Mediterranean. *Aquat.Living Resou.*, 10:257-269.
- AKAIKE, H.1973. Information theory and extension of the maximum likelihood principle. In: 2nd International Symposium on Information Theory. Akademiai Kiado, Budapeste, Hungary.
- AULT, JS, GA DIAZ, SG SMITH, J LUO & JE SERAFY.1999. Design of an efficient sampling survey to estimate pink shrimp population abundance in Biscayne Bay, Flórida. *N.Am.J.Fish.Manage.*19(3):696-712.
- BARANOV, TI. 1918. On the question of the biological basis of the biological basis of fisheries. Nauchn issledov. Ikhtiologicheskii Inst. Izv. 1: 81-128. (cited in Beverton & Holt, 1957).
- BARROS, AR, FHV HAZIN, S CORREIA, B PEDROSA, I RAPOSO & M FILIZZOLA.2001. Análise econômica da pesca marítima de Pernambuco. Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco – FADE/UFPE. Recife – PE. 261pp.
- BEVERTON, RJH & SJ HOLT.1957. On the dynamics of exploited fish populations. U.K. Ministry of Agriculture and Fisheries, Fisheries Investigations (Series 2), 19: 1-533.
- BOOTH AJ.1998. Spatial analysis of fish distribution and abundance patterns: AGIS approach. In: F. Funk, T.J. Quinn II, J. Heifetz, J.N. Ianelli, J.E.Powers, J.F. Schweigert, P.J. Sullivan, and C. –I. Zhang (eds.), Fisheries stock assessment models. University of Alaska Sea Grant, AK – SG-98-01, Fairbanks, pp.719-740.
- BROMLEY, PJ.2000. Growth, sexual maturation and spawning in central North Sea plaice (*Pleuronectes platessa* L.) and the generation of maturity ogives from commercial catch data. *J.Sea Res.* 44, 27-43.
- CADDY, JF & S GARCIA.1986. Fisheries thematic mapping: A prerequisite for intelligent mapping and development of fisheries. *Oceanogr. Trop.*21:31-52.
- CADDY J.1997. In review of the state of world fisheries resources. Marine Fisheries. FAO Fish.Tech.Doc.920p.
- CADDY, JF. 1991. Death rates and time intervals: Is there an alternative to the constant natural mortality axiom? *Rev.Fish.Biol.Fish.*, 1:109-138.
- CEPENE – CENTRO DE PESQUISA E GESTÃO DOS RECURSOS PESQUEIROS DO NORDESTE. Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do Estado do Rio Grande do Norte. CEPENE, 2008. Tamandaré PE. Disponível em: . Acesso em 20 dez 2010.

- CHEN, S & S WATANABE. 1989. Age dependence of nature's mortality coefficient in fish population dynamics. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55 (2): 205-208.
- COCHRAN, W. 1977. Sampling techniques, John Wiley and Sons, Third Edition, 428p.
- COOKE, JG & JR BEDDINGTON. 1984. The relationship between catch per unit effort and abundance in fisheries. *IMA J. Math. Appl. Med. Biol.* 1, 291-405.
- COOKE, JG. 1985. On the relationships between catch per unit effort and whale abundance. *Rep. Int. Whal. Commun.* 35, 511-519.
- CRESSIE, NAC. 1993. Statistics for Spatial Data (Wiley Series in Probability and Statistics). John Wiley & Sons, Inc. Canada. 595p.
- EDSER, T. 1908. Note on the number of plaice at each length in certain samples from the southern part of the North Sea, 1906. *J.R. Stat. Soc.*, 71: 686-690
- FAO. 1995. Code of conduct for responsible fisheries. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 30p.
- FERRANDIS E, P HERNANDEZ, L GIL DE SOLA, D LLORIS & J ZUBCOFF. 2000. Tese de GIS in the research of mediterranean demersal resources. An itinerary from data to maps. In: *Informes y Estudios COPEMED* 4: 46-54.
- FERRANDIS, E & P HERNÁNDEZ. 2007. Direct Survival Analysis: a new stock assessment method. *Scientia Marina* 71 (1). Barcelona (Spain), 175-185.
- FERRANDIS, E. 2007. On the stochastic approach to marine population dynamics. *Scientia Marina* 71 (1). Barcelona (Spain), 145-174.
- FISHER, WL & CS TOEPFER. 1998. Recent trends in geographic information systems education and fisheries research applications in U.S. universities. *Fisheries* (Bethesda) 23 (5): 10-13.
- FISHER, WL, PE BALKENBUSH & CS TOEPFER. 2000. Using GIS to develop stream fish population sampling surveys and abundance estimates. In: T. Nishida (ed.), *Proceedings of First International Symposium on GIS in Fishery Science*, 2-4 March 1999, Seattle, Washington. GIS Fishery Research Group, Saitama, Japan, pp. 253-265.
- FONTELES FILHO, AA. 1989. Recursos pesqueiros. *Biologia e dinâmica populacional*. Imprensa oficial do Ceará ed. Fortaleza. 281 p.
- FORTIN, MJ & MRT DALE. 2005. Spatial Analysis: A Guide for Ecologists. Cambridge University Press. United Kingdom. 358p.
- FRIEL, C. 2000. Improving sport fish management through new technologies: The Florida Marine Resources GIS. In: *Celebrating 50 years of the Sport Fish Restoration Program*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, Supplement to Fisheries, pp. 30-31.
- GARCIA Jr, J, LF MENDES, CLS SAMPAIO & JE LINS. 2010. Biodiversidade marinha da Bacia Potiguar: Ictiofauna. Museo Nacional. Rio de Janeiro. 195 p.

GILL, PE, W MURRAY & MA SAUNDERS.1981. Practical Optimization. London: Academic Press.253p.

GOOVAERTS, P.1997. Geostatistics for Natural Resource Evaluation. Oxford University Press, New York,pp.289.

GULLAND, JA.1956. On the fishing effort in English demersal fisheries. *Fishery Investigation Series 2*, 20:1-41.

GULLAND, JA.1965. Estimation of mortality rates. Annex to artic Fisheries Working Group Report (meeting in Hamburg, January 1965). International Council for the Exploration of the Sea, Document 3 (mimeo), Copenhagen.

HELFMAN, GS, BB COLLETE & DE FACEY.1997. The diversity of fishes. Blackwell Publishing. USA. 528p.

HELSER, TE, AE PUNT, & RD METHOT.2004. A generalized linear mixed model analysis of a multi-vessel fishery resource survey. *Fisheries Research*, 70 : 251-264.

HILBORN, P, & CJ WALTERS.1992. Quantitative Fisheries Stock Assesement: Choice, Dynamics and Uncertainty. Chapman and Hall, New York, charpter 13, 411-433.

HINDS, L.1992. World marine fisheries: Management and development problems. *Mar.Policy* 16:394-403.

HONNA, M.1973. Estimation of overall effective fishing intensity of tuna longline fishery. *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab.* 10, 63-85.

HORNE, JK & DC SCHNEIDER.1995. Spatial variance in ecology.*Oikos* 74:1-9.

IBAMA, 2004. Estatística da Pesca, Brasil. Grandes Regiões e Unidades da Federação. Brasília, 98 p.

IBAMA.2002. Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina (ESTATPESCA) do Nordeste do Brasil. Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Nordeste - CEPENE. Tamandaré, 136 p.

IBAMA, 2007. Estatística da pesca 2005. Brasil. Grandes regiões e unidades da federação. 147 p. Accessible at <http://www.ibama.gov.br/recursos-pesqueiros/download/25/.pdf>.

JACKSON JBC.2001. What was natural in the coastal oceans? *Proc. Natl. Acad. Sci.* 98:5411–18

JOURNEL, AG & JCH HUIJBREGTS.2004. Mining Geostatistics. The Blackburn Press. New Jersey. 600p.

KAPETSKY, JM, JM HILL & LD WORTHY.1988. A geographical information system for catfish farming development. *Aquaculture*. 68:311-320.

KIMURA, DK.1981. Standardized measures of relative abundance based on modeling log (c.p.u.e), and the application to Pacif ocean perch (*Sebastes alutus*). *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 39, 211-218.

LEGENDRE, P & FORTIN, MJ.1989. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetation*. 80:107-38.

- LESSA, RP, MF NOBREGA & JL BEZERRA JR.2009a. Dinâmica das Frotas Pesqueiras da Região Nordeste do Brasil. 1º ed. Martins & Cordeiro Ltda. Fortaleza, 164p.
- LESSA, RP, MF NOBREGA & JL BEZERRA JR 2009b. Dinâmica de Populações e Avaliação dos Estoques dos Recursos Pesqueiros da Região Nordeste. 1º ed. Martins & Cordeiro Ltda. Fortaleza, 304p.
- LESSA, RP.2006. Recursos Pesqueiros da Região Nordeste. In: Ministério do Meio Ambiente. Programa REVIZEE: Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na zona econômica exclusiva: Relatório Executivo / MMA, Secretaria de Qualidade Ambiental. Brasília. 280p.
- LINS-OLIVEIRA J & JA VASCONCELOS. 2009. Outras espécies: *Panulirus argus* (*Panulirus laeviscauda*). pp-214-224. In: LESSA, RP, MF NOBREGA & JL BEZERRA JR 2009b. Dinâmica de Populações e Avaliação dos Estoques dos Recursos Pesqueiros da Região Nordeste. 1º ed. Martins & Cordeiro Ltda. Fortaleza, 304p.
- LUDWIG D, R HILBORN & C WALTERS.1993. Uncertainty, resource exploitation, and conservation: lessons from history. *Science* 260:17–36.
- MANLY, BFJ.2001. Statistics for environmental science and management. Chapman & Hall. New York.p.326.
- MAUNDER, MN & AE PUNT.2004. Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches *Fish. Res.* 70, 141-149.
- MCCULLAGH, P. & JA NELDER.1989. Generalized Linear Models, 2nd. ed. Chapman and Hall, London.
- MEADEN, GJ & JM KAPETSKY.1991. Geographical Information systems and remote sensing in inland fisheries and aquaculture. FAO Fish. Tech.Pap.318.262pp.
- MYERS, RA & JM HOENIG.1997. Direct estimates of gear selectivity from multiple tagging experiments. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.*54,1-9.
- MYERS RA, BR MACKENZIE, KG BOWEN & NJ BARROWMAN.2001. What is the carrying capacity of fish in the ocean? A meta-analysis of population dynamics of North Atlantic cod. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58:1464–76
- NELDER, JA & RWM WEDDERBURN.1972. Generalized linear models. *J. Roy. Stat. Soc. Ser. A.* 135, 370-384.
- NISHIDA, T & AJ BOOT.2001. Recent Approachs Using GIS in the Spatial Analysis of Fish Populations. Spatial Processes and management of Marine Populations Alaska Sea Grant College Program. AK-SG-01-02.pp.19-36.
- NISHIDA, T & K MIASHITA.2000. Spatial dynamics of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) recruitment. Proceedings of First International Symposium on GIS in Fishery Science. Seattle, 89-106.
- NÓBREGA, MF & RP LESSA.2009a. Age and growth of Spanish mackerel (*Scomberomorus brasiliensis*) off the northeastern coast of Brazil Neotropical Ichthyology, 7(4):667-676.

- NÓBREGA, MF & RP LESSA.2009b. Age and growth of the king mackerel (*Scomberomorus cavalla*) off the northeastern coast of Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 57(4):273-285.
- NÓBREGA, MF, PG KINAS, E. FERRANDIS & RP LESSA.2009a. Distribuição espacial e temporal da guaiúba *Ocyurus chrysurus* (Bloch, 1791) (Teleostei, Lutjanidae) capturada pela frota pesqueira artesanal na região nordeste do Brasil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 4(1): 17-34.
- NÓBREGA, MF, RP LESSA & FM SANTANA.2009b. Peixes Marinhos da Região Nordeste do Brasil. 1ªed. Martins & Cordeiro LTDA. Fortaleza, 208p.
- NÓBREGA, MF.2008. Modelagem Espacial e Temporal para Avaliação de Estoques de *Ocyurus Chrysurus* e *Coryphaena Hippurus* da Região Nordeste do Brasil. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Biológica da Universidade Federal de Rio Grande (FURG). Rio Grande, 206p.
- NÓBREGA, MF & RP LESSA.2007. Descrição e Composição das Capturas da Frota Pesqueira Artesanal da Região Nordeste do Brasil *Arq. Ciên. Mar* 40(2): 64 - 74.
- ORTIZ, M, CM LEGAUT, NM EHRHARDT.2000. An alternative method for estimating bycatch from the U.S. shrimp trawl fishery in the Gulf of Mexico, 1972-1995. *Fish Bull.* US 98, 583-599.
- ORTIZ, M & F AROCHA.2004. Alternative error distribution models for standardization of catch rates of non-target species from a pelagic longline fishery: billfish species in the Venezuelan tuna longline fishery. *Fish. Res.* 70,275-294.
- PAIVA, MP.1997. Recursos pesqueiros estuarinos e marinhos do Brasil. EUFC, Fortaleza., 278p.
- PAULY D, V CHRISTENSEN, J DALSGAARD, R FROESE & F TORRES JR.1998. Fishing down marine foodwebs. *Science* 279:860-63
- PETITGAS, P.1996.Geostatistics and their applications to fisheries survey data. In *Computers in Fisheries Research*, eds B.A. Megrey and E. Moksness, 113-42.London. Chapman and Hall.
- PETITGAS, P.1993. Geostatistics for the fish stock assessment: A review and an acoustic application.*ICES Journal of Marine Science* 50:285-98.
- PETITGAS P & PT LAFONTI.1997. Eva2 : estimation variance. Version 2. Geostatistical software on windows 95 for the precision of fish stock assessment surveys.
- PLATT, T & KL DENMAN.1975. Spectral analysis in ecology.*Annual Review of Ecological Systems* 6:189-210.
- POPE, JG & JG SHEPHERD.1982. A simple method for the consistent interpretation of catch-at-age data. *J.Cons.Expl.Mer.*, 40: 176-184.
- PUNT, AE & R HILBORN.1997. Fisheries stock assessment and decision analysis: the Bayesian approach. *Rev.Fish.Biol.Fish.*7, 35-63.

- RAMALHO, C. W. N. (2006). " *Ah, esse povo do mar!*": um estudo sobre trabalho e pertencimento na pesca artesanal pernambucana. São Paulo: Editora Polis.
- RICKER, WE.1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. Fisheries Research Board of Canada, Bulletin No191.
- RIVOIRARD J.1994. Introduction to disjunctive kriging and non-linear geostatistic,Oxford University Press, 181p.
- ROBSON, DS.1966. Estimation of the relative fishing power of individual ships. ICNAF Res. Bull. 3, 5-14.
- ROSS, SW & J OTT.2000. Development of a desktop GIS for estuarine resource evaluation with an example application for fishery habitat management. In: T. Nishida (ed.), Proceedings of First International Symposium on GIS in Fishery Science, 2-4 March 1999, Seattle, Washington. GIS Fishery Research Group, Saitama, Japan, p.121.
- RUBEC, PJ & RH MCMICHAEL.1996. Ecosystem management relating habitat to marine Fisheries in Florida. In: Rubec, P.J. & O'Hop, J. (eds.), GIS applications for fisheries and coastal resources management. Gulf States Mar.Fish.Comm.Rep.43, Ocean Springs, Mississippi, pp.3:5-14.
- RUBEC, PJ, JD CHRISTENSEN, WS ARNOLD, H NORRIS, P STEELE & ME MONACO.1998. GIS and modeling: Coupling habitats to Florida fisheries. J.Shellfish res: 17(5):1451-1457.
- RUBEC, PJ, GS SMITH, MS COYNE, M WHITE, ME MONACO & JS AULT.2001. Spatial Modeling of Fish Habitat Suitability in Florida Estuaries. Spatial Processes and management of Marine Populations Alaska Sea Grant College Program. AK-SG-01-02.pp.1-18.
- SEBER, GAF & CJ WILD.2003. Nonlinear Regression (Wiley Series in Probability and Statistics). New Jersey. 753p.
- SHEPHERD, JG.1991.Simple methods for short term forecasting of catch and biomass.*ICES J.Mar.Sci.*,48:67-68.
- SIMPSON, PK, DJ ANDERSON.1999. FishTrek:Putting GIS into the hands of the fishing fleet. In: T. Nishida (ed.), Proceedings of First International Symposium on GIS in Fishery Science, 2-4 March 1999, Seattle, Washington. GIS Fishery Research Group, Saitama, Japan, p.121.
- SPARRE, P & SC VENEMA.1997. Introduction to tropical fish stock assessment. Rome, FAO, Denmark Funds-in-Trust, FI:GCP/INT/392/DEN. Manual 1. 404 p.
- SPARHOLT, H.1990. Improved estimates of the natural mortality rates of nine commercially important fish species included in the North Sea multispecies VPA model.*J.Cons.Int.Explor.Mer.*,46(2):211-223.
- STAR, J & J ESTES.1990.Geographic information systems: An introduction.Prentice Hall,New Jersey.303 pp.

- STEFÁNSSON, G.1996. Analysis of groundfish survey abundance data: combining the GLM and delta approaches. ICES J. Mar. Sci. 53, 577-588.
- THOMPSON, WF & FH BELL.1934. Biological statistics of the Pacific halibut fishery. 2. Effect of changes in intensity upon total yield and yield per unit of gear. Rep.Int.Fish. (Pacific halibut) Comm., (8):49p.
- THOMPSON, SK.1992. Sampling. Wiley, New York.323p.
- THRUSH, SF & PK DAYTON.2010. What Can Ecology Contribute to Ecosystem-Based Management ?. Annu. Rev.Marine.Sci. 2:419-441.
- VASKE JR, T, RP LESSA, MF NÓBREGA, FMD AMARAL, SEM O'BRIEN & FAP COSTA. Arquipélago de São Pedro e São Paulo: Histórico e Recursos Naturais. NAVE/LABOMAR UFC. Fortaleza. 247 p.
- VENABLES, WN, & CM DICHMONT.2004. A generalized linear model for catch allocation: an example of Australia's Northern Prawn Fishery. Fish. Res. 70, 405-422.
- VIANA, DL, FHV HAZIN & MAC SOUZA. O arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação Científica. SECIRM. Brasília. 348 p.
- WIEBE, PH, RC BEARDSLEY, DG MONTAIN & A BUCKLIN.1996.Global ocean ecosystem dynamics:Initial program in Northwest Atlantic.*Sea technology* 37(8):67-76.
- WORLD BANK, FAO.2008. *Sunken Billions: The Economic Justification for Fisheries Reform*.Washington, DC: Agric. Rural Dev. Dep.World Bank