



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

KEROLEN ROSA DAS NEVES

**EVENTOS CLIMÁTICOS DE LARGA ESCALA AFETAM A  
PRODUÇÃO DA PESCA DE CAMARÕES OCEÂNICOS NO SUL DO  
BRASIL**

MOSSORÓ

2020

KEROLEN ROSA DAS NEVES

**EVENTOS CLIMÁTICOS DE LARGA ESCALA AFETAM A  
PRODUÇÃO DA PESCA DE CAMARÕES OCEÂNICOS NO SUL DO  
BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Queiroz de Albuquerque

Co-orientador: Prof. Dr. Fúlvio Freire

MOSSORÓ

2020

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N511e | <p>Neves, Kerolen Rosa das.</p> <p>Eventos climáticos de larga escala afetam a produção da pesca de camarões oceânicos no Sul do Brasil / Kerolen Rosa das Neves. - 2020. 49 f. : il.</p> <p>Orientador: Cristiano Queiroz Albuquerque. Coorientador: Fúlvio Aurélio de Moraes Freire. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação, 2020.</p> <p>1. Aquecimento global. 2. Mudanças climáticas. 3. Produção pesqueira. 4. Pesca de camarões. 5. Flutuações sazonais e interanuais. I. Albuquerque, Cristiano Queiroz, orient. II. Freire, Fúlvio Aurélio de Moraes, co-orient. III. Título.</p> |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

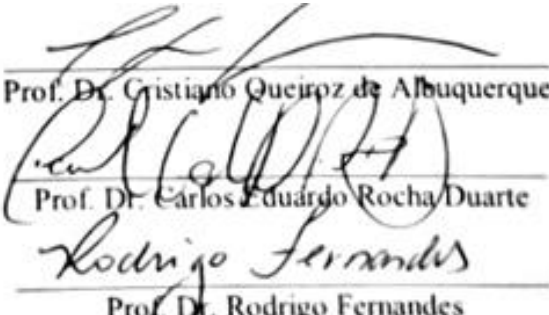
**EVENTOS CLIMÁTICOS DE LARGA ESCALA AFETAM A  
PRODUÇÃO DA PESCA DE CAMARÕES OCEÂNICOS NO SUL DO  
BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos

Aprovada em: 27 / 02 / 2020

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Cristiano Queiroz de Albuquerque  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Rocha Duarte  
Prof. Dr. Rodrigo Fernandes

*Aos meus sobrinhos e sobrinha do coração (in memoriam), por serem minha maior  
alegria e saudade.*

DEDICO

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador Prof. Dr. Cristiano Queiroz de Albuquerque pela confiança e exemplo como coordenador, professor e pesquisador. Por ter me acolhido generosamente no Nordeste e no laboratório, serei eternamente grata.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

A Universidade Federal Rural do Semiárido e ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação- PPGEC por ter possibilitado o desenvolvimento deste estudo.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Fúlvio Freire por me receber na UFRN, pelos ensinamentos sobre estatística, pelas discussões e sugestões.

Ao Prof. Dr. Cláudio Moisés do Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas-UFRN, por ter aceitado me ajudar, estando sempre disposto a tirar dúvidas.

A todos aqueles que contribuíram na coleta e divulgação de dados pesqueiros nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

À disciplina de Comunicação Científica do PPGEC pelas recomendações, dicas de preparação e escrita.

Ao Prof. Dr. Humberto Hazin pelas reflexões e sugestões estatísticas.

Ao Dr. Vinicius Condini pelas sugestões e por me apoiar desde a graduação.

Aos professores e funcionários do Centro de Estudos da Pesca e Aquicultura Sustentável (CEPAS), especialmente pelos cafezinhos.

Aos membros da banca deste trabalho por aceitarem o convite e pelas contribuições, Prof. Dr. Carlos Eduardo e Prof. Dr. Rodrigo Fernandes.

Deixo aqui registrado os meus profundos agradecimentos a todos citados acima que contribuíram para realização deste trabalho. Faço agora um agradecimento especial as seguintes pessoas que estiveram ao meu lado ao longo desses dois anos:

Aos meus pais, Tania e Marcos, por serem meus maiores incentivadores e por tudo o que fizeram e fazem para que eu alcance meus objetivos.

Aos meus irmãos Maicon, Junior, Keli e Kerolaine por me apoiarem em tudo.

Às minhas avós por serem exemplos de mulheres fortes e corajosas!!!!

À minha duplinha e amigo Ray, por estar desde o princípio ao meu lado, por me ensinar tanto, por dividir o apê, os costumes “nordestinos”, as aflições e as alegrias comigo.

À minha grande amiga Grazy, por me acolher e ser tão singular, pelos conselhos e desabafos, por tantos momentos compartilhados. Guria, tu és um ser humano incrível!

À minha “anfitriã” em Mossoró e Fortaleza: Luysa por me hospedar tantas vezes, pelas coletas (especialmente em Canoa), pelos bate-papos e por ser tão divertida.

Aos colegas do mestrado Batista, Dulci, Michael, Robério e Xandim muito obrigado por compartilharem esse momento comigo!

Aos amigos Gus, Jeff, Paulinha, Bruna, Delly e Teffa que apesar da distância estiveram presentes de alguma forma sempre que precisei.

À Caline e ao Berg por me acolherem como filha em Natal e por me ensinarem tantas coisas.

A congregação de Ponta Negra- Natal por ser tão amorosa e hospitaleira. Particularmente as gurias Gabi, Raíca, Dayse, Mayara, Jana e Marciana. Agradeço a vocês pelos tantos campos rurais, reuniões, revisitas, confraternizações, desabafos e por tornaram os dias longe de casa mais leves e divertidos.

Em especial, agradeço ao meu Deus Jeová por me tornar tudo que foi necessário para concluir essa etapa da minha vida acadêmica. Principalmente pela saúde, autodomínio, paz e paciência.

## RESUMO

Efeitos das mudanças climáticas têm sido observados em várias partes do mundo, entre eles, destaca-se o aquecimento anormal dos oceanos. Essa condição pode afetar a abundância e a distribuição das espécies, consequentemente alterar a produção da pesca em vários lugares do mundo. Com base em dados mensais oriundos da pesca comercial industrial entre 2000-2018 (18 anos), este estudo investigou a variabilidade temporal das capturas de duas espécies de camarões de origem subantártica (*Artemesia longinaris* e *Pleoticus muelleri*) no Atlântico Sul Subtropical (Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, Sul do Brasil) e sua relação com índices climáticos dominantes na América do Sul. Os Modelos Aditivos Generalizados Mistos revelaram que a temperatura teve um efeito positivo na abundância relativa do *A. longinaris*, sendo que as melhores capturas foram explicadas com valores acima de 22° C. Um padrão oposto foi observado para *P. muelleri*, as maiores capturas ocorreram em águas frias com temperaturas inferiores a 20 °C. Além disso, *A. longinaris* foi influenciado positivamente, enquanto que *P. muelleri* negativamente por índices climáticos associados a eventos quentes, como: a fase positiva do Modo Meridional do Atlântico e negativa do Índice de Oscilação do Sul (*El Niño*). Identificamos que *A. longinaris*, aumentou sua abundância em anos associados a eventos quentes de *El Niño* intenso (2015-2016). Antagonicamente, houve uma menor abundância de *P. muelleri* em anos de *El Niño* intenso. É possível que as flutuações da abundância relativa de ambas as espécies no período de 2000-2018 estejam associadas a aspectos climáticos que podem interferir no ciclo de vida e abundância dos camarões estudados. Nossos resultados demonstram que a temperatura da água é um importante modulador da produção dos camarões oceânicos *A. longinaris* e *P. muelleri*. Além disso, que seu efeito não se restringe apenas à variação sazonal, mas que também provoca flutuações interanuais na produção pesqueira desses camarões. Neste contexto, em um cenário de aquecimento global, a distribuição e abundância das espécies dependerá de sua tolerância térmica. Sob tais circunstâncias, provavelmente a abundância natural do camarão *P. muelleri* será reduzida, o que deve trazer consequências na teia trófica e na economia da pesca no Sul do Brasil.

**Palavras-chave:** Aquecimento global, mudanças climáticas, produção pesqueira, pesca de camarões, flutuações sazonais e interanuais.



## ABSTRACT

Effects of climate change are observed in various parts of the world, including the reduction or abnormal warming of the oceans. This condition can affect the abundance and distribution of species, consequently altering the production of fishing in various places in the world. Based on monthly data from commercial fishing between 2000-2018 (18 years old), this study investigated the temporal variability of catches of two species of shrimp of subantarctic origin (*Artemesia longinaris* and *Pleoticus muelleri*) in the Subtropical South Atlantic (States of Rio Grande do Sul and Santa Catarina, Southern Brazil) and their relationship with dominant climatic indices in South America. The Mixed Generalized Additive Models revealed that the temperature had an increasing positive effect on the relative abundance of *A. longinaris*, with the best catches being explained with values above 22 ° C. An opposite pattern was observed for *P. muelleri*, the largest catches occurred in cold waters with temperatures below 20 ° C. In addition, *A. longinaris* was positively influenced, while *P. muelleri* was negatively influenced by climatic indices associated with hot events, such as: the positive phase of the Southern Atlantic Mode and negative of the Southern Oscillation Index (El Niño). We identified that *A. longinaris* increased its abundance in years associated with hot El Niño events (2015-2016). In contrast, there was less abundance of *P. muelleri* in years of intense El Niño. It is possible that fluctuations in the relative abundance of both species in the period 2000-2018 are associated with climatic aspects that may interfere with the life cycle and abundance of the studied shrimp. Our results demonstrate that water temperature is an important modulator of the production of *A. longinaris* and *P. muelleri* ocean shrimp. In addition, its effect is not restricted to seasonal variation, but also causes interannual fluctuations in shrimp fishery production. In this context, in a global warming scenario, the distribution and abundance of species will depend on their thermal tolerance. Under these circumstances, the natural abundance of *P. muelleri* shrimp is likely to be reduced, which should have consequences for the trophic network and the fishing economy in southern Brazil.

**Keywords:** Global warming, climate change, fishery production, shrimp fishing, seasonal and interannual fluctuations.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1:</b> Mapa da área de estudo com destaque para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, na região Sul do Brasil.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 9  |
| <b>Figura 2:</b> Operação de pesca de tangones com rede de arrasto.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 10 |
| <b>Figura 3:</b> (A) Efeito do Modo Meridional do Atlântico (AMM), (B) da Temperatura da Superfície do Mar (SST) e (C) do Índice de oscilação do Sul (SOI) na LPUE <i>A.longinaris</i> , no Estado do RS entre os anos de 2000 a 2018. A linha sólida é a tendência (valor previsto) e a sombra em cinza representa o intervalo aproximado de confiança de 95%. As pequenas linhas ao longo do eixo “x” representam a localização das amostras no gráfico. .... | 15 |
| <b>Figura 4:</b> (A) Efeito do Modo Meridional do Atlântico (AMM) e (B) da Temperatura da Superfície do Mar (SST) na LPUE do <i>P.muelleri</i> , no Estado do RS entre os anos de 2000 a 2018. A linha sólida é a tendência (valor previsto) e a sombra em cinza representa o intervalo aproximado de confiança de 95%. As pequenas linhas ao longo do eixo “x” representam a localização das amostras no gráfico. ....                                         | 16 |
| <b>Figura 5:</b> (A) Efeito do Modo Meridional do Atlântico (AMM), (B) da Temperatura da Superfície do Mar (SST) e (C) do Índice de oscilação do Sul (SOI) na LPUE <i>A.longinaris</i> , no Estado do SC entre os anos de 2000 a 2018. A linha sólida é a tendência (valor previsto) e a sombra em cinza representa o intervalo aproximado de confiança de 95%. As pequenas linhas ao longo do eixo “x” representam a localização das amostras no gráfico. .... | 18 |
| <b>Figura 6:</b> (A) Efeito do Modo Meridional do Atlântico (AMM), (B) do Modo Anular do Sul e (C) Temperatura da Superfície do Mar (SST) na LPUE <i>P.muelleri</i> , no Estado do SC entre os anos de 2000 a 2018. A linha sólida é a tendência (valor previsto) e a sombra em cinza representa o intervalo aproximado de confiança de 95%. As pequenas linhas ao longo do eixo “x” representam a localização das amostras no gráfico. ....                    | 19 |
| <b>Figura 7:</b> Séries temporais das variáveis ambientais (A e C) SST, (B e D) intensidade do vento, (E) AMM, (F) SAM e (G) SOI entre os anos de 2000 a 2018. As linhas contínuas representam as tendências encontradas com regressão ponderada, enquanto as linhas pontilhadas mostram o intervalo de confiança de 95% gerados com a técnica de bootstrap. ....                                                                                               | 20 |

**Figura 8:** Tendências anuais encontradas com modelo GAMMs, para séries de LPUE do *A.longinaris* (A) e *P.muelleri* (B), no Estado do RS entre os anos de 2000 a 2018. A linha sólida é a tendência (valor previsto) e a linha tracejada representa o intervalo aproximado de confiança de 95%. As pequenas linhas ao longo do eixo “x” representam a localização das amostras no gráfico. .... 21

**Figura 9:** Tendências anuais encontradas com modelo GAMMs, para séries de LPUE do *A.longinaris* (A) e *P.muelleri* (B), no Estado de SC entre os anos de 2000 a 2018. A linha sólida é a tendência (valor previsto) e as linhas tracejadas representam o intervalo aproximado de confiança de 95%. As pequenas linhas ao longo do eixo “x” representam a localização das amostras no gráfico. .... 22

**Figura 10:** Tendências mensais encontradas com modelo GAMMs, para séries de LPUE do *A.longinaris* (A) e *P.muelleri* (B) no Estado do Rio Grande do Sul entre os anos de 2000 a 2018. A linha sólida é a tendência (valor previsto) e as linhas tracejadas representam o intervalo aproximado de confiança de 95%. As pequenas linhas ao longo do eixo “x” representam a localização das amostras no gráfico. .... 23

**Figura 11:** Tendências mensais encontradas com modelo GAMMs, para séries de LPUE do *A.longinaris* (A) e *P.muelleri* (B) no Estado de Santa Catarina entre os anos de 2000 a 2018. A linha sólida é a tendência (valor previsto) e as linhas tracejadas representam o intervalo aproximado de confiança de 95%. As pequenas linhas ao longo do eixo “x” representam a localização das amostras no gráfico. .... 23

**Figura 12:** Tendências mensais encontradas com modelo GAMMs, para séries de SST nos Estados do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC) entre os anos de 2000 a 2018. A linha sólida em cada parcela é a tendência, a sombra em cinza representa o intervalo aproximado de confiança de 95% e os pontos representam as amostragens... 24

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1:</b> Sumário das variáveis explicativas selecionadas com os GAMMs, para o <i>A. longinarius</i> , no Rio Grande do Sul. Para cada termo é apresentado os graus de liberdade (GL), o valor de F (F) e o valor-p ( $P > F$ ), baseado no teste F..... | 14 |
| <b>Tabela 2:</b> Sumário das variáveis explicativas selecionadas com os GAMMs, para o <i>P. muelleri</i> , no Rio Grande do Sul. Para cada termo é apresentado os graus de liberdade (GL), o valor de F (F) e o valor-p ( $P > F$ ), baseado no teste F.....    | 16 |
| <b>Tabela 3:</b> Sumário das variáveis explicativas selecionadas com os GAMMs, para o <i>A. longinarius</i> , em Santa Catarina. Para cada termo é apresentado os graus de liberdade (GL), o valor de F (F) e o valor-p ( $P > F$ ), baseado no teste F. ....   | 17 |
| <b>Tabela 4:</b> Sumário das variáveis explicativas selecionadas com os GAMMs, para o <i>P. muelleri</i> , em Santa Catarina. Para cada termo é apresentado os graus de liberdade (GL), o valor de F (F) e o valor-p ( $P > F$ ), baseado no teste F. ....      | 18 |

## SUMÁRIO

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 1.INTRODUÇÃO .....        | 6  |
| 2. OBJETIVOS .....        | 8  |
| 3.MATERIAL E MÉTODOS..... | 9  |
| 4.RESULTADOS .....        | 14 |
| 5.DISSCUSSÃO .....        | 25 |

## 1.INTRODUÇÃO

Efeitos das mudanças climáticas são observados em várias partes do mundo, entre eles, aquecimento anormal dos oceanos e ondas de calor extremas (RANDALL, 2007; MARENGO,2006; MARENGO,2011). Ainda que nas últimas centenas de milhares de anos a terra tenha passado por ciclos naturais e periódicos de aquecimento e resfriamento (BASAK *et al.*, 2018), nos últimos 50 anos vem ocorrendo uma intensificação do aquecimento em escala global (CAVALCANTI *et al.*, 2009; BARANGE *et al.*, 2018). Eventos extremos de temperatura são estudados através de modelos de interação oceano-atmosfera e são resumidos em índices climáticos, os quais reduzem variabilidades climáticas temporais e espaciais complexas em medidas simples (STENSETH *et al.*, 2003). Alguns desses índices indicam variações climáticas globais, como por exemplo, o índice de oscilação do sul (SOI, do inglês- *Southern Oscillation Index*) que fornece informações sobre a intensidade de eventos quentes (*El Niño*) ou frios (*La Niña*) sobre o Oceano Pacífico (GRIMM *et al.*, 1998, 2000, *Climate Monitoring* /NOAA 2020).

Além do SOI, eventos climáticos de larga escala como o Modo Anular do Sul (SAM, do inglês- *Southern Annular Mode* ) e Modo Meridional do Atlântico (AMM, do inglês- *Atlantic Meridional Model* ) exercem forte influência sobre o clima da América do Sul (CAMPOS *et al.*,2012). O índice climático SAM está relacionado com as características de eventos do tipo *El Niño* e *La Niña* (VASCONCELLOS e CAVALCANTI, 2010; VASCONCELLOS *et al.*, 2019). O índice AMM, por sua vez, é caracterizado por um gradiente meridional de anomalias na Temperatura da Superfície do Mar (SST, do inglês- *Sea Surface Temperature* ) (CHANG *et al.*, 1997). O padrão desses modos climáticos tem sofrido alterações nos últimos anos, o que tem sido atribuído ao aquecimento global (IPCC,2018). Visto que os modos de variabilidade climática apresentam influência considerável sobre os processos ecológicos em geral, é provável que mudanças nos padrões climáticos globais venham a afetar a biodiversidade, a abundância e a distribuição das espécies tanto em meio terrestre quanto aquático (PEREIRA *et al.*,2010; BARANGE *et al.*, 2018). Consequentemente, haverá alterações da produtividade pesqueira em vários lugares do mundo (MAYNOU, 2008; ALLISON *et al.*, 2009; LOPES *et al.* ,2017).

Alterações climáticas desencadeadas pelo aquecimento global podem afetar fatores ambientais que são moduladores da abundância de camarões, como a precipitação, temperatura e a salinidade (YE *et al.*, 1999; LOPES *et al.*, 2017; FAO, 2018). A pesca de crustáceos decápodes é uma atividade extrativa de grande importância mundial, onde as espécies de camarões pertencentes à superfamília Penaeoidea apresentam-se como as mais importantes economicamente (CHAN, 1998; FAO, 2014, FAO 2018). Van de Kerk e colaboradores (2016) demonstraram como variações climáticas podem influenciar na estratégia reprodutiva de peneídeos que têm seus ciclos de vida associados a baías costeiras, no Sudeste dos EUA. No equador do Brasil, oscilações na SST e na precipitação foram interpretados como efeitos de influência na produção biológica de diferentes espécies de camarões peneídeos (LOPES *et al.*, 2017). No Sul do Brasil, eventos de *El Niño* intensos geraram flutuações na biomassa de camarões no estuário da Lagoa dos Patos (PEREIRA e D'INCAO, 2012). Ainda assim, não encontramos estudos que relacionem o efeito temporal desencadeado por fenômenos climáticos interanuais (índices climáticos) sobre espécies de camarão de hábitos não estuarinos no Brasil.

Os camarões oceânicos barba-ruça (*Artemesia longinaris*, Bate 1888) e santana (*Pleoticus muelleri*, Bate 1888) são endêmicos da América do Sul (BOSCHI, 1989; D'INCAO, 1999; IBAMA, 2011). As maiores concentrações da espécie *A. longinaris* que pertence à família Peneidae ocorrem no Sul do Brasil e na Patagônia (CARVALHO-BATISTA *et al.*, 2014). A maior abundância do *P. muelleri* que pertence à família Solenoceridae é observada em águas argentinas, chegando a mais de 10.000 t desembarcadas por ano (BOSCHI, 1989; TAVARES e MARTIN, 2010). No Brasil, a pesca de *P. muelleri* é mais desenvolvida no Rio Grande do Sul, do que em outros estados brasileiros. Ambas as espécies são capturadas junto pela pesca industrial no Sul do Brasil, mesmo assim a produção de *A. longinaris* anualmente é muito maior que a do *P. muelleri* (IBAMA, 2011).

Ao contrário da maioria dos peneídeos *A. longinaris*, assim como *P. muelleri* apresenta ciclo de vida restrito ao ambiente marinho, realizando migração reprodutiva em direção a regiões mais profundas (BOSCHI, 1989; COSTA *et al.*, 2005 e 2010). Ambos são considerados camarões de águas frias com história evolutiva associada a regiões subantárticas (BOSCHI, 2000). Tanto no Brasil quanto na Argentina, *A. longinaris* é considerado uma espécie que tolera grandes variações na temperatura da água, enquanto que maiores abundâncias do *P. muelleri* foram associadas a baixas temperaturas de fundo

(BOOS *et al.*;2016; SANTOS *et al.*; 2016). Alguns estudos sugerem que *A.longinaris* é mais euritérmico do que *P. muelleri* e possui tendências termófilas (COSTA *et al.*, 2005, BATISTA *et al.*,2011). Esses camarões oceânicos, juntamente com outras duas espécies da família Penaeidae, o camarão rosa (*Farfantepenaeus ssp.*) e o sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*, Heller 1862), representam mais de 90% da produção pesqueira de camarões no Sul do Brasil, onde a pesca industrial é a mais importante do país (IBAMA,2011). Portanto, entender como os modos de variabilidade climática interanuais podem afetar a pesca de camarões marinhos torna-se relevante, principalmente porque esta atividade é o meio de subsistência de muitas comunidades pesqueiras no litoral Sul Brasileiro.

Nesse contexto, o presente trabalho visa responder a uma questão principal: as variações interanuais na temperatura da superfície do mar que ocorrem em consequência de fenômenos de interação oceano-atmosfera, influenciam na produção pesqueira dos camarões oceânicos *A. longinaris* e *P. muelleri*? Para isso, hipotetizamos que efeitos na temperatura desencadeados por eventos climáticos quentes (AMM positivo e SOI negativo) influenciam antagonicamente as capturas dos dois camarões oceânicos estudados. Esperamos que *A. longinaris* seja afetado positivamente e *P. muelleri* negativamente.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1.Objetivo geral:**

- Avaliar os efeitos de fenômenos climáticos de larga escala na produção de duas espécies de camarões oceânicos (*Artemesia longinaris* e *Pleoticus muelleri*) capturados na plataforma continental Sul do Brasil.

### **2.2.Objetivos específicos:**

- Verificar como efeitos na temperatura desencadeados por eventos climáticos quentes (AMM e SOI) influenciam as capturas de *A. longinaris* e *P. muelleri*.
- Identificar tendências nas capturas dos camarões *A. longinaris* e *P. muelleri* em função dos fenômenos climáticos (AMM, SAM e SOI).
- Determinar flutuações sazonais e interanuais da produção pesqueira.

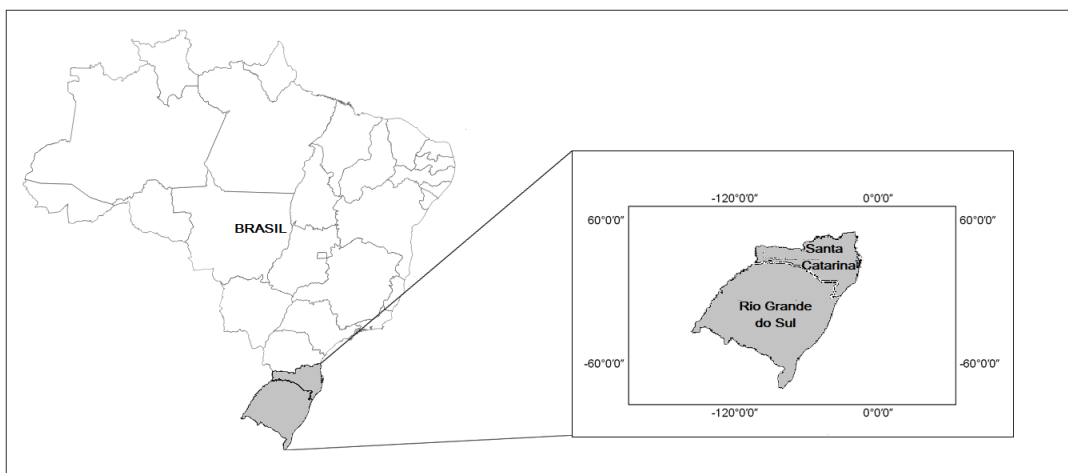


### 3.MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Área de estudo

A área de estudo está na região Sul do Brasil, estendendo-se entre os Estados de Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS) (Fig. 1), sendo considerada a região de maior produção pesqueira do Brasil (IBAMA,2011). A água da plataforma continental do Sul, no Estado do RS, apresenta forte sazonalidade com variações na temperatura e salinidade. No inverno e na primavera, a produtividade é alta, devido ao aporte de nutrientes de diferentes origens (ODEBRECHT e CASTELLO, 2001). Sendo uma região de transição ambiental sob influência da convergência subtropical e de descargas de águas continentais da Lagoa dos Patos e do Rio da Prata (CASTELLO *et al.*, 1997). No verão e primavera a Corrente do Brasil domina a plataforma continental do RS, caracterizando temperaturas  $> 20^{\circ}\text{C}$ , já no outono e inverno o ramo costeiro da Corrente das Malvinas transporta águas frias.

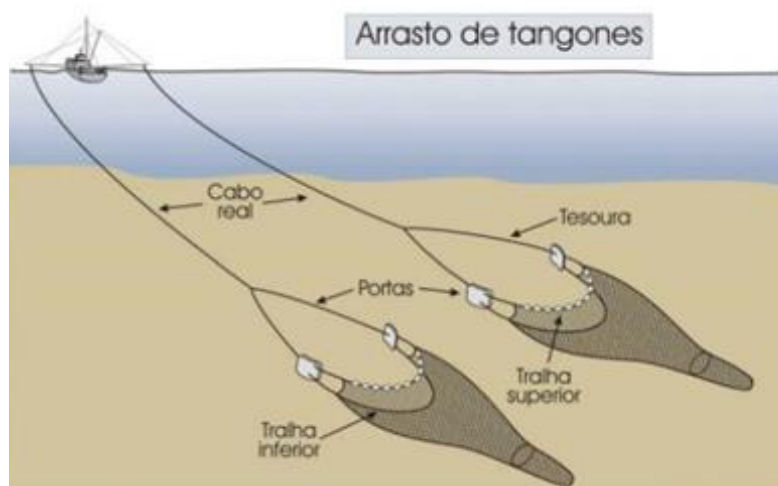
Na plataforma da região Sul, no Estado de Santa Catarina uma característica marcante é a variação sazonal da estratificação, sendo fraca no inverno e forte no verão, em contrapartida com marcadas variações da temperatura da água (CASTRO e MIRANDA, 1998). Particularmente durante a primavera e o verão, a produtividade na plataforma continental é alta, pois está sob influência da Água Central do Atlântico Sul – ACAS, que é rica em nutrientes (GARCIA, 1997). Além disso, durante o ano sofre a influência de mais duas massas de água: a Corrente do Brasil e a Água Costeira (AC).



**Figura 1:** Mapa da área de estudo com destaque para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, na região Sul do Brasil.

### 3.2. Descrição da arte de pesca

No Brasil, as frotas industriais que atuam sobre os camarões realizam arrastos duplos de fundo com o uso de tangones, onde um único barco utiliza duas redes gêmeas (Figura 2) (HAIMOVICI e MENDONÇA, 1996). As embarcações variam em comprimento, potência do motor e utilizam diferentes tamanhos de redes e malhas de acordo com a espécie alvo (HAIMOVICI e MENDONÇA, 1996; HAIMOVICI & FISCHER, 2007). Neste trabalho, utilizaremos a sigla LPUE (“*Landings Per Unit Effort*” - Desembarque por unidade de esforço), ou seja, consideramos que os dados da pesca comercial industrial fazem referência aos indivíduos que foram desembarcados e não a captura real. Pois costuma-se descartar os indivíduos pequenos e indesejados (ZUUR *et al.*, 2003)



**Figura 2:** Operação de pesca de tangones com rede de arrasto.

**Fonte:** Haimovici e Fischer, 2007.

### 3.3. Origem dos dados

#### 3.3.1. Base de dados pesqueiros

Os dados pesqueiros relativos ao volume e número de desembarques, e, número de barcos em atividade foram obtidos através de diferentes fontes oficiais de produção pesqueira do Sul do Brasil (base de dados abaixo). Os dados foram obtidos para as duas espécies de camarão, mensalmente entre os anos de 2000 e 2018. Em Santa Catarina (SC), abrangendo as atividades pesqueiras dos municípios de Florianópolis, Itajaí, Laguna, Navegantes e Porto Belo. No Rio Grande do Sul (RS), abrangeu os municípios de Arroio Grande, Jaguarão, Pelotas, Rio Grande, Santa Vitória do Palmar, São José do Norte, e São Lourenço do Sul. No entanto, no RS do ano de 2012 à 2015 não ocorreu

identificação das espécies desembarcadas, por isso nesses anos os dados foram removidos da análise. As fontes dos dados de desembarques são:

- RS: Entre 2000-2011 - MMA/IBAMA/CEPERG - Sistema Controle de Desembarque - Estatística Pesqueira do Centro de Pesquisa do Rio Grande/RS. Os dados foram coletados junto a empresas de pescada, mercados, compradores e portos de descargas, em todo o Rio Grande do Sul.
- RS: Entre 2012-2018 – MPA/FURG- Boletim Estatístico da Pesca Marinha do Sul do Rio Grande do Sul. Os dados foram obtidos por meio de planilhas preenchidas pelos mestres das embarcações em seus respectivos locais de desembarque; como também, através da cooperação das principais empresas de pescada de Rio Grande, que forneceram informações sobre as descargas.
- SC: Entre 2000-2012 – SIESPE/UNIVALI/CTTMar - Programa de Estatística Pesqueira Industrial de Santa Catarina. A coleta de dados se deu por entrevistas no pontos de desembarques dos municípios de Itajaí, Navegantes, Porto Belo e Laguna, as fichas de Produção e mapas de Bordo foram preenchidas pelos mestres das embarcações.
- SC: Entre 2013-2018- PMAP/SC- Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira em Santa Catarina. A coleta de dados seguiu o mesmo padrão do SIESPE/UNIVALI/CTTMar.

### **3.3.2. Base de dados ambientais**

Foram utilizadas séries temporais de 5 variáveis com médias mensais sendo duas ambientais estimadas para as áreas de pesca (Temperatura da superfície do mar e Intensidade do vento) e três índices climáticos (AMM, SAM e SOI), que foram obtidos da seguinte forma:

1. Temperatura da superfície do mar (SST, do inglês- *Sea Surface Temperature* -) obtida de reanálises do ERA-Interim, produzida pelo ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* - Centro Europeu de Previsões Meteorológicas em Médio Prazo) (DEE *et al.*, 2011). Dispostos em uma resolução em  $1,5^{\circ} \times 1,5^{\circ}$  latitude por longitude que permite uma representação mais detalhada dos sistemas atmosféricos.
2. Intensidade do vento, também obtida base de dados do ERA-Interim, medida segundo a escala de Beaufort, que pode variar de 0 (calmo) a 12 (força de um

furacão),(<https://www.ecmwf.int/user/login/sso?destination=en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era-interim>).

3. Modo Meridional do Atlântico (AMM, do inglês- *Atlantic Meridional Model*) este índice climático descreve a variabilidade meridional no Oceano Atlântico tropical. Valores positivos de AMM indicam anomalias positivas de SST, enquanto que valores negativos indicam diminuição da SST, sobre o Sul da América do Sul (CAMPOS et al.,2012).  
( <https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/timeseries/monthly/AMM/>).
4. Índice de Oscilação do Sul (SOI, do inglês- *Southern Oscillation Index* ) mede a intensidade de eventos *El Niño* ou *La Niña* no Oceano Pacífico. Valores positivos e negativos do índice SOI indicam eventos de *La Niña* e *El Niño*, respectivamente. Agindo sobre a precipitação e a SST, exercendo forte influência no Sul da América do Sul (GRIMM et al., 1998,2000).  
(<https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/soi/data.csv>)
5. Modo Anular do Sul (SAM, do inglês- *Southern Annular Mode*), mede eventos de oscilação antártica, a fase negativa do SAM apresenta anomalias positivas na chuvas, já a fase positiva gera diminuição da precipitação, sobre Sul da América do Sul. É considerado como o modo dominante de variabilidade climática interanual do Atlântico Sul (VASCONCELLOS e CAVALCANTI, 2010).  
(<https://legacy.bas.ac.uk/met/gjma/sam.html>).

Resumo da interpretação dos índices climáticos e seus efeitos no Sul do Brasil, é encontrado no quadro abaixo:

| <b><u>Índice</u></b> | <b><u>Fase positiva</u></b>                                              | <b><u>Fase negativa</u></b>                                              |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| AMM                  | Anomalias positivas na temperatura                                       | Anomalias negativas na temperatura                                       |
| SAM                  | Anomalias negativas na precipitação                                      | Anomalias positivas na precipitação                                      |
| SOI                  | <i>La Niña</i> =<br>Anomalias negativas na temperatura e na precipitação | <i>El Niño</i> =<br>Anomalias positivas na temperatura e na precipitação |

### 3.4. Análise de dados

Inicialmente, realizamos uma análise exploratória dos dados seguindo o protocolo proposto por Zuur e colaboradores (2010). Os dados de LPUE foram calculados com base no volume de camarão desembarcado por viagem e no número de desembarques mensais (total capturado (kg) / nº de desembarques). Devido aos dados de LPUE não serem paramétricos, foram logaritimizados, a fim de buscar uma distribuição mais homogênea. Enquanto que as variáveis ambientais foram padronizadas para média 0 e desvio padrão 1, usando a função '*destand*' do pacote *vegan* do R.

Para modelar a LPUE em função das variáveis meteorológicas e dos índices climáticos, utilizamos Modelos Aditivos Generalizados Mistos (GAMMs, do inglês- *Generalized Additive Mixed Model*), devido seu potencial de identificar relações não lineares entre a variável dependente e independente, e por ser uma ferramenta versátil em relação a dependência dos dados, permitindo a inclusão de autocorrelações temporais (ZUUR *et al.*, 2009; ZUUR *et al.*, 2014). A curva do modelo foi ajustada sobre a distribuição de densidade da LPUE logaritimizada, optamos pela família gaussiana com função de ligação identidade, indicada quando a abundância é heterogênea (SWARTZMAN *et al.*, 1994).

Utilizamos o pacote *mgcv* do R, para modelar com GAMMs, a significância das variáveis incluídas no modelo foram verificadas para um nível de 5 %, através do teste “F” (ZAR, 1996), também limitamos a quantidade de suavização para 4 graus de liberdade (ZUUR *et al.*, 2009). Utilizamos uma estrutura autoregressiva de primeira ordem, indicada para dados autodependentes. Logo após, testamos todas as combinações entre as variáveis explicativas e mantivemos o modelo com a menor validação cruzada generalizada (GCV, do inglês- *Generalized Cross-Validation*). Utilizamos também o desvio explicado para avaliar o ajuste de cada modelo aos dados.

Escolhemos o modelo final com menor critério de informação de akaike (AIC, do inglês- *Akaike's information criterion*) que é calculado com base nos resíduos das regressões (AKAIKE, 1974). No modelo final as variáveis ambientais foram transformados para a escala original pela expressão “exp (efeito previsto pela função predict)”. Para validar o modelo foram considerados a visualização dos resíduos, o ajuste dos modelos às séries de LPUE e a interpretação biológica (ZUUR *et al.*, 2007) Os modelos apresentaram fatores ambientais e temporais (ano e mês) (VENABLES e DICHMONT, 2004). Para avaliar visualmente padrões gerais nas séries temporais das variáveis ambientais e associa-los a LPUE dos camarões, utilizamos funções de

suavização do tipo “lowess”(CLEVELAND, 1979). Utilizamos também a técnica de *bootstrap* (EFRON, 1979) para calcular um intervalo de confiança em torno das estimativas dos modelos.

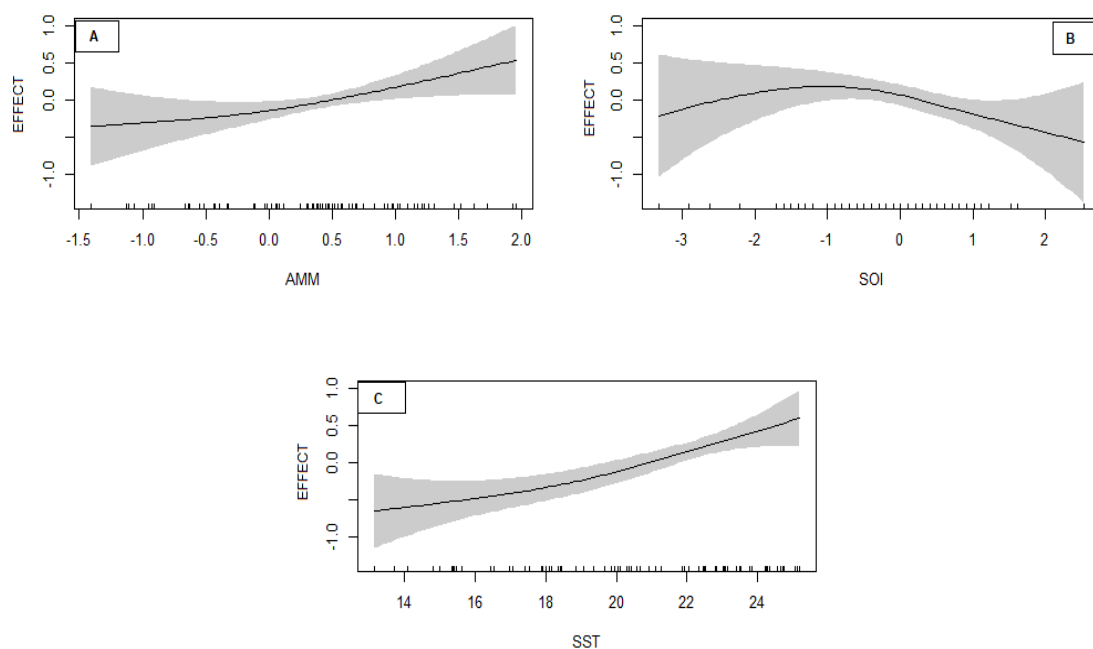
## 4.RESULTADOS

### 4.1. Efeito das variáveis ambientais na LPUE (Modelos aditivos generalizados mistos)

As variáveis “AMM”, “SST”, “SOI”, “mês” e “ano” explicaram grande parte da variação total da “LPUE” (41 %) do camarão *A.longinaris*, no Estado do Rio Grande do Sul (Tabela 1). O índice climático AMM, na sua fase positiva é caracterizado por temperaturas mais quentes no Sul, nossos resultados sugerem que este índice influenciou na LPUE de maneira positiva e crescente (Fig. 3.A). A temperatura teve um efeito positivo crescente na LPUE do *A.longinaris*, as melhores capturas foram explicadas com valores acima de 22° C (Fig. 3.C). Além disso, o SOI na fase negativa (*El Niño*) caracterizada por eventos quentes teve um efeito positivo na LPUE, já a fase positiva do SOI (*La Niña*) influenciou negativamente na LPUE do *A.longinaris* (Fig. 3.B).

**Tabela 1:** Sumário das variáveis explicativas selecionadas com os GAMMs, para o *A. longinaris*, no Rio Grande do Sul. Para cada termo é apresentado os graus de liberdade (GL), o valor de F (F) e o valor-p (P>F), baseado no teste F.

| <i>A.longinaris</i>         |             |      |         |
|-----------------------------|-------------|------|---------|
| Variáveis (RS)              | GL          | F    | P(>F)   |
| s(AMM)                      | 1           | 6.51 | 0.01399 |
| s(SOI)                      | 3.5         | 4.52 | 0.00251 |
| s(SST)                      | 1           | 9.54 | 0.00334 |
| Ano                         | 1           | 15.5 | 0.00025 |
| Mês                         | 1           | 7.87 | 0.00720 |
| <b>Deviance explicativa</b> | 41 %        |      |         |
| <b>GCV</b>                  | <b>0.27</b> |      |         |

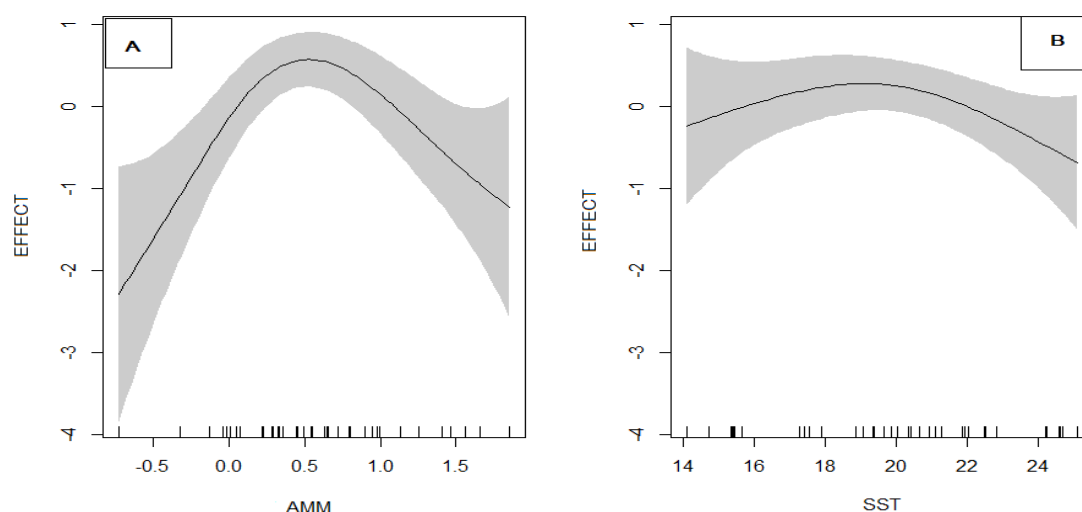


**Figura 3:** (A) Efeito do Modo Meridional do Atlântico (AMM), (B) da Temperatura da Superfície do Mar (SST) e (C) do Índice de oscilação do Sul (SOI) na LPUE *A.longinaris*, no Estado do RS entre os anos de 2000 a 2018. A linha sólida é a tendência (valor previsto) e a sombra em cinza representa o intervalo aproximado de confiança de 95%. As pequenas linhas ao longo do eixo “x” representam a localização das amostras no gráfico.

As tendências mostram que AMM, SST e SOI seguiram um padrão semelhante, onde a captura do *A.longinaris* comporta-se de maneira proporcional ao aumento da temperatura. Em contraponto, as maiores capturas para o camarão *P.muelleri* no RS, ocorreram em temperaturas entre 17 e 20 °C (Fig.4.B). Sendo que a variação na LPUE da espécie foi explicada por “AMM”, “SST” e “mês” ( 33 %) (Tabela 2). Os extremos do índice climático AMM (Fig.4.A) afetaram negativamente a captura do *P.muelleri*, os pontos ótimos para essa espécie foram entre 0-1. Indicando que extremos na SST tem um efeito negativo direto na LPUE do *P.muelleri*.

**Tabela 2:** Sumário das variáveis explicativas selecionadas com os GAMMs, para o *P.muelleri*, no Rio Grande do Sul. Para cada termo é apresentado os graus de liberdade (GL), o valor de F (F) e o valor-p ( $P > F$ ), baseado no teste F.

| <i>P.muelleri</i>           |             |      |        |
|-----------------------------|-------------|------|--------|
| Variáveis (RS)              | GL          | F    | P(>F)  |
| s(AMM)                      | 2.75        | 3.15 | 0.0424 |
| s(SST)                      | 2.21        | 2.77 | 0.0291 |
| Mês                         | 1           | 3.05 | 0.0028 |
| <b>Deviance explicativa</b> | 33 %        |      |        |
| <b>GCV</b>                  | <b>0.98</b> |      |        |



**Figura 4:** (A) Efeito do Modo Meridional do Atlântico (AMM) e (B) da Temperatura da Superfície do Mar (SST) na LPUE do *P.muelleri*, no Estado do RS entre os anos de 2000 a 2018. A linha sólida é a tendência (valor previsto) e a sombra em cinza representa o intervalo aproximado de confiança de 95%. As pequenas linhas ao longo do eixo “x” representam a localização das amostras no gráfico.

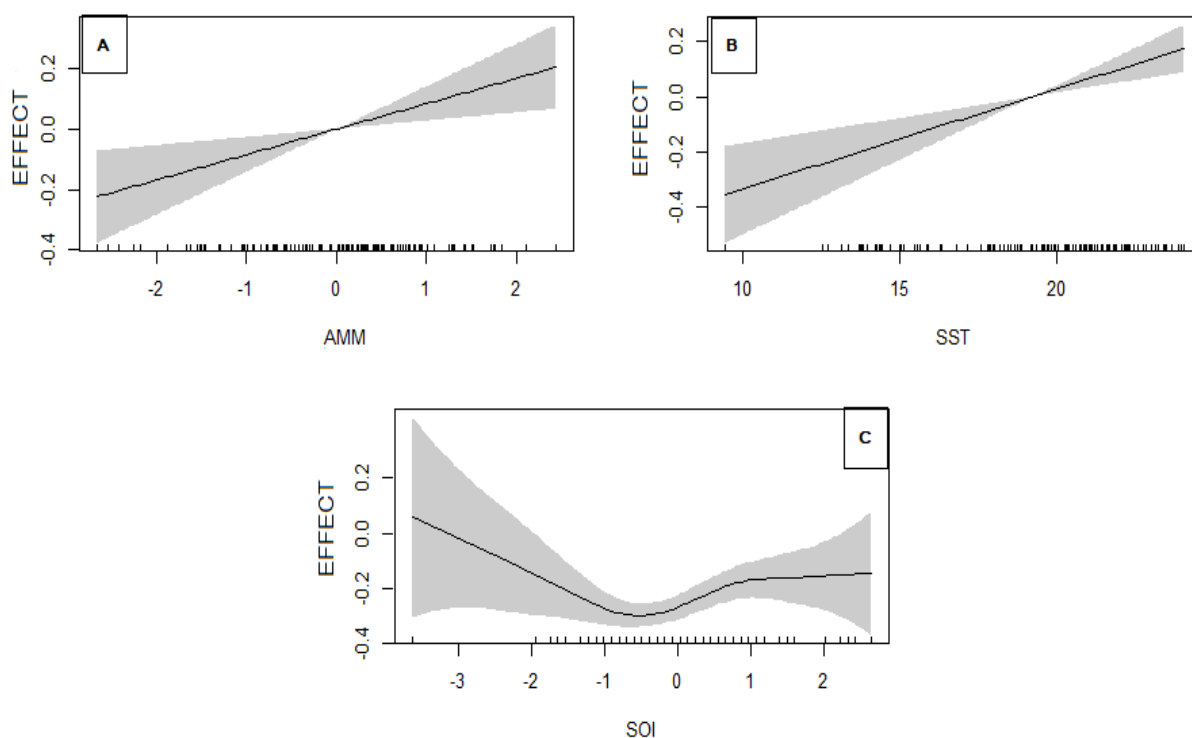
No Estado de Santa Catarina, a variação na LPUE do camarão *A.longinaris* foi explicada por “AMM”, “SST”, “SOI” e “mês” (44 %), (Tabela 3). O índice climático AMM manteve o mesmo padrão do Estado do RS, onde a fase positiva teve um efeito positivo na captura do *A.longinaris* (Fig. 5.A). A temperatura, assim como no RS, teve um efeito positivo e crescente na LPUE, as melhores capturas foram explicadas em águas mais quentes, com valores acima de 18 ° C (Fig. 5.B). Além disso, a fase negativa do SOI (*El Niño*) influenciou positivamente na LPUE do *A.longinaris* (Fig. 5.C).



As variáveis “AMM”, “SAM”, “SST” e “mês” explicaram 40 % da variação total da LPUE, para o camarão *P.muelleri* em SC (Tabela 4). As maiores capturas da espécie ocorreram em temperaturas inferiores a 20 °C (Fig.6.C), enquanto as menores ocorreram quando o índice climático AMM, estava na fase positiva (maiores temperaturas e precipitações) (Fig.6.A). Assim o AMM foi coincidente com SST e com o SAM, pois, as maiores LPUEs ocorreram na fase positiva do SAM (Fig.C) que resultam em redução da precipitação. Isto indica que SSTs elevadas e chuvas muito intensas devem afetar negativamente a LPUE do camarão *P.muelleri*.

**Tabela 3:** Sumário das variáveis explicativas selecionadas com os GAMMs, para o *A. longinaris*, em Santa Catarina. Para cada termo é apresentado os graus de liberdade (GL), o valor de F (F) e o valor-p ( $P > F$ ), baseado no teste F.

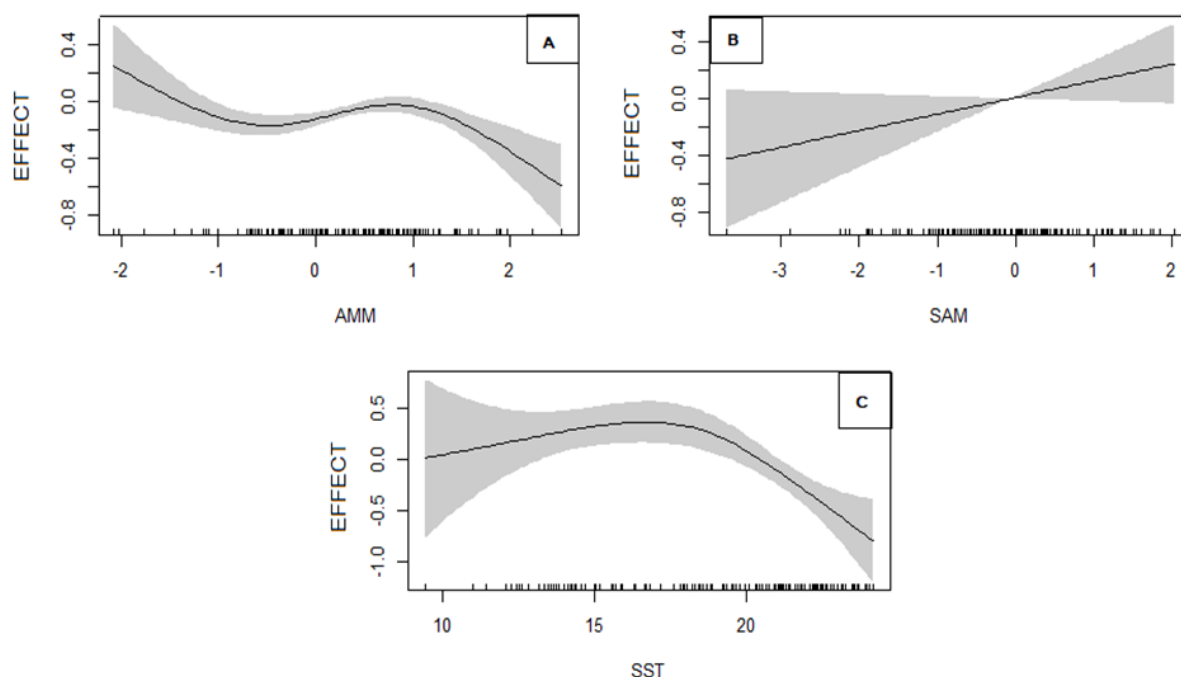
| <i>A.longinaris</i>         |             |          |                 |
|-----------------------------|-------------|----------|-----------------|
| <b>Variáveis (SC)</b>       | <b>GL</b>   | <b>F</b> | <b>P(&gt;F)</b> |
| s(AMM)                      | 2.86        | 3.51     | 0.0324          |
| s(SOI)                      | 2.98        | 4.34     | 0.0052          |
| s(SST)                      | 1           | 6.85     | 0.0117          |
| Mês                         | 1           | 3.83     | 0.0003          |
| <b>Deviance explicativa</b> | 44%         |          |                 |
| <b>GCV</b>                  | <b>0.30</b> |          |                 |



**Figura 5:** (A) Efeito do Modo Meridional do Atlântico (AMM), (B) da Temperatura da Superfície do Mar (SST) e (C) do Índice de oscilação do Sul (SOI) na LPUE *A. longinaris*, no Estado do SC entre os anos de 2000 a 2018. A linha sólida é a tendência (valor previsto) e a sombra em cinza representa o intervalo aproximado de confiança de 95%. As pequenas linhas ao longo do eixo “x” representam a localização das amostras no gráfico.

**Tabela 4:** Sumário das variáveis explicativas selecionadas com os GAMMs, para o *P.muelleri*, em Santa Catarina. Para cada termo é apresentado os graus de liberdade (GL), o valor de F (F) e o valor-p ( $P > F$ ), baseado no teste F.

| <i>P.muelleri</i>           |             |      |          |
|-----------------------------|-------------|------|----------|
| Variáveis (SC)              | GL          | F    | P(>F)    |
| s(AMM)                      | 2.87        | 4.81 | 0.00464  |
| s(SAM)                      | 1           | 4.13 | 0.04413  |
| s(SST)                      | 1           | 20.2 | 6.94e-10 |
| Ano                         | 3.66        | 15.2 | 2.0e-16  |
| Mês                         | 1.79        | 1.08 | 0.0444   |
| <b>Deviance explicativa</b> | 40 %        |      |          |
| <b>GCV=</b>                 | <b>0.42</b> |      |          |

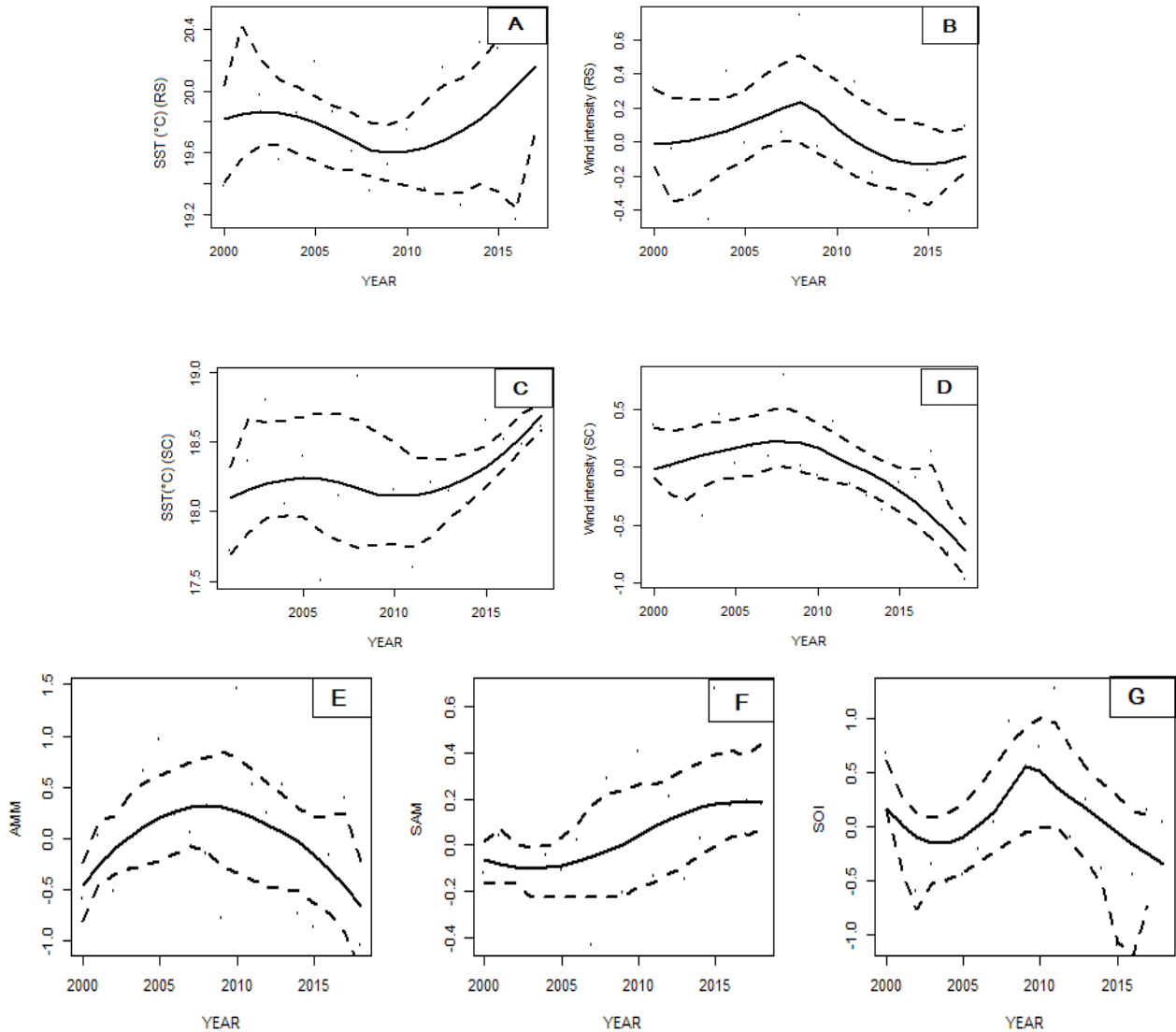


**Figura 6:** (A) Efeito do Modo Meridional do Atlântico (AMM), (B) do Modo Anular do Sul e (C) Temperatura da Superfície do Mar (SST) na LPUE *P.muelleri*, no Estado do SC entre os anos de 2000 a 2018. A linha sólida é a tendência (valor previsto) e a sombra em cinza representa o intervalo aproximado de confiança de 95%. As pequenas linhas ao longo do eixo “x” representam a localização das amostras no gráfico.

A aplicação da técnica de *bootstrap* nas variáveis ambientais sugere que a intensidade do vento apresentou pouca variação até 2009, seguida de um padrão decrescente a partir de 2010 (Fig. 7.B e D.). Por outro lado, a SST em ambos Estados apresentou tendência de crescimento a partir de 2011 (Fig. 7.A e C). Já o AMM, manteve-se na fase negativa (menores SST e precipitações) até 2004, seguido por uma fase positiva (maiores SST e precipitações) até 2013, depois retornando à fase negativa (Fig. 7.E). Nos anos em que o SAM estava em fase positiva (a partir de 2011) (Fig. 7.F), notamos uma associação com a diminuição da intensidade do vento sobre o Sul do Brasil (Fig. 7.B).

No Sul do Brasil, fases negativas do SOI (*El Niño*) apresentam associação direta com eventos quentes e chuvosos e, fases positivas (*La Niña*), com eventos frios e anomalias negativas na chuva (GRIMM *et al.*, 1998, 2000). Assim, podemos observar que em 2007-2008 e 2010 ocorreram eventos intensos de *La Niña* (Fig. 7.G), acompanhados da fase negativa do SAM (Fig. 7.F), (Climate Prediction Center/NOAA, 2017), e que esses provavelmente tiveram associação com a diminuição da SST no Sul do Brasil (Fig. 7. A e C). Em contraponto, em 2015-2016 ocorreu um *El Niño* intenso (Fig. 7.G) que gerou aumento na SST (Fig. 7.A e C). A fase negativa do AMM em 2015-

2016 foi desconsiderada, devido à presença de eventos extremos de *El Niño* (CAMPOS *et al.*,2012).

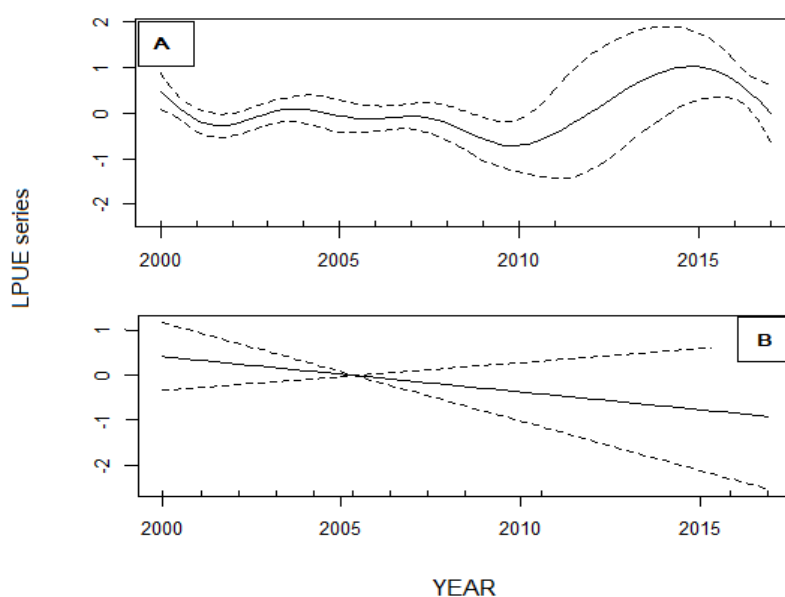


**Figura 7:** Séries temporais das variáveis ambientais (A e C) SST, (B e D) intensidade do vento, (E) AMM, (F) SAM e (G) SOI entre os anos de 2000 a 2018. As linhas contínuas representam as tendências encontradas com regressão ponderada, enquanto as linhas pontilhadas mostram o intervalo de confiança de 95% gerados com a técnica de bootstrap.

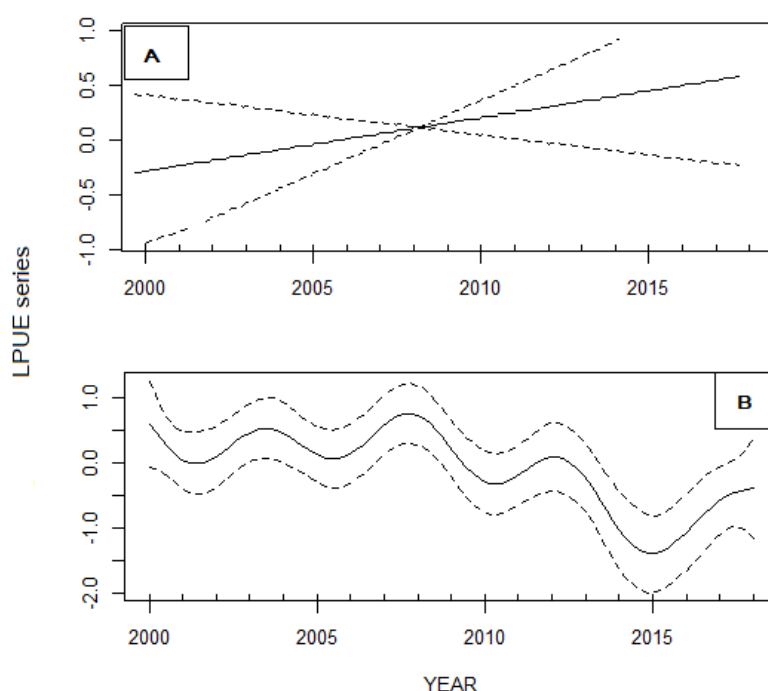
A LPUE de ambas as espécies no RS (Fig.8) seguiu o padrão encontrado na análise de *bootstrap*, onde a abundância do *A.longinaris* teve um pico no ano de 2015-2016 (*El Niño*), indicando que a espécie foi afetada positivamente por anomalias na temperatura. Já a LPUE do *P.muelleri* no RS, diminuiu no ano de 2015-2016 (*El Niño*) (Fig.8.B), sugerindo diminuição da abundância da espécie e relação inversa com a temperatura

(Fig.4.B). A LPUE do camarão *A.longinaris* no estado de SC, apresentou uma certa constância ao longo dos anos, porém, notamos uma pequena tendência crescente (Fig.9.A). As capturas do *P.muelleri* oscilaram em torno de um patamar estável até 2010 (Fig.9.B), mas apresentaram subsequente tendência decrescente, onde a LPUE diminuiu consideravelmente no ano de 2015-2016 (*El Niño*), indicando que a espécie foi afetada negativamente por anomalias positivas na temperatura (Fig.6.C).

Tanto em Santa Catarina (Fig.9.A), quanto no Rio Grande do Sul (Fig. 8.A) associamos as menores LPUEs do *A.longinaris* nos anos de 2002-2003, à fase negativa do AMM e ao *El Niño Modoki* (Fig.7.E). Tais tendências mostraram que a técnica de *bootstrap* seguiu parcialmente o que foi observado na análise GAMM, onde variações na temperatura desencadeadas por índices climáticos afetaram antagonicamente as duas espécies em estudo. Maiores temperaturas afetaram positivamente a LPUE do *A.longinaris* e negativamente a do *P.muelleri*.



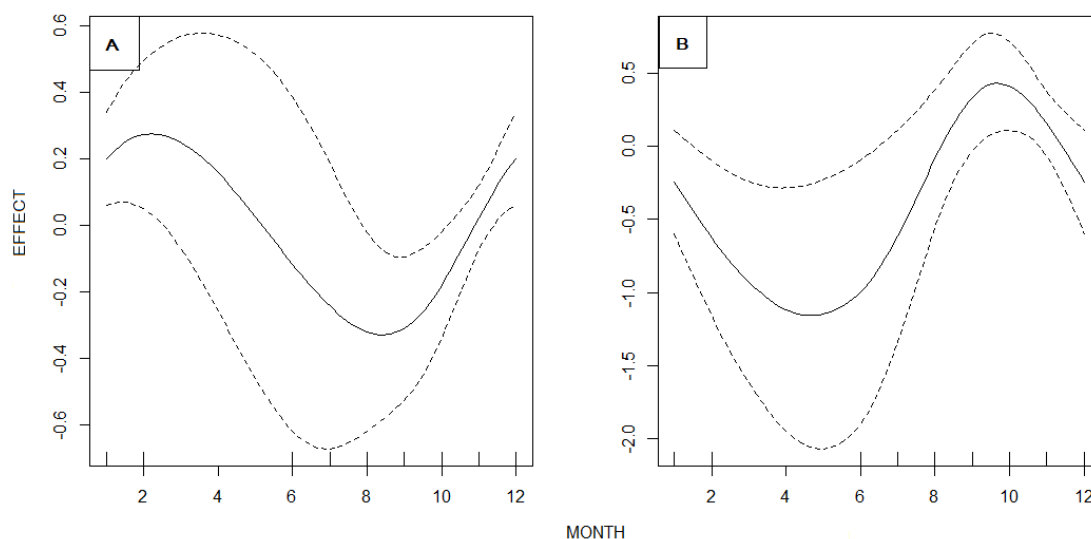
**Figura 8:** Tendências anuais encontradas com modelo GAMMs, para séries de LPUE do *A.longinaris* (A) e *P.muelleri* (B), no Estado do RS entre os anos de 2000 a 2018. A linha sólida é a tendência (valor previsto) e a linha tracejada representa o intervalo aproximado de confiança de 95%. As pequenas linhas ao longo do eixo “x” representam a localização das amostras no gráfico.



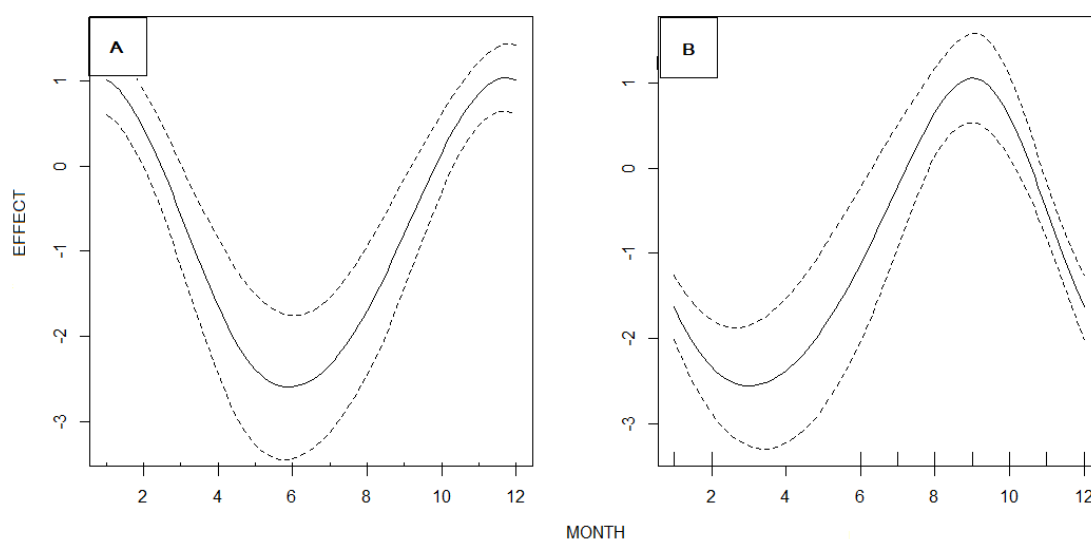
**Figura 9:** Tendências anuais encontradas com modelo GAMMs, para séries de LPUE do *A.longinaris* (A) e *P.muelleri* (B), no Estado de SC entre os anos de 2000 a 2018. A linha sólida é a tendência (valor previsto) e as linhas tracejadas representam o intervalo aproximado de confiança de 95%. As pequenas linhas ao longo do eixo “x” representam a localização das amostras no gráfico.

#### 4.2. Efeito da sazonalidade na LPUE

Posteriormente, com as tendências encontradas com modelos GAMMs identificamos em qual período do ano cada espécie é mais capturada. Como esperado para uma região subtropical, a LPUE mensal flutuou sazonalmente para ambas espécies no Sul do Brasil, com dois picos de abundância (primavera e verão) para *A. longinaris* (Fig.10.A e 11 A.) e um pico entre final do inverno e início da primavera para *P. muelleri* (Fig.10.B e 11 B.). As menores capturas nos meses de março à maio são explicadas pelo período de defeso do camarão nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (Instrução Normativa IBAMA nº189/2008).

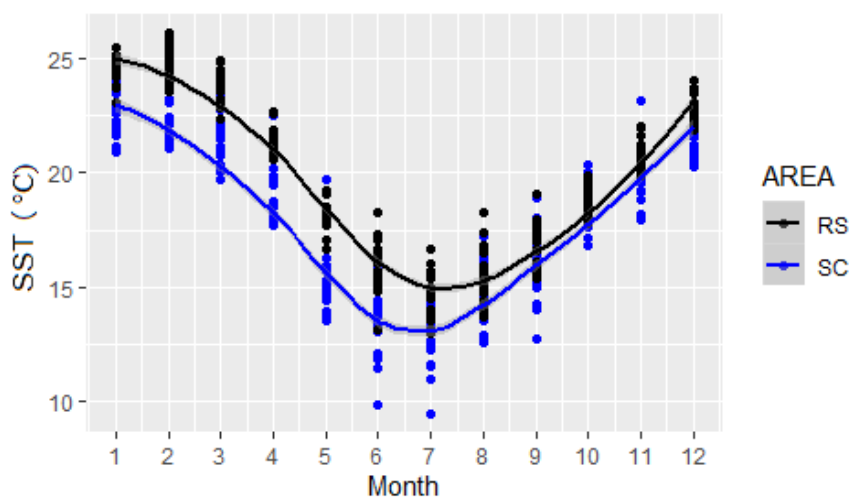


**Figura 10:** Tendências mensais encontradas com modelo GAMMs, para séries de LPUE do *A. longinaris* (A) e *P. muelleri* (B) no Estado do Rio Grande do Sul entre os anos de 2000 a 2018. A linha sólida é a tendência (valor previsto) e as linhas tracejadas representam o intervalo aproximado de confiança de 95%. As pequenas linhas ao longo do eixo “x” representam a localização das amostras no gráfico.



**Figura 11:** Tendências mensais encontradas com modelo GAMMs, para séries de LPUE do *A. longinaris* (A) e *P. muelleri* (B) no Estado de Santa Catarina entre os anos de 2000 a 2018. A linha sólida é a tendência (valor previsto) e as linhas tracejadas representam o intervalo aproximado de confiança de 95%. As pequenas linhas ao longo do eixo “x” representam a localização das amostras no gráfico.

Considerando que a temperatura da superfície do mar foi a principal variável ambiental que demonstrou afetar a LPUE do camarão *A.longinaris* e do *P. muelleri*, plotamos sua distribuição ao longo do ano (Fig.12), de acordo com estimativas geradas a partir dos modelos GAMMs. Observamos que anualmente a temperatura variou mais de 10 graus no Sul do Brasil, sendo os meses mais frios entre Junho e Agosto. Já as maiores temperaturas ocorrem entre Dezembro e Fevereiro. O camarão *A.longinaris* teve suas maiores LPUEs em meses mais quentes (Fig.10.A e 11.A), antagonicamente, *P. muelleri* em meses mais frios (Fig. 10.B e 11.B).



**Figura 12:** Tendências mensais encontradas com modelo GAMMs, para séries de SST nos Estados do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC) entre os anos de 2000 a 2018. A linha sólida em cada parcela é a tendência, a sombra em cinza representa o intervalo aproximado de confiança de 95% e os pontos representam as amostragens.



## 5.DISCUSSÃO

Nossos resultados permitem afirmar de maneira objetiva que anomalias sazonais e interanuais na temperatura da superfície do mar ocasionadas por fenômenos climáticos de larga escala afetam a produção da pesca de camarões oceânicos no Sul do Brasil. Destacamos aqui o Índice de Oscilação do Sul (SOI) que foi selecionado em três dos quatro modelos GAMMs finais, indicando sua influência na produção pesqueira dos camarões estudados. Este fenômeno climático é considerado o modo de variabilidade dominante sobre a SST no Oceano Atlântico (GRIMM *et al.*, 1998, 2000, *Climate Monitoring* /NOAA 2020). No Sul do Brasil, a fase positiva do SOI, ou seja, eventos de *El Niño* causam elevação na temperatura e anomalias positivas na precipitação. Desta forma, aceitamos a hipótese apresentada neste trabalho. Mais especificamente, eventos de *El Niño* intensos (canônicos), como o período entre 2015-2016 (*Climate Prediction Center/NOAA*, 2017), influenciaram positivamente na produção pesqueira da espécie *A. longinaris* e negativamente a espécie *P. muelleri*.

Diversos autores relacionaram a maior abundância dessas espécies a menores temperaturas de fundo (DUMONT e D'INCAO,2008; FURLAN *et al.*, 2013; SANCINETTI *et al.*, 2014), porém as subpopulações de *A.longinaris* apresentam a capacidade de resistir a grandes variações na temperatura do ambiente (COSTA *et al.*, 2005; BATISTA *et al.*, 2011; CARVALHO-BATISTA *et al.*, 2014). Nosso estudo aponta pela primeira vez essa característica euritérmica do *A.longinaris* possivelmente como um potencial de sobrevivência frente à mudanças climáticas, visto que a produção da espécie aumentou em um episódio de *El Niño* intenso (2015-2016) que foi considerado entre um dos mais fortes desde 1950 (*Climate Prediction Center/NOAA*, 2017).

O acelerado aquecimento global tem grandes chances de mudar a dinâmica do *El Niño* e consequentemente afetar outros modos de variabilidades climáticas que agem sobre a América do Sul (IPCC,2018). Uma vez que o sistema climático é composto por inúmeros modos de variabilidade que interagem entre si e resultam no tempo e no clima regional. Eventos intensos de *El Niño* estão cada vez mais fortes e menos frequentes, já o *El Niño Modoki* está ficando mais comum nas últimas décadas. O que determina a intensidade do *El Niño* é a região do Oceano Pacífico onde estão localizadas as anomalias na temperatura. Essas alterações na dinâmica do *El Niño* tem associação direta com o Modo Meridional do Atlântico (AMM), que é responsável por gerar em sua fase positiva

anomalias também positivas na temperatura da superfície do mar, no Sul do Brasil (CAMPOS *et al.*, 2012).

Por atuar diretamente na SSTs, o AMM teve efeito antagônico sobre as espécies estudadas, a fase positiva do AMM influenciou na LPUE do *A. longinaris* de maneira positiva. Em contraponto, *P. muelleri* foi afetado negativamente pela fase positiva do AMM, corroborando a hipótese deste trabalho. Eventos negativos do AMM concomitantes com episódios de *El Niño Modoki*, como o período entre 2002-2003 (Climate Prediction Center/NOAA, 2017), influenciaram negativamente na produção pesqueira do *A. longinaris*, uma vez que a espécie aumenta a produção em temperaturas superiores a 20 °C. No Sul do Brasil, o *El Niño Modoki* quando associado ao AMM, causa uma inversão da forma típica do fenômeno, ou seja, diminuição na SST e anomalias negativas na chuva (CAMPOS *et al.*, 2012). Ocasionalmente grandes variações no clima regional (LUCENA *et al.*, 2011), essas variações são prejudiciais a produção pesqueira de camarões, devido influenciarem diretamente na abundância e distribuição das espécies (BEGON *et al.* 2007), como provavelmente ocorreu com *A. longinaris* nos anos de 2002-2003.

A precipitação no Sul do Brasil, por sua vez, é influenciada pelos três modos de variabilidades climáticas estudados AMM, SAM e SOI (GRIMM *et al.*, 1998, 2000; GRIMM, 2009; CAMPOS *et al.*, 2012). No entanto, o Modo Anular do Sul (SAM), também conhecido por oscilação antártica, é considerado o modo dominante de variabilidade climática que atua sobre a precipitação no hemisfério sul (VASCONCELLOS *et al.*, 2010 e 2019). No Sul do Brasil, a fase positiva do SAM está relacionada com características de eventos do tipo *La Niña*, que resulta em redução das chuvas. Indiretamente a diminuição na precipitação pode ter afetado positivamente a LPUE do *P. muelleri* no Estado de Santa Catarina. Visto que nossos resultados demonstram que as maiores LPUEs do *P. muelleri* ocorreram na fase positiva do SAM. Além disso, a fase negativa (diminuição da precipitação) do AMM ocasionou aumento da produção do *P. muelleri*. Logo, provavelmente chuvas muito intensas devam interferir na migração reprodutiva em direção a águas mais profundas, e com maiores salinidades, consequentemente afetando o sucesso reprodutivo da espécie (BOSCHI, 1969, MACCHI *et al.*, 1992).

As variações climáticas locais desencadeadas pelo SAM afetaram a produtividade dos camarão *P. muelleri* no Estado de Santa Catarina. Porém, o presente trabalho indica que as anomalias na SST associadas aos índices climáticos AMM e SOI tiveram um maior

contribuição na variação das capturas das duas espécies. Uma vez que a fase positiva do AMM (maiores temperaturas e precipitações) e negativa do SOI (maiores temperaturas e precipitações) afetaram positivamente a LPUE do *A. longinarius* e negativamente a do *P. muelleri*. Logo, nossos resultados sugerem que anomalias na temperatura da superfície do mar são um importante modulador das variações temporais da LPUE das espécies estudadas.

No Sul do Brasil, *A. longinarius* e *P. muelleri* são capturadas juntas, demonstrando que podem compartilhar recursos e condições ambientais semelhantes (DUMONT, 2005). Alguns autores, sugeriram que ao longo da história evolutiva pode ter ocorrido uma possível adaptação do *A. longinarius* e do *P. muelleri* nas águas do Atlântico Sul Subtropical, a fim de minimizar a competição entre eles (DUMONT e D'INCAO, 2008; BAPTISTA-METRI e PERES, 2014 e BOOS *et al.*, 2016). Visto que mesmo ocorrendo juntas, há variação na captura das duas espécies ao longo do ano com certa tendência de inversão entre suas LPUEs. Nossos resultados também demonstram que ocorre uma inversão das capturas das duas espécies ao longo do ano.

Como esperado para uma região subtropical, baseado em nossos resultados, podemos inferir que devido a variação de mais de 10 °C que ocorre no Sul do Brasil ao longo do ano e a movimentação de massas de água, a captura de *P. muelleri* é mais sazonal que a do *A. longinarius*. Ainda que *P. muelleri* tenha sido capturado em uma ampla faixa de variações na temperatura (10 °C a 25 °C), ocorreu uma diminuição considerável na LPUE da espécie em meses de SSTs mais elevadas, com inversão nas capturas das duas espécies. Logo, *P. muelleri* é associado diretamente a águas frias, com maiores abundâncias em temperaturas inferiores a 20 °C, por isso ocorre principalmente nos meses de inverno e primavera, no Sul do Brasil. Assim, conforme sugerido também por outros estudos, *A. longinarius* é mais euritérmico do que *P. muelleri* e possui tendências termófilas (COSTA *et al.*, 2005, BATISTA *et al.*, 2011).

Tanto no Brasil quanto na Argentina, a abundância de *A. longinarius* e *P. muelleri* são caracterizadas por ciclos interanuais de altas abundâncias, seguidos de anos de baixa abundância (BOSCHI, 1989; BAPTISTA-METRI e PERES, 2014). Essas oscilações, foram associadas a fatores ambientais, que por sua vez, afetam o recrutamento dos crustáceos (HAIMOVICI e MENDONÇA, 1996; D'INCAO *et al.*, 2002, CASTILHO *et al.*, 2008). Devido os índices climáticos propostos neste estudo terem apresentado relação satisfatória para explicar as oscilações sazonais e interanuais na produtividade dos camarões *A. longinarius* e *P. muelleri*, nós sugerimos que as flutuações que ocorreram na

LPUE de ambas as espécies no período de 2000-2018 também estão associadas a eventos climáticos de larga escala. Mostramos que os fenômenos climáticos podem interferir no ciclo de vida e na abundância dessas espécies. Assim, compreender como as alterações dos modos de variabilidade climática afetam a LPUE das espécies de camarão é importante, visto que a intensificação do aquecimento global age diretamente sobre esses índices.

Considerando que em um cenário de mudanças climáticas, a distribuição e abundância das espécies dependerá de sua tolerância térmica e sua capacidade de adaptação (RANDALL *et al.*, 2007; MARENGO *et al.*, 2006; MARENGO *et al.*, 2014), o presente estudo traz uma importante contribuição sobre como os efeitos na temperatura desencadeados pelos modos de variabilidade climática interferem na abundância dos camarões *A. longinarius* e *P. muelleri*. Mostramos que a temperatura é um importante modulador da produção dos camarões oceânicos subtropicais. Além disso, que seu efeito sobre a pesca não se restringe apenas à variação sazonal, também ocorrem flutuações interanuais. Enquanto *A. longinarius* tolera uma ampla variação térmica, *P. muelleri* tem sua produção ótima alcançada entre 17 e 20 °C, diminuindo acentuadamente as capturas em temperaturas acima de 20 °C. Segundo o Painel intergovernamental de mudanças climáticas (IPCC) a temperatura média do planeta até 2100 pode aumentar de 3,0 °C (cenário otimista) a 4,8°C (cenário pessimista). Para o Sul do Brasil, é esperado um futuro mais quente e chuvoso. Sob tais circunstâncias, provavelmente a abundância natural do camarão *P. muelleri* será reduzida, o que deve trazer consequências na teia trófica e na economia da pesca no Sul do Brasil.

## REFERÊNCIAS

ALLISSON E.H, PERRY A.L, BADJECK M.C, NEIL-ADGER W, BROWN K, CONWAY D, HALLS A.S, PILING G.M, REYNOLD J.D, ANDREW N.L, DULVY N.K, (2009). Vulnerability of national economies to the impacts of climate change on fisheries. *Fish Fish*, 10:173–196.

BAPTISTA-METRI, C. and PEREZ, J.A, (2014). A LPUE (landing per unit effort) analysis of the trawl fishery for the coastal shrimps *Artemesia longinaris* and *Pleoticus muelleri* off Southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 62(4): 235-245.

BARANGE M, TARAÛB B, MALCOLM C.M, BEVERIDGE, KEVERN L. C, SIMON F.S and FLORENCE P, (2018). Impacts of Climate Change on Fisheries and Aquaculture: Synthesis of Current Knowledge, Adaptation and Mitigation Options. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

BASAK C, FOLLJE H, LAMY F, GERSONDE R, BENZ V, ANDERSON R.F, MOLINA-KESCHER M, PAHNKE K, (2018). Breakup of last glacial deep stratification in the South Pacific. *Science*, 359: 900-904.

BEGON M, TOWNSEND C.R and HARPER. J.L, (2007). *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. Porto Alegre: Editora Artmed.

BOSCHI E.E, (1969). Crecimiento, emigración y ecología del camarón comercial *Artemesia longinaris*. *FAO Fish.Rep.*, 57 (3):833-846.

BOSCHI E.E., (1989). Biología pesquera del lagostino del patagónico de Argentina (*Pleoticus muelleri*). *Contrib. Boletín del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero*, 646: 5-71.

BOSCHI E.E, (2000). Species of decapod crustaceans and their distribution in the American marine zoogeographic provinces. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*, 13: 1-64.

CAMPOS E, GARCIA C, TANAJURA C.A.S, LORENZETTI J.A, SIFEDDINE A, CAMARGO R, GONI G, MELO E, POLITO P, SIEGLE E, (2012). Observações costeiras e oceânicas. In: Base Científica das Mudanças Climáticas. Primeiro Relatório de Avaliação Nacional, PBCM: Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, 1: 95-155.

CARVALHO-BATISTA A, NEGRI M, PILEGGI L. G, CASTILHO A. L, COSTA R. C, MANTELATTO F. L. (2014). Inferring population connectivity across the range of distribution of the stiletto shrimp *Artemesia longinaris* Spence Bate, 1888 (Decapoda, Penaeidae) from DNA barcoding: implications for fishery management. Zookeys 457: 271–288.

CARVALHO-BATISTA A, SIMÕES S.M, LOPES M, COSTA R.C, (2011). Ecological distribution of the shrimp *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888) and *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Decapoda, Penaeoidea) in the southeastern Brazilian littoral. Nauplius, 19(2): 135-143.

CASTELLO J.P, HAIMOVICI M, ODEBRECHT C, VOOREN C.M, (1997). The Continental Shelf and Slope. In “Subtropical Convergence Environments. The coast and sea in the Southwestern Atlantic” (Seeliger, U.; Odebrecht, C & Castello, J.P; Eds.), Springer: 171-178.

CASTILHO A.L, COSTA R.C, FRANSOZO A, NEGREIROS-FRANSOZO M.L, (2008). Reproduction and recruitment of the South American red shrimp, *Pleoticus muelleri* (Crustacea: Solenoceridae), from the southeastern coast of Brazil. Marine Biology Research, 4: 361-368.

CAVALCANTI I. F. A, FERREIRA N. J, JUSTI da SILVA M. G. A, SILVA DIAS M. A. F. (Eds.), (2009). Tempo e clima no Brasil. São Paulo, Oficina de Textos.

CHAN T. Y, (1998). Shrimps and prawns. In: Carpenter, K.E. & Niem, V.H. (Eds). Species Identification Guide for Fishery Purposes. The Living Marine Resources of the Western Central Pacific. FAO, Rome, 851–971.

CHANG P, JI L, LI H, (1997). A decadal climate variation in the tropical Atlantic Ocean from thermodynamic air-sea interactions. *Nature*, 385: 516-518.

CLEVELAND R.B, (1979). Robust locally-weighted regression and smoothing scatterplots. *Journal of American Statistical Association*, 74: 829-836.

Climate Monitoring - National Weather Service NOAA, (2020). Teleconnections > El Niño / Southern Oscillation (ENSO). Southern Oscillation Index (SOI). Available in <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/soi/>. Access in: November 2019.

Climate Prediction Center - National Weather Service NOAA, (2017). El Niño/Southern Oscillation (ENSO) > Historical El Niño/La Niña episodes (1950-present). Cold & warm episodes by season. Available in. [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml). Access in: November 2019.

COSTA R.C, FRANSOZO A, CASTILHO A.L, FREIRE F, (2005). Annual, seasonal and spatial variation of abundance of the shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea) in south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85(1): 107-112.

COSTA R.C, BRANCO J.O, MACHADO I.F, CAMPOS B.R, AVILA M.G, (2010). Population biology of shrimp *Artemesia longinaris* Spence Bate, 1888 (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) from the South coast of Brazil. *Journal of the Marine Biological Association*, 90(4): 663 - 669.

D'INCAO F, VALENTINI H, RODRIGUES L. F, (2002). Avaliação da pesca de camarões nas regiões Sudeste e Sul do Brasil 1965-1999. *Atlântica*, 24(2): 103-116.

D'INCAO F, (1999). Sudordem Dendrobranchiata (camarões marinhos). In: Buckup, L. e Bond-Buckup, G. Os camarões do Rio Grande do Sul, Rio Grande: FURG.

DEE D.P, UPPALA S.M, SIMMONS A.J, BERRISFORD P, POLI P, KOBAYASHI S, et al. (2010). The ERA-Interim Reanalysis: Configuration and Performance of the Data Assimilation System. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 137: 553-597.

DUMONT L.F.C. and D'INCAO F. (2008) Distribution and abundance of the Argentinean (*Artemesia longinaris*) and red (*Pleoticus muelleri*) prawns (Decapodo: Penaeoidea) in southern Brazil during the commercial double-rig trawl fishery season. Nauplius, 16: 83–94.

DUMONT L.F.C. (2005). Distribuição e abundância do camarão-barba-ruça *Artemesia longinaris* e do camarão-santana *Pleoticus muelleri* nas águas costeiras da Plataforma Sul. In: Vooren, C.M.; Klippel, S. Ações para a conservação de tubarões e raias no Sul do Brasil. Porto Alegre.

EFRON B, (1979). Bootstrap methods: another look at the jackknife. Annals of Applied Statistic, 7:1-26.

FAO (2014). The state of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges. FAO, Rome.

FAO (2016). The State of Worls Fisheries and Aquaculture (SOFIA). F.F. and A.D, ed, Rome.

FURLAN M, CASTILHO A.L, FERNANDES-GOES L.C, FRANSOZO V, BERTINI G, COSTA R.C. (2013). Effect of environmental factors on the abundance of decapod crustaceans from soft bottoms off southeastern Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 85(4): 345-1356.

GARCIA C.A.E, (1997). Physical oceanography. In “Subtropical Convergence Environments. The coast and sea in the Southwestern Atlantic”, Eds Seeliger, U.; Odebrecht, C. and Castello, J.P; Springer : 94-96.

GRIMM A.M, FERRAZ S.E.T, GOMES J, (1998). Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. J. Clim, 11, 2863-2880.



GRIMM A.M, BARROS V.R, DOYLE M.E, (2000). Climate variability in Southern America associated with El Niño and La Niña events. J. Clim, 13, 35-58.

GRIMM A.M, ( 2009). Variabilidade interanual do clima no Brasil. In: Cavalcanti, I.F.A., Ferreira, N.J., Silva, M.G.A.J., Dias, M.A.F.S. (Eds.), Tempo e Clima no Brasil. São Paulo, 353-374.

IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, (2011). Proposta de Plano Nacional de Gestão para o uso sustentável de Camarões marinhos do Brasil. Dias-Neto, J. (Org.). Brasília, DF. IBAMA, 242.

Intergovernmental panel on climate change (IPCC), (2018). Global warming of 1.5° C, an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5° C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Geneva, Switzerland: IPCC.

OKSANEN J, BLANCHET G. F, FRIENDLY M,KINDT R, LEGENDRE P, MCGLINN D, MINCHIN R. P, O' HARA R. B,SIMPSON L.G,SOLYMOS P,STEVENS M. H.H,SZOECS E,WAGNER H (2019). Vegan: Community Ecology Package. R package. LOPES P.F, PENNINO G, FREIRE F, (2017). Climate change can reduce shrimp catches in equatorial Brazil. Regional Environmental Change, 18(1): 223-234.

MACCHI G.J, IORIO M, AUBONE A, (1998). Estimación de La fecundidad Del langostino argentino *Pleoticus muelleri* Bate, 1888 de Patagonia (sur de Argentina). Boletín del Instituto Español de Oceanografía, 14(1/2): 19-29.

MARENGO J.A, CHOU S.C, KAY G, ALVES L.M, PESQUERO J.F... et al, (2011) Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTEC/ HadCM3 climate change projections: climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Paraná River basins. Clim Dyn, 38:1829–1848.

MARENGO J.A, (2006). Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definições das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. MMA, Ministério do Meio Ambiente.

MARENGO J.A, (2014). O futuro do clima no Brasil. Revista usp, 103: 25-32.

MAYNOU F, (2008). Influence of the North Atlantic Oscillation on Mediterranean deep-sea shrimp landings. Climate Research 36: 253–257.

MPA. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura: Brasil , (2011). Brasília (DF), [on line], Available  
at:[http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/estatistica/est\\_2011\\_bol\\_\\_bra.pdf](http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/estatistica/est_2011_bol__bra.pdf). Access in: April 2019.

PEREIRA H.M et al, (2010). Scenarios for global biodiversity in the 21st century. Science, 330: 1496–1501.

PEREIRA N. e D'INCAO F, (2012). Relationship between rainfall, pink shrimp harvest (*Farfantepenaeus paulensis*) and adult stock, associated with El Niño and La Niña phenomena in Patos Lagoon, southern Brazil. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 92(07): 1451-1456.

PULLIAM H.R, (1988). Sources, sinks and population regulation. American Naturalist , 132: 652–661.

RANDALL D.A, WOOD R.A, BONY S, COLMAN R et al. (2007), Climate Models and Their Evaluation. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

SANCINETTI G. S, AZEVEDO A, CASTILHO A. L, FRANSOZO A, COSTA R. C, (2014). How marine upwelling influences the distribution of *Artemesia longinaris* (Decapoda:Penaeoidea)? Latin American Journal of Aquatic Research, 42(2): 322-331.

SANTOS R.A, COSTA R.C. e RODRIGUES A.M.T, (2016). Avaliação do Camarão *Pleoticus muelleri* (Spence Bate, 1888) (Decapoda: Solenoceridae). Cap. 31: p. 412-419. In: Pinheiro, M. & Boos, H. (Org.). Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil: Avaliação 2010-2014. Porto Alegre, RS, Sociedade Brasileira de Carcinologia – SBC, 466.

STENSETH N.C, OTTERSEN G, HURRELL J.W, LIMA M.M, CHAN K.S, YOCCOZ N.G and ADLANDSVIK B, (2003). Studying climate effects on ecology through the use of climate indices: the North Atlantic Oscillation, El Niño Southern Oscillation and beyond. Proc.R. Soc. Lond. B, 270: 2087-2096.

SWARTZMAN L.C, GWADRY F.G, SHAPIRO A.P, TEASELL R.W, (1994). The factor structure of the coping strategies questionnaire. Pain 57:311–316 Sydeman WJ, Poloczanska E, Reed TE, Thompson SA (2015). Climate change and marine vertebrates. Science 350:772–777.

TAVARES C. and MARTIN J.W, (2010). Suborder Dendrobranchiata Bate, 1881. Crustacea, 9(63): 99-164.

VAN DE KERK M, JONES LITTLES C, SAUCEDO O, LORENZEN K, (2016). The effect of latitudinal variation on shrimp reproductive strategies, PLoS One 11:1-11.

VASCONCELLOS F.C. and CAVALCANTI I.F.A, (2010). Extreme precipitation over southeastern Brazil in the austral summer and relations.

VASCONCELLOS F.C, PIZZOCHERO R.M and CAVALCANTI I.F, (2019). Month-to-Month Impacts of Southern Annular Mode Over South America Climate. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, 42 (1): 783-792

VENABLES, W.N. and DICHMONT, C.M. 2004. GLMs, GAMs and GLMMs : an with the southern hemisphere annular mode. Atmospheric Science Letters,11(1): 21-26.

WOOD S.N, (2011) Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society* , 73(1):3-36.

YE Y, MOHAMMED.H and J BISHOP, (1999). Depth, temperature and salinity references of newly recruit penaeid shrimps in Kuwait waters. *Fishery Oceanography* 8 (2): 128-138.

ZAR J. H, (1996). *Biostatistical analysis*, Prentice Hall, New Jersey.

ZUUR A.F, LENO E.N, SMITH G.M, (2007). *Analysing ecological data*. Springer Science, Business Media, New York, USA.

ZUUR A. F, LENO E. N, WALKER N, SAVELIEV A. A. and SMITH G. M, (2009). *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. *Statistics for Biology and Health*.

ZUUR A. F, LENO E.N, ELPHICK C.S, (2010). A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution*. 1:3-14.

ZUUR A.F, SAVELIEV A.A, LENO E.N, (2014). *A Beginner's Guide to Generalized Additive Mixed Models with R*. Highland Statistics Ltd, Newburgh, UK.