



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM CIÊNCIA ANIMAL E RECURSOS PESQUEIROS– PPG-CARP**

**TESE DE DOUTORADO**

**DINÂMICA E SUSTENTABILIDADE DA PESCARIA INDUSTRIAL  
POLIVALENTE QUE OPERA NO MAR CARIBE E OCEANO ATLÂNTICO DA  
VENEZUELA**

**CAROLINA MERCEDES LAURENT SINGH**

**MANAUS-AM  
2021**

**CAROLINA MERCEDES LAURENT SINGH**

**DINÂMICA E SUSTENTABILIDADE DA PESCARIA INDUSTRIAL  
POLIVALENTE QUE OPERA NO MAR CARIBE E OCEANO ATLÂNTICO DA  
VENEZUELA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas, área de Concentração: Uso Sustentável de Recursos Pesqueiros, linha de pesquisa Manejo e Conservação de Recursos Pesqueiros, para obtenção do Título de Doutora em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros.

**ORIENTADOR: Dr. Carlos Edwar de Carvalho Freitas**

**MANAUS-AM  
2021**

### Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S617d Singh, Carolina Mercedes Laurent  
Dinâmica e sustentabilidade da pescaria industrial polivalente que opera no Mar do Caribe e no Oceano Atlântico da Venezuela / Carolina Mercedes Laurent Singh . 2021  
118 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Carlos Edwar de Carvalhos Freitas  
Tese (Doutorado em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Plataforma Continental do Norte do Brasil. 2. Sciades proops. 3. Multiapetrecho. 4. Manejo pesqueiro. 5. GLM tweedie. I. Freitas, Carlos Edwar de Carvalhos. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

**CAROLINA MERCEDES LAURENT SINGH**

**Dinâmica e sustentabilidade da pescaria industrial polivalente que opera no  
Mar Caribe e Oceano Atlântico da Venezuela**

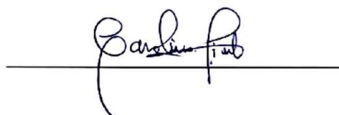
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Ciência Animal e Recursos Pesqueiros da Universidade  
Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do  
título de Doutora em Ciência Animal e Recursos  
Pesqueiros, área de concentração em Uso Sustentável de  
Recursos Pesqueiros.

Aprovado em 14 de maio de 2021.

**BANCA EXAMINADORA**



Dr. Carlos Edwar de Carvalho Freitas - Presidente  
Universidade Federal do Amazonas - UFAM



Dra. Carolina Minte-Vera - Membro  
Inter-American Tropical Tuna Commission – IATTC



Dra. Ana Rosa da Rocha Araújo - Membro  
Universidade Federal de Sergipe - UFS



Dra. Lucirene Aguiar de Souza - Membro  
Universidade Federal do Amazonas - UFAM



Dra. Samantha Aquino Pereira - Membro  
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

## AGRADECIMENTOS

Primeramente, agradezco a **Dios** por darme la fortaleza para seguir adelante y colocar a las personas correctas en mi camino para servir de guías y apoyo en esta larga jornada.

A mis padres **Gerard Laurentt** y **Judith Singh**, por darme el regalo de la vida, y hacer todo lo que su conocimiento les permitió para criarme de la mejor forma posible, y estar hoy aquí cumpliendo con esta meta.

A mi esposo **Frank Guevara** por ser mi apoyo incondicional y cumplir con todos los papeles que fueron necesarios: esposo, amigo, orientador, papá y mamá de nuestro hijo, amo de casa, proveedor de la casa, etc., con el fin de yo poder dar culminación a esta meta.

A mi hijo **Lucas Guevara** porque a su corta edad me ha enseñado más de lo que se imagina, por su amor incondicional a pesar de mi ausencia y su increíble comprensión al entender que mamá tenía que trabajar y no podía jugar o atenderlo.

Al profesor, **Carlos Freitas** por su infinita paciencia (aunque él dice que no tiene), comprensión, guía y ayuda, no sólo en el plano académico, sino también en el personal, por asumir este reto de orientarme con pesca marina y de otro país, por confiar en mí más de lo que yo misma conseguía confiar, y por empujarme a salir de mi perfeccionismo sin fin.

A todas las personas que, a mi llegada en Brasil me hicieron sentir bienvenida, apoyada y querida y se convirtieron en una segunda familia para mí, en especial a **Marcela Juliana** y **Wendell Medeiros** quienes abrieron su hogar a una extranjera que no conocían y ni entendían, y aun así me recibieron con los brazos totalmente abiertos. A **Hostília Campos**, quién me adoptó como su hija y me trató como tal. A **María Doris** y **Karla Tribuzzy**, por su amistad y ayuda desinteresada en todo momento que lo necesité.

Agradezco a los profesores del PPG-CIPET, actual PPG-CARP, que contribuyeron en ampliar mis conocimientos sobre pesca, y fueron más allá de la parte académica buscando inspirar e invitándonos a ir más allá de nuestros límites,

en especial al Profesor **Vandick Batista** y al Profesor **Miguel Petrere** que se convirtieron en referencias a seguir para la vida.

A todos mis compañeros del laboratorio PIATAM, Especialmente a **Jamerson Aguiar-Santos**, por su actitud relajada y calma que me ayudó mucho en la ejecución de esta tesis, y a **Bruna Andrade** y **Sandrely Inomata**, por su amistad y que por nuestra compatibilidad de personalidades fue más fácil comprender mis puntos fuertes y débiles y así poder continuar.

A mi hermana **Joanina Laurent** y a todos mis antiguos y fieles amigos, en especial a **Zulay Castillo** y **Marly Medina**, que me organizaron la vida, dieron palabras de alientos, me escucharon infinitas veces y hasta leyeron una tesis que no era de su área.

Agradezco a la coordinación del PPG-CIPET, en especial a la profesora **Flávia Souza** y la profesora **Kedma Yamamoto**, por su ayuda y comprensión durante todo este período.

Al Programa de Alianzas para la Educación y la Capacitación (**PAEC**) en cooperación con la Organización de Estados Americanos (**OEA**) y el Grupo de Cooperación Internacional de Universidades Brasileñas (**GCUB**) que a través del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (**CNPq**) me concedieron la beca para realizar este doctorado.

Al Instituto Socialista de Pesca y Acuicultura de Venezuela (**INSOPESCA**) y al Ministerio del Poder Popular de Pesca y Acuicultura (**MPPPA**), por el permiso de estudio concedido y por autorizar el uso de las bases de datos utilizados en esta tesis.

A **Xiomara Gutiérrez**, antigua coordinadora de la unidad de Ordenamiento Pesquero del INSOPESCA-Sucre, porque a su manera me enseñó muchas cosas de valor, tanto en el ámbito profesional como personal, y que con su amplia visión y total compromiso con su trabajo estableció la idea de esta tesis que yo decidí ejecutar. A **Manuel Correia**, antiguo asesor del Programa Nacional de Observadores a Bordo (PNOB) por su disponibilidad y oportuna orientación durante la elaboración del ensayo para aplicar a la beca de la Organización de Estados Americanos (OEA). A **Blanca Bottini**, antigua Viceministra de Pesca y Acuicultura

por su apoyo incondicional, colocando a mi disposición su conocimiento sobre la pesca de Venezuela y sobre su experiencia realizando su maestría aquí en Brasil.

A **Valeria Moisin y Klinger Rozeno**, por su amena introducción al mundo del idioma portugués y la cultura brasilera, y a **Caio Fernandes**, profesor de inglés, que en sus aulas más que inglés aprendí una nueva forma de ver el mundo.

A todas las personas que de una u otra forma colocaron su granito de arena en la culminación de esta tesis.

Por ultimo y no menos importante, me doy las gracias a **Mí**, por no haber temido ir a otro país y aprender un nuevo idioma, por decidir hacer una tesis en un tema con el que no estaba familiarizada buscando aportar soluciones a necesidades reales existentes muy por encima de mis deseos, por sobrellevar un embarazo y los retos de ser mamá primeriza lejos de mi familia, por no haber desistido a pesar de todas las presiones, cambios, retos y pandemias, y por conseguir crecer y reinventarme en medio del caos. Estoy orgullosa de mí por haber llegado hasta aquí y por la tesis que conseguí construir.

*Sufrimos mucho por lo que nos falta  
y valoramos poco lo que tenemos.  
**Agradece más.***

## RESUMO

A pesca marinha mundial desde 1996 quando atingiu seu máximo valor de 130 milhões de toneladas vem oscilando, caindo para 105 milhões de toneladas em 2016, declinando a uma taxa de 1,2 milhões de toneladas por ano. Venezuela, uma das áreas pesqueiras mais importante das Caraíbas – Atlântico, tem mostrado uma tendência similar as capturas mundiais, alcançando em 2004 suas maiores capturas de 618 mil toneladas e partir desse momento tendo um declive de 53% chegando no ano 2016 a um total de 286 mil toneladas. Em 2009 como uma estratégia governamental para mitigar o impacto da eliminação da frota industrial de arrasto que operava nas costas venezuelanas, surgiu a frota industrial Polivalente Costa Afuera (multi-apetrecho) da Venezuela. Neste sentido, devido a necessidade de informações sobre a atuação dessa frota, o presente estudo teve como finalidade avaliar a dinâmica e sustentabilidade da pescaria industrial polivalente que opera no Mar Caribe e na Plataforma Continental do Norte do Brasil, através da caracterização da frota e seu desempenho, identificação das principais espécies capturadas e a avaliação da abundância relativa do bagre *Sciades proops* como espécie alvo da pescaria e a sustentabilidade biológica da mesma. Foram utilizados dados compreendidos no período 2015-2018 do Programa Nacional de Diários de Bordo (formulários preenchidos pelos capitães dos barcos) e do Programa Nacional de Observadores de Bordo (formulários preenchidos por biólogos treinados colocados a bordo dos barcos) do Instituto Socialista de Pesca e Aquicultura de Venezuela e fornecidos pelo Ministério do Poder Popular de Pesca e Aquicultura. O estimador de intensidade de Kernel determinou que a área principal de pesca foi a Plataforma Continental do Norte do Brasil (com 95% do total dos lances de pesca). Foi registrada uma mudança na dinâmica da frota, com um incremento no uso do espinhel de fundo, junto com um declive no uso das armadilhas, provavelmente pela sobrepesca dos recursos explotados pelas armadilhas. Uma análise de covariância mostrou um efeito positivo da diminuição do esforço das armadilhas sobre as capturas, e contrariamente um efeito negativo no aumento do esforço do espinhel de fundo sobre as capturas. Se padronizou a CPUE da principal espécie capturada pela frota industrial Polivalente Costa Afuera, o Bagre *Sciades proops* (capturada com espinhel de fundo), através de um modelo linear generalizado com distribuição Tweedie, considerando como variáveis categóricas ano, trimestres, categoria de barco (baseado no comprimento) e quadrante de pesca. O modelo evidenciou que a CPUE padronizada de *Sciades proops* teve um aumento significativo durante o ano de 2016 para logo cair nos anos de 2017 e 2018. Finalmente, foi utilizada a ferramenta para Avaliação e Manejo Adaptativo de Pescaria (AFAM) para avaliar o desempenho da pescaria de *Sciades proops* capturado pela frota industrial Polivalente Costa Afuera durante o período 2015-2018. Foram estimados quatro indicadores de sustentabilidade com os seguintes resultados: 1. Composição das espécies, indicando a existência de mudança na composição de espécies durante o período de estudo; 2. Indicador de Froese, evidenciando sobrepesca dos indivíduos mega reprodutores; 3. Tendência de CPUE padronizada e 4. Tendência de capturas, ambas decrescentes ao final do período de estudo. A interpretação dos resultados em conjunto sugere um possível status de sobre-explotação dos recursos sendo necessário considerar aplicar manejo preventivo da pescaria estabelecendo um limite máximo de captura junto com um comprimento máximo de captura para o bagre *Sciades proops*.

Palavras-chave: Plataforma Continental do Norte do Brasil; *Sciades proops*; multi-apetrecho; manejo pesqueiro; GLM tweedie; AFAM.



## ABSTRACT

The world marine fisheries since 1996, when it reached its maximum value of 130 million tons, has been oscillating, falling to 105 million tons in 2016, declining at a rate of 1.2 million tons per year. Venezuela, one of the most important fishing areas in the Caribbean - Atlantic, has shown a trend similar to world catches, reaching in 2004 its biggest catches of 618 thousand tons and from that moment having a 53% slope reaching in 2016 a total of 286 thousand tons. In 2009, as a government strategy to mitigate the impact of the elimination of the trawler industrial fleet that operated on the Venezuelan coasts, industrial fishing fleet Polivalente Costa Afuera (multigear) from Venezuela emerged. In this sense, due to the need for information on the performance of this fleet, the present study aimed to evaluate the dynamics and sustainability of the multigear industrial fishery that operates in the Caribbean Sea and the North Brazil Shelf through the characterization of the fleet and its performance, identification of the main species caught and the evaluation of the relative abundance of *Sciades proops* catfish as a target species for the fishery and its biological sustainability. Data included in the 2015-2018 period were used from the National Logbook Program (forms filled in by boat captains) and the National Program on Board Observers (forms filled in by trained biologists on board the boats) from the Socialist Fisheries and Aquaculture Institute of Venezuela and provided by the Ministry of Popular Power for Fisheries and Aquaculture. The Kernel Intensity Estimator determined that the main fishing area was the North Brazil Shelf (with 95% of total fishing sets). There was a change in the dynamics of the fleet, with an increase in the use of bottom longline, along with a decline in the use of traps, probably due to the overfishing of the resources exploited by the traps. An analysis of covariance showed a positive effect of decreasing the effort of the traps on the catches, and conversely a negative effect on the increase of the effort of the bottom longline on the catches. The CPUE of the main species captured by the industrial fleet Polivalente Costa Afuera, *Sciades proops* catfish (captured with bottom longline), was standardized using a generalized linear model with Tweedie distribution, considering as categorical variables year, quarters, boat category (based on in length) and fishing quadrant. The model showed that the standardized CPUE of *Sciades proops* had a significant increase during the year 2016 and soon fell in the years 2017 and 2018. Finally, the Adaptive Fisheries Assessment and Management tool (AFAM) was used to assess the performance of the fishery of *Sciades proops* captured by the industrial fleet Polivalente Costa Afuera during the period 2015-2018. Four sustainability indicators were estimated with the following results: 1. Species composition, indicating the existence of changes in species composition during the study period; 2. Froese indicator, showing overfishing of mega-spawners; 3. Standardized CPUE trend and 4. Catch trend, both decreasing at the end of the study period. The interpretation of the results together suggests a possible status of overexploitation of the resources, being necessary to consider applying preventive management of the fishery establishing a maximum catch limit along with a maximum catch length for the *Sciades proops* catfish.

Keywords: North Brazil Shelf; *Sciades proops*; multigear; fisheries management; GLM tweedie; AFAM.

## LISTA DE FIGURAS

### **CAPÍTULO I: Spatial and Temporal Distribution of a Multiple Gear Fishing Fleet Exploiting the Caribbean Sea and North Brazil Shelf Large Marine Ecosystems**

Figure 1. Composition of catches per group of species and type of gear (TR = traps, PLL = pelagic longline, BLL = bottom longline, SLL = shark longline, and HL = hand line) for the Venezuelan industrial multigear fishing fleet from 2015 to 2018. .... 33

Figure 2. Composition of catches per species for the Venezuelan industrial multigear fishing fleet from 2015 to 2018 based on data from the Observers Onboard Program. Species abbreviations for the most captured species are as follows: AXP = Crucifix Sea Catfish, RPU = Vermilion Snapper, BEB = Coco Sea Catfish, BEM = Gafftopsail Catfish, NGZ= Thomas Sea Catfish, YNV = Green Weakfish, AWY= Kukwari Sea Catfish, KGM= King Mackerel, AWP= Gillbacker Sea Catfish, and YNA= Acoupa Weakfish. There were also 71 other species captured in lesser amounts and these have been grouped together. .... 33

Figure 3. Spatial distribution of fishing effort (number of sets) recorded for the Venezuelan industrial multigear fishing fleet from 2015 to 2018. The intensity of fishing effort per fishing area was identified as follows: very low intensity (number of sets from 1 to 199; light blue), low intensity (number of sets from 200 and 399; blue), medium intensity (number of sets from 400 and 599; yellow), high intensity (number of sets from 600 to 799; orange), and very high intensity (number of sets higher than 800 and equivalent to more than 25% of the fishing sets per year; red)..... 34

Figure 4. Composition of catches per group of species and trimesters for the Venezuelan industrial multigear fishing fleet from 2015 to 2018. .... 35

Figure 5. Seasonal variation of the catch per effort ratio recorded for the Venezuelan industrial multigear fishing fleet from 2015 to 2018. Years are distinguished by the following colors: 2015 = blue, 2016 = red, 2017 = purple, and 2018 = green ( $P \geq 0.05$ ). .... 36

### **CAPÍTULO II: Tendência espaço-temporal da abundância do estoque de *Sciades proops* (Valenciennes, 1840) na Plataforma Continental do Norte do Brasil explorado por uma frota pesqueira multi-apetrechos**

Figura 1. Distribuição espacial da CPUE observada (quilos / 1000 anzóis) registrada para AXP pela frota industrial Polivalente Costa Afuera desde 2015 até 2018. A magnitude da CPE foi identificada como segue: muito baixa (valor de CPUE de 1 a 13411), baixa (valor de CPUE de 13412 a 26823), média (valor de CPUE de 26824 a 40236), alta (valor de CPUE de 40237 a 53648), e muito alta (valor de CPUE acima de 53649) equivalente a mais de 25% da CPUE por ano..... 57

Figura 3. CPUE nominal em escala (círculos azuis) e padronizada (linha preta) em quilos de AXP por cada 1000 anzóis. As linhas pontilhadas representam intervalos de confiança de 95% para CPUE padronizada. .... 59

Figura 4. Variação da CPUE nominal em quilos de **AXP** por cada 1000 anzóis por ano (A), quadrantes (B) trimestres (C) e categoria de barco (D)..... 60

Figura 5. Distribuição espacial da CPUE (quilos / 1000 anzóis) observada (círculos azuis) e estimada (círculos vermelhos) para o bagre crucifixo (**AXP**) capturado pela frota industrial Polivalente Costa Afuera venezuelana durante o período de 2015-2018 e registrado pelo Programa Nacional de Diários de Bordo. Os comprimentos dos círculos são proporcionais ao valor da CPUE. .... 61

Continuação figura 5. Distribuição espacial da CPUE (quilos / 1000 anzóis) observada (círculos azuis) e estimada (círculos vermelhos) para o bagre crucifixo (**AXP**) capturado pela frota industrial Polivalente Costa Afuera venezuelana durante o período de 2015-2018 e registrado pelo Programa Nacional de Diários de Bordo. Os comprimentos dos círculos são proporcionais ao valor da CPUE. .... 62

**CAPÍTULO III: Sustentabilidade biológica da pescaria de Sciades proops (Valenciennes, 1840) explotado por uma frota pesqueira multi-apetrechos na Plataforma Continental do Norte do Brasil.**

Figura 1.- Mapa que amostra as zonas de pesca da frota idustrial PCA..... 82

Figura 2. Métricas do Indicador de Froese. Linha vermelha indica comprimento médio de primeira maturação ( $L_{mat}= 54,2$  cm), linha verde indica o comprimento ótimo ( $L_{opt}=58,9$  cm), linha azul indica o comprimento dos mega reprodutores ( $L_{mega}=64,8$  cm). .... 104

## LISTA DE TABELAS

### **CAPÍTULO I: Spatial and Temporal Distribution of a Multiple Gear Fishing Fleet Exploiting the Caribbean Sea and North Brazil Shelf Large Marine Ecosystems**

Table 1. Distribution of the number of trips, fishing effort and total catches according to the number of types of fishing gear used per trip, as recorded by the Venezuelan industrial multigear fishing fleet from 2015-2018. Abbreviations are as follows: TR= traps, PLL= pelagic longline, BLL= bottom longline, SLL= shark longline, HL= hand line..... 31

Table 2. Results of the ANCOVA examining variation between fishing effort and catch between the years, for each type of fishing gear. The values marked with an asterisk indicate  $P \leq 0.05$ .....38

### **CAPÍTULO II: Tendência espaço-temporal da abundância do estoque de *Sciades proops* (Valenciennes, 1840) na Plataforma Continental do Norte do Brasil explorado por uma frota pesqueira multi-apetrechos.**

Tabela 1. Correlação dos eixos 1 e 2 da PCA com as variáveis: tonelagem bruta registrada (TRB), potência do motor (PM), comprimento (CB), largura (LB) e autonomia do barco (AUT) e número de anzóis (ANZ)..... 53

Tabela 2. Sumario da regressão múltipla ( $R^2=0,45$ ) entre a variável resposta CPUE e as variáveis explanatórias: tonelagem bruta registrada (tonelada), potência do motor (horse power), comprimento (metro), largura (metro) e autonomia do barco (dia) e número de anzóis..... 54

Tabela 3. CPUE nominal e padronizada (modelo Tweedie) (quilos / 1000 anzóis) para taxas de captura de AXP para o período de 2015-2018..... 56

Tabela 4. Análises de formulações do modelo Tweedie para taxas de captura de AXP (em quilos). A diferença nas verosimilhanças logarítmicas foi comparada com uma distribuição Qui-quadrado. O modelo destacado e com letras em negrito indicam o modelo selecionado. (AIC: Critério de Informação de Akaike; BIC: Critério de Informação Bayesiana)..... 58

Tabela 5. Anova do modelo final Tweedie para taxas de captura de **AXP** (em quilos). Os valores marcados com asterisco indicam  $P < 0,05$ ..... 59

Tabela 6. Sumário do modelo final Tweedie para taxas de captura de **AXP** (quilos/1000 anzóis).....64

**CAPÍTULO III: Sustentabilidade biológica da pescaria de *Sciades proops* (Valenciennes, 1840) explorado por uma frota pesqueira multi-apetrechos na Plataforma Continental do Norte do Brasil.**

Tabela 1. Inventário dos dados disponíveis para a pescaria de *Sciades proops* capturado pela frota Industrial Polivalente Costa Afuera da Venezuela para a definição do nível de avaliação e manejo na ferramenta AFAM.....85

Tabela 2. Dados necessários para desenvolver o Indicador de Sustentabilidade de Froese (Froese 2004, Cope & Punt 2009) para a pescaria de *Sciades proops* capturado pela frota Industrial Polivalente Costa Afuera da Venezuela.....87

Tabela 3. Indicadores de desempenho, pontos de referência alvo e pontos de referência limite para a avaliação da pescaria de *Sciades proops* capturado pela frota Industrial Polivalente Costa Afuera da Venezuela.....88

Tabela 4. Respostas de Manejo da pescaria baseado em todos os resultados, cenários e interpretações possíveis dos 4 indicadores de desempenho escolhidos para a avaliação e manejo da pescaria de *Sciades proops* capturado pela frota Industrial Polivalente Costa Afuera da Venezuela.....89

Tabela 5. Comparação entre os controles de manejo estabelecidos nas Normas Técnicas de Ordenamento para regular a pescaria industrial PCA e a descrição da pescaria publicada em Laurent et al., 2020..... 101

Tabela 6. Porcentagem de mudança (P.M) da CPUE padronizada, captura e esforço de pesca (número de anzóis) da pescaria de *Sciades proops* capturados pela frota industrial PCA venezuelana..... 105

Tabela 7. Respostas de manejo baseados na interpretação dos resultados da avaliação e manejo adaptativo multi-indicador da pescaria de *Sciades proops* pela frota industrial PCA venezuelana..... 106

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>16</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>20</b>
<b>CAPÍTULO I:SPATIAL AND TEMPORAL DISTRIBUTION OF A MULTIPLE GEAR FISHING FLEET EXPLOITING THE CARIBBEAN SEA AND NORTH BRAZIL SHELF LARGE MARINE ECOSYSTEMS .....</b>	<b>22</b>
ABSTRACT .....	23
INTRODUCTION.....	24
METHODS.....	27
<i>Study site</i> .....	27
<i>Data source</i> .....	27
<i>Data analysis</i> .....	27
RESULTS .....	28
<i>Description of the Fishery</i> .....	28
<i>Spatial Distribution of Fishing Effort and Catch, per Gear Type</i> .....	30
<i>Temporal Variation in Catch and Fishing Effort Based on Gear Types</i> .....	31
DISCUSSION .....	36
ACKNOWLEDGMENTS.....	41
REFERENCES.....	43
SUPPORTING INFORMATION.....	46
<b>CAPÍTULO II:TENDÊNCIA ESPAÇO-TEMPORAL DA ABUNDÂNCIA DO ESTOQUE DE <i>SCIADES PROOPS</i> (VALENCIENNES, 1840) NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO NORTE DO BRASIL EXPLOTADO POR UMA FROTA PESQUEIRA MULTI-APETRECHOS. ....</b>	<b>47</b>
RESUMO.....	48
MATERIAIS E MÉTODOS .....	52
<i>Área de estudo</i> .....	52
<i>Fonte de dados</i> .....	52
<i>Análise dos dados</i> .....	53
RESULTADOS .....	56
<i>Descrição da pescaria de <b>Sciades proops</b></i> .....	56
<i>Índice Relativo de Abundância para a espécie <b>Sciades proops</b></i> .....	57
<i>Variação Temporal do Índice Relativo de Abundância de <b>Sciades proops</b></i> ..	59
<i>Variação Espacial do Índice Relativo de Abundância para a espécie <b>Sciades proops</b></i> .....	60
DISCUSSÃO .....	63
AGRADECIMENTOS .....	71
REFERÊNCIA.....	72
<b>CAPÍTULO III:SUSTENTABILIDADE BIOLÓGICA DA PESCARIA DE <i>SCIADES PROOPS</i> (VALENCIENNES, 1840) EXPLOTADO POR UMA FROTA PESQUEIRA</b>	

<b>MULTI-APETRECHOS NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO NORTE DO BRASIL.....</b>	<b>77</b>
RESUMO.....	78
INTRODUÇÃO .....	79
MATERIAIS E MÉTODOS .....	82
<i>Área de estudo</i> .....	82
<i>Fonte de dados</i> .....	83
<i>Análise dos dados</i> .....	84
RESULTADOS.....	100
<i>Avaliação qualitativa dos controles de manejo existente para a frota industrial Polivalente Costa Afuera da Venezuela.....</i>	<i>100</i>
<i>Indicadores de desempenho da pescaria de <b>Sciades proops</b> capturada pela frota Industrial Polivalente Costa Afuera da Venezuela. ....</i>	<i>103</i>
DISCUSSÃO .....	107
AGRADECIMENTOS .....	111
REFERÊNCIAS .....	112
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>116</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, a pesca marinha representa 47,3% da produção de pescado no mundo. No entanto, desde 1996, quando atingiu o seu máximo valor de 86,4 milhões de toneladas, a produção da pesca marinha vem oscilando, caindo para 78,3 milhões de toneladas em 2016, e voltando a subir até 84,4 milhões de toneladas em 2018 (FAO, 2020).

Além disso, de acordo com PAULY e ZELLER (2016, 2020), os dados das pescarias marinhas do mundo apresentados pela FAO estão subestimados em 50% para as capturas de países desenvolvidos, e de 70% até 200% para as capturas nos países em desenvolvimento (como muitos dos países do Atlântico centro – oeste), onde o maior valor real de captura marinha mundial atingido em 1996 foi de quase 130 milhões de toneladas, e a partir desse ano, as capturas estão declinando a uma taxa de 1,2 milhões de toneladas por ano, apresentando 105 milhões de toneladas em 2016. Os dados da FAO evidenciam o mesmo declínio, mas a uma taxa de 0,2 milhões de toneladas por ano.

Conjuntamente com o declínio das capturas marinhas a nível mundial, de 1950 até 2010 ocorreu um incremento do esforço de pesca global de 54%, (ANTICAMARA *et al.*, 2011), afetando na proporção de estoques pesqueiros que estavam sendo explorados em níveis biologicamente sustentáveis, que caiu de 94,7%, em 1970, para 45,4% em 2016. A nível global, cerca de 8% os estoques são classificados como em recuperação, 8,5% os estoques estão sub-explorados, 36,9% estão em regime de totalmente explorados, 29,9% são assumidos como sobre-explorados e 16,8% estão colapsados (PAULY; ZELLER, 2020).

Para garantir uma pesca sustentável e sua conservação a longo prazo, é preciso considerar todos os fatores presentes numa pescaria, o homem e seus meios de pesca, os recursos pesqueiros e o ambiente com sua variabilidade espacial e temporal (PINAYA *et al.*, 2016). Mas, estudar a sustentabilidade de pescarias tropicais não é uma tarefa simples, devido ao caráter multiespecífico que essas pescarias apresentam. Além disso, ante a pressão da pesca estas têm uma dinâmica diferente das pescarias monoespecíficas, as quais normalmente tem uma curva rendimento – esforço com uma relação de tipo quadrática, desenvolvendo um



incremento no rendimento na medida que aumenta o esforço até atingir o Máximo Rendimento Sustentável (MRS), a partir do qual observa-se um declínio no rendimento (SCHAEFER, 1954). Nas pescarias multiespecíficas, as capturas podem ter uma relação tipo sigmoide com respeito ao esforço de pesca, possivelmente por conta do processo “fishing down”, onde populações de peixes colapsadas (normalmente grandes predadores), são substituídos por outras espécies (usualmente mais pequenas) (PAULY *et al.*, 1998, LORENZEN *et al.*, 2006).

A efetividade do manejo pesqueiro depende de se conhecer as tendências de esforço de pesca e captura em todas as pescarias do planeta. No entanto, a nível de países os dados nesta área são parciais, inexistentes ou inacessíveis (ANTICAMARA *et al.*, 2011), principalmente em países tropicais em desenvolvimento, onde se tem poucos recursos financeiros para o controle e manejo das pescarias (CASTELLO; CASTELLO; HALL, 2007).

Dentre os países tropicais, a costa da Venezuela, ao final da década de 1990, era a área pesqueira mais importante da região Caraíbas – Atlântico (FAO, 2005), alcançando em 2004 suas maiores capturas, na ordem de 618 mil toneladas (PAULY; ZELLER, 2020), devido a uma alta produtividade na sua Zona Económica Exclusiva (ZEE), associada com uma extensa plataforma (100.000 km<sup>2</sup>), presença de ressurgência costeira e estuários de rios de grande e médio porte (MENDOZA, 2015). A partir de 2004, quando atingiu seu máximo valor de captura, a produção pesqueira venezuelana exibiu um constante declínio chegando, no ano 2016 a um total de 286 mil toneladas (diminuição de 53%). Em 2016, 38% dos estoques pesqueiros na Venezuela estavam colapsados; 26,6% sobre-explotados e apenas 35,5 % estavam sendo explotados em níveis biologicamente sustentáveis (PAULY; ZELLER, 2020).

A Venezuela tem uma história de pesca comercial de quase 70 anos e a pesca marítima é a atividade pesqueira que prevalece, produzindo principalmente três espécies: pepitona (*Arca zebra*) e sardinha (*Sardinella aurita*), que são da categoria artesanal e o atum (*Thunnus spp.*) do setor industrial, que são

responsáveis, em conjunto, por mais de 60% da produção nacional de pescado (FAO, 2005).

A pesca marinha industrial tradicionalmente era dividida em pesca industrial de atuns e pesca industrial de arrasto (alvo camarão), essa última modalidade de pesca foi eliminada no ano de 2008, depois de 60 anos de atividade no país, devido principalmente a seus altos descartes de fauna acompanhante (perto de 70%) e por estar atuando em regime de sobre-exploração dos recursos pesqueiros (MENDOZA, 2015). Nesse mesmo ano, como um paliativo para a eliminação dos arrastões, teve origem uma nova frota chamada “Polivalente Costa Afuera”, pela reconversão dos antigos navios arrastões a esta nova modalidade de pesca que tem a possibilidade de utilizar três tipos de apetrechos de pesca simultaneamente: espinhel, linhas de mão e armadilhas (GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA, 2009).

Em 2009, 248 navios de pesca de arrasto industrial solicitaram a sua incorporação na frota polivalente, nos estados Sucre (área nororiental), Falcón (área occidental) e Anzoátegui (área nororiental) onde estão localizados os portos de desembarque da antiga frota de arrastões. Atualmente, a maioria da frota industrial Polivalente Costa Afuera, está sediada na cidade de Cumaná, no Estado Sucre (INSOPESCA, 2015).

Desde a criação desta nova pescaria, em 2009, não foram realizados estudos para caracterizar o nível operacional da frota. Também não foram coletadas informações sobre as principais espécies capturadas e áreas de pesca. E nenhuma avaliação acerca de sua sustentabilidade. Em face disso, o presente estudo avaliou a dinâmica, espacial e temporal, da frota industrial Polivalente Costa Afuera sediada no Estado Sucre, Venezuela durante o período de 2015 a 2018, e estudou em detalhe a dinâmica populacional e a sustentabilidade de um dos principais recursos explorados.

O primeiro capítulo da tese examina a dinâmica espaço temporal da frota industrial Polivalente Costa Afuera, considerando o papel dos múltiplos apetrechos de pesca utilizados na exploração de diversos grupos de espécies. Para isso foi

caracterizada a pescaria da frota e a composição específica das capturas por grupo de espécies e por apetrecho de pesca.

O segundo capítulo aborda o desenvolvimento de um índice de abundância para a principal espécie capturada pela frota industrial Polivalente Costa Afuera, o bagre crucifixo *Sciades proops* (AXP), baseado na padronização da captura por unidade de esforço (CPUE) e a posterior identificação da sua tendência espaço-temporal, como forma de subsidiar propostas de manejo sustentável desse importante recurso pesqueiro.

E, por fim, no terceiro capítulo se analisou a sustentabilidade biológica da pescaria de *Sciades proops* capturado pela frota industrial Polivalente Costa Afuera venezuelana, através do uso da ferramenta para Avaliação e Manejo Adaptativo de Pescarias, que permitiu estimar indicadores de sustentabilidade baseados em dados limitados e determinar se a pressão de pesca poderia estar afetando a estrutura etária da população e a biomassa dos reprodutores.

## REFERÊNCIAS

ANTICAMARA, J. A. *et al.* Global fishing effort (1950-2010): Trends, gaps, and implications. *Fisheries Research*, v. 107, n. 1–3, p. 131–136, 2011.

CASTELLO, Leandro; CASTELLO, Jorge P.; CHARLES, A S. Problemas en el estudio y manejo de pesquerías tropicales. *Gaceta Ecológica*, v. 84–85, p. 65–73, 2007.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). *Resumen informativo sobre la pesca por países*. 2005. Disponível em: <[ftp://ftp.fao.org/FI/DOCUMENT/fcp/es/FI\\_CP\\_VE.pdf](ftp://ftp.fao.org/FI/DOCUMENT/fcp/es/FI_CP_VE.pdf)> Acessado em: 23/04/2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). *The state of world fisheries and aquaculture 2020*. Roma. 224 p., 2020.

GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA. 39295 (2009). Caracas, 2009. Disponível em: <<http://www.juris-line.com.ve/data/files/402.pdf>>. Acessado em: 26/04/2016.

INSOPESCA. Estatus actual de la flota industrial polivalente costa afuera. In: 1<sup>era</sup> JORNADA DE ICTIOLOGIA, 2015. Instituto Oceanográfico de Venezuela (IOV)-Universidad de Oriente (UDO). Cumaná, Estado Sucre, Venezuela. 2015. *Resumo*, Não publicado.

LORENZEN, K. *et al.* Aggregated yield and fishing effort in multispecies fisheries: an empirical analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 63, n. 6, p. 1334–1343, 2006.

MENDOZA, J. Rise and fall of Venezuelan industrial and artisanal marine fisheries: 1950-2010. *Fisheries Centre, University of British Columbia, Vancouver*, v. 27, p. 1-15, 2015.

PAULY, Daniel *et al.* Fishing down marine food webs. *Science*, v. 279, p. 860–863, 1998.

PAULY, Daniel; ZELLER, Dirk (Editores). *Sea Around Us Concepts, Design and Data*. 2020. Disponível em: <[seararoundus.org](http://seararoundus.org)>. Acessado em: 26/02/2021.

PAULY, Daniel; ZELLER, Dirk. Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining. *Nature communications*, v. 7, p. 10244, 2016. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26784963>>.

PINAYA, Walter Hugo *et al.* Multispecies Fisheries in the Lower Amazon River and Its Relationship with the Regional and Global Climate Variability. *Plos One*, v.11, n. 6, p. 1-29, 2016.

SCHAEFER, Milner B. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries. *Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm.*, v. 53, n.1, p. 25 – 56, 1954.

## **CAPÍTULO I**

### **Spatial and Temporal Distribution of a Multiple Gear Fishing Fleet Exploiting the Caribbean Sea and North Brazil Shelf Large Marine Ecosystems**

Artigo publicado na revista: *Marine and Coastal Fisheries*  
ISSN versão online: 1942-5120  
DOI: 10.1002/mcf2.10113  
Frequência: Trimestral  
Fator de Impacto: 1,736

## **Spatial and Temporal Distribution of a Multiple Gear Fishing Fleet Exploiting the Caribbean Sea and North Brazil Shelf Large Marine Ecosystems**

**Carolina Mercedes Laurent Singh\***

*Laboratory of Fisheries Ecology, Federal University of Amazonas, Manaus, Amazonas, Brazil; and Socialist Institute of Fisheries and Aquaculture, Cumaná, Sucre, Venezuela*

**Jamerson Aguiar-Santos**

*National Institute for Amazonian Research, Laboratory of Aquatic Ecosystems, Manaus, Amazonas, Brazil*

**Efrem Jorge Gondim Ferreira**

*National Institute for Amazonian Research, Coordination of Biodiversity Research, Manaus, Amazonas, Brazil*

**Eucaris del Carmen Evaristo**

*Ministry of Popular Power for Fisheries and Aquaculture, Caracas, Venezuela*

**Carlos Edwar de Carvalho Freitas**

*Laboratory of Fisheries Ecology, Federal University of Amazonas, Manaus, Amazonas, Brazil*

### **Abstract**

An industrial multigear fishing fleet from Venezuela emerged in 2009 as a governmental strategy to reduce the impact of industrial trawling on the Venezuelan coast of the North Brazil Shelf Large Marine Ecosystem. The current study aimed to examine the spatial–temporal distribution of fishing effort and the catch levels obtained by the Venezuelan industrial multigear fishing fleet during the period 2015–2018. Fishing gear types employed by this fleet in order of preference were as follows: bottom longline (target sea catfishes [family Ariidae]), trap (target snappers [family Lutjanidae]), pelagic longline (target tunas [family Scombridae]), hand line (target mackerels [family Scombridae]), and shark longline (target sea catfishes and sharks [families Carcharhinidae, Squalidae, Sphyrnidae, Ginglymostomatidae, Aloiidae, and Triakidae]). The kernel intensity estimator determined that the main fishing area was the North Brazil Shelf (comprising 95% of the total fishing sets). Fishing effort (fishing sets per trip) distribution may be associated with oceanic fronts present in the region. A change in the dynamics of the fleet were recorded, with an increase in the use of bottom longlines, along with a decrease in the use of traps, possibly due to overfishing of resources caught by traps. The analyses of covariance showed a linear and positive relationship between the catch and fishing effort but with significant changes over the study period for traps and bottom longlines, since in the years where the fishing effort of traps was lower there were greater catches by unit of effort, and vice versa for bottom longlines, where lower catches by unit effort were obtained in years with greater effort.

## **Introduction**

The fisheries sector is economically important for most developing tropical countries. However, management of tropical fishery resource systems is difficult because these countries have limited financial resources for fisheries control and management (Castello et al. 2007). In addition, fisheries in these countries are characterized by being multispecies and multigear, where more than one species is caught simultaneously and one species can be caught by different fishing gear. This presents a major challenge to manage with respect to monospecific fisheries (Cardoso et al. 2015). Moreover, many governments tend to view fisheries as a growth sector and there may be limited awareness of the need to sustain the resources, resulting in overexploited and, eventually, collapsed fisheries (Padilla 1991).

For those fisheries based on several species and which use multiple gear types, successful management depends on knowing the fishing effort and catch trends (Anticamara et al. 2011) to understand how fishing operations take place and to identify potential impacts on exploited stocks given the interactions between assemblages of cooccurring species and types of gear (Monroy et al. 2010).

The failure of many fisheries has not been due to a lack of knowledge of the population dynamics of the target species but due to the lack of knowledge of other factors, such as the dynamics of the fishing fleets. This involves analysis of the area exploited for fishing, spatial and temporal variations in fishing intensity, and distribution of the boats. Combined, this provides information that is a key element in the understanding and management of the fisheries but that has received little research attention (Hilborn 1985). Knowledge of fishing fleet dynamics is essential to move from single species to fishery- or fleet - based advice (Duarte et al. 2009).

Another issue to consider on fishing management is the fishing area. Countries manage all fisheries within their Exclusive Economic Zones (EEZs) leading to derive indicators for marine fisheries and ecosystems at the national level, being that migrations of some exploited stocks are on a larger scale (Pauly et al. 2007). A better integration of fisheries could be achieved at the level of Large Marine Ecosystems (LMEs), which are oceanic coastal regions characterized by different



bathymetry, hydrography, production, and trophic relations (Sherman and Duda 1999). However, no national or international jurisdiction reports at the LME level for catches and other quantities from which fisheries sustainability indicators could be derived were available (Pauly et al. 2007), but LMEs account for 80% of the world's annual fish catch (Pauly and Lamm 2016).

Two tropical LMEs are the Caribbean Sea and the North Brazil Shelf. Together these comprise a marine area of 4.4 million km<sup>2</sup>, shared by 23 independent countries and overseas territories and with globally relevant biodiversity, which supports important ecological processes (Debels et al. 2017). However, this area is subject to serious threats from overfishing, pollution, and rising ocean temperatures, which may affect directly the principal source of income for an estimated 1 million people and indirectly could affect an additional 3 million (Debels et al. 2017; Isaac and Ferrari 2017).

In these two LMEs, the Venezuelan coast is one of the most important fishing areas in the Caribbean–Atlantic (FAO 2005). In 2004, Venezuelan catches reached 714,000 metric tons, followed by a steady decline that resulted in a total production of only 175,000 metric tons in 2010 (Mendoza 2015). Among the fisheries developed in Venezuela, one that had an important and controversial development since its beginning in the 1950s until its closure in March 2009, was the shrimp trawl fishery (Mendoza et al. 2010). In the beginning the fishing grounds were located on the western (Gulf de Venezuela) marine shelves of the country and later extended to the eastern region and Orinoco River delta (Alió et al. 2010; Mendoza et al. 2010). This fleet rapidly increased in numbers and by the late 1980s reached 450 vessels nationwide (Mendoza 2015), and the catch reached its peak in the early 1990s when more than 40,000 metric tons of fish, mollusks, and crustaceans were landed (Mendoza et al. 2010).

Due to the increase in the number of vessels, conflicts with the coastal artisanal sector, a bycatch discard of more than 50%, and overexploitation of fishery resources, management measures were taken to control fishing effort during the 1980s (Marcano et al. 2001; Pomares et al. 2010; Mendoza 2015), leading to a significant reduction in landings and number of vessels, and by 2006 there were

around 260 trawlers operating in Venezuelan waters. Additionally, in 2008 a new fisheries and aquaculture law was enacted by presidential decree that prohibited industrial trawling in Venezuelan waters and became effective in March 2009 (Mendoza 2015).

At the same time, and in combination with these events, a new industrial fishing fleet, called the “Polivalente Costa Afuera (PCA-Ven),” emerged as former trawlers were converted to this new fishing gear form (Minpesca 2017). The industrial PCA-Ven fishing system is defined as the set of activities aimed at the extraction of demersal marine fish species with the simultaneous use of more than one fishing gear type, which may be longline, hand lines, and/or traps (Normas técnicas de ordenamiento que regula la pesquería industrial polivalente de costa afuera 2009). The simultaneous use of such gear by small-scale fishers has been traditional for many years (Mendoza 2015), but the simultaneous, industrial-scale use of such gear in this type of fishing is completely new to the country. In view of this, it is necessary to evaluate the fishing effort and catch levels of this new fleet on the demersal resources. There are many studies directed at pelagic species with high export potential, like Albacore *Thunnus alalunga* (Cabello et al. 2002; Arocha et al. 2013, 2019; Narváez et al. 2017), but demersal species, like Crucifix Sea Catfish *Sciades proops*, have been largely neglected since they have low export trade potential. They are, however, very important for the local market (Booth et al. 2001).

Accordingly, the objective of the current study was to examine the spatial and temporal dynamics of a multispecies and multigear fishing fleet, the PCA-Ven, to evaluate the role and importance of the various fishing gear forms for the exploitation of different species groups. To do so, we describe the fishery fleet and the catch composition by species group and by gear type. We also analyzed the relationship between catch and effort associated with each type of fishing gear employed and the possible changes in yield per effort per gear type across the 4 years of the study (2015–2018). This information based on the dynamics of the PCA-Ven fishing fleet can be used to regulate the capacity of the fleet and its fishing activity to adjust it to the level of a sustainable fishery.

## Methods

*Study site.* — In 2009, 248 industrial trawling vessels applied for incorporation into the multigear fishing fleet in the Sucre (northeastern area), Falcón (western area), and Anzoátegui (northern area) states, where the old trawler landing ports are located. The study was conducted within the fishing area of the multigear industrial fishing fleet that landed in the city of Cumaná, Sucre, Venezuela, considered one of the most productive fishing areas of the Venezuelan coast (FAO 2005).

*Data source.* — Data were obtained via the Logbook Program and the Observers Onboard Program of the Instituto Socialista de Pesca y Acuicultura of Venezuela provided by the Ministerio del Poder Popular de Pesca y Acuicultura, both institutions responsible for fisheries statistics in Venezuela.

The Logbook Program consists of the completion of forms by the boat captains, including data of weight measurements (in kg) per group of species, fishing gear, and geographic location of each fishing trip. The Observers Onboard Program consists of the completion of forms by observers onboard, who have previously taken a theoretical–practical course for species identification; these data were used to disaggregate the species composition. All information collected from logbooks and the Observers Onboard Program was reviewed and digitally stored. For this study, data collected between January 2015 and December 2018 were considered, with a monitoring of 100% of fishing trips for logbooks and a monitoring of 1.14% of fishing trips for the Observers Onboard Program. Physical characteristics of the vessels active during the study period were obtained from the fishing licenses available from records from the Instituto Socialista de Pesca y Acuicultura.

*Data analysis.* — Descriptive analyses were performed as mean and frequency estimates in R-Studio software version 3.4.4 (R Core Team 2018) to assay the spatial and temporal variation present in the fishery. The free software QGIS version 2.18.17 (QGI Development Team 2017) was used to generate a spatial distribution map of the fishing effort. The map was divided into two areas based on the classification of the LMEs (Sherman et al. 2017), the first being the Caribbean Sea area and the second the North Brazilian Shelf.

The number of fishing sets per trip was considered to represent the fishing effort for the industrial multigear fishing fleet (PCA-Ven); these were plotted based on the geographic coordinates where the sets were deployed. Records with incorrect geographical coordinates (e.g., landmarks, inverted signs) were identified and then excluded from analyses. Fishing effort intensity (fishing sets) in the two regions was determined by the kernel intensity estimator spatial statistics technique. For this, a statistical algorithm weighs each of the points with respect to distance from a central value (Beato 2008). The intensity of fishing effort per fishing area was identified as follows: very low intensity (number of sets from 1 to 199), low intensity (number of sets from 200 and 399), medium intensity (number of sets from 400 and 599), high intensity (number of sets from 600 to 799), and very high intensity (number of sets higher than 800 and equivalent to more than 25% of the fishing sets per year).

The distribution of number of trips, fishing effort, and total catch was determined by the number of types of fishing gear used per trip. For each year of study, the catch composition by species group (monophyletic group of closely related species; Nelson 1999), expressed in percentages, and the distribution by annual trimesters were analyzed, and the dominant species groups by region and fishing gear type were determined. Finally, analyses of covariance (ANCOVA) were performed to test the mean catch difference between the years, adjusted for fishing effort (Petriere et al. 2010) for each fishing gear type (traps, pelagic longline, bottom longline, and hand line). The assumptions of normality and homoscedasticity were graphically checked. The model was fitted without an intercept assuming that the catch would be zero in the absence of fishing effort and the observed data showed a tendency to pass the line through the origin. Shark longline data were not included in the analysis because there were just eight trips using this method.

## **Results**

### *Description of the Fishery*

Between January 2015 and December 2018, 789 trips were recorded, with a total of 19,759 d at sea and 13,797 fishing sets (Table 1) at a depth between 25 and 100 m. These trips were carried out by 30 vessels in 2015, 36 in 2016, 37 in 2017, and 41 in 2018. The vessels involved were built between 1971 and 1993, measured

between 15 and 29 m in length, had engines ranging from 300 to 1,140 hp, and had storage capacities that varied from 8 to 115 metric tons. On average eight fishermen crewed each vessel, and the average  $\pm$  SD trip time was  $25 \pm 7$  d. The fishery is carried on a year-round basis without seasonality.

Gear types employed by this fleet were traps, pelagic longline (PLL), bottom /longline (BLL), shark longline (SLL), and hand line. All used dead sardines (Spanish Sardine *Sardinella aurita* or Brazilian Sardine *Sardinella brasiliensis*) as bait. The traps were of the Antillean type (arrowhead), with a wooden frame and covered with galvanized wire mesh, a form commonly used in Caribbean small-scale fisheries (Slack-Smith 2001). On average a crew will set 60 traps along a main line, separated by floats every 8–10 traps.

Generally, the three types of longlines (PLL, BLL, and SLL) used by this fleet were configured the same way, with a long main line (around 6 km) from which individual hooks are suspended at intervals of approximately 12 m. Every 600 m, floats are attached to the main line to keep it elevated horizontally in the water, and the hooks are attached to the main line vertically by monofilament branch lines. The major difference between PLLs and BLLs or SLLs is in the lengths of the branch lines. What makes SLLs different from BLLs is the design of the branch lines, with SLLs having a part made with steel. The hook of the longlines is commonly Japanese style size 6, with an average total setting of 650 hooks per longline. In the hand line fishing, normally six to seven fishermen constitute the crew of the vessel and each of them fish with one hand line (one hook at the end of the line).

For 71% of the trips, the industrial multigear fishing fleet used only one type of fishing gear. Bottom longlines were most commonly used (51% of all fishing sets), followed by traps (9% of all fishing sets), and then, to a far lesser extent, PLLs (1%) and SLLs (1%) (Table 1). Bottom longlines were responsible for more than 63% of the total catch during the study period. Trips using two types of fishing gear (26% of the trips) most often used a combination of BLLs and traps (19% of trips, 25% of fishing sets, and 17% of total catch). Fishing sets for each gear type are often thrown into the sea one after the other or in some cases are used separately throughout the

day, one type during the day and other at night. Hand line fishing was performed during the time spent waiting to collect the longlines or traps.

The following groups of species occurred in the catches of the industrial multigear fishing fleet: sea catfishes (family Ariidae), snappers (family Lutjanidae), weakfishes (family Sciaenidae), grunts (family Haemulidae), tunas and mackerels (family Scombridae), jacks (family Carangidae), groupers (family Serranidae), marlins (family Istiophoridae), stingrays (families Myliobatidae, Dasyatidae, and Gymnuridae), and sharks (families Carcharhinidae, Squalidae, Sphyrnidae, Ginglymostomatidae, Alopiidae, and Triakidae), among other species of fish.

For fishing with traps, snappers were 71.2% of the total catch, whereas with PLLs tunas were 42.3% and marlins were 20.4% of the total catch. For BLLs, 60.5% of the catch was sea catfishes, while in the SLLs 46.3% were sea catfishes and 22.7% were sharks. For fishing with a hand line, mackerels comprised 86.8% of the catch (Figure 1).

Based on data from observers onboard the vessels, the top 10 most-captured species (Figure 2) were Crucifix Sea Catfish (29.4%), Vermilion Snapper *Rhomboplites aurorubens* (13.5%), Coco Sea Catfish *Bagre bagre* (12.5%), Gafftopsail Catfish *Bagre marinus* (6.8%), Thomas Sea Catfish *Notarius grandicassis* (3.2%), Green Weakfish *Cynoscion virescens* (3.1%), Kukwari Sea Catfish *Arius phrygiatus* (2.8%), King Mackerel *Scomberomorus cavalla* (2.7%), Gillbacker Sea Catfish *Sciades parkeri* (2.6%), and Acoupa Weakfish *Cynoscion acoupa* (2.3%). There were 71 other species that were captured, and these made up 21.1% of the catch. Considering that these data are the result of a 1.14% sample, this species identification must be taken with caution before being extrapolated to the entire fleet.

#### *Spatial Distribution of Fishing Effort and Catch, per Gear Type*

The spatial distribution of the fishing effort showed that fishing activities of the industrial multigear fishing fleet based in the city of Cumaná, Sucre, Venezuela, occurred mainly on the North Brazil Shelf, specifically in the EEZ of Venezuela and neighboring countries, such as Guyana, Suriname, and French Guiana (Figure 3). The highest fishing effort intensity occurred in the Orinoco Delta at the confluence of

the Venezuelan and Guyana EEZs, and this was followed by the Caribbean Sea area of the Venezuelan EEZ, with a level of fishing effort between very low and medium. From 2015 to 2018, 93.5% of the total fishing sets occurred on the North Brazil Shelf, 73.2% of which were by BLLs, 23.1% from traps, and 1.5% from hand lines, followed in intensity by PLLs with 1.3%. The use of SLLs was exclusive to this region but occurred with low intensity at only 0.9%. The remainder of fishing sets (6.5%) were made in the Caribbean Sea area of the Venezuelan EEZ, with 33.7% from PLLs, 33.6% from traps, 31.6% from BLLs, and 1.1% from hand lines. In this area the distribution of effort between fishing gear types was more homogeneous.

Of the total catch, 95% was caught in the North Brazil Shelf, especially sea catfishes (51%), snappers (12%), sharks (11%), weakfishes (10%), and stingrays (10%). Tunas and marlins had larger catches in the Caribbean zone of the EEZ of Venezuela (18% and 10%, respectively).

#### *Temporal Variation in Catch and Fishing Effort Based on Gear Types*

In the period from 2015 to 2017, trimesters 3 and 4 accounted for more than 60% of catches. More than 30% of the sea catfish, weakfish, stingray, and shark catch occurred in trimester 4. Likewise, more than 35% of the snappers were caught in trimester 3. In 2018, 55% of the total catch was obtained during trimesters 2 and 3, with the highest catches occurring in trimester 2 for sea catfishes, stingrays, snappers, grunts, and other species but in the third and fourth trimesters, respectively, for sharks and weakfishes (Figure 4).

Table 1 shows the dynamics of the Venezuelan industrial multigear fishing fleet, with a progressive increase of BLL fishing effort, together with a decrease in trap fishing effort, both having direct repercussions on catch composition. Considering total fishing effort, BLLs and traps were the dominate fishing gear contributing, respectively, 52% and 42% in 2015, 62% and 32% in 2016, 79% and 15% in 2017, and 89% and 7% for 2018.

TABLE 1: Distribution of the number of trips, fishing effort and total catches according to the number of types of fishing gear used per trip, as recorded by the Venezuelan industrial multigear fishing fleet from 2015-2018. Abbreviations are as follows: TR= traps, PLL= pelagic longline, BLL= bottom longline, SLL= shark longline, HL= hand line.

Number of fishing	Number of trips	Number of fishing sets per gear type					%	Catch (kg) per gear type					%
		TR	PLL	BLL	SLL	HL		TR	PLL	BLL	SLL	HL	

gear types  
used,  
subtotals,  
and total

													Year 2015												
1	43	570								17	171,349											19			
	5		57							2		14,292										2			
	54			891						27			347,848									39			
2	4	36	27							2	5,386	5,557										1			
	51	587		624						37	96,757		150,408									28			
	1	19							2	1	4,540							90				1			
	3		22	25						1		6,836	12,341									2			
	2			25						7	1		10,340						1,180			1			
3	4	63	34	28						4	12,899	7,815										3			
	1	11	3							11	1	470	2,270							1,800		1			
	8	86		100						35	7	10,680								2,735		4			
Subtotal	176	1,372	143	1,693						55	100	302,081	36,770	546,028						5,805		100			
													Year 2016												
1	30	445								12	166,326											13			
	2		26							1		5,067										0			
	90			1,391						38			585,515									47			
2	50	516		572						30	95,462		158,542									21			
	3	43								14	2	16,017							320			1			
	10		80	84						5		32,984	40,045									6			
	6			95						34	4		35,865						5,005			3			
3	5	100	22	31						4	34,848	3,280										4			
	1	17		3		3				1	5,700		380		60							0			
	5	36		52						27	3	14,470		12,540						5,450		3			
4	1	3	7	22						14	1	257	1,062	10,136						1,765		1			
Subtotal	203	1,160	135	2,250	3					89	100	333,080	42,393	849,758	60	12,540						100			
													Year 2017												
1	13	190								5	88,412											5			
	6		79							2		33,684										2			
	144			2,232						62			1,214,153									69			
	3				41					1				18,671								1			
2	34	338		408						21	93,762		192,489									16			
	5		53	58						3		15,350	23,301									2			
	6			119						34	4		48,940						7,985			3			
3	1	7	5	16						1	1,840	2,280	8,765									1			
Subtotal	212	535	137	2,833	41					34	100	184,014	51,314	1,487,648	18,671	7,985						100			
													Year 2018												
1	3	46								1	17,892											1			
	2		25							1		6,281										0			
	161			2,540						77			1,244,623									82			
	2				42					1			16,640									1			
2	19	161		260						13	22,145		118,195									9			
	1	14			15					1	433			4,675								0			
	4		30	46						2		7,658	17,660									2			
	1			14	14					1			11,100	2,690								1			
	5			88						22	3		41,970						3,705			3			
Subtotal	198	221	55	2,948	71					22	100	40,470	13,939	1,433,548	24,005	3,705						100			
Total	789	3,288	470	9,724	115					200		859,645	144,416	4,316,982	42,736	30,035									



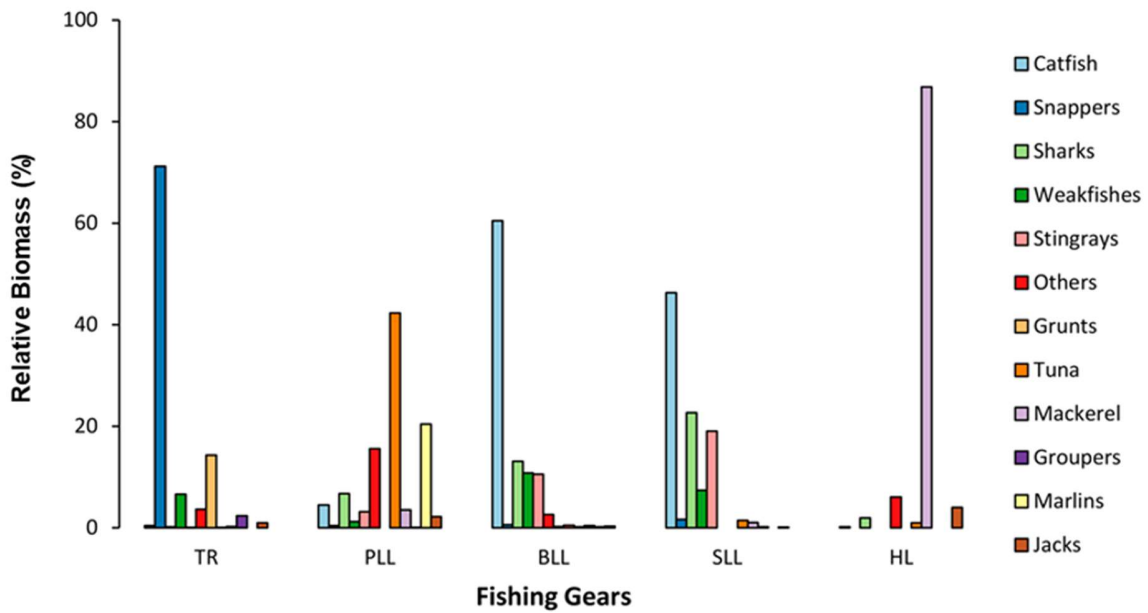


FIGURE 1. Composition of catches per group of species and type of gear (TR = traps, PLL = pelagic longline, BLL = bottom longline, SLL = shark longline, and HL = hand line) for the Venezuelan industrial multigear fishing fleet from 2015 to 2018.

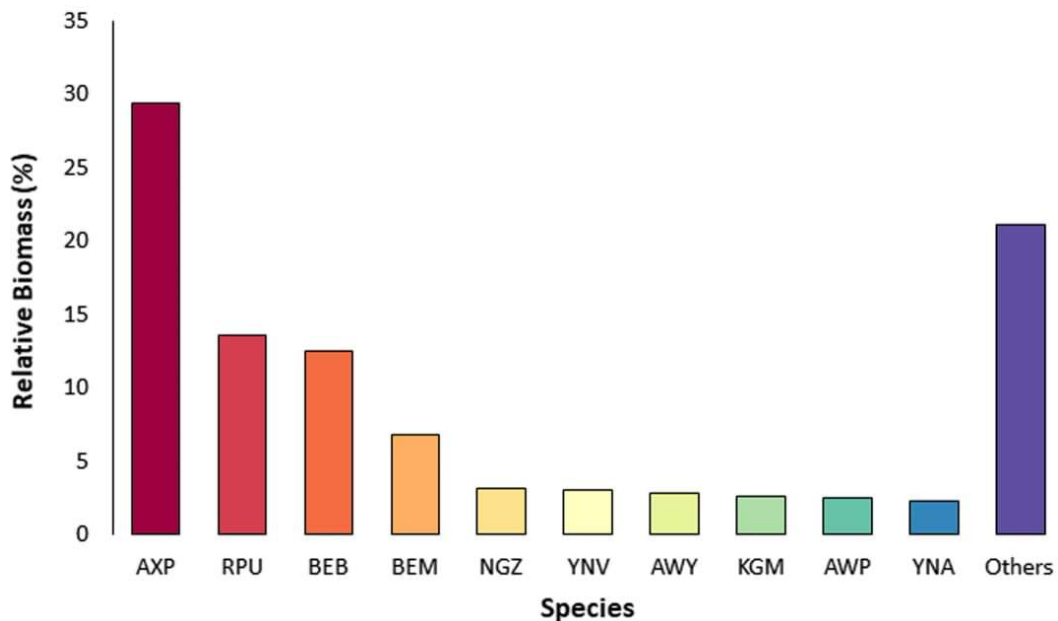


FIGURE 2. Composition of catches per species for the Venezuelan industrial multigear fishing fleet from 2015 to 2018 based on data from the Observers Onboard Program. Species abbreviations for the most captured species are as follows: AXP = Crucifix Sea Catfish, RPU = Vermilion Snapper, BEB = Coco Sea Catfish, BEM = Gafftopsail Catfish, NGZ= Thomas Sea Catfish, YNV = Green Weakfish, AWY= Kukwari Sea Catfish, KGM= King Mackerel, AWP= Gillbacker Sea Catfish, and YNA= Acoupa Weakfish. There were also 71 other species captured in lesser amounts and these have been grouped together.

The percentage catch composition per species group (Figure 4) showed that sea catfishes (captured by BLL) were the dominant group, increasing their contribution in total catches progressively from 2016 to 2018. The snappers (captured by trap) were the second largest catch group during 2015 and 2016 but declined to fifth place in 2017 and sixth place in 2018, surpassed by other groups of species such as sharks, weakfishes, and stingrays. Grunts (captured by trap) were less important, but, like snappers, their catches decreased from 2015 to 2018.

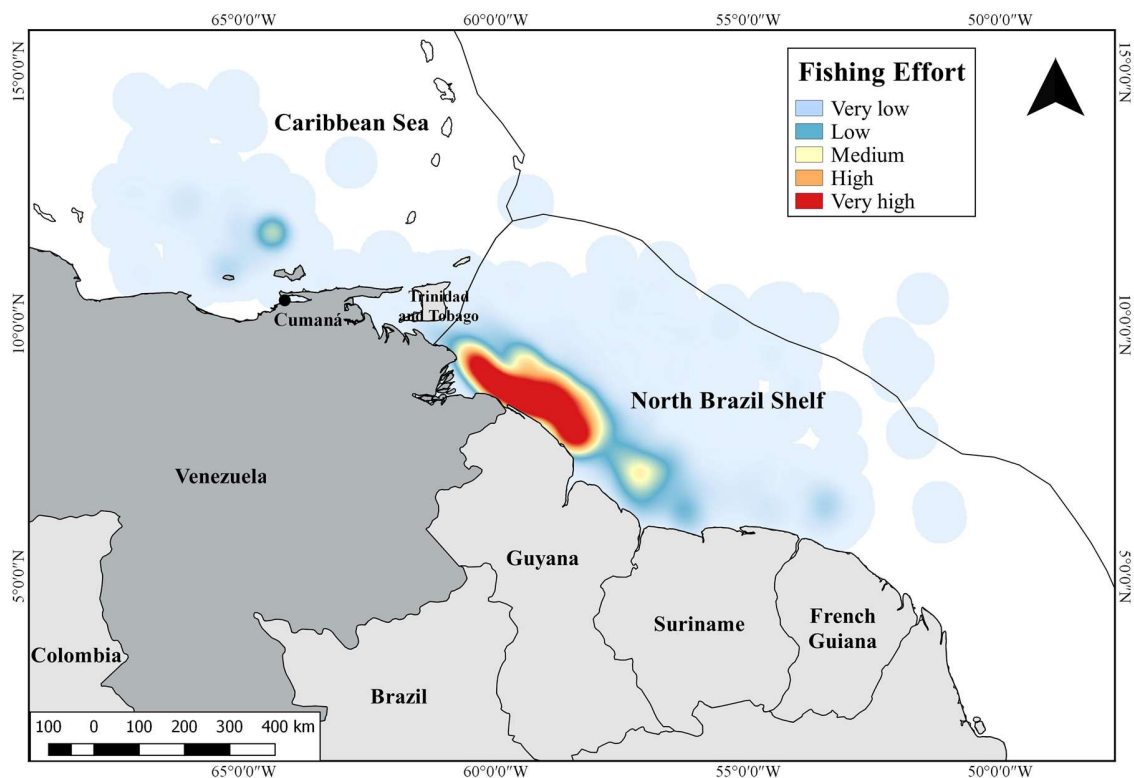


FIGURE 3. Spatial distribution of fishing effort (number of sets) recorded for the Venezuelan industrial multigear fishing fleet from 2015 to 2018. The intensity of fishing effort per fishing area was identified as follows: very low intensity (number of sets from 1 to 199; light blue), low intensity (number of sets from 200 and 399; blue), medium intensity (number of sets from 400 and 599; yellow), high intensity (number of sets from 600 to 799; orange), and very high intensity (number of sets higher than 800 and equivalent to more than 25% of the fishing sets per year; red).

According to the ANCOVA results, and the assumptions of the models fulfilled (see the Supplementary information available separately online), the relationship between catch and fishing effort was linear and positive for all gear types (Figure 5),

indicating that as fishing effort increased the catch also increased proportionally. But in one case, that of the hand line gear, this relationship showed significant changes over the 4 years of this study.

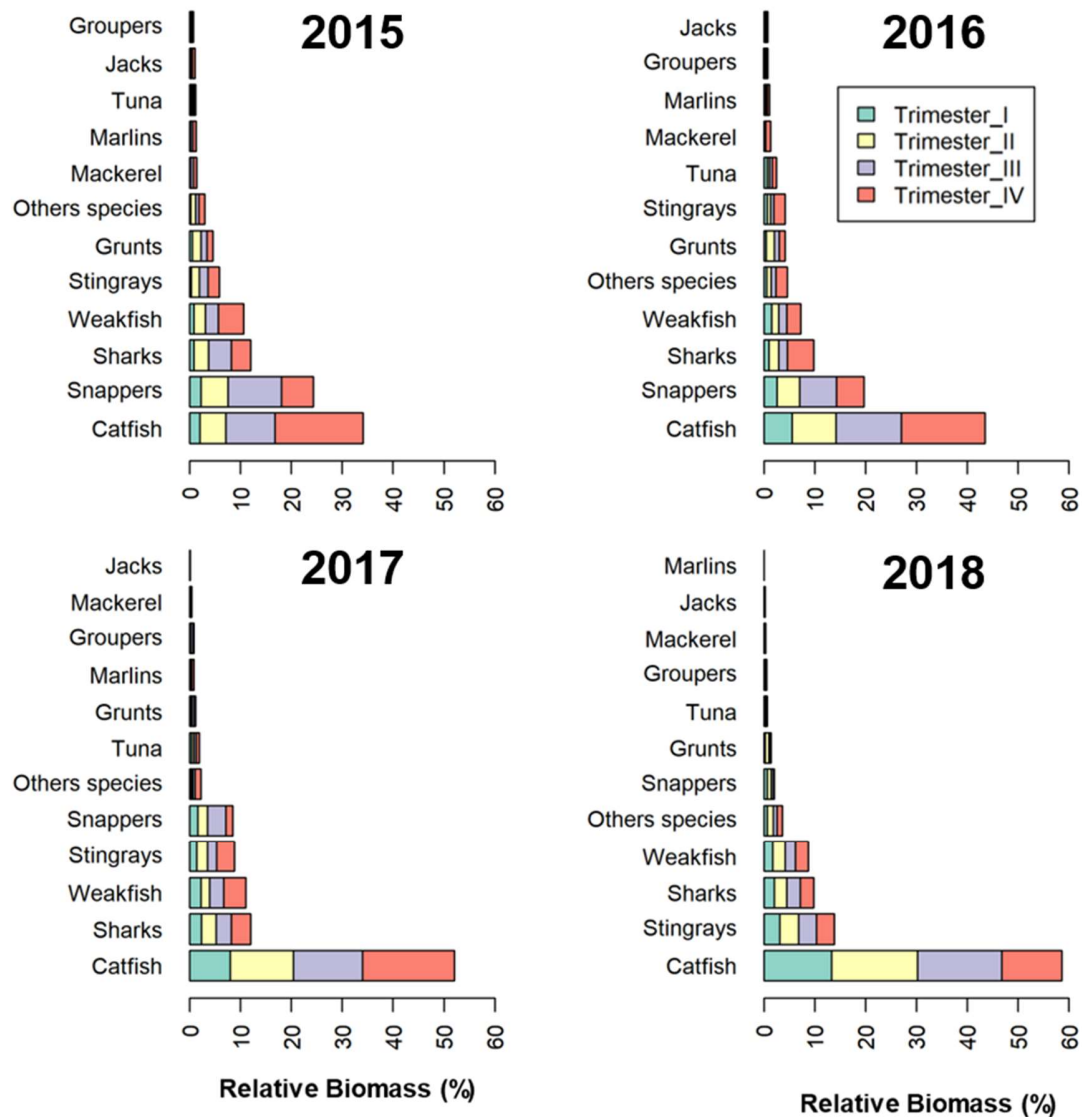


FIGURE 4. Composition of catches per group of species and trimesters for the Venezuelan industrial multigear fishing fleet from 2015 to 2018.

Traps showed a significant change in the catch-per effort ratio for the year 2017 (Table 2), with an increase in the effect of the fishing effort on catch (Figure 5). Pelagic longlines showed a constant catch–effort relationship across the entire study period. In 2018, BLLs showed a significance decrease in the catch-per-effort ratio.

On the other hand, hand lines showed a significant increase in the catch-per-effort ratio for all years, but in spite of the differences, these should be considered with caution due to the small volume of data available for this fishing gear type.

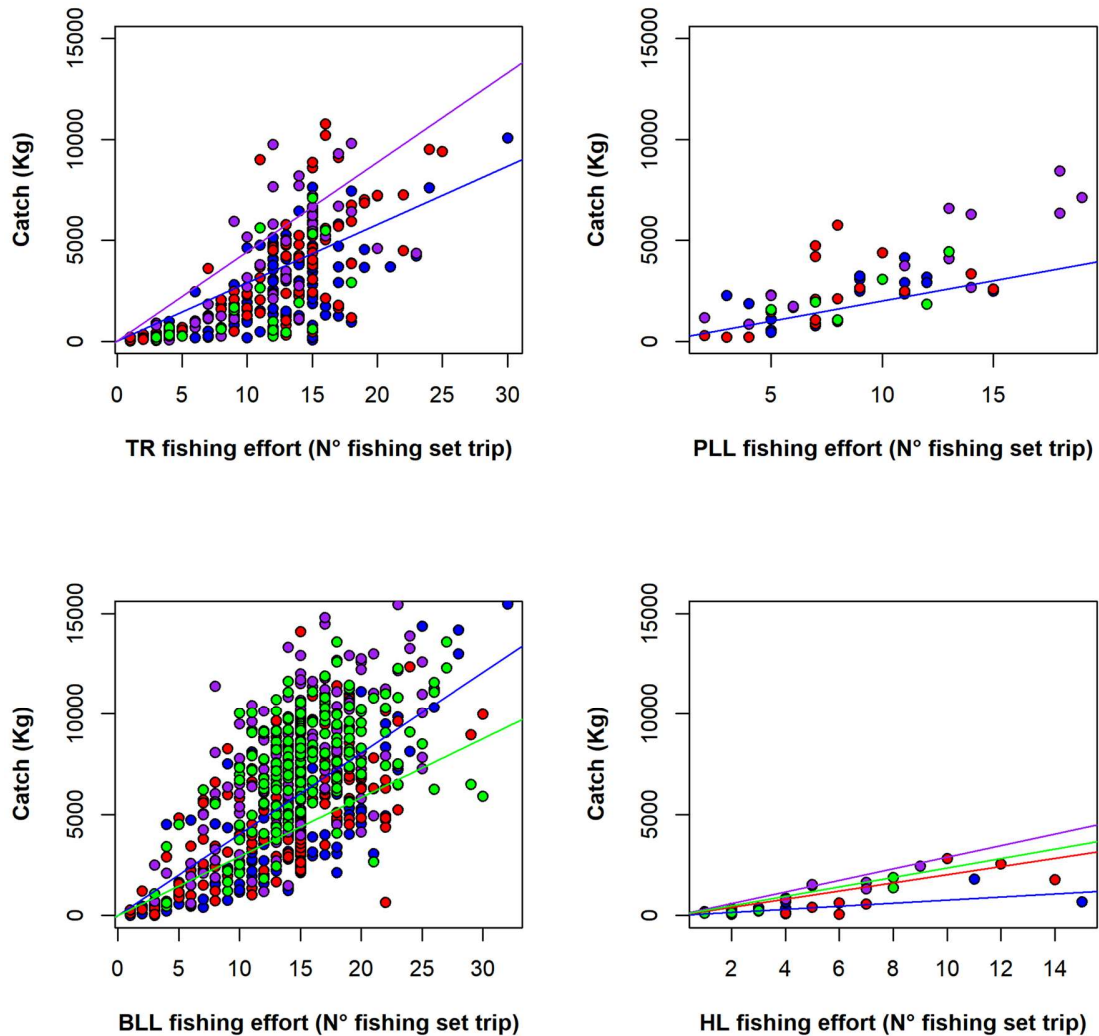


FIGURE 5. Seasonal variation of the catch per effort ratio recorded for the Venezuelan industrial multigear fishing fleet from 2015 to 2018. Years are distinguished by the following colors: 2015 = blue, 2016 = red, 2017 = purple, and 2018 = green ( $P \geq 0.05$ ).

## Discussion

The industrial PCA-Ven fleet emerged as a fisheries management strategy against industrial trawling that was occurring on the Venezuelan coast, the fishery being characterized as multigear and multispecies and with similarities to other multigear fisheries around the world (e.g., the capture of many species but with a

small group of them dominating the landings), such as the artisanal fisheries of the Kenyan coast (Tuda et al. 2016) and the semi-industrial fisheries of the Campeche Bank in Mexico (Monroy et al. 2010). An importance difference for the Venezuelan fleet is the simultaneous use of more than one fishing gear type. Despite the fleet being legally permitted to employ simultaneously more than one type of fishing gear, only one fishing gear was employed during most trips. The global fishing catch may involve gear types with different selectivities and, consequently, different fishing capacities (Hubert et al. 2012). We expected the simultaneous use of multiple fishing gears type since this could lead to an increase in overall catch as different gear types have the ability to catch different species. Nevertheless, a fishing gear with low selectivity and suitable to access the target fishery resources could drive them to use only one fishing gear type per trip. The BLL was the most commonly used fishing gear and had a greater apparent fishing effectiveness compared with other fishing gear types used by this fishery. This is expected since for commercial fishing it is generally desirable to use the most efficient fishing gear to save time and money (Hubert et al. 2012).

The species groups that comprise the multigear fishery catches on the North Brazil Shelf, such as sea catfishes, weakfishes, and snappers farther from the coast as well as pelagic species like mackerels and jacks, have already been reported (Cervigón et al. 1992; Mendoza 2015). These species are fished by longlines and traps (Isaac and Ferrari 2017). In the Caribbean Sea, many wide-ranging pelagic species, such as tunas and sharks, spend most of their life cycle in this ecosystem (Debels et al. 2017). The continental shelf ecosystem is the focus of the largest fisheries for shrimp and demersal fish (Debels et al. 2017; Isaac and Ferrari 2017). Thus, the industrial PCA-Ven fleet operates mainly in the LME of the North Brazil Shelf exploiting demersal fish. At the same time, the historical presence on this shelf of fishing fleets from countries like Brazil, Guyana, French Guiana, Suriname, and Trinidad-Tobago is well established (Booth et al. 2001).

The North Brazil Shelf (or Guianas–Brazil Shelf) houses a high diversity of fish (Cervigón et al. 1992) because this area is a class I ecosystem with high productivity ( $>300 \text{ g cm}^{-2} \text{ year}^{-1}$ ) (Smith and Demaster 1996) due to the discharges

of the Amazon River in Brazil (Heileman 2008) and the Orinoco River in Venezuela (Cervigón et al. 1992). Also, the area contains oceanic fronts, which generally coincide with the main biogeographic boundaries associated with zones of higher biological productivity, including fishing areas (Belkin and Cornillon 2007).

TABLE 2. Results of the ANCOVA examining variation between fishing effort and catch between the years, for each type of fishing gear. The values marked with an asterisk indicate  $P \leq 0.05$ .

Effect	Df	Estimate	Confidences Intervals	P
<b>Traps</b>				
Effort	1, 270	288.99	217.11; 360.88	6.42x10 <sup>-14</sup> *
Year 2015	4, 270	-843.03	-1784.65; 98.60	0.0791
Year 2016	4, 270	-931.70	-1815.76; -47.63	0.0389*
Year 2017	4, 270	-1105.23	-2375.06; 164.59	0.0878
Year 2018	4, 270	-771.73	-2431.82; 888.36	0.3609
Effort:2016	3, 270	74.45	-23.17; 172.08	0.1344
Effort:2017	3, 270	154.12	27.40; 280.84	0.0173*
Effort:2018	3, 270	-25.56	-196.29; 145.18	0.7684
<b>Pelagic longline</b>				
Effort	1, 45	200.13	19.97; 380.29	0.0303*
Year 2015	4, 45	479.51	-1144.26; 2103.28	0.5550
Year 2016	4, 45	582.01	-817.77; 1981.80	0.4068
Year 2017	4, 45	-219.12	-1794.21; 1355.97	0.7806
Year 2018	4, 45	-188.21	-3555.09; 3178.68	0.9109
Effort:2016	3, 45	36.29	-211.86; 284.45	0.7697
Effort:2017	3, 45	193.62	-25.00; 412.24	0.0812
Effort:2018	3, 45	73.84	-321.00; 468.68	0.7082
<b>Bottom longline</b>				
Effort	1, 662	402.25	333.72; 470.79	2x10 <sup>-16</sup> *
Year 2015	4, 662	-1106.44	-2140.08; -72.80	0.03594*
Year 2016	4, 662	634.51	-266.42; 1535.44	0.16716
Year 2017	4, 662	1598.84	467.92; 2729.77	0.00566*
Year 2018	4, 662	3010.33	1831.73; 4188.94	6.81x10 <sup>-07</sup> *
Effort:2016	3, 662	-71.96	-164.47; 20.55	0.12716
Effort:2017	3, 662	15.63	-84.25; 115.54	0.75871
Effort:2018	3, 662	-109.99	-210.14; -9.84	0.03140*
<b>Hand line</b>				
Effort	1, 30	75.56	7.53; 143.58	0.0307*
Year 2015	4, 30	137.45	-274.91; 549.81	0.5012
Year 2016	4, 30	-359.22	-845.24; 126.80	0.1416
Year 2017	4, 30	-305.27	-1325.80; 715.26	0.5459
Year 2018	4, 30	-294.07	1035.16; 447.02	0.4241
Effort:2016	3, 30	125.89	27.49; 224.28	0.0139*
Effort:2017	3, 30	213.17	32.82; 393.51	0.0221*
Effort:2018	3, 30	159.69	4.88; 314.49	0.0436*

Venezuela's industrial multigear fishing fleet probably distributed its fishing effort, based on the presence of oceanic fronts that positively affected target species presence within this fishery, specifically in the Venezuelan EEZ in the Orinoco Delta and the Guyana EEZ. This pattern is similar to that found by Alemany et al. (2014), where the distribution of the demersal fishing fleets in the Argentine Sea and their fishing effort were positively associated with frontal areas, emphasizing the importance of marine fronts in demersal resource abundance and distribution.

The predominance of fishing gear types that target bottom-dwelling species, such as the BLL and trap, was expected because of the great abundance and high commercial value of demersal species (e.g., snappers) on the North Brazil Shelf (Booth et al. 2001; Debels et al. 2017). On the other hand, PLLs, traps, and BLLs were employed in similar proportions in the Caribbean Sea LME, and the catch reflected this diversity of fishing gear types (e.g., tunas, marlins, grunts, and sea catfishes).

The Caribbean Sea LME is considered an ecosystem with a great variety of marine species (Debels et al. 2017). The Venezuelan coastline occupies most of the southern margin of this LME and is characterized by a large coastal upwelling event and the influence of the Orinoco River plume (Mendoza 2015). Here, pelagic fish species such as tunas, mackerels, and jacks are dominant and in the demersal domain grunts, sea catfishes, snappers, and small sharks are abundant and diverse (Mendoza 2015).

The observed intra-annual second semester variations in highest quantity catches may be related to variations in the abundance of captured species due to environmental changes in the fishing area. Alió (2001), studying shrimp and bottom fisheries in the Orinoco Delta of Venezuela, found a seasonal trend in the CPUE with an increase associated with the rainy season in the second half of the year. In addition, the Orinoco Delta of Venezuela is under the influence of trade winds that blow most of the year to the east, but with greater continuity and intensity from January to June, which makes fishing operations difficult at this time. After June, the wind intensity decreases and the fishing operations become easier (Cervigón et al. 1992).

Interannual variations were also observed in values for catch and fishing effort. Sea Catfishes were the group of species with the highest catches from the overall total in this study and the main catch in the BLLs. The apparent progressive increase in fishing effort with this gear was accompanied by an increase in the proportion of sea catfishes in the total catch. However, the group of fish with the highest commercial value on the North Brazil Shelf is the snappers (Booth et al. 2001; Debels et al. 2017), and while sea catfishes increased, the proportion of snappers in the total catch progressively declined as trap-based fishing effort decreased.

As the situation above shows, it is important to understand the relationship between catch and fishing effort when attempting to identify the exploitation status of a fishery and deciding on the type of strategy to employ for the management of the fishery in question (Halls et al. 2006; Lorenzen et al. 2006). In single-species fisheries, it is assumed that yield has a quadratic relationship with fishing effort (Schaefer surplus production models) until the maximum sustainable yield is reached. From this point on, CPUE shows a continuous decline, leading to an overexploited fishery and, eventually, to the collapse of the fishery (Hilborn and Walters 1992).

For multispecies fisheries this relationship between catch and fishing effort can be different. According to Welcomme (1999), the catch increases initially as effort increases, but when the maximum sustainable yield is reached for the target species, its catch per effort ratio begins to decline. However, target species substitution could maintain high and stable yields. In this process, termed “fishing down” by Pauly et al. (1998), a multispecies fishery starts by capturing the largest fish, but once these are depleted other fish species, smaller but still abundant, are targeted to maintain the same yield levels, even though CPUE declines. Unless accompanied by recovery of formerly targeted species, such progressive species-hopping will eventually result in the complete collapse of the regional fishery concerned.

In the industrial PCA-Ven fishery, the process of target species replacement has economic roots (i.e., snappers have been replaced by sea catfishes). This could



be because both Caribbean Red Snapper *Lutjanus purpureus* and Lane Snapper *L. synagris* on the North Brazil Shelf are considered to have been overfished (Heileman 2008). Since the industrial PCA-Ven fishery exploits several species with more than one fishing gear type, the masking of the species substitution process could be exacerbated and the final collapse, as proposed by Pauly et al. (1998), is therefore likely. The ANCOVA results given in Table 1 reinforce the idea that an overfished status exists in this fishery, not just for snappers, but also for sea catfishes. This conclusion is reached because for traps (that target snappers) an inverse relationship between the fishing effort and the catch during the year 2017 was evidenced, resulting in an increase of the effect of the fishing effort on the catch. Bottom longline (target sea catfishes) effort has been increasing progressively but by 2018 had begun to show a significant decrease in the effect of the fishing effort on the catch.

Such changes could be a reflection of the change in the population dynamics of the fish stocks exploited by this fleet and so underscores the great need to direct efforts to assess the stocks of the most heavily exploited species (sea catfishes and snappers), especially considering that the main fisheries in the North Brazil Shelf LME are overfished. International cooperation is required to better understand the biology and productivity of the fish stocks in this region and to help achieve the complicated task of managing the fishing resources of this LME. Although this fishery is more selective and less damaging for stocks than is industrial trawling, it also presents some weaknesses, such as economic viability. The industrial trawling fleet during its fall process in 2000 captured 11,200 metric tons that included 41 species, of which fish accounted for 78% by weight (Alió et al. 2010). The PCA-Ven fleet in the 4-year period of this study only captured approximately 5,000 metric tons including 81 species. Therefore, the economic sustainability of this fleet should be better studied in future research.

### **Acknowledgments**

The authors thank the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico for financial support and the Ministerio del Poder Popular de Pesca y Acuicultura and the Instituto Socialista de Pesca y Acuicultura for cooperation and

making available the data used in this study. We also acknowledge the help provided by Xiomara Gutiérrez, Instituto Socialista de la Pesca y Acuicultura, Sucre, and the three anonymous reviewers whose comments and suggestions helped improve and clarify this manuscript. There is no conflict of interest declared in this article.

## References

- Aleman, D., E. Acha, and O. Iribarne. 2014. Marine fronts are important fishing areas for demersal species at the Argentine Sea (southwest Atlantic Ocean). *Journal of Sea Research* 87:56–67.
- Alió, J. 2001. Venezuela, shrimp and groundfish fisheries. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Fisheries Report 651:115–119.
- Alió, J., L. Marcano, and D. Altuve. 2010. Incidental capture and mortality of sea turtles in the industrial shrimp trawling fishery of northeastern Venezuela. *Ciencias Marinas* 36:161–178.
- Anticamara, J., R. Watson, A. Gelchu, and D. Pauly. 2011. Global fishing effort (1950–2010): trends, gaps, and implications. *Fisheries Research* 107:131–136.
- Arocha, F., M. Narváez, A. Ariza, and J. G. Núñez. 2019. Preliminary results of the North Atlantic Albacore tuna reproductive biology study. ICCAT Collective Volumes of Scientific Papers 75:2311–2318.
- Arocha, F., A. Pazos, A. Lárez, J. Marcano, and X. Gutiérrez. 2013. Enhanced monitoring of large pelagic fishes caught by the Venezuela artisanal off-shore fleet targeting tuna and tuna-like species in the Caribbean Sea and adjacent northwestern Atlantic waters: a preliminary analysis. ICCAT Collective Volumes of Scientific Papers 69:1317–1332.
- Beato, C. 2008. Comprendendo e avaliando projetos de segurança pública. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil. (In Portuguese.)
- Belkin, I., and P. Cornillon. 2007. Fronts in the world ocean's large marine ecosystems. International Council for the Exploration of the Sea, C.M. 2007/D:21, Copenhagen.
- Booth, A., A. Charuau, K. Cochrane, D. Die, A. Hackett, A. Lárez, D. Maison, L. A. Marcano, T. Phillips, S. Soomai, R. Souza, S. Wiggins, and M. IJspol. 2001. Regional assessment of the Brazil–Guianas groundfish fisheries. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Fisheries Report 651:22–36.
- Cabello, A., J. Marcano, M. Narváez, O. Silva, A. Gómez, B. Figuera, O. Vallenilla, and H. Salazar. 2002. Management of tuna resources in Venezuela. *Zootecnia Tropical* 21:261–274.
- Cardoso, I., T. Moura, H. Mendes, C. Silva, and M. Azevedo. 2015. An ecosystem approach to mixed fisheries: technical interactions in the Portuguese multi-gear fleet. *ICES Journal of Marine Science* 72:2618–2626.
- Castello, L., J. Castello, and A. Charles. 2007. Problemas en el estudio y manejo de pesquerías tropicales. *Gaceta Ecológica* 84–85:65–73. (In Spanish.)
- Cervigón, F., R. Cipriani, W. Fisher, L. Garibaldi, M. Hendrickx, A. J. Lemus, R. Márquez, J. M. Poutiers, G. Robaina, and B. Rodríguez. 1992. Fichas FAO de identificación de especies para los fines de la pesca. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. (In Spanish.)

- Debels, P., L. Fanning, R. Mahon, P. McConney, L. Walker, T. Bahri, and P. Whalley. 2017. The CLME+ Strategic Action Programme: an ecosystems approach for assessing and managing the Caribbean Sea and North Brazil Shelf Large Marine Ecosystems. *Environmental Development* 22:191–205.
- Duarte, R., M. Azevedo, and M. Afonso-Dias. 2009. Segmentation and fishery characteristics of the mixed-species multi-gear Portuguese fleet. *ICES Journal of Marine Science* 66:594–606.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2005. Fishery country profile: La República Bolivariana de Venezuela. FAO, Rome. Halls, A. S., R. L. Welcomme, and R. W. Burn. 2006. The relationship between multi-species catch and effort: among fishery comparisons. *Fisheries Research* 77:78–83.
- Heileman, S. 2008. North Brazil Shelf LME. Pages 701–710 in K. Sherman and G. Hempel, editors. *The UNEP Large Marine Ecosystems report: a perspective on changing conditions in LMEs of the world's regional seas*. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- Hilborn, R. 1985. Fleet dynamics and individual variation: why some people catch more fish than others. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42:2–13.
- Hilborn, R., and C. Walters. 1992. *Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics and uncertainty*. Chapman and Hall, London.
- Hubert, W., K. Pope, and J. Dettmers. 2012. Passive capture techniques. Pages 223–265 in A. V. Zale, D. L. Parrish, and T. M. Sutton, editors. *Fisheries techniques*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Isaac, V. J., and S. F. Ferrari. 2017. Assessment and management of the North Brazil Shelf Large Marine Ecosystem. *Environmental Development* 22:97–110.
- Lorenzen, K., O. Almeida, R. Arthur, C. Garaway, and S. Nguyen. 2006. Aggregated yield and fishing effort in multispecies fisheries: an empirical analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 63:1334–1343.
- Marcano, L., J. Alió, D. Novoa, D. Altuve, G. Andrade, and R. Álvarez. 2001. Revisión de la pesca de arrastre en Venezuela. *FAO Fisheries Circular* 974:330–378.
- Mendoza, J. 2015. Rise and fall of Venezuelan industrial and artisanal marine fisheries: 1950–2010. University of British Columbia, Fisheries Centre Working Paper 27, Vancouver.
- Mendoza, J., L. Marcano, J. Alió, and F. Arocha. 2010. Autopsia de la pesquería de arrastre del oriente de Venezuela: análisis de los datos de desembarques y esfuerzo de pesca. *Proceeding of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 62:69–76. (In Spanish.)
- Minpesca. 2017. Minpesca y pescadores polivalentes buscan mejorar capturas y distribución. Available: <http://www.vicepresidencia.gob.ve/minpesca-y-pescadores-polivalentes-buscan-mejorar-capturas-y-distribucion/>. (In Spanish.)
- Monroy, C., S. Salas, and J. Bello-Pineda. 2010. Dynamics of fishing gear and spatial allocation of fishing effort in a multispecies fleet. *North American Journal of Fisheries Management* 30:1187–1202.

- Narváez, M., M. Ortiz, F. Arocha, M. Medina, X. Gutiérrez, and J. H. Marcano. 2017. Update on standardized catch rates for Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) from the Venezuelan pelagic longline fishery of the Caribbean Sea and western Central Atlantic. ICCAT Collective Volumes of Scientific Papers 73:440–450.
- Nelson, J. 1999. Editorial and introduction: the species concept in fish biology. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 9:277–280. Normas técnicas de ordenamiento que regula la pesquería industrial polivalente de costa afuera. 2009. Gaceta Oficial de la República de Venezuela 39295, Resolución DM/N°0083 del Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras, sections 372618–372622. (In Spanish.)
- Padilla, J. E. 1991. Managing tropical multispecies fisheries with multiple objectives. Doctoral dissertation. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia.
- Pauly, D., J. Alder, S. Booth, W. Cheung, V. Christensen, C. Close, U. Sumaila, W. Swartz, A. Tavakolie, R. Watson, L. Wood, and D. Zeller. 2007. Fisheries in Large Marine Ecosystems: descriptions and diagnoses. Pages 113–137 in K. Sherman and G. Hempel, editors. The UNEP Large Marine Ecosystem report: a perspective on changing conditions in LMEs of the world's regional seas. United Nations Environment Programme, Regional Seas Reports and Studies, Nairobi, Kenya.
- Pauly, D., V. Christensen, J. Dalsgaard, R. Froese, and F. Torres. 1998. Fishing down marine food webs. *Science* 279:860–863.
- Pauly, D., and V. Lamm. 2016. The status of fisheries in large marine ecosystems, 1950–2010. Pages 113–137 in IOC–UNESCO and UNEP, editors. Large Marine Ecosystems: status and trends. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- Petrere, M., H. C. Giacomini, and P. De Marco 2010. Catch-per-unit-effort: which estimator is best? *Brazilian Journal of Biology* 70:483–491.
- Pomares, O., R. Álvarez, L. González, T. Barreto-Zavala, J. Smith, A. García-Galicia, and R. Bracho. 2010. Porqué la pesquería de arrastre se hizo insostenible en Venezuela? Estudio de caso: pesquería de arrastre del Golfo de Venezuela (1956–2008). *Proceeding of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 62:105–113. (In Spanish.)
- QGIS Development Team. 2017. QGIS geographic information system. Open Source Geospatial Foundation Project. Available: <http://qgis.osgeo.org>. (February 2020).
- R Core Team. 2018. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Available: <https://www.R-project.org/>. (February 2020).
- Sherman, K., and A. Duda. 1999. Large Marine Ecosystems: an emerging paradigm for fishery sustainability. *Fisheries* 24(12):15–26.
- Sherman, K., P. Muñoz, P. Álvarez, and B. Peterson. 2017. Sustainable development of Latin American and the Caribbean Large Marine Ecosystems. *Environmental Development* 22:1–8.
- Slack-Smith, R. J. 2001. Fishing with traps and pots. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

- Smith, W., and D. Demaster. 1996. Phytoplankton biomass and productivity in the Amazon River plume: correlation with seasonal river discharge. *Continental Shelf Research* 16:291–319.
- Tuda, P. M., M. Wolff, and A. Breckwoldt. 2016. Size structure and gear selectivity of target species in the multispecies multigear fishery of the Kenyan South Coast. *Ocean and Coastal Management* 130:95–106.
- Welcomme, R. L. 1999. A review of a model for qualitative evaluation of exploitation levels in multi-species fisheries. *Fisheries Management and Ecology* 6:1–19.

### **Supporting Information**

Additional supplemental material may be found online in the Supporting Information section at the end of the article.

## CAPÍTULO II

**Tendência espaço-temporal da abundância do estoque de *Sciades proops* (Valenciennes, 1840) na Plataforma Continental do Norte do Brasil explorado por uma frota pesqueira multi-apetrechos.**

Artigo submetido na revista:  
ISSN versão online:  
Frequência:  
Fator de Impacto:

**Tendência espaço-temporal da abundância do estoque de *Sciades proops* (Valenciennes, 1840) na Plataforma Continental do Norte do Brasil explorado por uma frota pesqueira multi-apetrechos.**

**Laurent Carolina<sup>1,2</sup>, Aguiar-Santos Jamerson<sup>3</sup>, Evaristo Eucaris<sup>4</sup>, Freitas Carlos<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Laboratório de Ecologia Pesqueira, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil.

<sup>2</sup>Instituto Socialista de Pesca e Aquicultura, Cumaná, Sucre, Venezuela.

<sup>3</sup>Laboratório de Ecossistemas Aquáticos, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, Brasil.

<sup>4</sup>Ministério do Poder Popular da Pesca e Aquicultura, Caracas, Venezuela.

## **Resumo**

Os estoques de peixes demersais na Plataforma Continental do Norte do Brasil tem sido explorados intensamente nos últimos anos. No entanto, devido ao efeito do aumento do poder de pesca das frotas e à natureza mutável da distribuição espacial e temporal do esforço de pesca, a avaliação das tendências das unidades populacionais com base em dados comerciais de captura e esforço requer a padronização dos dados de esforço e captura. Neste trabalho foram padronizadas as capturas comerciais por unidade de esforço (CPUE) para a principal espécie demersal explorada pela frota industrial multi-apetrecho venezuelana na Plataforma Continental do Norte do Brasil, *Sciades proops* (AXP), utilizando um modelo linear generalizado com distribuição Tweedie para avaliar a tendência espaço-temporal no índice de abundância dessa espécie. Os dados foram obtidos através do Programa Nacional de Diários de Bordo durante o período de 2015-2018, e se consideraram como variáveis categóricas ano, trimestres, categoria de barco (baseado no comprimento) e quadrante de pesca. O modelo evidenciou que a CPUE padronizada de AXP teve um aumento significativo durante o ano de 2016 para logo cair nos anos de 2017 e 2018. No entanto, existem outras frotas e outros países pescando o mesmo recurso e que não foram consideradas nesta pesquisa, mais estudos precisam ser feitos para compreender o verdadeiro estado desse recurso. Ações de gerenciamento efetivas devem ser implementadas com urgência na Plataforma Continental do Norte do Brasil para a pesca de peixes demersais, já que se corre o risco de adicionar essa espécie à longa lista de estoques sobreexplorados dos oceanos do mundo.

**Palavras chave:** CPUE, Venezuela, padronização da CPUE, GLM, índice de abundância



## **Introdução**

A captura por unidade de esforço (CPUE) é comumente utilizada como um índice de abundância na avaliação e manejo de estoques pesqueiros, sendo, em geral assumido que é proporcional a abundância relativa (Hilborn & Walters 1992; Campbell 2004; Maunder & Punt 2004; Okamura et al. 2018). Índices de abundância deveriam ser baseados em dados independentes de pescarias, mas esses tipos de dados são difíceis de obter porque envolvem um alto custo (Campbell 2004; Okamura et al. 2018). Por isso, a CPUE calculada a partir de dados de pescarias comerciais é amplamente usada em modelos de avaliação de estoques modernos. Sendo a principal fonte de informação de abundância para muitas das espécies de peixes de maior valor e vulneráveis das pescarias comerciais e recreacionais (Maunder & Punt 2004).

Quando se assume a CPUE, obtida a partir de dados de pescarias comerciais, como proporcional a abundância relativa, temos que considerar que os barcos pescam no tempo e no espaço que tem a maior abundância de peixes. Então, as tendências da CPUE podem não refletir as tendências naturais do estoque, e sim a eficiência da frota em localizar os cardumes mais abundantes e/ou em capturar a maior quantidade de peixes disponíveis na área de pesca. Sendo que a eficiência da frota está associada a vulnerabilidade da espécie-alvo e a fatores intrínsecos à operação de pesca, incluindo a seletividade dos apetrechos. Em face disso, é necessária uma padronização da CPUE em ordem de considerar o efeito dos fatores associados com a abundância da espécie e a eficiência da frota, incluindo mudanças nessa eficiência ao longo do tempo (Bishop et al. 2004).

Anteriormente, a presunção de proporcionalidade entre a CPUE e a abundância relativa era baseada no pressuposto de que a capturabilidade era constante e que o esforço nominal da frota poderia ser ajustado para considerar as diferenças na eficiência relativa dos barcos, ou seja padronizar o esforço de pesca ou poder de pesca do barco (Gulland 1956; Beverton & Parrish 1956). Este método foi amplamente usado na avaliação de estoques apesar da simplicidade de seu pressuposto e cedo apareceram evidências que o pressuposto de constância ou de ajuste da capturabilidade era frequentemente violado (Bishop et al. 2004).

Atualmente, quando padronizamos a captura e o esforço de pesca com dados comerciais, os modelos devem contabilizar as variabilidades da capturabilidade em vez de assumi-la como constante. Caso contrário, as mudanças na CPUE por variações na capturabilidade serão interpretadas como mudanças na abundância do estoque (Bishop 2006).

Garrod (1964) e Gulland (1964) apontaram que a variabilidade da capturabilidade poderia ocorrer por diversos fatores, como diferença no poder de pesca entre os barcos, diferenças na vulnerabilidade das espécies ou indivíduos ao apetrecho de pesca, mudanças nos padrões estacionais e espaciais do esforço de pesca e/ou do estoque, além das variações naturais na abundância do estoque por mortalidade natural ou recrutamento e migração não uniforme, entre outros. Portanto, é extremamente importante padronizar corretamente a CPUE para que esta seja comparável entre os anos e possa ser usada como um índice de abundância confiável (Campbell 2004).

Na atualidade, o aumento da capacidade de análise computacional e o uso de métodos estatísticos sofisticados e robustos tem permitido a inclusão de mais fatores no processo de padronização e tem ajudado a superar a maioria dos problemas decorrentes de não considerar os fatores que influenciam na capturabilidade e/ou na abundância natural do estoque. Os métodos mais recentes para padronizar dados de captura e esforço comparam dados de CPUE de várias fontes (dados dependentes e não dependentes de pescaria), contabilizando vários efeitos de fatores por meio do uso de modelos matemáticos, como modelos lineares generalizados (GLMs), modelos aditivos generalizados (GAMs) e modelos mistos lineares generalizados (GLMMs) (Quinn & Deriso 1999; Battaile & Quinn 2004).

Os índices de abundância podem prover informações importantes para a avaliação de estoque de espécies pesqueiras demersais presentes na Plataforma Continental do Norte do Brasil - PCNB. Classificada como uma área Classe I, por ter uma alta produtividade ( $>300 \text{ gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ ) (Heileman 2008), a PCNB suporta uma das mais importantes pescarias multiespecíficas e multi-apetrechos dirigidas principalmente a peixes demersais que são explorados por frotas nacionais e estrangeiras (Claro & Lindeman 2008).

A PCNB está bordeada por Brasil, Guiana Francesa, Guiana, Suriname e a parte sudeste da Venezuela, conecta ao sul com a Plataforma Continental do Sul do Brasil e ao norte com o Mar Caribe. Entre os principais países que pescam na Plataforma Continental do Norte do Brasil estão Brasil, Guiana, Suriname e Venezuela, sendo suas principais capturas os peixes demersais de porte médio (30-89cm), peixes pelágicos pequenos (<30 cm) e camarões (Pauly et al. 2020).

A frota industrial de arrasto venezuelana participou na pescaria de camarão da região impactando os recursos pesqueiros demersais por quase 60 anos, desde 1950 até março de 2009 (Mendoza et al., 2010), quando esta modalidade de pesca foi proibida em águas venezuelanas, sendo simultaneamente criada uma nova frota chamada de Industrial Polivalente Costa Afuera. Essa frota deixou de praticar a pesca de arrasto e passou a utilizar apetrechos mais seletivos como o espinhel, armadilhas e linhas de mão, dirigidos aos mesmos recursos pesqueiros demersais.

A frota Industrial Polivalente Costa Afuera tem como principal espécie nas suas capturas, o bagre crucifixo *Sciades proops* (AXP) capturado com espinhel de fundo. No período de janeiro 2015 até dezembro 2018, a frota evidenciou um aumento do esforço dos lances com espinhel e das capturas de bagres da ordem Siluriformes e da família Ariidae (Laurent et al., 2020). Além disso, segundo o Informa Nacional de Recursos Marinhos e Fluviais da Venezuela (INSOPESCA 2011), a produção de bagres tem diminuído constantemente desde o ano de 2004 quando atingiram o seu valor máximo histórico de 17.685.004 kg, chegando em 2010 a um valor de 3.165.194 kg. No entanto, esse último valor de produção registrado não supera o valor no início da década do 2000 (11.928.567 kg).

Essas evidências levaram a ter como objetivo no presente trabalho desenvolver um índice de abundância para o *Sciades proops* (AXP), baseado na padronização da captura por unidade de esforço (CPUE) e assim avaliar a sua tendência espaço-temporal, como forma de subsidiar propostas de manejo sustentável desse importante recurso pesqueiro.

## **Materiais e métodos**

### *Área de estudo*

O litoral venezuelano ocupa a maior parte da margem sul do mar do Caribe e compartilha com Trinidad e Tobago o limite noroeste da província costeira das Guianas (Longhurst 1998). Quatro regiões ecológicas distintas podem ser identificadas ao longo das costas venezuelanas (Novoa et al. 1998, Cervigón 2005): a área oriental, a nordeste, a central e a ocidental.

A frota industrial Polivalente Costa Afuera opera principalmente na área oriental do país na Plataforma Continental do Norte Brasil, especificamente no delta do Rio Orinoco e o Golfo de Paria ao longo da margem do Atlântico na confluência da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) da Venezuela e da Guiana. Em segundo lugar, a frota opera na área nordeste do país na ZEE da Venezuela do Mar do Caribe (Laurent et al. 2020).

O estudo foi realizado na zona Pesqueira da frota Polivalente Costa Afuera que desembarca na zona nordeste do país (Figura 1), especificamente na cidade de Cumaná, Estado Sucre, Venezuela, considerada uma das áreas mais produtivas da costa venezuelana (FAO 2005).

### *Fonte de dados*

Os dados foram obtidos através do Programa Nacional de Diários de Bordo do Instituto de Pesca e Aquicultura (INSOPESCA) da Venezuela e fornecido pelo Ministério do Poder Popular de Pesca e Aquicultura (MPPPA), ambas instituições responsáveis pelas estatísticas pesqueiras na Venezuela. Desde 2010, o Programa Nacional de Diários de Bordo iniciou a entrega para os capitães dos barcos de formulários concebidas pelo INSOPESCA-Cumaná durante cada saída de pesca, para serem preenchidos durante as viagens de pesca para o monitoramento da frota industrial polivalente que opera no Mar Caribe e no Oceano Atlântico. Os formulários foram aperfeiçoados em 2014, permitindo a obtenção de informações mais completas das viagens de pesca. Diante disso, os dados (peso (kg) e localização geográfica de cada lance de pesca) desde 2015 até 2018 foram escolhidos para

desenvolver o índice de abundância para o bagre crucifixo (AXP) com 100% de viagens monitoradas.

Devido a que os barcos da frota diferem amplamente em tonelagem bruta registrada (t), potência do motor (hp), comprimento (m), largura (m) e autonomia do barco (dia) e número de anzóis, foram utilizados os dados das características de cada barco ativo durante o período de estudo para determinar qual parâmetro tem a melhor correlação com a CPUE. Esses dados foram obtidos das licenças de pesca disponíveis nos registros de INSOPESCA. Se obtiveram dados de

### *Análise dos dados*

Uma análise de componentes principais (PCA) das características do barco: tonelagem bruta registrada (t), potência do motor (hp), comprimento (m), largura (m) e autonomia do barco (dia) e número de anzóis foi usada para analisar as inter-relações entre essas variáveis e explicar essas variáveis em termos de suas dimensões inerentes (Ortega-García & Gómez-Muñoz 1992), o primeiro eixo explicou quase 60% da variabilidade nas características do barco, tendo a maior contribuição a tonelagem bruta registrada, a potência do motor e o comprimento e largura do barco.

Tabela 1. Correlação dos eixos 1 e 2 da PCA com as variáveis: tonelagem bruta registrada (TRB), potência do motor (PM), comprimento (CB), largura (LB) e autonomia do barco (AUT) e número de anzóis (ANZ).

	TRB	PM	CB	LB	AUT	ANZ
PC <sub>1</sub>	<b>-0,8886</b>	<b>-0,8911</b>	<b>-0,9281</b>	<b>-0,8890</b>	-0,5969	0,27684
PC <sub>2</sub>	-0,0757	-0,0506	0,2996	-0,3352	0,4974	0,12806

Também foi aplicado uma regressão linear múltipla entre a CPUE de *Sciades proops* e as variáveis tonelagem bruta registrada (t), potência do motor (hp), comprimento (m), largura (m) e autonomia do barco (dia) e número de anzóis para determinar o melhor preditor da CPUE (Parente 2004), onde a tonelagem bruta registrada e o comprimento do barco foram preditores significativos da CPUE, utilizando o comprimento do barco para estabelecer a variável explicativa categoria de barco na equação de modelagem da CPUE.

Tabela 2. Sumario da regressão múltipla ( $R^2=0,45$ ) entre a variável resposta CPUE e as variáveis explanatórias: tonelagem bruta registrada (tonelada), potência do motor (horse power), comprimento (metro), largura (metro) e autonomia do barco (dia) e número de anzóis.

	Valor máximo	Valor mínimo	P(> t )
Tonelagem bruta registrada (t)	182,83	39,48	<b>4,37 x 10<sup>-5***</sup></b>
Potência do motor (hp)	1200	300	0,11434
Comprimento do barco (m)	29,00	15,18	<b>0,03732*</b>
Largura do barco (m)	7,68	5,00	<b>0,04062*</b>
Autonomia do barco (dia)	30	14	0,09559
Números de anzóis	650	300	0,12806

Para modelar a CPUE de *Sciades proops*, foram definidas como potenciais variáveis explicativas: temporada de pesca representada pelo ano, local de pesca representado por quadrantes de 2,5° x 2,5°, sazonalidade representada por trimestres e categorias de barco estabelecidas segundo o comprimento do barco (melhor preditor da CPUE), em geral assumidas como variáveis que podem influenciar a CPUE (Narváez et al. 2017). Para obter a variável categórica quadrantes, foi utilizado o software livre QGIS version 2.18.17 (QGI Development Team 2007) para construir um mapa da costa da Venezuela com os limites dos países fronteiriços e suas águas adjacentes (Mar do Caribe e Oceano Atlântico), dividido em quadrantes de 2,5 X 2,5°. A CPUE observada (quilos/1000 anzóis) foi agregada nos quadrantes baseados na posição geográfica onde foram indicados os lances de pesca (Dunn; Kot & Halpin 2008) que permitiu identificar os quadrantes de pesca de *Sciades proops* pela frota Industrial Polivalente Costa Afuera venezuelana. A magnitude da CPUE nos quadrantes foi determinada pelo estimador de intensidade de Kernel, onde o algoritmo do estatístico pesa cada ponto com respeito a distância de um valor central (Beato 2008). A distribuição da magnitude da CPUE foi identificado como segue: muito baixa (valor de CPUE de 1 a 13411), baixa (valor de CPUE de 13412 a 26823), média (valor de CPUE de 26824 a 40236), alta (valor de CPUE de 40237 a 53648), e muito alta (valor de CPUE de 53649) e equivalente a mais de 25% da CPUE por ano.

Os barcos da frota foram classificados em três categorias, segundo o comprimento do barco. Categoria 1: barcos pequenos, com comprimento menor do que 20 m; categoria 2: barcos medianos, com comprimento entre 20 e 26 m; e, categoria 3: barcos grandes, com comprimento entre 26 e 30 m. Os trimestres foram considerados para levar em conta a distribuição sazonal da pesca ao longo do ano (janeiro-março, abril-junho, julho-setembro e outubro-dezembro). O esforço de pesca foi reportado em número de anzóis por lance, uma vez que o espinhel é apetrecho usado na captura de *Sciades proops*. As taxas de captura foram registradas como quilo de *Sciades proops* capturado por 1000 anzóis.

O índice relativo de abundância para *Sciades proops* foi estimado através de Modelo Linear Generalizado (GLM) assumindo uma distribuição Tweedie (Shono 2008; Mourato et al. 2018). Este método envolve o ajuste de um modelo a dados reais positivos com muitos zeros. A distribuição Tweedie é relacionada com a família exponencial e permite ajustar relações particulares entre a variância e a média usando como função de enlace o  $g(\cdot)$  logaritmo (Zhang 2013). As tabelas da análise de desvio são apresentadas para o modelo ajustado, a partir do qual foi feita a seleção dos fatores explicativos, considerando a significância do Chi quadrado. A seleção do modelo final foi baseada no Critério de Informação Bayesiano (BIC) e no teste da razão de verossimilhança (Faraway 2006).

A validação do modelo ajustado mediante a análise de resíduos foi realizada usando o gráfico de resíduos de quantis randomizados (QQ-plot) para lidar com o excesso de zeros do modelo (Dunn & Smyth 1997; Gelman & Rubin 1992; Augustin et al. 2012). Esse método simula o conjunto de dados da amostra a partir do modelo ajustado, permitindo o cálculo da função de distribuição acumulada da variável resposta. Se o GLM ajustasse corretamente os dados simulados seriam uma “amostra aleatória” do modelo ajustado e indistinguíveis dos valores observados da variável resposta, com os resíduos seguindo uma distribuição normal (Conn et al. 2018).

O GLM e os mapas comparativos da CPUE observada e CPUE estimada foram feitos no software estatístico R (R Core Team, 2020) utilizando os pacotes: glmmTMB (Magnusson et al. 2020) para estimar os parâmetros do modelo Tweedie;

DHARMA (Hartig 2020) para o diagnóstico residual do modelo multinível; mapdata e maps (Becker et al. 2018) para a elaboração dos mapas.

## Resultados

### Descrição da pescaria de *Sciades proops*

De janeiro de 2015 a dezembro de 2018 foram registrados 9.724 lances de espinhel, com uma média  $\pm$  desvio padrão de  $680 \pm 206$  anzóis por lance e uma captura média  $\pm$  desvio padrão de  $96 \pm 99$  quilos de *Sciades proops* por lance. Os lances de espinhel mostraram um padrão ascendente de 2015 a 2018 e a CPUE acompanhou essa tendência nos anos de 2015 e 2016 para logo decrescer nos anos de 2016 e 2018 (Tabela 3). A configuração e forma de uso desse apetrecho na área de pesca foi descrito em Laurent et al. (2020).

Tabela 3- CPUE nominal e padronizada (modelo Tweedie) (quilos / 1000 anzóis) para taxas de captura de AXP para o período de 2015-2018.

Ano	N	CPUE Nominal	CPUE Padronizada	IC 2,5%	IC 97,5%
2015	1692	129,69	98,66	86,51	110,80
2016	2249	175,91	145,52	131,49	159,56
2017	2832	152,15	126,92	116,25	137,59
2018	2947	132,63	101,85	93,40	110,29

A área de pesca da frota industrial Polivalente Costa Afuera foi composta por 25 quadrantes de  $2,5 \times 2,5^\circ$ . Foram identificados dezessete quadrantes explorados para pesca de *Sciades proops*, sendo que 60% das pescarias ocorreram no quadrante 18, 20% no quadrante 17 e 11% no quadrante 23 (Figura 1).

Os barcos de categoria 2, com comprimento de 20 a 26 m, efetuaram a maior quantidade de lances com 53,6% (2015: 8,33%; 2016: 13,27%, 2017: 14,48%; 2018: 17,52%) com uma média de 657 anzóis. Os barcos de categoria 3 efetuaram 36,7% (2015: 6,98%; 2016: 7,72%, 2017: 11,38%; 2018: 10,57%) com uma média de 734 anzóis. E, os barcos menores, da categoria 1 realizaram 9,7% (2015: 2,10%; 2016: 2,15%, 2017: 3,27%; 2018: 2,22%) com uma média de 602 anzóis.



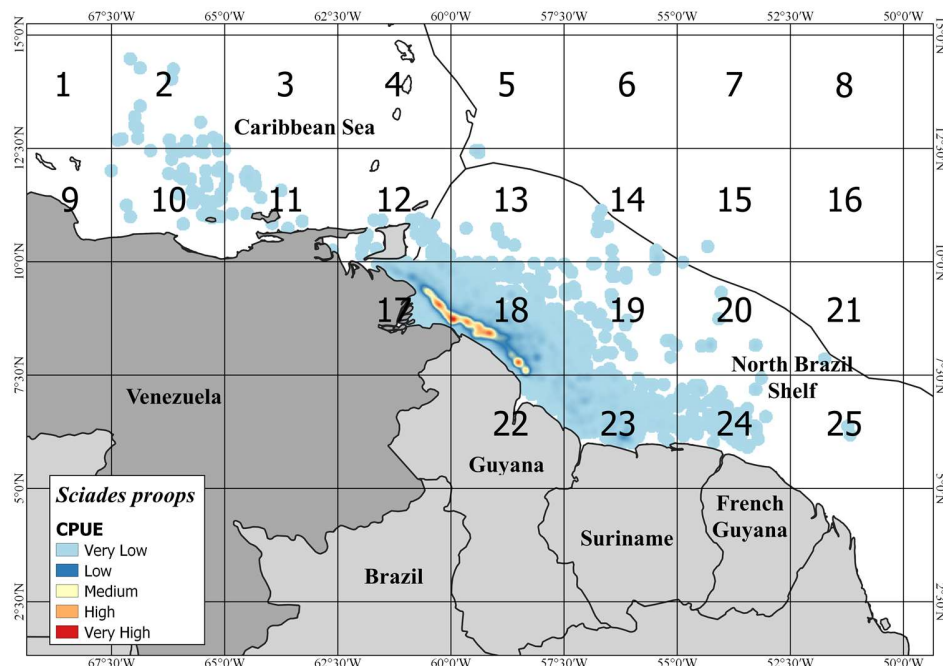


Figura 1. Distribuição espacial da CPUE observada (quilos / 1000 anzóis) registrada para AXP pela frota industrial Polivalente Costa Afuera desde 2015 até 2018. A magnitude da CPE foi identificada como segue: muito baixa (valor de CPUE de 1 a 13411), baixa (valor de CPUE de 13412 a 26823), média (valor de CPUE de 26824 a 40236), alta (valor de CPUE de 40237 a 53648), e muito alta (valor de CPUE acima de 53649) equivalente a mais de 25% da CPUE por ano.

### *Índice Relativo de Abundância para a espécie Sciades proops*

Os diagnósticos do modelo GLM, com distribuição Tweedie e função de enlace logarítmico para a taxa de captura de AXP, não indicam forte desvio do padrão esperado (Figura 2 A e B).

Diferentes formulações do modelo Tweedie foram analisadas considerando os valores de Log verossimilhança, o AIC (Critério de Informação de Akaike), e o BIC (Critério de Informação Bayesiano) como indicador de ajuste dos modelos (Tabela 4). O primeiro modelo contém os fatores Ano, Quadrantes e Categorias de Barco como fatores fixos e a interação Categoria de Barco\*Ano, sendo esse modelo significativamente diferente do modelo sem esses fatores (CPUE\_AXP) com um valor  $p$  de  $2 \times 10^{-16}$ . O segundo modelo mantém os mesmos fatores fixos que o primeiro modelo com mudança da interação para Trimestre\*Ano não mostrando diferenças significativas. No modelo final os fatores incluídos foram: Ano, Quadrantes e Categorias de Barco como fatores fixos, e as interações

Ano\*Categoria de Barco e Ano\*Trimestre com um valor  $p$  de  $2 \times 10^{-18}$  (Tabelas 4 e 5). O fator fixo trimestre foi o único que não foi significativo com um valor  $p$  de 0,3115 (Tabela 5).

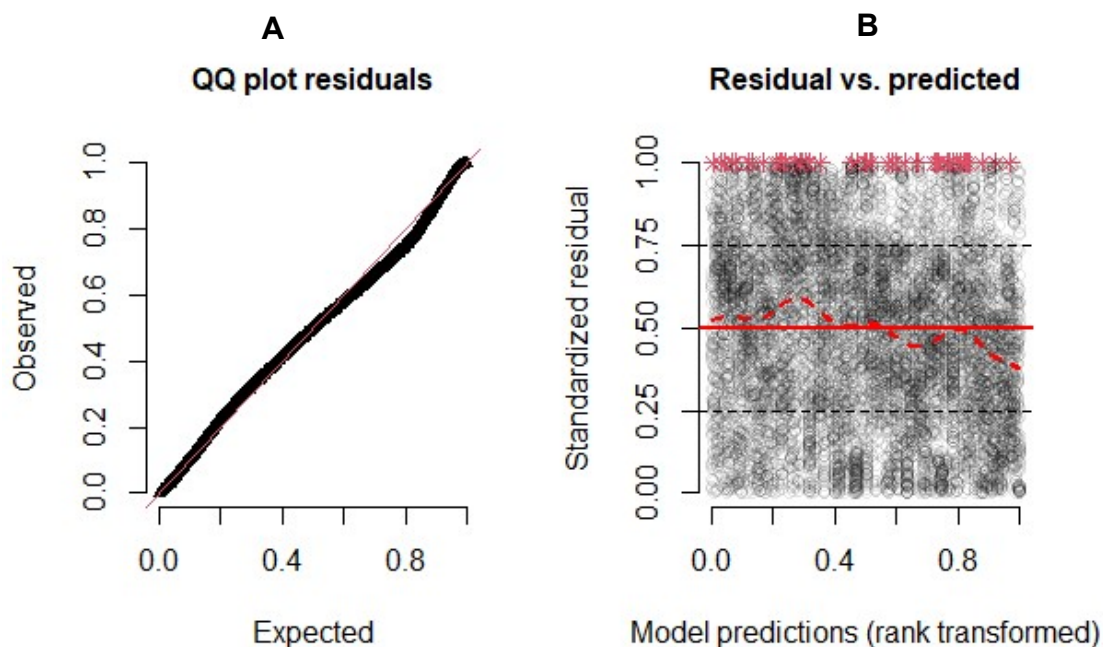


Figura 2. Gráficos diagnóstico para o modelo Tweedie para taxas de captura de AXP. Resíduos de quantis randomizados (A); residuais vs. valores preditos pelo modelo(B).

Tabela 4- Análises de formulações do modelo Tweedie para taxas de captura de AXP (em quilos). A diferença nas verosimilhanças logarítmicas foi comparada com uma distribuição Qui-quadrado. O modelo destacado e com letras em negrito indicam o modelo selecionado. (AIC: Critério de Informação de Akaike; BIC: Critério de Informação Bayesiana).

	Log Likelihood	AIC	BIC	Likelihood Ratio Test	
				Chi <sup>2</sup>	$p$
CPUE_AXP	-51.482	102.971	102.992		
CPUE_AXP+ANO+QUAD+CAT_BARCO*ANO	-50.957	101.974	102.189	1.050,53	$2 \times 10^{-16***}$
CPUE_AXP+ANO+QUAD+TRIM*ANO	-50.991	102.226	102.049	0,00	1
<b>CPUE_AXP+ANO+QUAD+CAT_BARCO*ANO+TRIM*ANO</b>	<b>-50.864</b>	<b>101.938</b>	<b>101.813</b>	<b>252,38</b>	<b><math>2 \times 10^{-16***}</math></b>

Em geral, a CPUE padronizada foi menor que a CPUE observada, mas com tendências semelhantes, aumentando no ano de 2016 e descendo progressivamente no ano de 2017 e 2018 (Tabela 3 e Figura 3).

Tabela 5- Anova do modelo final Tweedie para taxas de captura de **AXP** (em quilos). Os valores marcados com asterisco indicam  $P < 0,05$ .

	<b>Chisq</b>	<b>Df</b>	<b>P</b>
Ano	208,4517	3	$2 \times 10^{-16}***$
Quadrantes	592,2688	16	$2 \times 10^{-16}***$
Categoria Barco	109,6726	2	$2 \times 10^{-16}***$
Trimestre	3,5724	3	0,3115
Ano:Cat_Barco	138,3424	6	$2 \times 10^{-16}***$
Ano:Trimestre	175,0450	9	$2 \times 10^{-16}***$

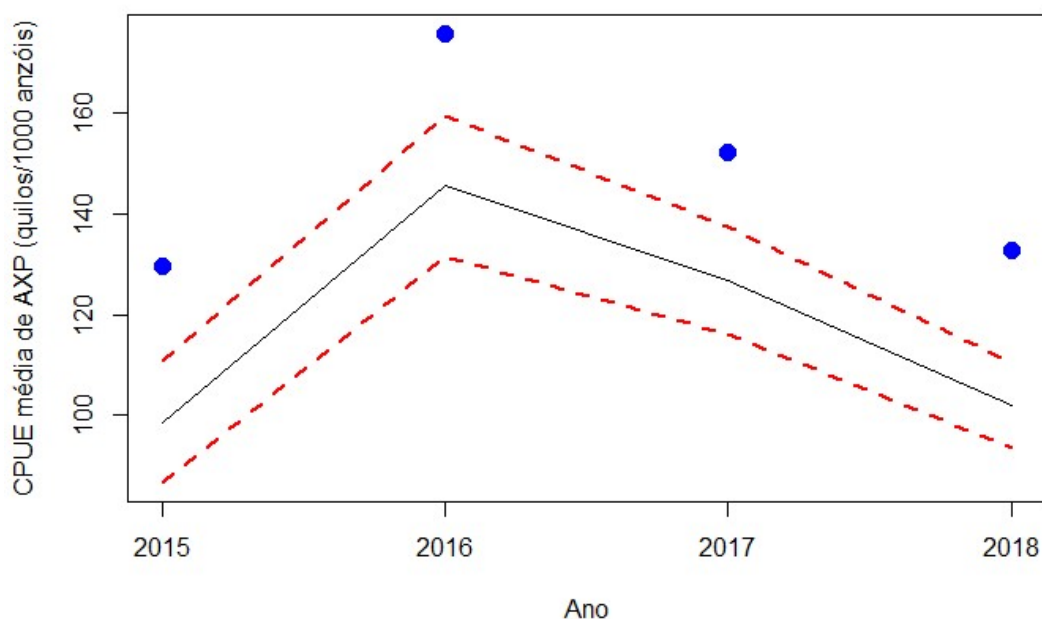


Figura 3. CPUE nominal em escala (círculos azuis) e padronizada (linha preta) em quilos de AXP por cada 1000 anzóis. As linhas pontilhadas representam intervalos de confiança de 95% para CPUE padronizada.

### *Variação Temporal do Índice Relativo de Abundância de **Sciades proops***

De acordo com os resultados do GLM, a CPUE de *Sciades proops* variou entre as temporadas de pesca, sazonalmente, especialmente e entre as categorias de barcos. A CPUE do bagre crucifixo foi significativamente maior durante 2016, 2017 e 2018 em comparação ao ano de 2015 (Tabela 3 e Figura 3), mas os fatores que influenciaram no incremento da CPUE do bagre AXP foram diferentes para cada ano.

No ano de 2016, os barcos da categoria 2 (comprimento entre 20 e 26 m) tiveram uma CPUE significativamente maior. Nos anos de 2017 e 2018, os barcos

da categoria tipo 3 (comprimento maior do que 26m) tiveram um efeito negativo sobre a CPUE em comparação à 2015. Os trimestres 2 (Abr-Mai), 3 (Jul-Set) e 4 (Out-Dez) influenciaram a taxa de captura de forma negativa durante todos os anos.

De forma geral, os trimestres 2, 3 e 4 e os barcos da categoria 2 e 3 apresentam incrementos de CPUE de *Sciades proops*, com respeito ao ano de 2015. É importante lembrar que o efeito simples da variável sazonalidade, representada pelos trimestres, foi não significativo na ANOVA do modelo (Figura 4C e D).

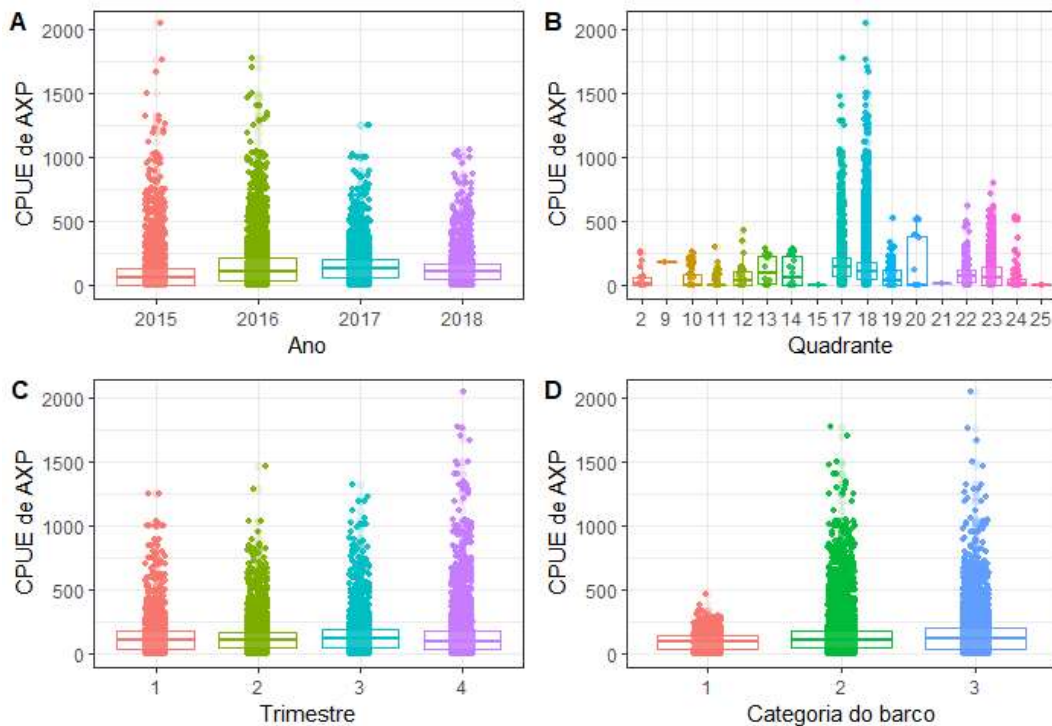


Figura 4. Variação da CPUE nominal em quilos de **AXP** por cada 1000 anzóis por ano (A), quadrantes (B) trimestres (C) e categoria de barco (D).

### *Variação Espacial do Índice Relativo de Abundância para a espécie Sciades proops*

A distribuição espacial da CPUE nominal *Sciades proops*, capturado pela frota Industrial Polivalente Costa Afuera Venezuelana, teve taxas de captura importantes na área da Plataforma Continental do Norte do Brasil ao leste do Delta do Orinoco (Venezuela) e ao nordeste do Suriname. Em geral, as maiores taxas de captura ocorreram perto da costa numa porção de área menor em comparação a

área total de atuação da frota, com uma forte influência positiva nos quadrantes 17 e 18 (Tabela 6 e Figura 1 e 4B).

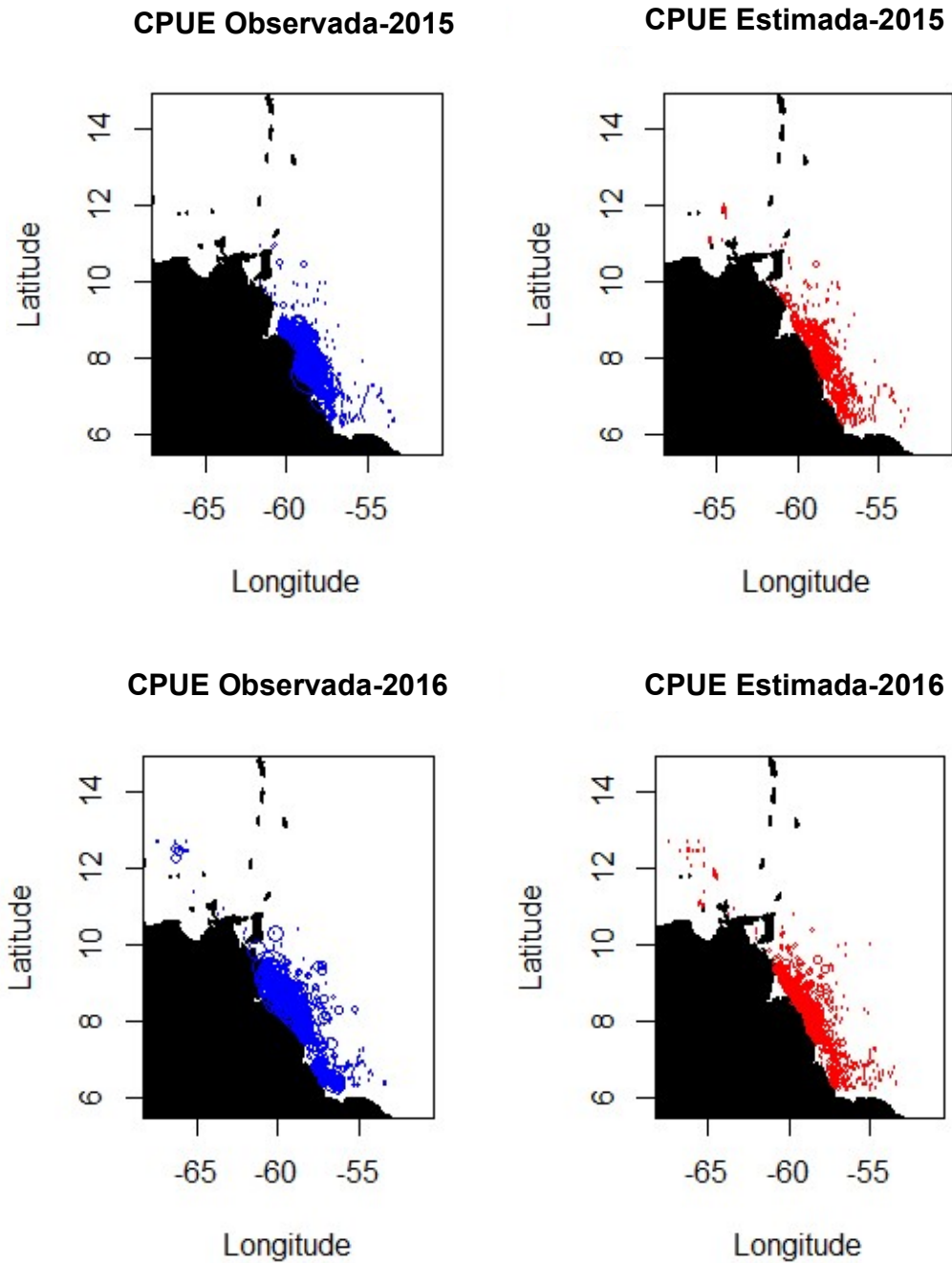
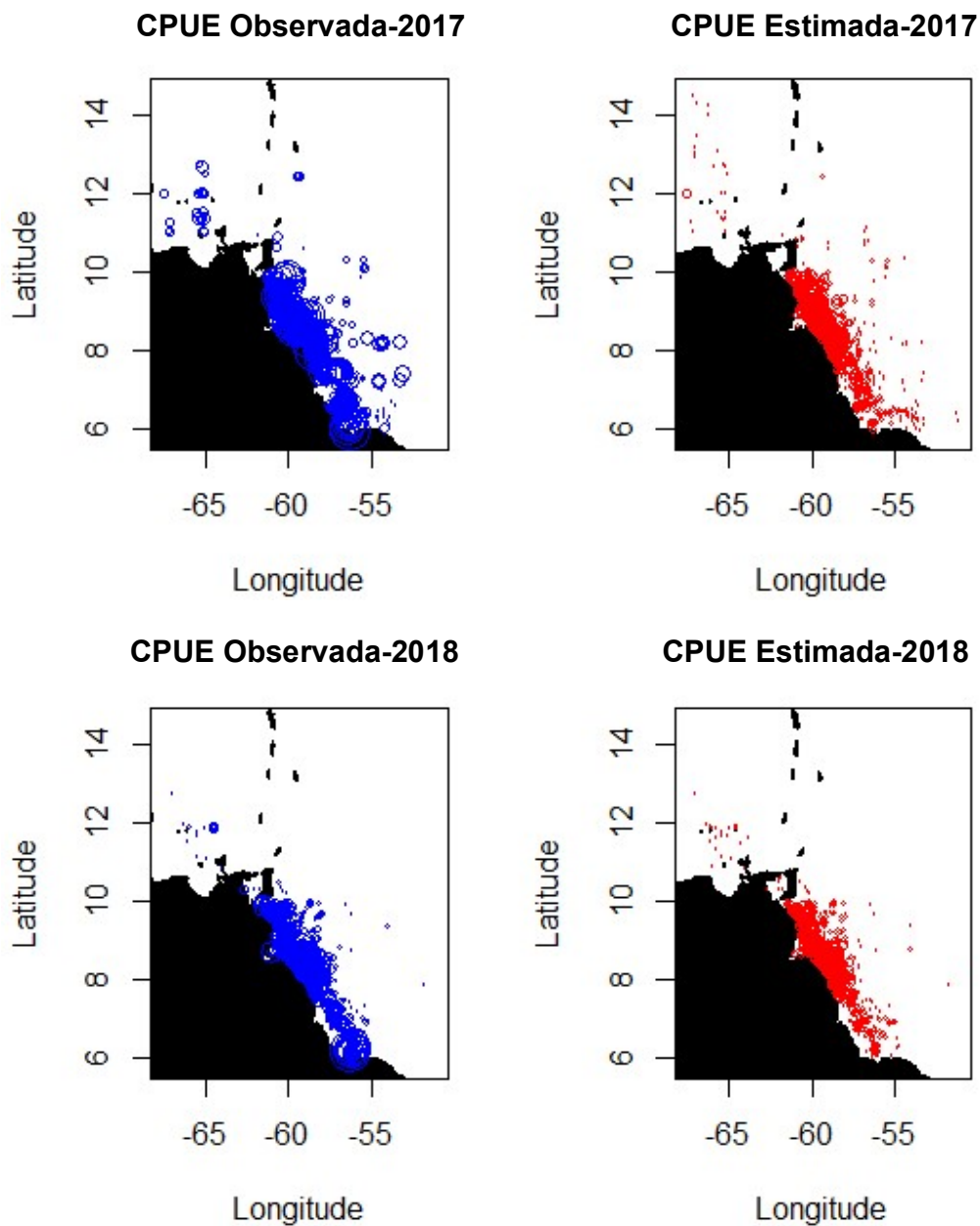


Figura 5. Distribuição espacial da CPUE (quilos / 1000 anzóis) observada (círculos azuis) e estimada (círculos vermelhos) para o bagre crucifixo (**AXP**) capturado pela frota industrial Polivalente Costa Afuera venezuelana durante o período de 2015-2018 e registrado pelo Programa Nacional de Diários de Bordo. Os comprimentos dos círculos são proporcionais ao valor da CPUE.



Continuação figura 5. Distribuição espacial da CPUE (quilos / 1000 anzóis) observada (círculos azuis) e estimada (círculos vermelhos) para o bagre crucifixo (**AXP**) capturado pela frota industrial Polivalente Costa Afuera venezuelana durante o período de 2015-2018 e registrado pelo Programa Nacional de Diários de Bordo. Os comprimentos dos círculos são proporcionais ao valor da CPUE.

Na figura 5, podemos observar as diferenças entre a CPUE observada (círculos azuis) e a CPUE padronizada (círculos vermelhos). Os comprimentos dos círculos são proporcionais ao valor da CPUE, evidenciando valores menores (círculos menores) para a CPUE padronizada.

Ambas CPUEs tiveram tendência espacial semelhantes e invariável durante os anos, com taxas de captura maiores na PCNB e menores na região do Caribe. Na medida que a CPUE vai se distanciando da linha de Costa, esta vai adquirindo valores menores, indicando que a pescaria de *Sciades proops* é de tipo costeira.

## **Discussão**

Os bagres estão entre os recursos pesqueiros comerciais mais importantes da Plataforma Continental do Norte do Brasil (Cervigón et al. 1992). Os desembarques desse grupo, no período 2004-2010, indicam uma diminuição de 18% nas capturas (INSOPESCA 2011; Mendoza 2015). No entanto, é um grupo considerado secundário em razão de sua baixa participação na produção pesqueira venezuelana, em média o 3%, e não se tem avaliado os fatores pesqueiros e/ou ecológicos que poderiam estar afetando esse recurso.

As dez espécies de bagres marinhos presentes na costa venezuelana pertencem a família Ariidae, com destaque para *Bagre bagre* (bagre doncella) *Bagre marinus* (bagre cacumo), *Cathorops spixii* (bagre cuinche) e *Sciades proops* (bagre crucifixo), que são consideradas espécies com interesse comercial pelas características de sua carne (branca, firme e de bom sabor) (Cervigón 1991). A produção de bagres é inteiramente destinada ao mercado venezuelano.

Anteriormente, grande parte dos desembarques de bagres marinhos provinha da captura incidental da frota industrial de arrasto e das pescarias artesanais (INSOPESCA 2011), que são capturados por redes de emalhe, espinhel e linha de mão (INSOPESCA 2011). No Golfo de Venezuela, na área ocidental do país, existe uma frota artesanal que tem como alvo a raia *Dasyatis guttata* e o bagre *Sciades proops* (Barrios-Garrido et al. 2017). A frota Polivalente Costa Afuera venezuelana seria a primeira frota industrial a explorar os bagres marinhos como grupo alvo na região leste do país.

Tabela 6- Sumário do modelo final Tweedie para taxas de captura de **AXP** (quilos/1000 anzóis)

	<b>Estimado</b>	<b>Std. Error</b>	<b>P</b>	<b>Intervalos de Confiança</b>
Intercepto (2015)	-11,26	0,254	2x10 <sup>-16***</sup>	-11,17; -10,75
Ano 2016	<b>0,920</b>	<b>0,161</b>	<b>1,1x10<sup>-8***</sup></b>	0,60; 1,23
Ano 2017	<b>1,258</b>	<b>0,147</b>	<b>2x10<sup>-16***</sup></b>	0,98; 1,54
Ano 2018	<b>1,425</b>	<b>0,149</b>	<b>2x10<sup>-16***</sup></b>	1,13; 1,71
Quad09	1,084	0,790	0,170268	-0,46; 2,63
Quad10	0,009	0,251	0,970382	-0,48; 0,50
Quad11	-0,979	0,278	0,00044***	-1,52; -0,43
Quad12	0,319	0,285	0,262883	-0,23; 0,87
Quad13	0,717	0,350	0,040893*	0,02; 1,40
Quad14	0,427	0,301	0,156799	-0,16; 1,01
Quad15	-18,51	535,4	0,972426	1,067,8; 1,030,8
Quad17	<b>1,109</b>	<b>0,217</b>	<b>3,3x10<sup>-7***</sup></b>	0,68; 1,53
Quad18	<b>0,982</b>	<b>0,217</b>	<b>6,0x10<sup>-6***</sup></b>	0,55; 1,40
Quad19	0,286	0,232	0,216528	-0,16; 0,74
Quad20	0,733	0,284	0,009907**	0,17; 1,29
Quad21	-0,651	1,423	0,647435	-3,44; 2,13
Quad22	0,521	0,227	0,022051*	0,07; 0,96
Quad23	0,654	0,219	0,002809**	0,22; 1,08
Quad24	-0,156	0,241	0,517101	-0,63; 0,31
Quad25	-23,01	1,466	0,987477	-2,896,6; 2,850,6
Categoria Barco 2	<b>0,375</b>	<b>0,094</b>	<b>7,0x10<sup>-5***</sup></b>	0,19; 0,55
Categoria Barco 3	<b>0,777</b>	<b>0,093</b>	<b>2x10<sup>-16***</sup></b>	0,59; 0,96
Trimestre 2	0,702	0,117	2,2x10 <sup>-9***</sup>	0,47; 0,93
Trimestre 3	1,016	0,109	2x10 <sup>-16***</sup>	0,80; 1,23
Trimestre 4	1,025	0,106	2x10 <sup>-16***</sup>	0,81; 1,23
Ano2016:Barco2	<b>0,363</b>	<b>0,126</b>	<b>0,004122**</b>	0,11; 0,61
Ano2017:Barco2	0,009	0,111	0,935439	-0,20; 0,22
Ano2018:Barco2	<b>-0,413</b>	<b>0,114</b>	<b>0,000316***</b>	-0,63; -0,18
Ano2016:Barco3	-0,138	0,127	0,276743	-0,38; 0,11
Ano2017:Barco3	<b>-0,484</b>	<b>0,111</b>	<b>1,3x10<sup>-5***</sup></b>	-0,70; -0,26
Ano2018:Barco3	<b>-0,653</b>	<b>0,115</b>	<b>1,3x10<sup>-8***</sup></b>	-0,87; -0,42
Ano2016:Trim2	<b>-0,631</b>	<b>0,134</b>	<b>2,7x10<sup>-6***</sup></b>	-0,89; -0,36
Ano2017:Trim2	<b>-0,634</b>	<b>0,128</b>	<b>7,6x10<sup>-7***</sup></b>	-0,88; -0,38
Ano2018:Trim2	<b>-0,834</b>	<b>0,125</b>	<b>3,2x10<sup>-11***</sup></b>	-1,08; -0,58
Ano2016:Trim3	<b>-0,878</b>	<b>0,126</b>	<b>3,2x10<sup>-12***</sup></b>	-1,12; -0,63
Ano2017:Trim3	<b>-1,139</b>	<b>0,121</b>	<b>2x10<sup>-16***</sup></b>	-1,37; -0,90
Ano2018:Trim3	<b>-1,157</b>	<b>0,119</b>	<b>2x10<sup>-16***</sup></b>	-1,39; -0,92
Ano2016:Trim4	<b>-0,891</b>	<b>0,122</b>	<b>2,8x10<sup>-13***</sup></b>	-1,13; -0,65
Ano2017:Trim4	<b>-1,119</b>	<b>0,116</b>	<b>2x10<sup>-16***</sup></b>	-1,42; -0,967
Ano2018:Trim4	<b>-1,226</b>	<b>0,117</b>	<b>2x10<sup>-16***</sup></b>	-1,49; -1,03

Segundo Laurent et al. (2020) ao avaliar a relação entre a captura de *Sciades proops* e o esforço de pesca (número de lances), eles foram diretamente proporcionais, na medida que o esforço aumentava as capturas também, e isso foi observado durante os anos de 2016 e 2017. No ano de 2018, o ano com maior



esforço pesqueiro, a relação esforço de pesca e captura mudou, tornando-se inversamente proporcional. Nesse sentido, se esperaria que a CPUE do ano de 2018 seria significativamente menor. No entanto, no presente estudo, ao padronizar a CPUE de *Sciades proops*, não só se considerou o efeito do esforço de pesca (número de anzóis), mas também das zonas de pesca (quadrantes), da sazonalidade e das categorias de barcos sobre a CPUE. Ao remover o efeito desse conjunto de fatores sobre a CPUE não se evidenciou tal efeito negativo significativo sobre a CPUE durante o ano de 2018, o que quer dizer que não só o esforço foi responsável pela diminuição das capturas, mas também existiram fatores ambientais (sazonalidade) e técnicos (tipos de barcos operando esse ano) que influenciaram na diminuição das capturas, ressaltando a importância de realizar a padronização da CPUE.

Por outro lado, devemos considerar que não só a frota Industrial Polivalente Costa Afuera opera na PCNB, existem outras frotas da Venezuela e de outros países que poderiam estar dirigindo o seu esforço a *Sciades proops*, ou estar tendo um impacto sobre o estoque ao capturar a espécie incidentalmente (Marcano et al. 2001; Alió et al. 2010; Mendoza et al., 2010; Ahad et al. 2014; Pauly et al. 2020). O bagre AXP ao ser uma espécie de consumo local na maioria dos países da PCNB é considerada secundária (INSOPESCA 2011; Ahad et al. 2014), e as informações sobre essas pescarias diferem segundo os objetivos, enfoques e metodologias de cada país, o que resulta em muitos casos contraditórios o difícil de integrar.

Por exemplo, dados obtidos do site Sea Around Us do Fisheries Centre, University of British Columbia mostra que as capturas mundiais do bagre *Sciades proops* são feitas só por três países: Brasil, Suriname e Venezuela. No caso da Venezuela, só tem capturas a partir do ano de 2016 (Pauly et al. 2020). Ao revisar os artigos que suportam as informações de captura, reportadas pelo site para cada Zona Econômica Exclusiva, nem Venezuela (Mendoza 2015), nem Suriname (Hornby et al. 2015) reportaram capturas de *Sciades proops*.

Segundo Ahad et al. (2014), 15 espécies representam mais do 90% da produção da frota costeira artesanal da Guiana Francesa, e o bagre AXP representa o 11% do desembarcado. Essa frota tem sido negligenciada porque serve

exclusivamente para atender a demanda local por pescado, mas com o declínio da pescaria industrial de camarão na Guiana Francesa, a pesca artesanal costeira rendeu mais do que a pescaria dirigida a camarão e pargo desde 2008. Blaber & Barletta (2016) relataram que *Sciades proops* é uma das espécies mais abundantes no estuário Sinnamary na Guiana Francesa. Le Joncour et al. (2020) na pesca experimental para analisar a distribuição espaço-temporal da comunidade de peixes demersais da costa da Guiana Francesa relataram a ocorrência de *Sciades proops* em 83,6% das amostras no período de estiagem e precipitação.

Por outro lado (desde a década dos 50 até 2009), a frota industrial de arrasto venezuelana teve uma importante participação na exploração de recursos pesqueiros demersais da PCNB (Mendoza et al. 2010). A fauna descartada pela frota de arrasto da região oriental da Venezuela estaria composta por 96% de peixes, dos quais a maioria eram peixes de pequeno porte, com comprimento médio de 168 mm (14 – 520 mm). Entre 50 e 80% dos descartes eram de exemplares de espécies com interesse comercial (Marcano et al. 2001; Alió et al. 2010).

A frota industrial de arrasto venezuelana tinha como alvo os camarões (Mendoza 2015), mas por sua baixa seletividade ela poderia a ter impactado negativamente sobre os peixes de interesse comercial como pargos e bagres, provocando uma alta mortalidade dos juvenis. Além disso, muitos dos peixes capturados nos apetrechos de arrasto poderiam ter um papel importante na trama alimentar dessas espécies (Claro & Lindeman 2008).

A Plataforma Continental do Norte do Brasil apresenta duas épocas climaticamente distintas: a época de precipitação que, geralmente, se estende de abril ou maio até outubro ou novembro; e, à época de estiagem, de novembro ou dezembro até março ou abril. Estas duas épocas estão claramente separadas na bacia do Orinoco e a Guiana. Durante a época de precipitação e principalmente a partir de maio, a influência das águas doces no mar se estendem consideravelmente, de tal forma que toda a fauna marinha se movimenta em direção ao mar aberto, fora da plataforma. Enquanto, a fauna de água doce invade a zona costeira, dominando pelo menos até os 20 m de profundidade. Na época de estiagem, o fenômeno é inverso e a fauna marinha se aproxima na desembocadura dos rios e em alguns

casos penetra nos canais internos. Em julho, a uma distância de até 40 km da costa, na frente a Boca Grande do Orinoco, a salinidade na superfície pode ser somente de 10 partes por mil (Cervigón et al. 1992).

No entanto, o padrão sazonal descrito vem sendo afetado por mudanças climáticas e ações antrópicas locais (Andrade et al. 2019). Segundo o Informe do Painel Intergovernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2012), a frequência de fenômenos extremos de precipitação na América do Sul provavelmente aumentará. Como consequência, esse aumento de incerteza no clima deverá se refletir nos padrões de abundância dos recursos marinhos da costa venezuelana, incluindo *Sciades proops*.

Uma das consequências devastadoras das mudanças climáticas na América Latina tem sido períodos de estiagem prolongados, especialmente na América do Sul, com impactos negativos nos ecossistemas marinhos e fluviais e na vida das comunidades (Ortiz 2012). Nesse sentido, Taylor et al. (2012) usaram uma série histórica de 15 anos (1996 – 2010) de dados oceanográficos da Fossa de Cariaco localizada ao nordeste da Venezuela, para avaliar as mudanças climáticas produto do recente aquecimento global, encontrando que durante década e meia foi gerado um processo de alteração da ressurgência pesqueira típica da região nordeste do país. Esse processo levou a uma diminuição da fertilidade das águas na costa oriental da Venezuela, com um decréscimo severo das diatomáceas a partir do ano de 2005, o que é considerado a causa da drástica diminuição da sardinha *Sardinella aurita*, principal recurso pesqueiro da Venezuela (Gómez et al. 2012; 2014). De igual forma, Gomes et al. (2020) avaliaram o impacto das mudanças climáticas sobre a biomassa e capturas pesqueiras na costa da Guiana Francesa, concluindo que o aquecimento global terá um impacto negativo para a biodiversidade e o potencial de captura máximo.

A Organização Meteorológica Mundial (OMM 2014), em um comunicado de imprensa advertiu que o ano de 2014 teria altas probabilidades de que o fenômeno do El Niño se produzisse, com forte incremento da temperatura e intensificação do período de estiagem, especialmente na Venezuela. No início do ano 2015, o Instituto Nacional de Meteorologia e Hidrologia da Venezuela (INAMEH 2015)

informou que de outubro de 2014 a março de 2015, seria observado um aumento da temperatura da superfície do mar registrando valores perto de + 1°C, evidenciando desde um ponto de vista oceano-atmosférico a presença de evento ENOS (El Niño-Oscilação Sul). Além disso, foi concluído que, de fevereiro a julho de 2015, o país experimentaria precipitações abaixo da média na maior parte do país, com um déficit maior nos estados costeiros do norte e oriente. Barreto et al. (2018), confirmaram que, entre março e dezembro de 2015 se registraram condições de estiagem persistentes sobre grande parte do território venezuelano, que teve consequências principalmente no setor energético, agrícola e pesqueiro.

A significância da interação Ano: Trimestre na modelagem da taxa de captura de *Sciades proops* é um reflexo da perda de previsibilidade nos padrões climáticos (sazonalidade) interanual na PCNB. Como exemplo disso, está o período de estiagem experimentado no final do ano de 2014 e durante o ano de 2015 na Venezuela (Barreto et al. 2018), com consequências sobre a dinâmica dos recursos pesqueiros evidenciando diferenças na CPUE do trimestre de um ano com respeito ao mesmo trimestre em outro ano.

Diversos autores tem mencionado como os aspectos ambientais influenciam no crescimento e idade da primeira maturação de *Sciades proops*. Neste sentido, Stearns & Crandall (1984), mencionam que a maturidade sexual de *Sciades proops* ocorre ao longo do crescimento e do avanço da idade, e é determinado por aspectos genéticos e ambientais. Vazzoler (1996) afirma que o tamanho na primeira maturidade tem variação espacial e temporal relacionado a fatores bióticos e abióticos prevalentes na região ocupada e/ou no período que a população está submetida a tais condições. Castro (1999), menciona que as mudanças ambientais que aumentam a taxa de crescimento o que geralmente leva a uma queda na idade da primeira maturidade. De acordo com Nikolsky (1963) variações no suprimento de alimentos também pode alterar a taxa de crescimento e o comprimento da primeira maturidade, sendo que *Sciades proops* é uma espécie carnívora a detritívora e seu hábito alimentar é baseado em peixes e crustáceos os quais também são influenciados por fatores ambientais (Froese & Pauly, 2015).

Azevedo et al. (2010) revelaram uma maior variação no comprimento dos indivíduos de *Sciades proops* quando comparada aos achados por Lecomte et al. (1989), e mencionaram que essas diferenças poderiam estar associadas a processos de adaptação decorrentes de variáveis físico-químicas e climáticas, como salinidade, temperatura e precipitação, também em resposta ao aumento do esforço de pesca ao qual a espécie estava sendo submetida.

Por outro lado, Fariña et al. (2011) na Península de Paria ao nordeste da Venezuela, evidenciou que *Sciades proops* tinha uma abundância uniforme durante todo o ano, o que explicaria a ausência de efeito da sazonalidade na modelagem da CPUE. Silva et al. (2018), na Baía de São Marcos, na costa Amazônica do Brasil, mencionou que *Sciades proops* foi a espécie mais representativa das capturas em termo de biomassa e com uma ocorrência durante o ano todo. Le Joncour et al. (2020) classificaram *Sciades proops* como uma espécie permanente nas costas da Guiana Francesa.

Finalmente, a distribuição espacial da frota industrial Polivalente Costa tem relação direta com a distribuição biológica e o habitat da espécie. Na Plataforma Continental do Norte do Brasil, a distribuição dos recursos pesqueiros é uniforme e corresponde com as características do substrato e sua extensão (Cervigón et al. 1992). Nesta plataforma distinguem-se quatro tipos de fundo ao longo de toda a costa: uma faixa de substrato lamoso, que se estende desde a linha da costa até uma profundidade variável (30-50 m) e uma distância entre 40 – 100 km da costa; seguida por faixa com substrato lamoso-arenoso ou arenoso que se estende desde o limite da faixa anterior até 50-75m de profundidade, segundo a zona, e até 40-100 km da costa; uma faixa de substrato relativamente duro de areia, que se estende desde o limite da faixa anterior até o borde externo coralino da plataforma que se encontra entre os 100 e 200 m de profundidade e onde se inicia o talude, que cai bruscamente a pelo menos 300 m de profundidade; e, a última faixa formada pelo talude propriamente dito que tem uma grande importância pesqueira (Cervigón et al., 1992).

Cada uma dessas faixas está habitada ou ocupada por uma comunidade faunística de características definidas. Na faixa de substrato lamoso encontram-se

espécies estuarinas, juvenis de espécies marinhas e espécies eurihalinas. Nesta faixa estão os bagres da família Ariidae, como *Sciades proops* e sua distribuição está limitada aos rios e estuários do Caribe e do Atlântico, desde Colômbia até o Brasil (Cervigón et al. 1992). As áreas costeiras e estuarinas são consideradas locais de alimentação, reprodução e abrigo desta espécie (Gurgel et al. 2000).

Elucidar a tendência espaço-temporal de qualquer espécie é um trabalho que requer um amplo conhecimento multidisciplinar, desde a biologia, distribuição e habitat da espécie, as outras espécies que interagem com ela no ecossistema, e condições físico-químicas ideais da espécie, além das pressões antrópicas (pesca e/ou poluição) presentes sobre a espécie de estudo, ao igual que as situações socioeconômicas que condicionam essas pressões.

Assim, quando falamos de sobrepesca refere-se as variações induzidas pela pescaria sobre o tamanho da população são maiores em relação aquelas causadas por fatores independentes da pesca. Quando variações de disponibilidade do recurso também são grandes, o problema de relacionar mudanças na abundância com mudanças na eficiência de pesca torna-se mais difícil (Campbell 2004).

Neste sentido, segundo o Código de Conduta para Pesca Responsável (FAO 1995) todos os países envolvidos na pesca devem fazer gestão por meio de políticas apropriadas, e adotar medidas com base nas melhores evidências científicas disponíveis para a conservação e uso sustentável a longo prazo dos recursos pesqueiros. O Código enfatiza a importância da cooperação regional para a Plataforma Continental do Norte do Brasil uma vez que estão envolvidos vários países na exploração, provavelmente, de um mesmo estoque pesqueiro. Mas, a maioria dos países que conformam a Plataforma Continental do Norte do Brasil carecem dos recursos apropriados para controlar a exploração dos recursos pesqueiros e reduzir e/ou evitar a sobrepesca, resultando em um declínio nas capturas totais e levando a uma diminuição da rentabilidade da indústria pesqueira (Harper et al. 2015; Hornby et al. 2015; MacDonald et al. 2015; Mendoza 2015).

Um dos principais desafios da pescaria nesta região é a geração e disponibilização de informações sociais, econômicas e biológicas dirigidas concretamente para a gestão da pesca. Além do fortalecimento do monitoramento,

vigilância e controle que permita que as medidas de conservação e gestão da pesca acordadas sejam implementadas de forma eficaz. Se estas questões não são resolvidas, o futuro da pesca nessa região terá grandes dificuldades em cumprir com o seu objetivo de contribuir com a segurança alimentar da área, criação de empregos e ter o máximo benefício econômico derivado da pesca.

Este trabalho contribuiu na geração de um índice de abundância relativa para o bagre *Sciades proops* capturado na Plataforma Continental do Norte do Brasil pela frota Industrial PCA venezuelana, evidenciando uma tendência ao declínio a partir do ano de 2016, sendo necessário fazer um estrito seguimento dessa pescaria e esclarecer quais países participam ativamente da sua exploração, seja como espécie alvo ou como parte da captura incidental.

Por outro lado, se observou que as variações espaciais do índice de abundância relativa estiveram relacionadas com a distribuição biológica da espécie e seu habitat, tendo uma maior abundância perto da costa no substrato lamoso limitado na área perto da desembocadura do rio Orinoco, indicando que a gestão da pescaria se deveria centrar nessa área.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro e ao Ministério do Poder Popular de Pesca y Aquicultura e ao Instituto Socialista de Pesca y Aquicultura pela cooperação e disponibilização dos dados utilizados neste estudo.

## Referência

- Ahad, A.; Blanchard, F. & Guyader, O. 2014. Sustainability of tropical small-scale fisheries: Integrated assessment in French Guiana. *Marine Policy*, 44: 397-405. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.10.003>.
- Augustin, N.; Sauleau, E. & Wood, S. 2012. On quantile plots for generalized linear models. *Computational Statistics & Data Analysis*, 56 (8): 2404-2409. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2012.01.026>
- Alió, J.; Altuve, D.; Marcano, L.; Vizcaino, G. & Trujillo, E. 2010. Técnicas Para la Reducción de Capturas Incidentales en las Pesquerías de Camarón en el Oriente de Venezuela. *Proceeding of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 62:77–88.
- Andrade, B.; Laurent, C.; Aguiar-Santos, J.; Gonçalves, V.; Siqueira-Souza, F. & Freitas, C. 2019. Efeitos das mudanças climáticas sobre as comunidades de peixes na Bacia Amazônica. *Revista ciências da sociedade*, 2(4): 107-124. <https://doi.org/10.30810/rcs.v2i4.905>
- Azevedo, J.; Castro, A.; Portos, H. & Lima, P. 2010. Size and age at first maturity of the crucifix sea catfish, *Sciades proops* (Valenciennes, 1840) (Siluriformes: Ariidae), caught off western Maranhão state, Brazil. *Arq. Ciên. Mar. Fortaleza*, 43(2): 96 – 102.
- Barreto, M.; Cróquer, A.; Gíner, S.; Guada, H.; Villamizar, E.; Yranzo, A. 2018. Ecosistemas Marino-Costeros. In A. Villamizar, E. Buroz, R. Lairret & J. Gómez, editores. Primer Reporte Académico de Cambio Climático 2018: Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Primer Reporte Académico de Cambio Climático (PRACC) de la Secretaría Académica de Cambio Climático (SACC) de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (ACFIMAN) de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Barrios-Garrido, H., Espinoza-Rodríguez, N., Rojas-Cañizales, D. *et al.* 2017. Trade of marine turtles along the Southwestern Coast of the Gulf of Venezuela. *Mar Biodivers Rec* 10 (15). <https://doi.org/10.1186/s41200-017-0115-0>
- Battaile, B. & Quinn, T. 2004. Catch per unit effort standardization of the eastern Bering Sea walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) fleet. *Fisheries Research*, 70 (2-3): 161-177. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2004.08.029>
- Blaber, S. & Barletta, M. 2016. A review of estuarine fish research in South America: what has been achieved and what is the future for sustainability and conservation?. *J Fish Biol*, 89: 537-568. <https://doi.org/10.1111/jfb.12875>
- Beato, C. 2008. Compreendendo e avaliando projetos de segurança pública. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil.
- Beverton, R. & Parrish, B. 1956. Commercial statistics on fish population studies. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*, 140: 58-66.
- Becker, R.; Chambers, J. & Wilks, A. *The New S Language*, Wadsworth & Brooks/Cole, Monterey, 1988.
- Bishop, J.; Venables, W. & Wang, Y. 2004. Analyzing commercial catch and effort data from a Penaeid trawl fishery. A comparison of linear models, mixed



- models, and generalised estimating equations approaches. *Fisheries Research*, 70:179-193.
- Bishop, J. 2006. Standardizing fishery-dependent catch and effort data in complex fisheries with technology change. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 16: 21-38.
- Campbell, R. 2004. CPUE standardization and the construction of indices of stock abundance in a spatially varying fishery using general linear models. *Fisheries Research*, 70:209-227.
- Castro, A. 1999. Tamanho e idade de primeira maturação da corvina, *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Acanthopterygii, Sciaenidae), reservatório de Barra Bonita – SP. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi*, v.15, n.1, p.119-133, Belém, 1999.
- Cervigón, F. 1991. *Los peces marinos de Venezuela*. Caracas, Fundación Científica Los Roques, 2<sup>nd</sup> ed., vol. 1, 425 p.
- Cervigón, F. 2005. La ictiofauna marina de Venezuela: Una aproximación ecológica. *Bol. Int. Oceanogr. Venezuela*, 44(1): 3-28.
- Cervigón, F.; Cipriani, R.; Fischer, W.; Garibaldi, L.; Hendrickx, M.; Lemus, A.; Márquez, R.; Poutiers, J.; Robaina, G. & Rodríguez, B. 1992. *Fichas FAO de identificación de especies para los fines de la pesca. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América*. CCE y NORAD, Roma, 513 p.
- Conn, P.; Johnson, D.; Williams, P.; Melin, S. & Hooten, M. 2018. A guide to Bayesian model checking for ecologists. *Ecological Monographs*, 88 (4): 526-542.
- Claro, R. & Lindeman, K. 2008. *Biología y manejo de los pargos (Lutjanidae) en el Atlántico occidental*. Instituto de Oceanología, CITMA, La Habana, Cuba, 472 pp.
- Dunn, P. & Smyth, G. 1996. Randomized Quantile Residuals. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 5(3): 236-244, DOI: 10.1080/10618600.1996.10474708
- Dunn, D.; Kot, C. & Halpin, P. 2008. A comparison of methods to spatially represent pelagic longline fishing effort in catch and bycatch studies. *Fisheries Research*, 92: 268-276.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1995. *Code of conduct for responsible fisheries*. FAO, Rome.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2005. *Fishery country profile: La República Bolivariana de Venezuela*. FAO, Rome.
- Faraway, J. 2006. *Extending the Linear Model With R: Generalized Linear, Mixed Effects and Nonparametric Regression Models*. Chapman & Hall/CRC. Boca Raton, Florida: 301 pp.
- Fariña, A. & González, M. 2011. Etnobiología marina y aspectos pesqueros en seis comunidades costeras de la Península de Paria, Venezuela. *Interciencia*, 36(4): 256-264.
- Froese, R. & Pauly, D. (Editors), 2015. FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), version 2016. Reference points from catch and resilience. R. Froese et al. (10/2015), acessado em: [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org) em Novembro/Dezembro de 2020.

- Garrod, D.J., 1964. Effective fishing effort and the catchability coefficient, q. *Rapp. Proc. Verb. Reun. Cons. Int. Explor. Mer.* 155, 66–70.
- Gelman, A.; Rubin, D. 1992. Inference from iterative simulation using multiple sequences. *Statistical Science*, 7(4): 457-511.
- Gomes, H.; Kersulec, C.; Doyen, L.; Blanchard, F.; Cissé, A. & Sanz, N. 2020. Climate warming vs ecological competition for marine tropical biodiversity and fisheries. *Bordeaux Economics Working Papers, BxWP2020-13*.
- Gómez, A.; Barceló, A. & Mata, E. 2012. Condiciones hidrográficas (2007-2009) al sur de isla Margarita y península de Araya como indicio de disminución de la fertilidad regional y posible afectación del recurso sardinero venezolano. *Bol. Inst. Oceanogr. Ven.*, 51 (2): 173-186.
- Gómez, A.; Mata, E. & Gómez, O. 2014. Crisis de la pesca de sardina en Venezuela: variación de la biomasa del fitoplancton en el este de Margarita, una década de estudio (2003-2012). *Bol. Inst. Oceanogr. Ven.*, 53 (1): 25-36.
- Gulland, J. 1956. On the fishing effort in English demersal fisheries. *Fishery Invest., Lond. Ser. 2*, 20(5): 41.
- Gulland, J. 1964. The reliability of catch per unit effort as a measure of abundance of the North Sea trawl fisheries. In: Gulland JA (ed) *On the measurement of abundance of fish stocks. Rapp PV Reun Cons Int Explor Mer* 155: 98-102.
- Gurgel, H.; Albuquerque, C.; Souza, D. & BARBIERI, G. 2000. Aspectos da biologia pesqueira em fêmeas de *Cathorops spixii* do estuário do rio Potengi, Natal/RN, com ênfase nos índices biométricos. *Acta Scientiarum* 22 (2): 503-505.
- Harper, S.; Frotté, L.; Veitch, L. & Zeller, D. 2015. Reconstruction of marine fisheries catches for French Guiana from 1950-2010. *University of British Columbia, Fisheries Centre Working Paper 07*, Vancouver.
- Hartig F. 2020. DHARMA: residual diagnostics for hierarchical (multi-level/mixed) regression models. R package v. 0.2. 0.
- Heileman, S. 2008. North Brazil Shelf LME. Pages 701–710 in K. Sherman and G. Hempel, editors. *The UNEP Large Marine Ecosystems report: a perspective on changing conditions in LMEs of the world's regional seas*. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- Hilborn, R. & Walters, C. 1992. *Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics and uncertainty*. Chapman & Hall, New York.
- Hornby, C.; Harper, S.; MacDonald, J. & Zeller, D. 2015. Reconstruction of Suriname's marine fisheries catches from 1950-2010. *University of British Columbia, Fisheries Centre Working Paper 49*, Vancouver.
- INSOPESCA. 2011. Análisis del estado de los principales recursos pesqueros de Venezuela y propuestas de manejo para su aprovechamiento. Ministerio del Poder Popular para la Pesca y Acuicultura, Caracas, Venezuela.
- INAMEH. 2015. Catálogo de Estaciones Meteorológicas. Accesible a través del Centro de Información de Datos Hidrometeorológicos Mensuales, en el portal del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. <http://www.inameh.gob.ve/mensual/index.php>.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2012. *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*. Cambridge Univ. Press, USA.

- Laurent, C.; Santos-Aguiar, J.; Ferreira, E.; Evaristo, E. & Freitas, C. 2020. Spatial and Temporal Distribution of a Multiple Gear Fishing Fleet Exploiting the Caribbean Sea and North Brazil Shelf Large Marine Ecosystems. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science* 12:100–112.
- Lecomte, F.; Meunier, F. & Rojas-Beltran, R. 1989. Some data on the growth of *Arius proops* (Ariidae, Siluriforme) in the estuaries of French Guyana. *Aquatic Living Resource*, 2: 63–68.
- Le Joncour, A.; Blanchard, F. & Tagliarolo, M. 2020. Spatio-seasonal patterns of demersal fish communities on the French Guiana Coast. *Regional Studies in Marine Science*, 35. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101105>.
- Longhurst, A. 1998. Ecological Geography of the Sea. Academic Press, London.
- MacDonald, J.; Harper, S.; Booth, S.; & Zeller, D. 2015. Guyana Fisheries Catches: 1950-2010. *University of British Columbia, Fisheries Centre Working Paper 21*, Vancouver.
- Magnusson, A.; Skaug, H.; Nielsen, A.; Berg, C.; Kristensen, K.; Maechler, M.; et al. 2020. *glmmTMB: Generalized Linear Mixed Models using Template Model Builder*. Available online at: <https://cran.r-project.org/web/packages/glmmTMB/index.html> (accessed June 3, 2020).
- Marcano, L.; Alió, J.; Novoa, D.; Altuve, D.; Andrade, G. & Álvarez, R. 2001. Revisión de la pesca de arrastre en Venezuela. *In: Tropical Shrimp Fisheries and their Impact on Living resources. FAO Fisheries Circular* 974:330-378.
- Maunder, M. & Punt, A. 2004. Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. *Fisheries Research*, 70: 141-159.
- Mendoza, J. 2015. Rise and fall of Venezuelan industrial and artisanal marine fisheries: 1950–2010. *University of British Columbia, Fisheries Centre Working Paper 27*, Vancouver.
- Mendoza, J., L. Marcano, J. Alió, and F. Arocha. 2010. Autopsia de la pesquería de arrastre del oriente de Venezuela: análisis de los datos de desembarques y esfuerzo de pesca. *Proceeding of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 62:69–76.
- Mourato, B.; Hazin, H.; Travassos, P.; Hazin, F. & Amorim, A. 2018. Assessing blue marlin catch rates based on Brazilian sport fishing tournaments (1996-2018), using a generalized linear model with Tweedie distribution. *ICCAT Collective Volumes of Scientific Papers*, 75(5): 889-898.
- Narváez, M.; Ortiz, M.; Arocha, F.; Medina, M.; Gutiérrez, X. & Marcano, J. 2017. Update on standardized catch rates for Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) from the Venezuelan pelagic longline fishery of the Caribbean Sea and western Central Atlantic. *ICCAT Collective Volumes of Scientific Papers* 73:440–450.
- Nikolsky, G. V. 1963. The ecology of fishes. London, Academic Press, 352p.
- Novoa, D.; Mendoza, J.; Marcano, L.; Cárdenas, J. 1998. El Atlas Pesquero Marítimo de Venezuela. SARPA, Caracas, 197 pp.
- OMM (ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL). 2014. El Niño/La Niña hoy. Recuperado de [http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/documents/WMO\\_ENSO\\_Jun14\\_Esp.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/documents/WMO_ENSO_Jun14_Esp.pdf).

- Ortega-García, S. & Gómez-Muñoz, M. 1992. Standardization of fishing effort using principal component analysis of vessel characteristics: the Mexican tuna purse-seiners. *Sci. Mar.*, 56(1): 17-20.
- Parente, J. 2004. Predictors of CPUE and standardization of fishing effort for the Portuguese coastal seine fleet. *Fisheries Research*, 69: 381-387.
- Pauly D.; Zeller D. & Palomares M. (Editors), 2020. Sea Around Us Concepts, Design and Data (searoundus.org).
- QGIS Development Team. 2017. QGIS geographic information system. Open Source Geospatial Foundation Project. Available: <http://qgis.osgeo.org>.
- R Core Team. 2020. R: A Language and environment for statistical computing. R foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Silva, M. et al. 2018. Estrutura da assembleia de peixes em uma região portuária da costa amazônica. *Iheringia, Sér. Zool.* 108. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2018018>.
- Shono, H. 2008. Application of the Tweedie distribution to zero-catch data in CPUE analysis. *Fisheries Research*, 93, 154–162.
- Stearns, S. & Crandall, R. 1984. Plasticity for age at sexual maturity: a life-history reponses to in avoidable stress; *in* Potts, G. W. & R. J. Wootton. (Editors), *Fish reproduction: strategies and tactics*. New York Academic Press. p.13–33.
- Taylor, F. et al. 2012. Ecosystem responses in the southern Caribbean Sea to global climate change. *PNAS*, 109 (47): 19315–19320.
- Vazzoler, A. 1996. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: Teoria e prática. Maringá: Eduem/SBI/CNPq/Nupelia, 169p.
- Zhang, Y. 2013. Likelihood-based and Bayesian Methods for Tweedie Compound Poisson Linear Mixed Models. *Statistics and Computing*, 23: 743-757.

## **CAPÍTULO III**

**Sustentabilidade biológica da pescaria de *Sciades proops*  
(Valenciennes, 1840) explorado por uma frota pesqueira multi-  
apetrechos na Plataforma Continental do Norte do Brasil.**

Artigo submetido na revista:  
ISSN versão online:  
Frequência:  
Fator de Impacto:

**Sustentabilidade biológica da pescaria de *Sciades proops* (Valenciennes, 1840) explorado por uma frota pesqueira multi-apetrechos na Plataforma Continental do Norte do Brasil.**

**Laurent Carolina<sup>1,2</sup>, Aguiar-Santos Jamerson<sup>3</sup>, Evaristo Eucaris<sup>4</sup>, Freitas Carlos<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Laboratório de Ecologia Pesqueira, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil.

<sup>2</sup>Instituto Socialista de Pesca e Aquicultura, Cumaná, Sucre, Venezuela.

<sup>3</sup>Laboratório de Ecossistemas Aquáticos, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, Brasil.

<sup>4</sup>Ministério do Poder Popular da Pesca e Aquicultura, Caracas, Venezuela.

## **Resumo**

Na Plataforma Continental do Norte do Brasil, *Sciades proops* é uma espécie compartilhada e explorada pelos seis países que conformam a Plataforma, esse fato faz necessário uma abordagem regional para poder ter uma produção pesqueira sustentável, sendo necessária a geração de informações científicas como base para construir a abordagem regional de manejo. Desde o ano de 2009 Venezuela tem a frota industrial Polivalente Costa Afuera (PCA) multi-apetrecho operando na Plataforma Continental do Norte do Brasil, capturando principalmente o bagre *Sciades proops* e é um dos poucos países que não tem contribuído com informações sobre essa pescaria. Neste sentido, devido a que os dados existentes são limitados foi utilizada a ferramenta para Avaliação e Manejo Adaptativo de Pescaria (AFAM) para avaliar o desempenho da pescaria de *Sciades proops* capturados pela frota PCA com dados limitados durante o período 2015-2018. Foram estimados quatro indicadores de sustentabilidade com os seguintes resultados: 1. Composição das espécies, indicando a existência de mudança na composição de espécies durante o período de estudo; 2. Indicador de Froese, evidenciando sobrepesca dos indivíduos mega reprodutores; 3. Tendência de CPUE padronizada e 4. Tendência de capturas, ambas decrescentes ao final do período de estudo. A interpretação dos resultados em conjunto sugere um possível status de sobre-exploração dos recursos sendo necessário considerar aplicar manejo preventivo da pescaria estabelecendo um limite máximo de captura junto com um comprimento máximo de captura para o bagre *Sciades proops*.

**Palavras chave:** bagre crucifixo; AFAM; Venezuela; polivalente; abordagem regional de manejo

## **Introdução**

As mudanças climáticas e a sobrepesca são as principais ameaças para as comunidades marinhas (Verba et al. 2020). No entanto, em países tropicais com baixa renda, onde as pescarias são geralmente pobremente manejadas a sobrepesca tem sido considerada a principal responsável pelo declínio das populações de peixes (Becker et al. 2001; Goetze et al. 2011).

A Plataforma Continental do Norte do Brasil (PCNB) engloba águas costeiras de seis países, Trinidad e Tobago, Venezuela, Guiana, Suriname, Guiana Francesa e Brasil os quais carecem dos recursos apropriados para controlar a exploração dos seus recursos pesqueiros (Harper et al. 2015, Hornby et al. 2015, MacDonald et al., 2015, Mendoza 2015). Outro fator que contribui com a precariedade do manejo dessas pescarias, é o fato de que a maioria das espécies de peixes que são exploradas são compartilhadas, onde se faz necessário uma abordagem regional para poder ter uma produção pesqueira sustentável e atingir as metas estabelecidas pelos países envolvidos (FAO 1995).

Dada à natureza dos recursos pesqueiros da PCNB, no ano de 1984, a Comissão de Pesca do Atlântico Centro-Occidental (WECAFC) criou o Grupo de Trabalho sobre a Plataforma Continental do Norte do Brasil, com o fim de gerar informações científicas e conselhos de gestão para o manejo sustentável das pescarias de camarão e peixes demersais na PCNB, provendo uma base para construir uma abordagem regional de manejo (FAO 2001).

Os países da PCNB têm duas metas de gestão em comum que poderiam servir como bases para uma abordagem regional: 1) a conservação dos recursos pesqueiros ao longo prazo, e 2) a otimização dos benefícios econômicos (receita, renda em moeda estrangeira, emprego) (FAO 2021), no entanto até o momento não se tem desenvolvido essa abordagem regional.

Como consequência de ações não efetivas de manejo, no ano de 2016, 13,7% dos estoques explorados na PCNB estavam colapsados, 41% sobrexplotados e 32,7% plenamente explorados. Das capturas obtidas, 1% provinha de estoques colapsados, 16,8% eram de estoques sobrexplotados e 66,9% eram de estoques plenamente explorados (Pauly et al. 2020). No ano de 2019, na terceira reunião do

Grupo de Trabalho sobre Camarões e Peixes Demersais da Plataforma Continental do Norte do Brasil, foi apresentada uma atualização no status dos estoques de cada país pertencente à PCNB (com exceção da Venezuela que não esteve presente), e estas mostraram tendências decrescentes na abundância aparente dos estoques (FAO 2021).

Uma das espécies compartilhadas por todos os países da PCNB é o bagre crucifixo *Sciades proops* (AXP), com ampla distribuição por todo o Atlântico Ocidental, especialmente na área de influência de rios e estuários de drenagem do Caribe e do Atlântico desde Colômbia até o Brasil (Taylor & Menezes 1978). O bagre crucifixo pode habitar ambientes de água marinha, doce e salobra (Marceniuk & Menezes 2007), tendo uma vulnerabilidade moderada (Cheung et al. 2005) e uma categoria de preço médio (Sumaila et al. 2007). É uma espécie carnívora, que se alimenta de peixes e camarões e é consumida como alimento, sendo comercializada *in natura* (Le Bail et al. 2000).

Na Guiana Francesa, o bagre crucifixo é um dos recursos mais importantes, e uma Análise de Produtividade e Susceptibilidade (PSA) evidenciou valores intermediários de produtividade e susceptibilidade para essa espécie (FAO 2021). No Brasil, o seu status era de plenamente explorado (Verba et al. 2020, FAO 2021) e na Guiana através de um Método de Avaliação Rápido, *Sciades proops* mostrou ter baixa produtividade e alta susceptibilidade (Drugan 2019).

Desde 2009, a frota industrial Polivalente Costa Afuera (PCA) multi-apetrecho da Venezuela vem operando na Plataforma Continental do Norte do Brasil, capturando principalmente o bagre *Sciades proops* com espinhel de fundo. De 2015 até 2018, a captura do bagre crucifixo tem se incrementado progressivamente de 130 mil quilos até aproximadamente 300 mil quilos (Laurent et al. 2020).

Na terceira reunião do Grupo de Trabalho sobre Camarões e Peixes Demersais da Plataforma Continental do Norte do Brasil, se fez questão da necessidade de provisão de novos dados pesqueiros, principalmente de aqueles países que ainda não tinham contribuído, como a Venezuela (FAO 2021). Assim, é importante tanto para Venezuela como para os outros países que conformam a



PCNB, ter uma avaliação dos estoques explorados pela frota industrial PCA venezuelana, para fazer a correta gestão dos recursos pesqueiros compartilhados pelos países da PCNB.

Neste sentido, a avaliação de recursos pesqueiros tem como finalidade assessorar sobre a exploração ótima dos recursos pesqueiros aquáticos vivos (Sparre & Venema 1997), através de cálculos matemáticos e estatísticos que nos permite ter uma representação simplificada da realidade (modelo) (Jeffers 1982) do estado atual (nível populacional e/ou estado de exploração), passado (reconstrução da dinâmica) e/ou futuro (prever níveis de exploração manejável) do estoque (Hilborn & Walters 1992).

No entanto, as principais informações necessárias da dinâmica populacional para a avaliação dos estoques são com frequência deficientes nestes países, sendo que nem modelos de avaliação simples, como os modelos de produção excedente (Schaefer 1954), podem ser aplicados na avaliação desses recursos. Para contribuir na resolução desse problema, McDonald et al. (2018) criaram uma ferramenta para Avaliação e Manejo Adaptativo de Pescarias (AFAM-Adaptive Fisheries Assessment and Management) com dados limitados.

A ferramenta AFAM, permite fazer a análise de dados, avaliar o desempenho da pescaria estudada, escolher e/ou ajustar medidas de manejo para atingir os objetivos de gestão estabelecidos (McDonald et al. 2018). A ferramenta AFAM foi criada baseado num marco similar de manejo adaptativo para as pescarias de bivalves e lagosta de Belize (Harford et al. 2016, McDonald et al. 2017) e foi testada no Brasil, Filipinas e Indonésia (McDonald et al. 2018).

Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi analisar a sustentabilidade biológica da pescaria de *Sciades proops* capturada pela frota industrial PCA venezuelana, através do uso da ferramenta AFAM, estimando indicadores de sustentabilidade baseados em dados limitados a fim de determinar se a pressão de pesca poderia estar afetando a estrutura etária da população e a biomassa dos reprodutores.

## Materiais e métodos

### Área de estudo

O litoral venezuelano ocupa a maior parte da margem sul do mar do Caribe e compartilha com Trinidad e Tobago o limite noroeste da província costeira das Guianas (Longhurst 1998). Quatro regiões ecológicas distintas podem ser identificadas ao longo das costas venezuelanas (Novoa et al. 1998, Cervigón 2005): a área oriental, a nordeste, a central e a ocidental.

A frota industrial Polivalente Costa Afuera opera principalmente na área oriental do país na Plataforma Continental do Norte Brasil, especificamente no delta do Rio Orinoco e o Golfo de Paria ao longo da margem do Atlântico na confluência da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) da Venezuela e da Guiana (Figura 1). Em segundo lugar, a frota opera na área nordeste do país na ZEE da Venezuela do Mar do Caribe (Laurent et al. 2020).

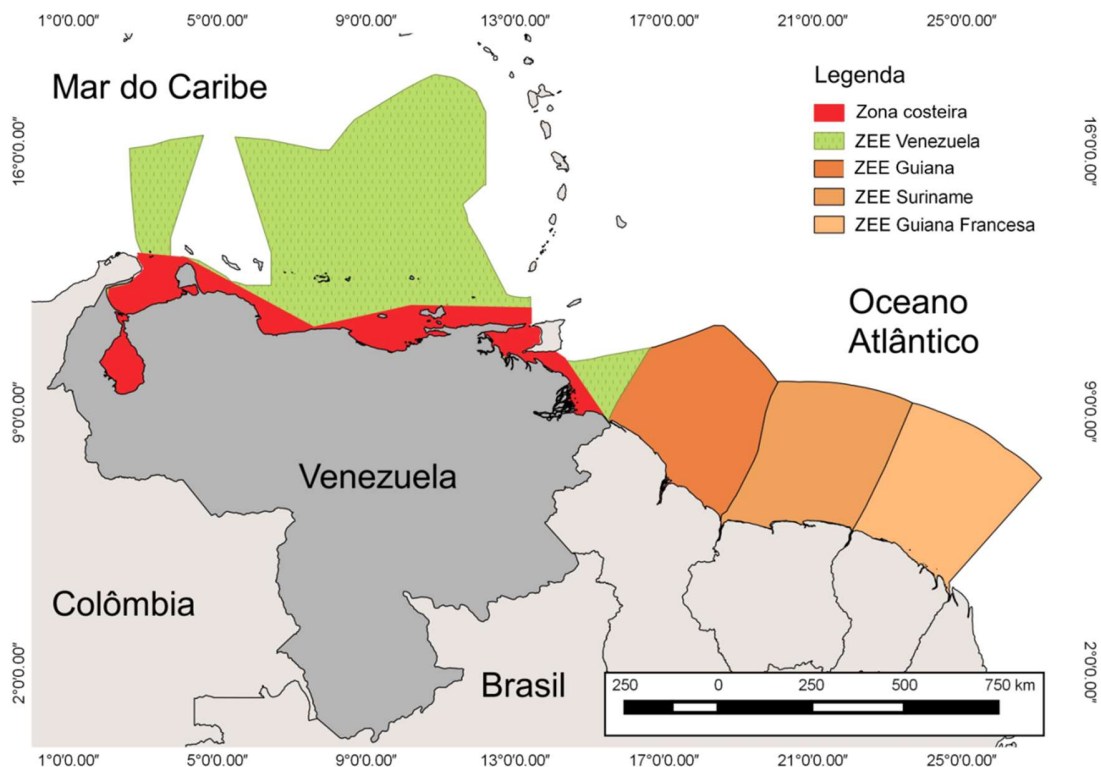


Figura 1.- Mapa que amostra as zonas de pesca da frota industrial PCA

O estudo foi realizado na zona Pesqueira da frota industrial Polivalente Costa Afuera que desembarca na zona nordeste do país, especificamente na cidade de Cumaná, Estado Sucre, Venezuela, considerada uma das áreas mais produtivas da costa venezuelana (FAO 2005).

#### *Fonte de dados*

Os dados foram obtidos através do Programa Nacional de Diários de Bordo e o Programa Nacional de Observadores de Bordo do Instituto de Pesca e Aquicultura (INSOPESCA) da Venezuela e fornecido pelo Ministério do Poder Popular de Pesca e Aquicultura (MPPPA), ambas instituições responsáveis pelas estatísticas pesqueiras na Venezuela. Desde 2010, o Programa Nacional de Diários de Bordo iniciou a entrega para os capitães dos barcos de formulários concebidas pelo INSOPESCA-Cumaná durante cada saída de pesca, para serem preenchidos durante as viagens de pesca para o monitoramento da frota industrial polivalente que opera no Mar Caribe e no Oceano Atlântico. Os formulários foram aperfeiçoados em 2014, permitindo a obtenção de informações mais completas das viagens de pesca. Diante disso, os dados desde 2015 até 2018 foram escolhidos para desenvolver indicadores de sustentabilidade (McDonald et al. 2018) para o bagre crucifixo (AXP) baseados nas capturas (quilos) de 100% das viagens monitoradas e a CPUE padronizada (quilos / 1000 anzóis) publicada em Laurent et al. (2021, no prelo).

O Programa de Observadores de Bordo consiste no preenchimento de formulários pelos observadores de bordo, os quais previamente tem tomados cursos teórico-práticos para identificação de espécies. Para esse estudo foram também considerados dados de comprimento da espécie *Sciades proops* amostrados pelo Programa de Observadores de Bordo no mês de junho e julho no ano de 2016 com um n=592 indivíduos para estimar o indicador de sustentabilidade baseado em comprimentos (McDonald et al. 2018). Os outros anos (2015, 2017 e 2018) não atingiram o número mínimo de 500 amostras para ser utilizados nessa análise.

### *Análise dos dados*

Para a avaliação e manejo da pescaria de *Sciades proops* capturado pela frota Industrial Polivalente Costa Afuera foi utilizada a ferramenta para Avaliação e Manejo Adaptativo de Pescarias (AFAM-Adaptative Fisheries Assesment and Management) com dados limitados desenvolvida por McDonald et al. (2018).

Os passos para a instalação e execução do AFAM estão descritos em McDonald et al. (2018). A ferramenta AFAM foi instalada e executada no software estatístico R versão 4.0.4 (R Core Team, 2020).

O processo através da ferramenta AFAM (adaptado de McDonald et al. 2018) é descrito a seguir:

**Passo 1.** Determinar o nível de avaliação e manejo da pescaria de *Sciades proops* capturado pela frota Industrial Polivalente Costa Afuera da Venezuela.

AFAM conta com três níveis de avaliação e manejo que são baseados na quantidade e qualidade de dados disponíveis para a pescaria a ser estudada:

**Nível 1:** para dados com **menos de um ano** de informações de censos visuais, captura e esforço, e/ou composição de comprimento, se aplica uma **avaliação e manejo preventivo**.

**Nível 2:** com **um ano** de dados de captura e esforço e/ou composição de comprimento, se aplica uma **avaliação e manejo adaptativo preliminar**.

**Nível 3:** com **dois ou mais anos** de dados de captura e esforço e/ou composição de comprimento, se aplica uma **avaliação e manejo adaptativo multi-indicador**.

Segundo o inventario de dados (Tabela 1) disponíveis para a pescaria de *Sciades proops* capturado pela frota Industrial Polivalente Costa Afuera da Venezuela, o nível de avaliação e manejo que se ajustou aos dados foi o **nível 3**, aplicando se uma avaliação e manejo adaptativo multi-indicador.

**Passo 2.** Resumir e avaliar qualitativamente os controles existentes de manejo da pescaria de *Sciades proops* pela frota Industrial Polivalente Costa Afuera venezuelana.

Neste passo foi avaliada a Resolução pela qual foram ditados os regulamentos técnicos que regem a pesca Industrial Polivalente Costa Afuera venezuelana que foi publicada no dia 17 de junho de 2009 (Gazeta Oficial da

República Bolivariana de Venezuela, 2009). Essa avaliação qualitativa foi feita com uma tabela comparativa da realidade da pescaria apresentada em Laurent et al. (2020) e o cumprimento das Normas para o Exercício da pescaria industrial Polivalente Costa Afuera presentes no capítulo IV da Resolução (Gazeta Oficial da República Bolivariana de Venezuela, 2009).

A execução desse passo ajudou a determinar se os controles existentes eram ou não apropriados, além de sua importância no processo de avaliação da pescaria. Após a avaliação foi possível reconhecer se os controles de manejo existentes deverão manter-se, modificar-se e/ou se são necessários novos controles de manejo.

Tabela 1. Inventário dos dados disponíveis para a pescaria de *Sciades proops* capturado pela frota Industrial Polivalente Costa Afuera da Venezuela para a definição do nível de avaliação e manejo na ferramenta AFAM.

Dados mínimos requeridos	Necessário	Disponível	Anos de dados	Fonte
<b>Caracterização qualitativa da pescaria</b>	Requerido	Sim	4 (2015-2018)	Laurent et al. 2020
<b>Lista de espécies prioritárias para o manejo</b>	Requerido	Sim	4 (2015-2018)	Laurent et al. 2020 ( <i>Sciades proops</i> )
<b>Lista prioritária de metas para o manejo</b>	Requerido	Sim	4 (2015-2018)	Trabalho atual
<b>Captura, esforço, e CPUE de espécie alvo</b>	Opcional	Sim	4 (2015-2018)	Capítulo 2 Laurent et al. 2021, no prelo
<b>Dados de Composição de comprimento da espécie alvo</b>	Opcional	Sim	1 (2016)	Programa Nacional de Observadores de Bordo da Venezuela (PNOB)
<b>Razão de densidade da espécie alvo de censos visuais baixo água</b>	Opcional	Não	-	-
<b>Razão de biomassa da espécie alvo de censos visuais baixo água</b>	Opcional	Não	-	-

**Passo 3.** Seleção de indicadores de desempenho, métodos de avaliação e pontos de referência.

Passo 3.1. Seleção de indicadores de desempenho e métodos de avaliação

No nível 3 de avaliação e manejo é recomendado definir pelo menos um indicador baseado na caracterização qualitativa da pesca, outro baseado em

pesquisa de composição de comprimento dependente da pesca e pelo menos um indicador baseado em tendência que usa uma série temporal de capturas/desembarques ou dados de CPUE.

A ferramenta AFAM oferece uma longa lista de indicadores e métodos de avaliação que são escolhidos em base aos dados disponíveis. Foram definidos 4 indicadores de desempenho, os quais vieram de diferentes fontes de dados: 1. Composição das espécies (qualitativo), 2. Indicador de Froese (Froese 2004, Cope & Punt 2009), 3. Tendência de CPUE padronizada e 4. Tendência de capturas, com o fim de ganhar uma compreensão mais completa da pescaria e reduzir as incertezas, além de existir uma corroboração entre indicadores o que permite ter uma interpretação mais confiável do desempenho da pescaria.

Passo 3.1.1 Descrição dos métodos de avaliação

**\*Composição das espécies (qualitativo):** Apesar de estarmos avaliando a pescaria de *Sciades proops*, a frota industrial PCA é uma frota multiapetrecho e conseqüentemente multiespecífica. Considerando a visão ecossistêmica das pescarias é importante identificar se existiram mudanças na composição das espécies capturadas. Isso será realizado através da revisão bibliográfica de Laurent et al. (2020).

**\*Indicador de sustentabilidade de Froese:** Este método é o único que permite trabalhar com um número mínimo de indivíduos de 500 exemplares, sendo ideal para o n=592 disponível para a pescaria para o ano de 2016. Foram usados os dados de frequência de comprimento da captura e os parâmetros de crescimento da história de vida de *Sciades proops*, para estimar a distribuição dos estágios de vida na captura (Froese 2004, Cope & Punt 2009) e, posteriormente, se a captura foi ou não sustentável durante o ano de 2016.

Os dados usados para estimar esse indicador foram: frequência de comprimento da captura (classes de 3 cm) obtidos pelo Programa Nacional de Observadores de Bordo durante o ano de 2016, comprimento médio de maturidade sexual (L50), mortalidade natural, parâmetros de crescimento de Von Bertalanffy (Tabela 2).

Este método primeiro calcula três métricas de sustentabilidade da pescaria: (1) porcentagem de peixes adultos capturados ( $L_{mat}$ ), (2) porcentagem de espécimes com comprimento ótimo na captura ( $L_{opt}$ ) e (3) porcentagem de “mega reprodutores” na captura ( $L_{mega}$ ). Usando essas três métricas e os parâmetros de história de vida, o próximo passo usa uma árvore de decisão para determinar se a biomassa reprodutora é maior ou menor do que o ponto de referência alvo.

Tabela 2. Dados necessários para desenvolver o Indicador de Sustentabilidade de Froese (Froese 2004, Cope & Punt 2009) para a pescaria de *Sciades proops* capturado pela frota Industrial Polivalente Costa Afuera da Venezuela.

DADOS USADOS NO INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE DE FROESE		FONTE
PAÍS	Venezuela	-
LOCAL	Plataforma Continental do Norte do Brasil	-
NOME CIENTÍFICO	<i>Sciades proops</i>	Valenciennes, 1840
NOME COMUM	Bagre crucifixo/Uritinga	-
CÓDIGO	AXP	
$L_{\infty}$	90	Lecomte et al. 1986
K	0,43	Life History Data on <i>Sciades proops</i> . Froese et al. 2005.
$t_0$	-0,24	Life History Data on <i>Sciades proops</i> . Froese et al. 2005.
M	0,68	Life History Data on <i>Sciades proops</i> . Froese et al. 2005.
w_a	0,0058	Life History Data on <i>Sciades proops</i> . Froese et al. 2005.
w_b	3,19	Life History Data on <i>Sciades proops</i> . Froese et al. 2005.
m50	47,5	Life History Data on <i>Sciades proops</i> . Froese et al. 2005.
m95	54,15	Life History Data on <i>Sciades proops</i> . Froese et al. 2005.

\* $L_{\infty}$ : comprimento assintótico, K: parâmetro de crescimento somático,  $t_0$ : idade hipotética (em anos) em que o peixe teria um comprimento zero, M: mortalidade natural, w\_a: constante de proporcionalidade e w\_b: expoente de alometria da equação peso comprimento de Von Bertalanffy, m50: comprimento médio ao qual 50% da população atinge a maturidade, m95: comprimento médio ao qual 95% da população atinge a maturidade.

**\*Análise de tendências:** Esse método usou dados de captura total e CPUE padronizada (abundância relativa) de *Sciades proops* baseados nos dados obtidos do Programa Nacional de Diários de Bordo (2015-2018), e comparou esses valores através do cálculo da porcentagem de mudança sequencial entre os anos de 2015 – 2018 com a seguinte equação:

$$\text{Porcentagem de mudança} = \frac{\text{Captura do ano}_{t+1} - \text{Captura do ano}_t}{\text{Captura do ano}_t} * 100$$

Captura do ano<sub>t+1</sub>: Captura e/ou CPUE do ano seguinte

Captura do ano<sub>t</sub>: Captura e/ou CPUE do ano anterior

Tabela 3. Indicadores de desempenho, pontos de referência alvo e pontos de referência limite para a avaliação da pescaria de *Sciades proops* capturado pela frota Industrial Polivalente Costa Afuera da Venezuela.

INDICADOR DE DESEMPENHO	PONTO DE REFERÊNCIA ALVO	PONTO DE REFERÊNCIA LIMITE
<b>COMPOSIÇÃO DAS ESPÉCIES</b>	Sem mudança na composição das espécies capturadas	Mudança na composição das espécies capturadas
<b>INDICADOR DE FROESE</b>	Biomassa reprodutora acima do ponto de referência alvo	Biomassa reprodutora abaixo do ponto de referência limite
<b>L<sub>opt</sub></b>	=100%	<80%
<b>L<sub>mat</sub></b>	>90%	<50%
<b>L<sub>mega</sub></b>	<30%	<20%
<b>TENDÊNCIA CPUE</b>	CPUE estável ≥0	CPUE abaixo do limite ≤-50
<b>TENDÊNCIA CAPTURA</b>	Captura estável ≥0	Captura abaixo do limite ≤-50

\*Métricas do Indicador de Froese: L<sub>opt</sub>: Porcentagem de indivíduos na captura com o comprimento ótimo (classe de comprimento onde o produto do número de indivíduos vezes o seu peso médio alcança o valor máximo (Froese & Binohlan 2000)), L<sub>mat</sub>: porcentagem de indivíduos na captura com o comprimento médio da primeira maturação, porcentagem de indivíduos na captura com o comprimento dos mega reprodutores.

### Passo 3.2. Seleção dos pontos de referência

Durante esse passo foram selecionados pontos de referência genéricos proporcionados pela ferramenta AFAM para cada um dos indicadores de desempenho escolhidos (McDonald et al. 2018), devido a não ter dados na literatura ou dados históricos anteriores sobre a pescaria de *Sciades proops* como para estabelecer valores mais específicos.

Para cada indicador de desempenho, foi selecionado um ponto de referência alvo e um ponto de referência limite (Tabela 3). O ponto de referência **alvo** é um valor numérico (ou tendência) que indica se o desempenho da pescaria está em um nível desejável, muitas vezes a gestão é voltada para atingir ou manter essa meta. O ponto de referência **limite** é um valor numérico que indica se o desempenho da pescaria está inaceitável (por exemplo, sobrepesca severa), e que ações de manejo



devem ser tomadas para melhorar o desempenho da pesca ou os níveis populacionais (McDonald et al. 2018).

#### **Passo 4.** Definir regras de controle da pescaria

As regras de controle da pescaria foram estabelecidas para ajustar os controles da pescaria de acordo com os resultados dos indicadores de desempenho da pescaria. É importante identificar todos os cenários e interpretações possíveis e previsíveis que poderiam ocorrer na pescaria e criar regras de controle correspondentes para cada cenário (McDonald et al. 2018).

Tabela 4. Respostas de Manejo da pescaria baseado em todos os resultados, cenários e interpretações possíveis dos 4 indicadores de desempenho escolhidos para a avaliação e manejo da pescaria de *Sciades proops* capturado pela frota Industrial Polivalente Costa Afuera da Venezuela.

<b>Indicador de desempenho</b>	<b>Resultado da avaliação</b>	<b>Interpretação</b>	<b>Resultado</b>	<b>Resposta de manejo</b>
<b>Composição das espécies objetivo</b>	Mudança na composição das espécies capturadas (menos espécies, mais Pelágicas, etc)	Ecosistema provavelmente não é saudável o suficiente para apoiar a espécie alvo	Amarelo	Faça os controles de gestão da pescaria mais restritivo (ou seja, diminuir o limite de captura, diminuir o limite do esforço, adicionar ou modificar certos controles, etc.)
	Sem mudança na composição das espécies capturadas	O ecossistema pode ser saudável o suficiente para suportar a espécie alvo	Verde	1. Se não houver razão para acreditar que o manejo preventivo é necessário, não faça mudança nos controles de manejo da pescaria * ou 2. Considere manejo Preventivo fazendo os controles de manejo mais

				restritivos (ou seja, diminuir o limite de captura, diminuir esforço permitido, adicionar ou modificar certos controles, etc.)
<b>Indicador de Froese</b>	Todos os indicadores estão melhor do que o ponto de referência alvo (Lopt = 100%, Lmat > 90%, Lmega < 30%)	Pressão de pesca apropriada para manter ou melhorar a estrutura de comprimento da população e a biomassa do estoque reprodutor	Verde	1. Não faça mudanças nos controles de manejo da pescaria * ou 2. Se as tendências persistirem por mais de um ano e não há razão para acreditar que manejo preventivo é necessário, fazer os controles de manejo menos restritivos (ou seja, aumento do limite de captura, aumento do limite de esforço, etc.)
		Mudança de apetrecho para um mais ou menos seletivo	Amarelo	Considere manejo Preventivo fazendo os controles de manejo mais restritivos (ou seja, diminuir o limite de captura, diminuir esforço permitido, adicionar ou modificar certos controles, etc.)
		Mudança no recrutamento	Amarelo	Considere manejo Preventivo fazendo os controles de manejo mais restritivos

			(ou seja, diminuir o limite de captura, diminuir esforço permitido, adicionar ou modificar certos controles, etc.)
	Mudança na distribuição espacial do estoque	Amarelo	Considere manejo Preventivo fazendo os controles de manejo mais restritivos (ou seja, diminuir o limite de captura, diminuir esforço permitido, adicionar ou modificar certos controles, etc.)
Alvo> Lopt> Limite <b>e / ou</b> Alvo> Lmat> Limite	Seletividade dirigida a indivíduos de menor porte	Amarelo	1. Considere implementar um comprimento mínimo de captura (se é que não existe um) <b>*ou</b> 2. Considere manejo Preventivo fazendo os controles de manejo mais restritivos (ou seja, diminuir o limite de captura, diminuir esforço permitido, adicionar ou modificar certos controles, etc.)
	Pressão de pesca alta afetando a estrutura de comprimento do estoque e a biomassa do estoque reprodutor	Amarelo	Faça os controles de gestão da pescaria mais restritivo (ou seja, diminuir o limite de captura,

			diminuir o limite do esforço, adicionar ou modificar certos controles, etc.)
		Pescaria tem como alvo zonas de criação de juvenis	Amarelo Faça os controles de gestão da pescaria mais restritivo (ou seja, diminuir o limite de captura, diminuir o limite do esforço, adicionar ou modificar certos controles, etc.)
		Pulso de recrutamento forte (mais indivíduos pequenos entrando na captura)	Verde 1. Não faça mudanças nos controles de manejo da pescaria * <b>ou</b> 2. Se as tendências persistirem por mais de um ano e não há razão para acreditar que manejo preventivo é necessário, fazer os controles de manejo menos restritivos (ou seja, aumento do limite de captura, aumento do limite de esforço, etc.)
		Emigração de grandes indivíduos da área de pesca	Verde Não faça mudanças nos controles de manejo da pescaria
		Estocasticidade ambiental Afetando a estrutura de comprimento do	Amarelo Considere manejo Preventivo fazendo os controles de manejo mais restritivos

	estoque e da biomassa reprodutora		(ou seja, diminuir o limite de captura, diminuir esforço permitido, adicionar ou modificar certos controles, etc.)
Limite > L <sub>mega</sub> > Alvo	Seletividade dirigida a indivíduos de grande porte	Amarelo	1. Considere implementar um comprimento máximo de captura (se é que não existe um) <b>*ou</b> 2. Considere manejo Preventivo fazendo os controles de manejo mais restritivos (ou seja, diminuir o limite de captura, diminuir esforço permitido, adicionar ou modificar certos controles, etc.)
	Pressão de pesca alta afetando a estrutura de comprimento do estoque e a biomassa do estoque reprodutor	Amarelo	Faça os controles de gestão da pescaria mais restritivo (ou seja, diminuir o limite de captura, diminuir o limite do esforço, adicionar ou modificar certos controles, etc.)
	Pulso de recrutamento fraco (poucos indivíduos pequenos entrando na captura)	Amarelo	Considere manejo Preventivo fazendo os controles de manejo mais restritivos (ou seja, diminuir o limite

				de captura, diminuir esforço permitido, adicionar ou modificar certos controles, etc.)
		Imigração de grandes indivíduos para a área de pesca	Verde	Não faça mudanças nos controles de manejo da pescaria
	Lopt < Limite (Lopt < 80%)	Pressão de pesca alta afetando a estrutura de comprimento do estoque e a biomassa do estoque reprodutor, pescaria em perigo de colapso	Vermelho	1. Fechar a pescaria <b>e</b> 2. Implementar plano de recuperação da pescaria
	Lmat < Limite (Lmat < 50%)	Pressão de pesca alta afetando a estrutura de comprimento do estoque e a biomassa do estoque reprodutor, pescaria em perigo de colapso	Vermelho	1. Fechar a pescaria <b>e</b> 2. Implementar plano de recuperação da pescaria
	Lmega < Limite (Lmega < 20%)	Pressão de pesca alta afetando a estrutura de comprimento do estoque e a biomassa do estoque reprodutor, pescaria em perigo de colapso	Vermelho	1. Fechar a pescaria <b>e</b> 2. Implementar plano de recuperação da pescaria
<b>CPUE</b>	Indicador ≥ Alvo	Pressão de pesca apropriada para manter ou melhorar a estrutura de comprimento da população e a biomassa do estoque reprodutor	Verde	2. Não faça mudanças nos controles de manejo da pescaria * <b>ou</b> 2. Se as tendências persistirem por mais de um ano e não há razão para acreditar que manejo preventivo é necessário, fazer os controles de manejo menos restritivos (ou

				seja, aumento do limite de captura, aumento do limite de esforço, etc.)
		Mudança para um apetrecho de pesca mais eficiente	Amarelo	1. Considere implementar uma restrição de apetrecho por um menos seletivo <b>e / ou</b> 2. Considere implementar um comprimento mínimo de captura (se é que não existe um)
		Depleção serial (pescadores mudaram de zonas de pesca esgotadas para zonas menos esgotada motivos, como áreas costa a fora)	Amarelo	Faça os controles de manejo mais restritivos (ou seja, diminuir o limite de captura, diminuir esforço permitido, adicionar ou modificar certos controles, etc.)
		Relatório de esforço incorreto, esforço registrado muito baixo	Amarelo	1. Modifique os protocolos de reporte de captura <b>e / ou</b> 2. Pratique marketing social dedicado a aumentar a aceitação dos reportes de captura <b>e</b> 3. Considere manejo Preventivo fazendo os controles de manejo mais restritivos (ou seja, diminuir o limite de captura, diminuir esforço permitido, adicionar ou

				modificar certos controles, etc.)
		Pesca sobre agregações de reprodutores/ hiperestabilidade	Amarelo	Proibir a pesca sobre agregações de reprodutores
	Alvo > Indicador > Limite	Estocasticidade ambiental Afetando negativamente a estrutura de comprimento do estoque e da biomassa reprodutora	Amarelo	Considere manejo Preventivo fazendo os controles de manejo mais restritivos (ou seja, diminuir o limite de captura, diminuir esforço permitido, adicionar ou modificar certos controles, etc.)
		Mudança para um apetrecho menos efetivo	Verde	1. Não faça mudanças nos controles de manejo da pescaria * <b>ou</b> 2. Se as tendências persistirem por mais de um ano e não há razão para acreditar que manejo preventivo é necessário, fazer os controles de manejo menos restritivos (ou seja, aumento do limite de captura, aumento do limite de esforço, etc.)
		Relatório de esforço incorreto, esforço registrado muito alto	Amarelo	1. Modifique os protocolos de reporte de captura <b>e / ou</b> 2. Pratique marketing social dedicado a aumentar a aceitação dos



				reportes de captura e 3. Considere manejo Preventivo fazendo os controles de manejo mais restritivos (ou seja, diminuir o limite de captura, diminuir esforço permitido, adicionar ou modificar certos controles, etc.)
		Pressão de pesca alta afetando negativamente o estoque reprodutor	Amarelo	Faça os controles de manejo mais restritivos (ou seja, diminuir o limite de captura, diminuir esforço permitido, adicionar ou modificar certos controles, etc.)
	Limite ≥ Indicador	Pressão de pesca alta afetando negativamente a estrutura de comprimento do estoque e a biomassa do estoque reprodutor, pescaria em perigo de colapso	Vermelho	1. Fechar a pescaria e 2. Implementar plano de recuperação da pescaria
<b>Captura do ano anterior</b>	Indicador ≥ Alvo	Pressão de pesca apropriada para manter ou melhorar a estrutura de comprimento da população e a biomassa do estoque reprodutor	Verde	1. Não faça mudanças nos controles de manejo da pescaria * ou 2. Se as tendências persistirem por mais de um ano e não há razão para acreditar que manejo preventivo é necessário, fazer os controles de

				<p>manejo menos restritivos (ou seja, aumento do limite de captura, aumento do limite de esforço, etc.)</p>
		Esforço de pesca aumentou no ano passado	Amarelo	<p>Considere manejo Preventivo fazendo os controles de manejo mais restritivos (ou seja, diminuir o limite de captura, diminuir esforço permitido, adicionar ou modificar certos controles, etc.)</p>
		Relatório de desembarque/captura incorreto, captura registrada muito alta	Amarelo	<p>1. Modifique os protocolos de reporte de captura <b>e / ou</b>  2. Pratique marketing social dedicado a aumentar a aceitação dos reportes de captura <b>e</b>  3. Considere manejo Preventivo fazendo os controles de manejo mais restritivos (ou seja, diminuir o limite de captura, diminuir esforço permitido, adicionar ou modificar certos controles, etc.)</p>
	Alvo> Indicador > Limite	Pressão de pesca alta afetando negativamente o estoque reprodutor	Amarelo	<p>Faça os controles de manejo mais restritivos</p>

			(ou seja, diminuir o limite de captura, diminuir esforço permitido, adicionar ou modificar certos controles, etc.)
	Esforço de pesca diminuiu o ano passado	Verde	<p>1. Não faça mudanças nos controles de manejo da pescaria * <b>ou</b></p> <p>2. Se as tendências persistirem por mais de um ano e não há razão para acreditar que manejo preventivo é necessário, fazer os controles de manejo menos restritivos (ou seja, aumento do limite de captura, aumento do limite de esforço, etc.)</p>
	Relatório de desembarque/captura incorreto, captura registrada muito baixa	Amarelo	<p>1. Modifique os protocolos de reporte de captura <b>e / ou</b></p> <p>2. Pratique marketing social dedicado a aumentar a aceitação dos reportes de captura <b>e</b></p> <p>3. Considere manejo Preventivo fazendo os controles de manejo mais restritivos (ou seja, diminuir o limite de captura, diminuir esforço permitido, adicionar ou</p>

				modificar certos controles, etc.)
	Limite≥Indicador	Pressão de pesca alta afetando negativamente a estrutura de comprimento do estoque e a biomassa do estoque reprodutor, pescaria em perigo de colapso	Vermelho	1. Fechar a pescaria e 2. Implementar plano de recuperação da pescaria

## Resultados

### *Avaliação qualitativa dos controles de manejo existente para a frota industrial Polivalente Costa Afuera da Venezuela.*

No ano de 2009, foi criada a frota industrial PCA, conseqüentemente no mesmo ano, o Executivo Nacional a través do Ministério de Poder Popular para a Agricultura e Terras (no momento ministério com competência em matéria de pesca e aquicultura) e em conexão com o Instituto Socialista de Pesca e Aquicultura publicaram na Gazeta Oficial da República Bolivariana da Venezuela (2009) as Normas Técnicas de Ordenamento para regular a pescaria industrial PCA, e no capítulo IV da normativa são detalhados os controles de manejo estabelecidos para o ótimo exercício da pescaria industrial PCA. Nesta avaliação qualitativa foi possível evidenciar que existem discrepâncias importantes sobre os controles de manejo que foram publicados na normativa de 2009 e o cumprimento destes no exercício da pescaria no período de 2015-2018 publicado em Laurent et al. (2020).

A frota industrial PCA é uma pescaria multi-apetrecho que tem permitido o uso de três tipos de apetrechos de pesca simultaneamente e que segundo as Normas para o Exercício da pescaria industrial PCA (Gazeta Oficial da República Bolivariana da Venezuela 2009) os barcos estão obrigados a levar a bordo ao menos 2 tipos de apetrecho de pesca, mas desde 2015 a frota tem evidenciado estar num processo de transição entre ser uma frota multi-apetrecho a ser uma frota que utiliza um único apetrecho especificamente o espinhel. O espinhel em 2018 foi o responsável por 83% das capturas da frota industrial PCA (Laurent et al. 2020).

Com respeito ao tipo de espinhel, a frota tem permitido o uso de espinhel de superfície com anzóis de tipo circular, mas o espinhel de fundo com anzol tipo japonês foi o principal apetrecho de pesca utilizado na prática (Laurent et al., 2020). Durante o período 2015-2018, o esforço de pesca baseado em número de anzóis por espinhel teve uma média de 650 anzóis (Laurent et al., 2020), estando abaixo do limite estabelecido na normativa de 700 anzóis por espinhel.

Tabela 5. Comparação entre os controles de manejo estabelecidos nas Normas Técnicas de Ordenamento para regular a pescaria industrial PCA e a descrição da pescaria publicada em Laurent et al., 2020.

<b>Controles de manejo</b>	<b>Normas para o Exercício da pescaria industrial PCA (2009)</b>	<b>Atualidade (2020)</b>
<b>Apetrechos de pesca permitidos</b>	-Espinhel, armadilhas e linha de mão. Os barcos estão obrigados a levar a bordo ao menos dois (2) dos três (3) tipos apetrechos de pesca permitidos. -Espinhel de superfície -Linha principal: 13.500m -Anzol: Circular. Tamanho entre nº 5-8. Até 700 anzóis por espinhel. -Proibida a modificação do apetrecho para dirigir a captura a atuns e marlins.	-No ano de 2018, 83% das capturas eram obtidas pelo uso de um tipo de apetrecho (espinhel).  -Espinhel de fundo -Linha principal: 6.000m -Anzol: Japonês (J). Tamanho nº 6. Aproximadamente 650 anzóis por espinhel.  (Laurent et al. 2020)
<b>Condição da isca permitida</b>	Morta	Morta ( <i>Sardinella aurita</i> e/ou <i>Sardinella brasiliensis</i> ). (Laurent et al. 2020)
<b>Espécies a capturar e seus comprimentos mínimos de captura (CMC)</b>	<i>Scomber japonicus</i> : 32 cm <i>Scomberomorus cavalla</i> : 84 cm <i>Scomberomorus brasiliensis</i> : 65 cm <i>Scomberomorus regalis</i> : 38 cm <i>Euthynnus alletteratus</i> : 36 cm <i>Auxis thazard</i> : 26 cm <i>Sarda sarda</i> : 50,5 cm <i>Caranx hippos</i> : 66 cm <i>Caranx crysos</i> : 29 cm <i>Sphyraena barracuda</i> : 66 cm <i>Coryphaena hippurus</i> : 85 cm <i>Acanthocybium solandri</i> : 101 cm <i>Haemulon plumieri</i> : 20 cm <i>Lutjanus synagris</i> : 23 cm <i>Lutjanus griseus</i> : 33,4 cm <i>Lutjanus analis</i> : 44,3 cm <i>Rhomboplites aurorubens</i> : 23 cm <i>Orthopristis ruber</i> : 16 cm <i>Lutjanus purpureus</i> : 43 cm <i>Epinephelus flavolimbatus</i> : 56 cm	* <i>Sciades proops</i> ** <i>Rhomboplites aurorubens</i> * <i>Bagre bagre</i> * <i>Bagre marinus</i> * <i>Notarius grandicassis</i> * <i>Cynoscion virescens</i> * <i>Arius phrygiatus</i> ** <i>Scomberomorus cavalla</i> * <i>Sciades parkeri</i> * <i>Cynoscion acoupa</i> (Laurent et al. 2020) (Laurent et al. 2021, no prelo) *Espécies não presentes na Gazeta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela (2009).  **Espécies presentes na Gazeta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela (2009).
<b>Espécies com porcentagem de volume máximo permitido</b>	<i>Thunnus albacares</i> : 1,5% <i>Katsuwonus pelamis</i> : 2,20% <i>Thunnus obesus</i> : 1,8% <i>Thunnus alalunga</i> : 2% <i>Thunnus atlanticus</i> : 0,5% Outros tunídeos: 2%  Total atuns: 10%	Total atuns: <5%  Total peixes de bico: <5%  Total tubarões: >3% (mais de 10%)  (Laurent et al. 2020)
	<i>Makaira nigricans</i> : 0,03% <i>Tetrapturus albidus</i> : 0,02% <i>Istiophorus albicans</i> : 0,02% <i>Xiphias gladius</i> : 2%	

	<i>Tetrapturus pfluegeri</i> : 0,05% Outros peixes de bico: 2% Total peixes de bico: 5% Total tubarões: 3%	
<b>Obrigaç�o na entrega dos diários de bordo</b>	Ao finalizar a saída de pesca o capitão de pesca está obrigado a entregar o di�rio de bordo na oficina regional do INSOPESCA.	Em cumprimento até o momento da publica�o.
<b>Designa�o de observadores de bordo</b>	O capitão de barco está obrigado a aceitar observadores de bordo, para a recopila�o de informa�es sobre as atividades pesqueiras.	O Programa de Observadores de Bordo tinha sido descontinuado no momento da publica�o.
<b>Desembarque das capturas</b>	100% das capturas tem que ser desembarcadas nos portos da Venezuela	Em cumprimento até o momento da publica�o.
<b>Modifica�o dos controles de manejo</b>	As características dos apetrechos, delimita�o das zonas de pesca, regula�o das espécies alvo, opera�es de pesca e/ou atribui�o de limite de esforço poderão ser modificadas pelo Ministério com competência em matéria de pesca e aqüicultura.	Atualmente o Ministério com competência em matéria de pesca e aqüicultura mudou para o Ministério do Poder Popular de Pesca e Aqüicultura. Os controles de manejo não têm sido modificados desde o ano de 2009.

A normativa inclui uma lista de espécies que podem ser capturadas pela frota industrial PCA, mas quando é comparada com as dez principais espécies (em ordem decrescente na Tabela 5) que foram capturadas durante o período 2015-2018 só duas tem coincidência (*Rhomboplites aurorubens* - pargo vermelho e *Scomberomorus cavala* - peixe rei) e seis pertencem ao grupo dos bagres os quais não foram considerados na normativa. O bagre *Sciades proops* que é a principal espécie capturada não tem na literatura um valor de comprimento mínimo ou máximo estabelecido para sua captura na PCNB.

A normativa também tem grupos de espécies com porcentagem de volume máximo permitido para a frota PCA. No caso dos tubarões, o limite   de 3% o qual foi ultrapassado durante o período 2015-2018 quando foi maior que 10%. Treze (13) espécies foram capturadas pela frota PCA durante o período 2015-2018: *Prionace glauca* (tubarão-azul), *Carcharhinus brevipinna* (tubarão-rotador), *Carcharhinus limbatus* (tubarão-galha-preta), *Carcharhinus acronatus* (tubarão-de-focinho-negro), *Carcharhinus falciformis* (tubarão-lombo-preto), *Ginglymostoma cirratum* (tubarão-enfermeiro), *Isurus paucus* (tubarão cavala), *Mustelus norrisi* (Ca o), *Mustelus higmani* (Ca o) *Rhizoprionodon lalandii* (tubarão-bico-fino-brasileiro), *Sphyrna mokarran* (tubarão-martelo-pan ), *Sphyrna lewini* (tubarão-martelo-recortado) e *Galeocerdo cuvier* (tubarão-tigre). Das 13 espécies três (*Carcharhinus falciformis*, *Sphyrna mokarran* e *Sphyrna lewini*) foram descartadas fazendo cumprimento da

Normativa mediante a qual se ditam as normas técnicas de ordenamento para regular a captura, intercambio, distribuição, comercio e transporte de tubarões (Gazeta da República Bolivariana da Venezuela 2012).

Entre as normas estabelecidas está a obrigação do capitão de barco em aceitar observadores de bordo, para a recopilação de informações sobre as atividades pesqueiras durante as viagens de pesca, mas desde o ano 2019 o Programa Nacional de Observadores de Bordo foi descontinuado como consequência de cortes no financiamento, dificultando as possibilidades de atualizar e/ou incorporar novos controles de manejo.

*Indicadores de desempenho da pescaria de **Sciades proops** capturada pela frota Industrial Polivalente Costa Afuera da Venezuela.*

1. Composição de espécies na pescaria da frota Industrial Polivalente Costa Afuera da Venezuela.

Durante o período 2015-2018, teve uma mudança na composição das espécies capturadas, com um aumento progressivo nas capturas do grupo de espécies bagres, simultâneo a uma diminuição das capturas do grupo de espécies pargos, indicando a necessidade de fazer as medidas de manejo existentes mais restritivas para evitar uma situação de sobrepesca (Tabela 7).

2. Indicador de sustentabilidade de Froese para **Sciades proops**.

O resultado do indicador de Froese revelou que baseados na estrutura de comprimento das capturas da frota industrial PCA durante o ano de 2016, nesse ano a pescaria tinha um status de não sustentável (vermelho).

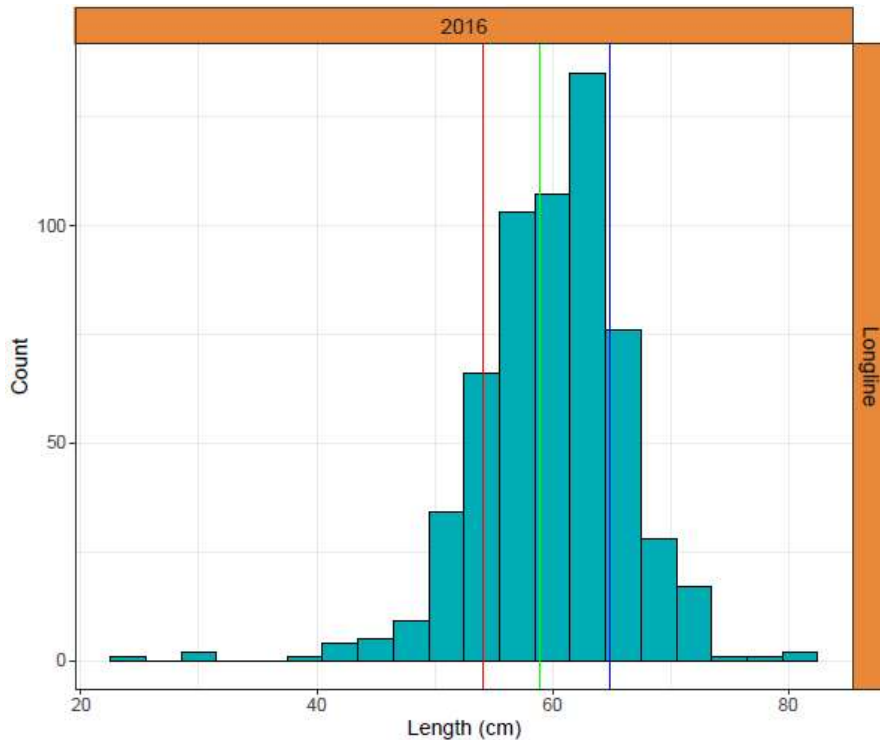


Figura 2. Métricas do Indicador de Froese. Linha vermelha indica comprimento médio de primeira maturação ( $L_{mat}= 54,2$  cm), linha verde indica o comprimento ótimo ( $L_{opt}=58,9$  cm), linha azul indica o comprimento dos mega reprodutores ( $L_{mega}=64,8$  cm).

A figura 2 mostra que o comprimento médio dos indivíduos maduros foi de 54,2 cm ( $L_{mat} =$  linha vermelha) e que 81,9% dos indivíduos capturados eram maduros, mas o ponto de referência alvo (Tabela 3) para essa métrica era >90%. A segunda métrica que foi o comprimento ótimo teve um valor de 58,9 cm ( $L_{opt} =$  linha verde) e 66,9% dos indivíduos capturados tinham comprimento ótimo, mas esse valor está baixo do ponto de referência limite de 80%, indicando que o desempenho da pescaria é inaceitável. Finalmente a métrica referida ao comprimento dos mega reprodutores ( $L_{mega} =$  linha vermelha) teve um valor de 64,8 cm e dos indivíduos capturados 21,1% eram mega reprodutores estando entre o ponto de referência alvo (<30%) e o ponto de referência limite (<20%).

A árvore de toma de decisões ao considerar os valores das três métricas, nos indica que a pescaria estava em status sobrexplotada no ano de 2016 (Tabela 7).



### 3. Tendência da CPUE padronizada de *Sciades proops*

A tendência da CPUE padronizada indica que para o período estudado a pescaria de *Sciades proops* precisaria estar em manejo preventivo para evitar uma situação de sobrepesca (Tabela 7).

Tabela 6. Porcentagem de mudança (P.M) da CPUE padronizada, captura e esforço de pesca (número de anzóis) da pescaria de *Sciades proops* capturados pela frota industrial PCA venezuelana

	2015		2016		2017		2018	
	Valor Ref	Valor	P.M	Valor	P.M	Valor	P.M	
CPUE padronizada	98,66	145,52	+47%	126,92	-13%	101,85	-20%	
Captura	129.988	213.079	+64%	298.176	+40%	291.254	-2%	
Esforço anzóis	966.110	1.270.655	+32%	2.027.040	+60%	2.350.320	+16%	

\*Amarelo: considera manejo preventivo da pescaria, Verde: considera sustentabilidade da pescaria.

Para o ano de 2016, o indicador teve um valor de +47% sendo maior que o valor de referência (maior ou igual que zero que indica estabilidade da CPUE) o que poderia indicar sustentabilidade da pescaria durante esse ano, contrário ao sugerido pelo indicador de Froese, mas se consideramos a mudança de apetrecho evidenciada durante o período de 2015-2018 (Laurent et al. 2020) é para ter se considerado um manejo preventivo (Tabela 7) que é confirmado nos anos seguintes com a diminuição do indicador a -13% e -20% durante os anos de 2017 e 2018 respectivamente, mas ambos valores estavam acima do valor de referência limite de -50% (Tabela 3), o que indicaria que a pescaria precisaria de manejo preventivo para não chegar ao ponto de sobrepesca.

### 4. Tendência das capturas de *Sciades proops*

A tendência das capturas indica que para o período estudado a pescaria de *Sciades proops* precisaria estar em manejo preventivo para evitar uma situação de sobrepesca (Tabela 7).

Os valores dos indicadores dos anos de 2016 e 2017 tiveram um valor acima do valor de referência (maior o igual que zero que indica estabilidade das capturas) de +64% e +40% respectivamente, mas quando consideramos que o ano anterior a 2017 teve um aumento do esforço de pesca, já a partir dos resultados do ano de 2017 deveríamos considerar ter um manejo preventivo (Tabela 7), que é confirmado com a diminuição do indicador no ano de 2018 a -2% por baixo do ponto de

referência alvo, mas ainda acima do valor de referência limite (-50%), ressaltando novamente a necessidade de considerar um manejo preventivo para a pescaria.

Tabela 7. Respostas de manejo baseados na interpretação dos resultados da avaliação e manejo adaptativo multi-indicador da pescaria de *Sciades proops* pela frota industrial PCA venezuelana.

Indicador de desempenho	Resultado da avaliação	Interpretação	Resultado	Resposta de manejo
<b>Composição das espécies objetivo</b>	Mudança na composição das espécies capturadas (menos pargos, mais bagres)	Ecossistema provavelmente não é saudável o suficiente para apoiar a espécie alvo	Amarelo	1. Considere manejo Preventivo fazendo os controles de manejo mais restritivos (ou seja, diminuir o limite de captura, diminuir esforço permitido, adicionar ou modificar certos controles, etc.)  2. Considere implementar um comprimento máximo de captura.
<b>Indicador de Froese</b> <b>L<sub>mega</sub>: 21,1%</b>  <b>L<sub>mat</sub>: 81,9%</b>  <b>L<sub>opt</sub>: 66,9%</b>	Indicador L <sub>mega</sub> está melhor do que o ponto de referência alvo 21% < 30%	Provavelmente aconteceu a mudança de apetrecho para um mais ou menos seletivo ( <b>Amarelo</b> )	Vermelho	
	Alvo > L <sub>mat</sub> > Limite 90% > 82% > 50%	Estocasticidade ambiental afetando a estrutura de comprimento do estoque e da biomassa reprodutora ( <b>Amarelo</b> )		
	L <sub>opt</sub> < Limite 66,9% < 80%	Pressão de pesca alta afetando a estrutura de comprimento do estoque e a biomassa do estoque reprodutor, pescaria em perigo de colapso ( <b>Vermelho</b> )		
<b>CPUE padronizada</b> <b>2016: +47%</b>  <b>2017: -13%</b>	<b>Ano 2016</b> Indicador ≥ Alvo +47% > 0	Mudança para um apetrecho de pesca mais eficiente	Amarelo	
	<b>Ano 2017</b> Alvo > Indicador > Limite 0 > -13% > -50%	1. Estocasticidade ambiental afetando negativamente a estrutura de comprimento do estoque e da biomassa reprodutora 2. Pressão de pesca alta afetando	Amarelo	

<b>Capturas</b>	<b>2018: -20%</b>	<b>Ano 2018</b> Alvo > Indicador > Limite 0 > -20% > -50%	negativamente o estoque reprodutor 1. Estocasticidade ambiental afetando negativamente a estrutura de comprimento do estoque e da biomassa reprodutora 2. Pressão de pesca alta afetando negativamente o estoque reprodutor	Amarelo
	<b>2016: +64%</b> Esforço de pesca: +32%	<b>Ano 2016</b> Indicador ≥ Alvo +64% > 0	Pressão de pesca apropriada para manter ou melhorar a estrutura de comprimento da população e a biomassa do estoque reprodutor	Verde
	<b>2017: +40%</b> Esforço de pesca: +60%	<b>Ano 2017</b> Indicador ≥ Alvo +40% > 0	Esforço de pesca aumentou no ano passado	Amarelo
	<b>2018: -2%</b> Esforço de pesca: +16%	<b>Ano 2018</b> Alvo > Indicador > Limite 0 > -2% > -50%	Pressão de pesca alta afetando negativamente o estoque reprodutor	Amarelo

## Discussão

A pescaria industrial Polivalente Costa Afuera foi uma novidade na Venezuela, porque apesar da existência de pescarias artesanais multi-apetrechos (Mihara 1971), essa foi a primeira iniciativa de uma frota multi-apetrechos operando em escala industrial (Useche 2010). Diante da incerteza dos resultados dessa nova frota, o governo venezuelano teve a proatividade regular o exercício da pescaria industrial, através uma normativa, mesmo sem conhecer a sua dinâmica. No entanto, nossos resultados indicam que as estratégias de manejo propostas e atualmente em vigor, aparentemente não estão ajudando a pescaria a atingir seus objetivos de sustentabilidade

Segundo Laurent et al. (2020), a mudança na composição de espécies foi uma consequência de uma mudança nos apetrechos de pesca utilizados, tendo um aumento na frequência de uso do espinhel de fundo, voltado para a captura de bagres, e uma diminuição no uso de armadilhas, um apetrecho mais seletivo para a captura de pargos. A mudança no uso de apetrechos e consequentemente da composição de espécies capturadas, pode ser sinal de que o ecossistema esteja numa condição não saudável (McDonald et al., 2018) para sustentar os pargos, caracterizados por terem um maior valor comercial em comparação aos bagres (Sumaila et al. 2007).

O aumento na frequência de uso do espinhel de fundo, pode também ter influenciado no aumento das capturas do grupo de tubarões. Na pesca marinha da Venezuela, mais de 100 espécies de tubarões e arraias são capturadas principalmente por apetrechos de pesca com anzol (INSOPESCA, 2013). Os tubarões são considerados um grupo de espécies ao risco de extinção global, uma vez que sua abundância global declinou cerca 71%, desde 1970, como consequência do aumento da pressão relativa de pesca em 18% (Pacoureau et al. 2021).

Os resultados do indicador de Froese recomendam a inclusão de um novo controle de manejo, como o comprimento máximo de captura para proteger os mega-reprodutores (McDonald et al. 2018) de bagre *Sciades proops*. No entanto, o indicador de Froese deve ser considerado com precaução, já que a maioria dos dados da história de vida de *Sciades proops* foram estimados a partir do comprimento assintótico (90 cm) de indivíduos de *do bagre crucifixo* capturados nas águas da Guiana Francesa (Lecomte 1986). Considerando que o comprimento máximo de 100 cm para essa espécie, na PCNB, foi reportado faz mais de 40 anos (Taylor & Menezes 1978) e que o comprimento máximo encontrado nas capturas da frota industrial PCA, do ano de 2016, foi 81 cm, se considerou apropriado usar o valor de 90 cm de comprimento assintótico para estimar os parâmetros utilizados no indicador de Froese.

Contrário ao resultado do Indicador de Froese para *Sciades proops* capturado pela frota industrial PCA venezuelana, na costa da Guiana, as capturas

desta espécie tem impactado negativamente os juvenis devido ao uso de redes de emalhar, apetrecho pouco seletivo para peixes maiores, representando um alto risco para o status do estoque com uma alta susceptibilidade a mortalidade por pesca (Drugan 2019).

É importante considerar que outros fatores podem aumentar a vulnerabilidade da espécie à captura e mortalidade por pesca (Drugan 2019). Por exemplo, a variabilidade ambiental (Tabela 7). Os períodos de estiagem persistentes sobre grande parte do território venezuelano durante o ano de 2015 (Barreto et al. 2018), poderiam influenciar a vazão dos rios, alterando os padrões de salinidade em seus estuários, afetando a distribuição de *S. proops* e afetando na produção pesqueira. Verba et al. (2020), através de um Model Geral Aditivo (GAM), confirmou uma relação positiva entre a temperatura superficial da água e a Captura por Unidade de Esforço (CPUE) de *S. proops*, ou seja, que o bagre apresenta maiores valores de CPUE quando a temperatura na Zona Econômica Exclusiva do Brasil é maior.

Por outro lado, os indicadores de tendências da CPUE padronizada e das capturas de *S. proops*, evidenciaram como o aumento da CPUE e/ou das capturas não é sinônimo de sustentabilidade, já que esses valores apenas constituem um “sintoma extrínseco” do status da população, que poderia ter diversas causas que só podem ser determinadas através do estudo da estrutura etária, evidenciando assim os “sintomas intrínsecos” do status da população (Fonteles 2011).

Desse modo, se os sintomas extrínsecos indicam que a captura total está com uma tendência de crescimento, provavelmente é porque a contribuição do estoque jovem ainda é pequena, e os indivíduos são principalmente de médio e grande porte (sintomas intrínsecos), quando a captura total entra numa fase descendente, se deve a um aumento na participação dos juvenis e o tamanho médio do estoque está em decréscimo (Fonteles 2011).

Neste sentido, o indicador de Froese (sintoma intrínseco) indicou um status não sustentável para a pescaria de *S. proops* capturado pela frota industrial PCA no ano de 2016, mas os indicadores de CPUE padronizada e captura indicavam um status sustentável no mesmo ano. Temos que considerar que o efeito da

sobrepesca sobre a estrutura de comprimento do estoque e da biomassa reprodutora de *Sciades proops* poderia demorar entre um e dois anos em se manifestar como sintoma extrínseco em forma de diminuição da CPUE e/ou capturas, como foi observado nos anos de 2017 e 2018.

Assim, além de estabelecer um comprimento máximo de captura, é necessário considerar como manejo preventivo estabelecer um limite máximo de captura e/ou diminuir o esforço de pesca. Esses valores deveriam ser menores aos valores obtidos no ano anterior (McDonald et al. 2018). Ou seja, para o ano de 2019 o limite máximo de captura deveria ter sido menor que 291 toneladas que foi a captura máxima obtida em 2018, e o esforço de pesca deveria ter sido diminuído a menos de 650 anzóis por espinhel, que foi a média de anzóis utilizados durante o período 2015-2018.

Na Gazeta Oficial da República Bolivariana da Venezuela (2009) se considera que o Estado tem o dever de velar pelo aproveitamento sustentável dos recursos pesqueiros e a proteção dos assentamentos e comunidades de pescadores artesanais, assim como as áreas de pesca, mediante a aplicação de normas adequadas baseadas em estimativas da potencialidade dos recursos hidrobiológicos, assim como no estado de exploração e importância social para a alimentação da população. Nesse sentido, é dever do INSOPESCA desenvolver novas propostas técnicas de ordenamento de caráter imperativo e obrigatório, para ser apresentadas diante do Ministério do Poder Popular de Pesca e Aquicultura para sua aprovação e publicação.

Se o limite máximo de captura é definido corretamente e os incentivos aos pescadores estão alinhados, o limite de captura é a forma mais direta de controlar a mortalidade por pesca. Para o seguimento e controle das regras de manejo da pescaria, seriam necessários series temporais de captura e esforço que já estão sendo coletadas pelo Programa Nacional de Diários de Bordo (formulários preenchidos pelos capitães de barco). Também se precisaria de informações da produtividade do estoque baseados na estrutura de comprimentos, que eram coletados pelo Programa Nacional de Observadores de Bordo que foi interrompido. Em seu lugar poderia ser estabelecido um Programa de Amostragem em Porto para

a medição de comprimento dos peixes desembarcados. Este novo Programa teria um orçamento associado, mas seria inferior ao orçamento necessário para o Programa de Observadores de Bordo.

A ferramenta AFAM cumpriu o seu objetivo de auxiliar na avaliação do estoque e na proposição de medidas de manejo para pescarias com dados limitados. Ao mesmo tempo, a existência de vários indicadores de desempenho, além de informações qualitativas da pescaria, foram fundamentais para a melhor compreensão do status da pescaria industrial PCA da Venezuela.

É importante destacar que a pescaria da frota industrial PCA venezuelana é multiespecífica, e próximos estudos deveriam considerar uma abordagem ecossistêmica e avaliar mais de uma espécie capturada. Assim, seria possível identificar antecipadamente sinais de sobrepesca ao determinar mudanças nas capturas de uma espécie alvo para outra.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro e ao Ministério do Poder Popular de Pesca y Acuicultura e ao Instituto Socialista de Pesca y Acuicultura pela cooperação e disponibilização dos dados utilizados neste estudo.

## Referências

- Barreto, M., Cróquer, A., Gíner, S., Guada, H., Villamizar, E., Yranzo, A. 2018. Ecosistemas Marino-Costeros. In A. Villamizar, E. Buroz, R. Lairer & J. Gómez, editores. Primer Reporte Académico de Cambio Climático 2018: Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Primer Reporte Académico de Cambio Climático (PRACC) de la Secretaría Académica de Cambio Climático (SACC) de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (ACFIMAN) de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Berkes, F., Mahon, R., McConney, P., Pollnac, R., Pomeroy, R. 2001. Managing Small-scale Fisheries. International Development Research Centre. Ottawa, Canadá.
- Cervigón, F. 2005. La ictiofauna marina de Venezuela: Una aproximación ecológica. *Bol. Int. Oceanogr. Venezuela*, 44(1): 3-28.
- Cheung, W., Pitcher, T. & Pauly, D. 2005. A fuzzy logic expert system to estimate intrinsic extinction vulnerabilities of marine fishes to fishing. *Biological Conservation*, 124: 97-111.
- Cope, J. & Punt, A. 2009. Length-based reference points for data limited situations: applications and restrictions. *Mar. Coast. Fish.*, 1: 169-186. <https://dx.doi.org/10.1577/C08-025.1>.
- Drugan, J. 2019. Environmental Sustainability Assessment: Guyana artisanal groundfish fisheries. Report prepared for Conservation International and FAO CLME+ Shrimp and Groundfish Project. 41 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1995. *Code of conduct for responsible fisheries*. FAO, Rome.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2005. *Fishery country profile: La República Bolivariana de Venezuela*. FAO, Rome.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2001. Report of the Meeting of Fisheries Managers and Ministers of the WECAFC ad hoc Working Group on Shrimp and Groundfish Resources in the Brazil-Guianas Shelf (Port of Spain, Trinidad and Tobago, 26–29 March 2001). *FAO Fisheries and Aquaculture Report*, 650.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2021. Report of the Third Meeting of the WECAFC/CRFM/IFREMER Working Group on the Shrimp and Groundfish of the Northern Brazil-Guianas Shelf, Paramaribo, Suriname, 26-27 November 2019. *FAO Fisheries and Aquaculture Report*, R1330. Bridgetown. <https://doi.org/10.4060/cb2365en>
- Fonteles, A. 2011. Oceanografía, biología, e dinámica populacional de recursos pesqueiros. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora.
- Froese, R. 2004. Keep it simple: three indicators to deal with overfishing. *Fish and Fisheries*, 5:86-91. <https://dx.doi.org/10.1111/j.1467-2979.2004>.
- Froese, R. & Binohlan, C. 2000. Empirical relationship to estimate asymptotic length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes with a simple method to evaluate length frequency data. *Journal of Fish Biology*, 56(4): 758-773. [10.1111/j.1095-8649.2000.tb00870.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2000.tb00870.x)
- Froese, R., Palomares, M., & Pauly, D. 2005. Estimation of Life-History Key Facts. FishBase. Disponível em:



- <[https://www.fishbase.de/popdyn/KeyfactsSummary\\_3.php?ID=955&GenusName=Sciades&SpeciesName=proops&vStockCode=971&fc=145&var\\_tm=1.5](https://www.fishbase.de/popdyn/KeyfactsSummary_3.php?ID=955&GenusName=Sciades&SpeciesName=proops&vStockCode=971&fc=145&var_tm=1.5)>. Acessado em: 26 fevereiro 2021.
- Gazeta Oficial da República da Venezuela 39.295. 2009. Caracas. Disponível em: <<http://www.juris-line.com.ve/data/files/402.pdf>>. Acessado em: 26/02/2021.
- Gazeta Oficial da República da Venezuela 39.947. 2012. Caracas. Disponível em: <<http://www.juris-line.com.ve/data/files/2126.pdf>>. Acessado em: 29/03/2021.
- Goetze, J., Langlois, T., Egli, D., Harvey, E. 2011. Evidence of artisanal fishing impacts and depth refuge in assemblages of Fijian reef fish. *Coral Reefs*, 30 (2): 507-517. <https://doi.org/10.1007/s00338-011-0732-8>.
- Harper, S., Frotté, L., Veitch, L. & Zeller, D. 2015. Reconstruction of marine fisheries catches for French Guiana from 1950-2010. *University of British Columbia, Fisheries Centre Working Paper 07*, Vancouver.
- Harford, W., Gedamke, T., Babcock, E., Carcamo, R., McDonald, G., & Wilson, J. 2016. Management strategy evaluation of a multi-indicator adaptive framework for data-limited fisheries management. *Bulletin of Marine Science*, 92(4):423-445. <https://dx.doi.org/10.5343/bms.2016.1025>.
- Hilborn, R. & Walters, C. 1992. Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics and uncertainty. Chapman & Hall, New York.
- Hornby, C., Harper, S., MacDonald, J. & Zeller, D. 2015. Reconstruction of Suriname's marine fisheries catches from 1950-2010. *University of British Columbia, Fisheries Centre Working Paper 49*, Vancouver.
- INSOPESCA. 2013. Plan de acción nacional para el aprovechamiento sustentable de tiburones en Venezuela. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/br385s/br385s.pdf>>. Acessado em: 29/03/2021.
- Jeffers, J. 1982. Modelling: outline studies in ecology. Springer, Netherlands, 80 pp.
- Laurent, C., Santos-Aguiar, J., Ferreira, E., Evaristo, E. & Freitas, C. 2020. Spatial and Temporal Distribution of a Multiple Gear Fishing Fleet Exploiting the Caribbean Sea and North Brazil Shelf Large Marine Ecosystems. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science* 12:100–112.
- Le Bail, P., Keith, P. & Planquette, P. 2000. Atlas des poissons d'eau douce de Guyane. Tome 2, Fascicule II: Siluriformes. Collection Patrimoines Naturels 43(II): 307p. Paris: Publications scientifiques du Muséum national d'Histoire naturelle.
- Lecomte, F., Meunier, F., & Rojas-Beltrán, R. 1986. Données préliminaires sur la croissance de deux téléostéens de Guyane, *Arius proops* (Ariidae, Siluriformes) et *Leporinus friderici* (Anostomidae, Characoidei). *Cybium*, 10(2): 121-134.
- Longhurst, A. 1998. Ecological Geography of the Sea. Academic Press, London.
- MacDonald, J., Harper, S., Booth, S., & Zeller, D. 2015. Guyana Fisheries Catches: 1950-2010. *University of British Columbia, Fisheries Centre Working Paper 21*, Vancouver.
- Marceniuk, A. & Menezes, N. 2007. Systematics of the family Ariidae (Ostariophysi, Siluriformes), with a redefinition of the genera. *Zootaxa*, 1416:1-126.
- McDonald, G., Campbell, S., Karr, K., Clemence, M., Granados-Diesedorff, P., Jakub, R., Kartawijaya, T., Mueller, J., Prihatinningsih, P., Siegel, K.,

- Syaifudin, Y. 2018. An adaptive assessment and management toolkit for data-limited fisheries. *Ocean and Coastal Management*, 152: 100-119. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.11.015>
- McDonald, G., Harford, B., Arrivillaga, A., Babcock, E., Carcamo, R., Foley, J., Fujita, R., Gedamke, T., Gibson, J., Karr, K., Robinson, J., Wilson, J. 2017. An indicator-based adaptive management framework and its application to data-limited fisheries in Belize. *Marine Policy*, 76: 28-37. <http://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.11.027>
- Mendoza, J. 2015. Rise and fall of Venezuelan industrial and artisanal marine fisheries: 1950–2010. *University of British Columbia, Fisheries Centre Working Paper 27*, Vancouver.
- Mihara, T. *Artes y métodos de pesca para las pesquerías venezolanas. Primera parte - consideraciones generales*. Proyecto MAC-PNUD-FAO, Inf. Tec, n. 37, 1971.
- Novoa, D., Mendoza, J., Marcano, L., Cárdenas, J., 1998. El Atlas Pesquero Marítimo de Venezuela. SARPA, Caracas, 197 pp.
- Pacoureau, N., Rigby, C., Kyne, P., Sherley, R., Winker, H., Carlson, J., Fordham, S., Barreto, R., Fernando, D., Francis, M., Jabado, R., Herman, K., Liu, K., Marshall, A., Pollom, R., Romanov, E., Simpfendorfer, C., Yin, J., Kindsvater, H. & Dulvy, N. 2021. Half a century of global decline in oceanic sharks and rays. *Nature*, 589: 567-571.
- Pauly D.; Zeller D. & Palomares M. (Editors), 2020. Sea Around Us Concepts, Design and Data ([seararoundus.org](http://seararoundus.org)).
- R Core Team. 2020. R: A Language and environment for statistical computing. R foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Schaefer, M. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries. *Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm.*, 53 (1): 25 – 56.
- Sparre, P. & Venema, S. 1997. Introdução à avaliação de mananciais de peixes tropicais. FAO, Roma, 404pp.
- Sumaila R., Marsden, A., Watson, R. & Pauly, D. 2007. A global ex-vessel price database: construction and applications. *Journal of Bioeconomics*, 9:39-51. <https://doi.org/10.1007/s10818-007-9015-4>
- Useche, J.D. *Reconversión de la flota pesquera de arrastre en venezuela. antecedentes esperados, realidad y retos para el mercado asegurador*. V Congreso Portuario Internacional y I Jornadas de Derecho sobre Seguros Marítimos y Portuarios. Caracas, 2010.
- Taylor, W. & N. Menezes. 1978. Ariidae. In W. Fischer (ed.) Fao species identification sheets for fishery purposes. West Atlantic (Fishing area 31). FAO, Rome.
- Novoa, D., Mendoza, J., Marcano, L., Cárdenas, J., 1998. El Atlas Pesquero Marítimo de Venezuela. SARPA, Caracas, 197 pp.
- Cervigón, F. 2005. La ictiofauna marina de Venezuela: Una aproximación ecológica. *Bol. Int. Oceanogr. Venezuela*, 44(1): 3-28.
- Verba, J., Pennino, M., Coll, M. & Lopes, P. 2020. Assessing drivers of tropical and subtropical marine fish collapses of Brazilian Exclusive Economic Zone.

*Science of the Total Environment*, 702: 1-9.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134940>

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta tese analisou a atuação da frota industrial Polivalente Costa Afuera venezuelana, através da caracterização da frota e seu desempenho, descrição das principais espécies capturadas e a avaliação da abundância relativa do bagre *Sciades proops* como espécie alvo e a sustentabilidade biológica de sua pesca. Visando primeiramente servir como base para que o Instituto Socialista de Pesca e Aquicultura (INSOPESCA) da Venezuela, possa criar as medidas de gestão necessárias para o manejo bem-sucedido da frota industrial Polivalente Costa Afuera e, em segundo lugar, servir de referência para outros estudos e a geração de informações pertinentes que permitam estimar com maior certeza o que pode vir a ocorrer com a pesca e, dessa forma, incrementar a eficácia do manejo pesqueiro.

Os resultados obtidos nos capítulos I e II foram utilizados como dados de entrada da ferramenta para Avaliação e Manejo Adaptativo de Pescaria (AFAM), que foi executada no capítulo III e, assim, responder a hipótese central desta tese: A pesca de *Sciades proops* pela frota industrial PCA, sediada no Estado Sucre, Venezuela durante o período de 2015 a 2018 é sustentável.

No primeiro capítulo, identificamos que a frota industrial PCA atua principalmente na Plataforma Continental do Norte do Brasil, e que essa pescaria teve uma mudança no uso de apetrechos de pesca, passando de usar vários tipos de apetrechos simultaneamente a só usar um tipo, com preferência para o espinhel de fundo. Esta mudança impactou na composição específica das capturas, incrementando as capturas do grupo bagres (capturados com espinhel de fundo) e diminuindo as capturas do grupo pargos (capturados com armadilhas), esse último grupo com um maior valor comercial, observando-se que o processo de substituição de espécies-alvo teve raízes econômicas, provavelmente pela sobre-exploração do grupo de pargos. Já para o ano de 2018, se evidenciou um efeito negativo do incremento do esforço de pesca do espinhel de fundo sobre as capturas (principalmente bagres) o que poderia ser um reflexo de mudanças na dinâmica populacional dos estoques de pesca explorados seja pela pressão de pesca e/ou por mudanças ambientais. Finalmente em comparação com a frota industrial de arrasto que também atuou na PCNB, esta gerou no ano de 2000 aproximadamente

11.200 toneladas métricas que incluíram 41 espécies, e mais de 15 anos depois na mesma região a frota industrial PCA em 4 anos só tem conseguido capturar aproximadamente 5.000 toneladas métricas incluindo 81 espécies, pelo que é necessário avaliar não só a sustentabilidade biológica desta pescaria mais também a sustentabilidade económica.

No segundo capítulo, visando a avaliação da sustentabilidade biológica da principal espécie capturada pela frota industrial PCA, o bagre *Sciades proops*, foi criado um índice de abundância relativa através da padronização da CPUE considerando variações estacionais, espaciais e no comprimento dos barcos, evidenciando-se um aumento no índice de abundância relativa no ano de 2016, para logo decrescer progressivamente nos anos de 2017 e 2018. Uma vez mais indicando a necessidade de avaliar o status deste estoque. De igual forma, se identificou a obrigação de em próximos estudos, além de considerar as variáveis já mencionadas, incluir variáveis ambientais como a temperatura por exemplo, na modelagem da taxa de captura de *Sciades proops*, devido as notórias mudanças climáticas que vem acontecendo no mundo e que podem influenciar sobre a dinâmica dos recursos pesqueiros.

No terceiro e último capítulo, foi avaliada a sustentabilidade biológica da pescaria de *Sciades proops* capturado pela frota industrial PCA. Se identificou que a pesca desta espécie na PCNB está possivelmente num status de sobre-exploração, onde a alta pressão de pesca está afetando negativamente a biomassa do estoque reprodutor. Neste sentido se recomenda considerar fazer manejo preventivo diminuindo o limite de captura e o esforço de pesca permitido, além de adicionar como controle um comprimento máximo de captura para a espécie *Sciades proops*. Se espera que estas recomendações sejam utilizadas pelos órgãos governamentais competentes em matéria de pesca para criar medidas de gestão que visem a sustentabilidade biológica, e ratificar a importância dos programas de recolocção de dados pesqueiros existentes (diários de bordo), além de sinalizar a necessidade da criação de outros programas como um Programa de Amostragem em Porto para a medição do comprimento dos peixes desembarcados e o melhoramento na identificação das espécies que compõem as capturas desta frota.

É também importante encaminhar estudos que possam esclarecer a sustentabilidade econômica da pescaria.

Finalmente, um dos principais desafios da pesca na PCNB, consiste em que a maioria das espécies de peixes exploradas são compartilhadas com outros países, sendo necessário uma abordagem regional para ter uma produção pesqueira sustentável. Neste sentido, foi criado o Grupo de Trabalho sobre a Plataforma Continental do Norte do Brasil, com o fim de gerar informações científicas e conselhos de gestão para o manejo sustentável das pescarias de camarão e peixes demersais na PCNB e assim servir como base para construir uma abordagem regional de manejo. Mas esse fim se torna difícil sem a participação de todos os países nas reuniões do Grupo e sem a contribuição de novos dados pesqueiros. Assim, se recomenda fortemente a participação de Venezuela nas próximas reuniões do Grupo, assim como a geração de informações pertinentes para o manejo sustentável das pescarias que o país mantém na PCNB.