

**VALQUÍRIA GARCIA**

**VARIAÇÃO SAZONAL DE LARVAS DE PEIXES NA  
REGIÃO COSTEIRA DE SANTA CATARINA, BRASIL**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para a obtenção do título de doutor em Aquicultura.

Orientador: Dr. Evoy Zaniboni Filho

Florianópolis  
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Garcia, Valquíria

Variação sazonal de larvas de peixes na região  
costeira de Santa Catarina, Brasil / Valquíria  
Garcia ; orientador, Evoy Zaniboni Filho, 2017.  
108 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de  
Pós-Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. Ictioplâncton. 3. Área  
costeira. 4. Sardinha-verdadeira. 5. Sazonalidade.  
I. Zaniboni Filho, Evoy . II. Universidade Federal  
de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em  
Aquicultura. III. Título.

**Variação sazonal de larvas de peixes na região costeira de Santa Catarina, Brasil**

Por

VALQUÍRIA GARCIA

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de

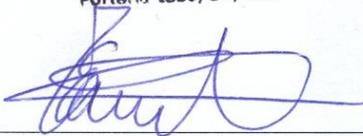
**DOUTOR EM AQUICULTURA**

e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.



**Profa. Leila Hayashi, Dra.**  
Coordenadora do Programa de  
Pós-Graduação em Aquicultura/UFSC  
Portaria 1889/GR/2017

Banca Examinadora:



Dr. Evoy Zaniboni Filho – *Orientador*



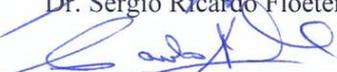
Dra. Andrea Santarosa Freire - UFSC



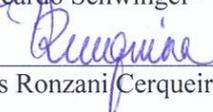
Dr. Henry Louis Spach - UFPR



Dr. Sergio Ricardo Floeter - UFSC



Dr. Paulo Ricardo Schwingel - UNIVALI



Dr. Vinicius Ronzani Cerqueira - UFSC



## AGRADECIMENTOS

Minha sincera gratidão:

A CAPES pelo financiamento do projeto Isca-Viva (Edital Ciências do Mar Nº 09/2009), pela bolsa de estudos fornecida durante todo período do doutorado e pela bolsa de estágio sanduíche, oportunidade única para o aumento do meu conhecimento sobre a ecologia do icteoplâncton;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Evoy Zaniboni Filho, pela confiança depositada em mim para realização deste trabalho, e pelo apoio e incentivo durante minha permanência no LAPAD/UFSC;

Aos tripulantes do N/Pq Soloncy Moura e aos colaboradores do CEPESUL/ICMBio e LAPAD/UFSC envolvidos com o projeto Isca-Viva, por toda atenção, disposição e ajuda na realização dos cruzeiros de pesquisa;

Aos amigos do LAPAD/UFSC, em especial àqueles do “ictio”, pela companhia agradável, parceria e ajuda. Vocês fizeram essa jornada ser muito mais prazerosa;

Ao Dr. Anthony Miskiewicz por toda a paciência e gentileza no ensinamento sobre a identificação de larvas de peixe. E também por toda a atenção dispensada para tirar dúvidas sobre as larvas coletadas no Brasil;

Ao Prof. Dr. Iain Suthers, e a todo o pessoal do FAMER/UNSW, por terem me recebido tão bem durante o estágio sanduíche. Agradeço também a oportunidade de ter participado de um cruzeiro oceanográfico, de um projeto no qual aprendi muito e também de congressos internacionais;

Ao Dr. David A. Reynalte Tataje, especialista em ecologia do icteoplâncton que me fez apaixonar por essa área, e que se tornou um grande amigo. Obrigada por estar sempre me ajudando e incentivando, mesmo que de longe;

Ao Luis Macedo-Soares, outro entusiasta do icteoplâncton que esteve sempre disposto em ajudar, repassando seu grande conhecimento em oceanografia e estatística;

A todos os professores da PPG-AQI, pelos ensinamentos, pelas aulas e pelas experiências;

Ao Carlito Klunk pela paciência e prestatividade em resolver as questões administrativas;

Ao meu marido Caio Cezar, companheiro de tantos anos. Obrigada por todo amor, carinho, companheirismo, ajuda, e principalmente, paciência durante o doutorado;

A minha família, amor infinito, que sempre me incentivou e apoiou todas as minhas escolhas.

## RESUMO

As estruturas das assembleias de peixes variam tanto no espaço quanto no tempo, e, em geral, são o resultado da estratégia reprodutiva de diversas espécies que aproveitam as condições favoráveis do ambiente para desenvolvimento das suas larvas. Regiões costeiras apresentam características físico-químicas e biológicas que favorecem o crescimento dos peixes, portanto, são comumente usadas como área de desova e de criação. O presente trabalho teve como objetivo investigar a variação sazonal das assembleias de larvas de peixe na região costeira do estado de Santa Catarina, bem como verificar a relação de variáveis ambientais com a estrutura das assembleias. Este estudo também investigou, especialmente, as características dos habitats preferenciais e a sazonalidade na abundância de larvas da sardinha-verdadeira, principal recurso pesqueiro do Brasil. Foram realizados 4 cruzeiros oceanográficos, um em cada estação do ano de 2012. Amostras de ictioplâncton e de água, para análise de variáveis físico-químicas, foram coletadas em 42 pontos distribuídos ao longo da costa catarinense, entre as latitudes 26°S e 28°S. O inverno se mostrou diferente das demais estações do ano, onde apresentou menor abundância de larvas e menor riqueza taxonômica. O inverno foi composto em maior parte por larvas de Sciaenidae, que apresentaram também elevada abundância no outono. Os táxons mais abundantes, Engraulidae, Clupeidae, Carangidae e Sciaenidae apresentaram relação com as diferentes condições oceanográficas sazonalmente encontradas na costa catarinense, como intrusão da ACAS ao fundo no verão e na primavera, presença da AT no outono e primavera, e também a descarga continental mais intensa na região centro-norte da área de estudo. Larvas do clupeídeo sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* foram encontradas durante três estações do ano (primavera, verão e outono), indicando uma extensão em seu período reprodutivo conhecido. Na primavera e verão, condições fornecidas pela presença da ACAS e pelo aporte costeiro favoreceram o desenvolvimento das larvas, ampliando a tolerância das larvas aos limites das variáveis ambientais. No outono, as condições preferenciais dos habitats de desenvolvimento da sardinha-verdadeira foram mais específicas, como temperatura em 24°C, salinidades altas e concentração de oxigênio dissolvido em 7mg.L<sup>-1</sup>. O presente estudo ressalta a importância de zonas costeiras para o desenvolvimento dos estágios iniciais dos peixes, principalmente aqueles de grande importância econômica e que são alvos de exploração pesqueira. Estes novos dados sobre a distribuição sazonal da sardinha-verdadeira são

informações importantes que podem auxiliar na melhoria da gestão deste recurso pesqueiro.

Palavras-chave: Aquicultura, Ictioplâncton, Área costeira, Sardinha-verdadeira, Sazonalidade

## ABSTRACT

The structures of fish assemblages vary both in space and in time and are generally the result of the reproductive strategy of several species that take advantage of favorable environmental conditions for the development of their larvae. Coastal regions present physical-chemical and biological characteristics that favor fish development, so they are commonly used as spawning and nursery areas. This work aimed to investigate the seasonal variation of fish larvae assemblages in the coastal region of Santa Catarina State, as well as verify the relation of environmental variables to the assemblage's structure. This study also investigated the characteristics of the preferred habitats and the seasonality in the abundance of Brazilian sardine larvae, the main fishery resource in Brazil. Four oceanographic cruises were performed, one in each season of 2012. Ichthyoplankton and water samples were collected in 42 sampling sites along the coast of Santa Catarina, between 26°00'S and 28°30'S. Winter was different from the other seasons, presenting lower larvae abundance and lower taxonomic richness. Winter was composed mostly of Sciaenidae larvae, which showed also high abundance in autumn. Larvae belonging to the most abundant taxa, Engraulidae, Clupeidae, Sciaenidae and Carangidae, were related to the different seasonal oceanographic conditions found on the Santa Catarina coast, such as SACW intrusion to the bottom layer in summer and spring, TW presence in autumn and spring, and the most intense continental discharge in the central-north region of the study area. Clupeid larva of the Brazilian sardine *Sardinella brasiliensis* were found during three seasons (summer, autumn and spring), indicating an extension of its reproductive period. In spring and summer, conditions provided by SACW and coastal drainage favored larvae development, increasing tolerance to different levels of the environmental variables. In autumn, preferred conditions of the habitats for development of the Brazilian sardine were more specific, such as temperature at 24°C, high salinity and dissolved oxygen concentration at 7mg.L<sup>-1</sup>. The present study emphasizes the importance of coastal areas for the development of early fish stages, especially those of great economic importance for fisheries. These new data about the seasonal distribution of Brazilian sardine are important information that can be used to improve the management of this fishery resource.

Keywords: Aquaculture, Ichthyoplankton, Coastal areas, Brazilian sardine, Seasonality



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudo e localização das estações de amostragem na região costeira de Santa Catarina para os cruzeiros oceanográficos realizados durante as estações do ano de 2012..... 26

### Capítulo 1

Figura 1: Mapa da área de estudo. Localização das 42 estações amostrais na região costeira de Santa Catarina ..... 35

Figura 2: Diagrama T-S para a região costeira de Santa Catarina em cada estação do ano em 2012. Massas de água: Água Subtropical de Plataforma (ASTP), Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água da Pluma do Prata (APP). Plumões estuarinas: Pluma do rio Itajaí (PRI), Pluma do rio São Francisco do Sul (PSF)... 38

Figura 3: Distribuição horizontal da temperatura (A-D) e salinidade (E-H) de superfície na região costeira de Santa Catarina para cada estação do ano de 2012..... 39

Figura 4: Distribuição horizontal da temperatura (A-D) e salinidade (E-H) de fundo na região costeira de Santa Catarina para cada estação do ano de 2012..... 40

Figura 5: Distribuição da abundância total de larvas de peixes ( $n^{\circ}$  ind.m<sup>-2</sup>) na região costeira de Santa Catarina para cada estação do ano de 2012 ..... 44

Figura 6: Distribuição da abundância de larvas de Engraulidae ( $n^{\circ}$  ind.m<sup>-2</sup>) na região costeira de Santa Catarina para cada estação do ano de 2012 ..... 45

Figura 7: Distribuição da abundância de larvas de Clupeidae ( $n^{\circ}$  ind.m<sup>-2</sup>) na região costeira de Santa Catarina para cada estação do ano de 2012 ..... 45

Figura 8: Distribuição da abundância de larvas de Sciaenidae ( $n^{\circ}$  ind.m<sup>-2</sup>) na região costeira de Santa Catarina para cada estação do ano de 2012 ..... 46

Figura 9: Distribuição da abundância de larvas de Carangidae ( $n^{\circ}$  ind.m<sup>-2</sup>) na região costeira de Santa Catarina para cada estação do ano de 2012.....46

## Capítulo 2

Figura 1: Localização dos pontos amostrais na região costeira de Santa Catarina para todos os cruzeiros de 2012.....67

Figura 2: Diagrama T-S da região costeira de Santa Catarina para cada estação do ano de 2012. Massas de água: Água Subtropical de Plataforma (ASTP), Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água da Pluma do Prata (APP). Plumões estuarinas: Pluma do rio Itajaí (PRI) e Pluma do rio São Francisco do Sul (PSF).. 71

Figura 3: Distribuição horizontal da temperatura (A-D) e salinidade (E-H) de superfície na região costeira de Santa Catarina para cada estação do ano de 2012 .....72

Figura 4: Distribuição horizontal da temperatura (A-D) e salinidade (E-H) de fundo na região costeira de Santa Catarina para cada estação do ano de 2012 .....73

Figura 5: Análise de Componentes Principais das variáveis ambientais (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, silicato, ortofosfato, nitrito, nitrato e amônio) para superfície (triângulo) e fundo (círculo) de cada ponto amostral. Os códigos de cores representam diferentes estações do ano: verão (vermelho), outono (verde), inverno (azul) e primavera (laranja) ..... 74

Figure 6: Distribuição da abundância de larvas ( $n^{\circ}$  ind.m<sup>-2</sup>) da sardinha-verdadeira na região costeira de Santa Catarina durante o verão, outono e primavera de 2012. Nenhuma larva de sardinha foi coletada no inverno .....75

Figura 7: Curvas de quociente mostrando a ocorrência das larvas de sardinha-verdadeira (linha em negrito) nos intervalos de temperatura na superfície (esquerda) e no fundo (direita) para o verão (superior), outono (meio) e primavera (inferior). As curvas foram sobrepostas ao número de amostras (barra cinza) dentro de cada intervalo da

covariável. A linha horizontal indica o quociente de 1. As linhas tracejadas denotam os intervalos de confiança superior e inferior..... 77

Figura 8: Curvas de quociente mostrando a ocorrência das larvas de sardinha-verdadeira (linha em negrito) nos intervalos de salinidade na superfície (esquerda) e no fundo (direita) para o verão (superior), outono (meio) e primavera (inferior). As curvas foram sobrepostas ao número de amostras (barra cinza) dentro de cada intervalo da covariável. A linha horizontal indica o quociente de 1. As linhas tracejadas denotam os intervalos de confiança superior e inferior..... 78

Figura 9: Curvas de quociente mostrando a ocorrência das larvas de sardinha-verdadeira (linha em negrito) nos intervalos de nitrito na superfície (esquerda) e no fundo (direita) para o verão (superior), outono (meio) e primavera (inferior). As curvas foram sobrepostas ao número de amostras (barra cinza) dentro de cada intervalo da covariável. A linha horizontal indica o quociente de 1. As linhas tracejadas denotam os intervalos de confiança superior e inferior..... 79

Figura 10: Curvas de quociente mostrando a ocorrência das larvas de sardinha-verdadeira (linha em negrito) nos intervalos de nitrato na superfície (esquerda) e no fundo (direita) para o verão (superior), outono (meio) e primavera (inferior). As curvas foram sobrepostas ao número de amostras (barra cinza) dentro de cada intervalo da covariável. A linha horizontal indica o quociente de 1. As linhas tracejadas denotam os intervalos de confiança superior e inferior..... 80

Figura 11: Curvas de quociente mostrando a ocorrência das larvas de sardinha-verdadeira (linha em negrito) nos intervalos de clorofila-a na superfície (esquerda) e no fundo (direita) para o verão (superior) e primavera (inferior). As curvas foram sobrepostas ao número de amostras (barra cinza) dentro de cada intervalo da covariável. A linha horizontal indica o quociente de 1. As linhas tracejadas denotam os intervalos de confiança superior e inferior..... 81

Figura 12: Curvas de quociente mostrando a ocorrência das larvas de sardinha-verdadeira (linha em negrito) nos intervalos de ortofosfato na superfície (esquerda) e no fundo (direita) para o verão (superior), outono (meio) e primavera (inferior). As curvas foram sobrepostas ao número de amostras (barra cinza) dentro de cada intervalo da

covariável. A linha horizontal indica o quociente de 1. As linhas tracejadas denotam os intervalos de confiança superior e inferior.....82

Figura 13: Curvas de quociente mostrando a ocorrência das larvas de sardinha-verdadeira (linha em negrito) nos intervalos de silicato na superfície (esquerda) e no fundo (direita) para o verão (superior), outono (meio) e primavera (inferior). As curvas foram sobrepostas ao número de amostras (barra cinza) dentro de cada intervalo da covariável. A linha horizontal indica o quociente de 1. As linhas tracejadas denotam os intervalos de confiança superior e inferior.....83

Figura 14: Curvas de quociente mostrando a ocorrência das larvas de sardinha-verdadeira (linha em negrito) nos intervalos de amônio na superfície (esquerda) e no fundo (direita) para o verão (superior), outono (meio) e primavera (inferior). As curvas foram sobrepostas ao número de amostras (barra cinza) dentro de cada intervalo da covariável. A linha horizontal indica o quociente de 1. As linhas tracejadas denotam os intervalos de confiança superior e inferior.....84

Figura 15: Curvas de quociente mostrando a ocorrência das larvas de sardinha-verdadeira (linha em negrito) nos intervalos de oxigênio dissolvido na superfície (esquerda) e no fundo (direita) para o verão (superior), outono (meio) e primavera (inferior). As curvas foram sobrepostas ao número de amostras (barra cinza) dentro de cada intervalo da covariável. A linha horizontal indica o quociente de 1. As linhas tracejadas denotam os intervalos de confiança superior e inferior .....85

Figura A.1: Abundância média de larvas da sardinha-verdadeira capturadas exclusivamente pela rede de 500 µm e classificadas pelo estágio de desenvolvimento nas coletas realizadas no verão, outono e primavera de 2012.....97

Figura A.2: Distribuição horizontal da concentração do nitrato em águas de fundo na primavera e da clorofila-a em águas de superfície no verão do ano de 2012 .....98

Figura A.3: Distribuição horizontal da concentração do silicato e do ortofosfato no verão e da concentração do silicato, do ortofosfato e do amônio na primavera em águas de superfície e de fundo nas amostragens feitas no ano de 2012 .....99

Figura A.4: Distribuição horizontal da concentração do silicato no outono em águas de superfície e fundo nas amostragens feitas no ano de 2012.....	100
---	-----



## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

- Tabela 1: Abundância média ( $n^\circ$  de indivíduos.m<sup>-2</sup> e  $\pm$ SE), frequência de ocorrência (%) e abundância relativa (AR)(%) de larvas de peixes dos diferentes táxons encontrados na região costeira de Santa Catarina em cada estação do ano de 2012. Traço (-) significa táxon não capturado..... 42
- Tabela 2: Resultados dos testes da PERMANOVA e PERMDISP baseados nas abundâncias das famílias coletadas na região costeira de Santa Catarina em cada estação do ano de 2012 ..... 47
- Tabela 3: Resultados da análise SIMPER para a dissimilaridade na composição das assembleias de larvas de peixes entre as diferentes estações do ano amostradas em 2012. DM=dissimilaridade média, AbM=abundância média ..... 48



## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL .....	21
Variação sazonal do ictioplâncton .....	21
Região costeira de Santa Catarina.....	23
A sardinha-verdadeira .....	24
OBJETIVO GERAL .....	25
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	25
MATERIAIS E MÉTODOS .....	26
Área de estudo.....	26
Amostragem do plâncton e das variáveis de qualidade de água .....	27
CAPÍTULO 1 – Distribuição sazonal de larvas de peixes na região costeira de Santa Catarina, sul do Brasil .....	29
CAPÍTULO 2 – Distribuição espacial e sazonal de larvas da sardinha-verdadeira <i>Sardinella brasiliensis</i> na costa de Santa Catarina, sul do Brasil .....	61
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	101
REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL.....	103



## INTRODUÇÃO GERAL

A ecologia de comunidades é o estudo dos padrões de diversidade, abundância e composição das espécies, e também dos diferentes processos relacionados a esses padrões (VELLEND, 2010). Processos físicos e biológicos causam mudanças dentro e entre as comunidades ecológicas, fazendo com que elas variem tanto no espaço quanto no tempo (MENGE e OLSON, 1990).

### Variação sazonal do ictioplâncton

No ambiente marinho, o conhecimento sobre a ecologia de ovos e de larvas de peixes tem importância fundamental para o entendimento da dinâmica das populações, visto que os estágios iniciais representam um período crítico do ciclo de vida (RÉ et al., 2005). O ictioplâncton não apresenta uma distribuição homogênea, sendo que suas assembleias também exibem uma variação espaço-temporal. Temporalmente, muitas assembleias de peixes variam sua composição em escala sazonal, com táxons e grupos distintos ocorrendo apenas em uma determinada época do ano. Estudos sobre a variação sazonal de assembleias de larvas de peixes e de alguns táxons específicos vem sendo desenvolvidos em diferentes regiões do mundo (GRAY e MISKIEWICZ, 2000; IBAIBARRIAGA et al., 2007; CARASSOU et al., 2012; SASSA e HIROTA, 2013; PATTRICK e STRYDOM, 2014), inclusive na costa brasileira (NONAKA et al., 2000; MAFALDA JR. et al., 2004; LOPES et al., 2006; COSTA et al., 2012; GARBINI et al., 2014; KATSURAGAWA et al., 2014; PORCARO et al., 2014). Katsuragawa et al. (2014) investigando a composição das assembleias de larvas de peixe na Plataforma Continental Sudeste (PCSE) do Brasil verificaram que durante a primavera as assembleias foram dominadas por larvas de pequenos peixes pelágicos, como sardinhas e anchoitas, mas já no outono a abundância de espécies costeiras foi reduzida e a dominância ocorreu por uma espécie mesopelágica *Bregmaceros cantori*. Em um estudo sobre a distribuição espaço-temporal de larvas de Sciaenidae no sistema estuarino e plataforma adjacente da Baixada Santista/SP/Brasil foi mostrado que larvas ocorreram durante todo ano, mas com maior abundância durante os meses mais quentes (PORCARO et al., 2014).

A distribuição dos ovos e das larvas de peixes está relacionada a processos biológicos, como a estratégia reprodutiva dos peixes, incluindo área, época e tipo de desova, a abundância da população adulta, a duração dos estágios iniciais de desenvolvimento, o

comportamento larval, a presença de predadores e presas, entre outros (SHERMAN et al., 1984; HERNÁNDEZ-MIRANDA et al., 2003; SASSA e HIROTA, 2013; del FAVERO et al., 2017). Processos atmosféricos e oceanográficos, como ventos, correntes, massas de água, vórtices, ressurgências e descarga continental, também exercem influência nesta distribuição (MUHLING et al., 2008; MACEDO-SOARES et al., 2014; PATTRICK e STRYDOM, 2014). A variação em qualquer um desses fatores pode resultar em diferentes estruturas das assembleias de larvas de peixes.

A maioria das espécies de peixes marinhos apresenta uma periodicidade sazonal na reprodução, relacionada às condições favoráveis que maximizam a fecundação e o desenvolvimento de sua prole (SANVICENTE-AÑORVE et al., 1998; RÉ et al., 2005), como o acoplamento entre o produto da desova e a presença de alimento (CUSHING, 1990). As condições hidrográficas que retém o plâncton, juntamente com uma alta densidade de alimento, proporcionam as larvas de peixe um rápido crescimento e desenvolvimento de suas habilidades nadadoras, ajudando-as a evitar os predadores e resistir à dispersão por correntes (CHUTE e TURNER, 2001).

Apesar dos estudos sobre o ictioplâncton terem iniciado há mais de 50 anos no Brasil, somente após a década de 1980 as pesquisas têm se concentrado no entendimento da relação entre o ictioplâncton e as variáveis ambientais (KATSURAGAWA et al., 2006), principalmente em uma escala sazonal (KATSURAGAWA et al., 1993; NONAKA et al., 2000; MAFALDA JR et al., 2004; GARBINI et al., 2014; PORCARO et al., 2014; NAMIKI et al., 2017). Por exemplo, a presença de larvas da família Myctophidae na região sudeste do Brasil, tanto no inverno quanto no verão, está associada a intrusão da massa de água Água Tropical (NAMIKI et al., 2017). E a distribuição e abundância de larvas de Pleuronectiformes no nordeste do Brasil mostrou que cada espécie ocorre em um período e local mais favorável para desova e crescimento das formas jovens, sendo que a espécie *Bothus ocellatus* esteve relacionada com águas mais quentes e maiores biomassas de fito e zooplâncton, enquanto *Syacium papillosum* ocorreu em águas mais salgadas e frias (MAFALDA JR. et al., 2016).

Análises dos padrões espaço-temporais que caracterizam a abundância e diversidade de larvas de peixe produzem informações importantes sobre o processo que determina a distribuição e tamanho da população adulta (FUIMAN e WERNER, 2002), uma vez que o desenvolvimento e sobrevivência das larvas afeta o recrutamento (MATSUURA, 1996). Alterações na dinâmica das assembleias de larvas

de peixe refletem mudanças na condição do ambiente, tornando os estudos sobre o icteoplâncton particularmente relevantes não apenas para entender a dinâmica de populações, mas também para abordar os impactos das mudanças ambientais nas comunidades marinhas (BRODEUR et al., 2008; HSIEH et al., 2009).

### **Região costeira de Santa Catarina**

As assembleias de larvas de peixe em águas costeiras são complexas, tanto em termos de composição de espécies quanto do padrão de distribuição (HARRIS et al., 1999; SPONAUGLE et al., 2002). Processos oceanográficos como drenagem continental e ressurgência induzida pelo vento desempenham um papel importante na composição de larvas nessas regiões (LOPES et al., 2006; FRANCO-GORDO et al., 2008; MACEDO-SOARES et al., 2014).

A Plataforma Continental Sudeste (PCSE) no Brasil, localizada entre Cabo Frio (RJ - 22°00'S) e Cabo de Santa Marta (SC - 28°30'S), apresenta complexas interações entre os processos físicos, químicos e biológicos. A dinâmica oceanográfica da PCSE é influenciada pela Corrente do Brasil (CB), que flui em direção sul pela borda da plataforma e transporta a Água Tropical (AT) em sua camada superior, massa de água quente e pobre em nutrientes (SILVEIRA et al., 2000), fazendo com que condições oligotróficas prevaleçam na plataforma, a exceção sob influência de alguns sistemas estuarinos. Os estoques oceânicos de nutrientes estão presos na Água Central do Atlântico Sul (ACAS), massa de água fria e rica em nutrientes que flui em camada inferior da CB abaixo da AT. Diferentes mecanismos, como variação na topografia da plataforma, regime de ventos e hidrografia, promovem várias oportunidades de intrusão da ACAS sobre a plataforma em diferentes escalas de tempo e espaço, trazendo novos nutrientes à zona eufótica (LOPES et al., 2006). Essa entrada da ACAS estabiliza a coluna d'água, impulsionando a produção primária e secundária, e a retenção do icteoplâncton e suas presas, condições estas que favorecem o desenvolvimento das formas jovens dos peixes (BAKUN, 2010). Essas características ambientais também favorecem o sucesso do recrutamento, pois ocorre a sobreposição entre a disponibilidade de alimento e a produção de larvas (LASKER, 1975).

Variações na distribuição de larvas de peixe associadas a sazonalidade na distribuição de massas de água já foram verificadas na PCSE (MATSUURA, 1998; LOPES et al., 2006; KATSURAGAWA et al., 2014). No entanto, estudos sobre a composição e distribuição de

assembleias de larvas de peixe na costa de Santa Catarina, que possui parte integrante da PCSE, foram, em geral, desenvolvidos a partir de projetos que avaliaram uma ampla área de amostragem, de modo a incluir um reduzido número de estações amostrais nessa região, ou ainda, se tratam de estudos pontuais, que analisam habitats específicos tais como ilhas costeiras e estuários.

### **A sardinha-verdadeira**

A sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) é o principal recurso pesqueiro do Brasil (MPA, 2013). Essa espécie sustenta uma importante pescaria na região Sudeste e Sul do Brasil e uma cadeia de processamento de pescados responsável pela produção de enlatados. Além da produção de conservas da própria sardinha, há a manutenção da indústria de conserva do atum, já que a pesca de tunídeos utiliza uma grande quantidade de pequenos peixes pelágicos como isca para sua captura (CERGOLE e DIAS-NETO, 2011).

A produção comercial dessa espécie vem sofrendo grandes oscilações de captura nas últimas décadas e dois grandes colapsos foram registrados, um em 1990 e outro no ano 2000. Uma combinação da ação de sobrepesca e condições ambientais adversas durante o período reprodutivo é apontada como causa principal de declínios progressivos que ocorreram desde 1970 (CERGOLE et al., 2002; JABLONSKI e LEGEY, 2004).

Por causa de suas características biológicas, como ciclo de vida curto, alta fecundidade, alta mobilidade, alimentação a base de plâncton, os pequenos pelágicos como a sardinha respondem rapidamente às variações ambientais (CHECKLEY et al., 2009) e o entendimento sobre o uso do habitat por uma espécie é essencial para avaliar os impactos das atividades antrópicas, os esforços de conservação e as medidas de manejo dessa espécie (COSTA et al., 2015). O conhecimento da distribuição temporal do ictioplâncton ao longo de um ciclo anual também pode ser uma ferramenta de grande valia para o estabelecimento de ações de manejo da pesca, tais como a definição de defeso e manejo de estoques pesqueiros (NAVARRO-RODRÍGUEZ et al., 2006).

Devido sua importância econômica, diversos estudos acerca da biologia, ecologia e conservação da sardinha-verdadeira começaram a ser desenvolvidos (MATSUURA et al., 1992; MATSUURA, 1998; DIAS et al., 2004). No entanto, esforços recentes para monitoramento

das variações espaço-temporal na população dessa espécie são escassos e devem ser incentivados. Portanto, em 2010, com o intuito de contribuir com o processo de gestão pesqueira da sardinha-verdadeira, foi criado o projeto Isca-Viva, desenvolvendo ações de monitoramento ambiental e técnicas de produção e manejo de isca-viva (juvenis de sardinha-verdadeira), com vistas ao uso sustentável do recurso e a manutenção das maiores cadeias de processamento industrial de pescados no Brasil.

O material proveniente deste projeto, relativo ao ictioplâncton, foi utilizado para desenvolvimento dos capítulos apresentados nesta tese.

## **OBJETIVO GERAL**

Investigar a variação espacial e sazonal de larvas de peixes na região costeira de Santa Catarina, sul do Brasil.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Capítulo 1 – Investigar as diferenças sazonais das assembleias de larvas de peixe na região costeira de Santa Catarina, e verificar a relação da oceanografia regional com a distribuição dos táxons mais abundantes.

Capítulo 2 - Investigar a variação espacial e sazonal da abundância de larvas da sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* na região costeira de Santa Catarina, bem como analisar os habitats preferencias de desenvolvimento desta espécie e verificar a influência de massas de água e outras variáveis ambientais nessa distribuição.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo

A área do estudo compreende a região costeira de Itapoá (26°S e 48°W) à Laguna (28°S e 48°W), no litoral do estado de Santa Catarina, onde foram definidas 42 estações de amostragem, divididas em 13 perfis dispostos ortogonalmente em relação à costa (Figura 1). As estações mais costeiras estão localizadas na isóbata de 10 m, com distância de 5 milhas náuticas (9km) entre as estações subsequentes.

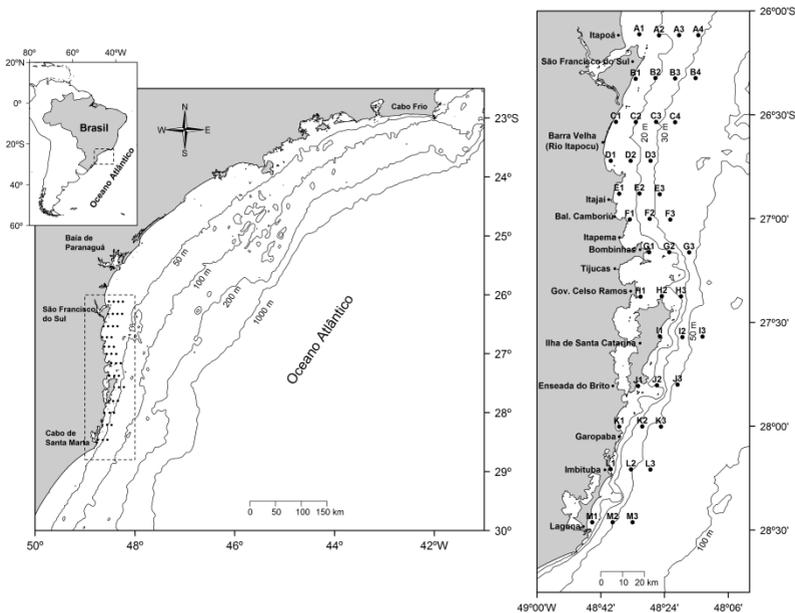


Figura 1: Área de estudo e localização das estações de amostragem na região costeira de Santa Catarina para os cruzeiros oceanográficos realizados durante as estações do ano de 2012.

Esta área é integrante da Plataforma Continental Sudeste (PCSE), definida como a região da plataforma continental que se estende ao longo da costa brasileira, desde Cabo Frio (RJ) até Cabo de Santa Marta (SC), possuindo características e dinâmicas típicas de plataformas continentais de latitudes médias. Sua topografia é suave, com as isóbatas dispo-ndo-se paralelamente à linha da costa (CASTRO et al., 2006).

Para o cenário hidrográfico da região Sul da PCSE, as massas de água características da costa até a borda da plataforma são: Água Tropical (AT), quente e salina, transportada em direção ao sul na camada superior (0-200m) da Corrente do Brasil nas proximidades da quebra da plataforma continental (CB); Água Central do Atlântico Sul (ACAS), fria e rica em nutrientes, também transportada pela CB próxima a borda da plataforma, porém situada na camada inferior (200-500m); Água Subtropical de Plataforma (ATSP), resultante da mistura de águas de descarga continental e AT (SILVEIRA et al., 2000; MÖLLER JR. et al., 2008).

A estrutura da termoclina na costa sudeste-sul do Brasil é também regulada pela variação sazonal da direção e da intensidade dos ventos. Durante a primavera e verão, ventos nordeste favorecem a penetração da ACAS sobre a plataforma. Já no inverno, os ventos invertem a circulação da região, promovendo o recuo da ACAS em direção à borda da plataforma (BRAGA e NIENCHESKI, 2006; LOPES et al., 2006). A ACAS possui nutrientes em abundância, porém, normalmente ocupa estratos inferiores da coluna de água, com radiação solar insuficiente. Com o rompimento da termoclina, no fenômeno de ressurgência, ocorre a fertilização da zona eufótica com nutrientes da ACAS (GAETA e BRANDINI, 2006; LOPES et al., 2006).

Na costa de Santa Catarina, a dinâmica hidrográfica também é influenciada pelas descargas dos sistemas fluviais presentes na região, como os rios São Francisco do Sul, Itapocu, Itajaí-açu, Camboriú and Tijucas (SCHETTINI et al., 2005). Durante o inverno, a intensificação de ventos sul transporta a Água da Pluma do Prata (APP) na direção norte, podendo atingir inclusive a porção sul da PCSE (Santa Catarina), influenciando também na inserção de nutrientes na hidrografia local (MÖLLER JR. et al., 2008).

### **Amostragem do plâncton e das variáveis de qualidade de água**

Foram realizados quatro cruzeiros oceanográficos a bordo do Navio de Pesquisa Soloncy Moura (CEPSUL/ICMBio) durante o ano de 2012, com amostragens sazonais (30/01-03/02/12 - verão, 23/04-27/04/12 - outono, 23/07-27/07/12 - inverno e 05/11-09/11/12 - primavera).

As coletas de plâncton foram feitas com o auxílio de uma rede bongô, com 60 cm de abertura de boca, 3 m de comprimento e malhas de 300 e 500  $\mu\text{m}$ . Arrastos oblíquos foram feitos com permanência da rede por 30 segundos no local mais profundo, realizados em triplicata,

com o barco mantido em velocidade média de 2 nós. As profundidades de coleta foram de 10 m a 30 m, de acordo com a proximidade da estação amostral em relação à costa, ainda podendo variar em função da batimetria local, buscando atingir uma profundidade de segurança para o equipamento não colidir com o fundo. Fluxômetros mecânicos foram acoplados às bocas da rede para quantificação do volume de água filtrado. As amostras coletadas foram armazenadas em frascos de polietileno e fixadas numa solução de formalina a 4%. Em laboratório, as amostras foram triadas sob estereomicroscópio e o ictioplâncton encontrado foi separado. As larvas de peixe foram identificadas ao nível taxonômico de família, com exceção da identificação da espécie de sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) (MATSUURA, 1975; FAHAY, 1983; MOSER, 1996; RICHARDS, 2005; BONECKER e CASTRO, 2006). A abundância de larvas foi padronizada pelo número de indivíduos por m<sup>2</sup> de superfície marinha.

Variáveis de qualidade de água foram obtidas através de amostras de água coletadas com garrafas de Niskin em diferentes profundidades (superfície, 10m, 20m, 30m, 50m e fundo), variando de acordo com a batimetria local. As variáveis físico-químicas (temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido) foram registradas a partir de uma sonda multiparamétrica YSI-6600. Nutrientes inorgânicos dissolvidos (nitrito, nitrato, silicato, ortofosfato e amônio) foram determinados a partir de métodos colorimétricos e a clorofila-a foi determinada a partir da extração com acetona 90% v/v e espectrofotometria (STRICKLAND e PARSONS, 1972). As coletas de água, as análises e a determinação das variáveis de qualidade de água foram obtidas e processadas pela equipe do Laboratório de Oceanografia Química da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), também participantes do projeto Isca-Viva. Estes dados foram gentilmente disponibilizados para o desenvolvimento deste trabalho.

## **CAPÍTULO 1 – Distribuição sazonal de larvas de peixes na região costeira de Santa Catarina, sul do Brasil**



## **Distribuição sazonal de larvas de peixes na região costeira de Santa Catarina, sul do Brasil**

Valquíria Garcia<sup>1\*</sup>, Luis Carlos Pinto de Macedo Soares<sup>2</sup> e Evoy Zaniboni Filho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce, Programa de Pós-graduação em Aquicultura, Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina

Rodovia Francisco Thomaz dos Santos, 3532, 88066-260 – Armação do Pântano do Sul – Florianópolis – SC, Brasil

\*Autor correspondente: valquiriagarcia.aqi@gmail.com

<sup>2</sup>Laboratório de Ecologia do Ictioplâncton, Instituto de Oceanografia, INCT-Mar COI, Universidade Federal do Rio Grande

Campus Carreiros, 96203-900 – Rio Grande – RS, Brasil

### **Resumo**

Neste estudo foi investigada a variação sazonal da assembleia de larvas de peixe na região costeira de Santa Catarina, Brasil, assim como a influência de variáveis oceanográficas nessa distribuição. Em cada estação do ano de 2012 foi realizado um cruzeiro oceanográfico para coleta do icteoplâncton e das variáveis físico-químicas da água em 42 pontos amostrais. O inverno, por ter apresentado menor abundância de larvas e menor diversidade taxonômica, mostrou maior diferença em relações às demais estações do ano. Larvas de Sciaenidae predominaram no inverno, mas também foram abundantes no outono. Larvas pertencentes aos táxons mais abundantes, Engraulidae, Clupeidae, Sciaenidae e Carangidae, apresentaram relação com as diferentes condições oceanográficas sazonalmente encontradas na costa catarinense, como intrusão da ACAS ao fundo no verão e na primavera, presença da AT no outono e primavera, e também a descarga continental mais intensa na região centro-norte da área de estudo. A área costeira de Santa Catarina mostrou ser um ambiente favorável para o desenvolvimento do icteoplâncton.

Palavras-chave: ictioplâncton, zona costeira, pequenos pelágicos, sazonalidade, variáveis ambientais

## **Abstract**

This study investigated the seasonal distribution of fish larvae assemblages in the coastal region of Santa Catarina, Brazil, as well as the influence of oceanographic variables on this distribution. In each season of 2012 an oceanographic cruise was carried out to collect ichthyoplankton and water samples in 42 sampling sites. Winter, due to lower larvae abundance and lower taxonomic diversity, showed greater difference in relation to the other seasons. Sciaenidae larvae prevailed in winter, but were also abundant in autumn. Larvae belonging to the most abundant taxa, Engraulidae, Clupeidae, Sciaenidae and Carangidae, were related to the different seasonal oceanographic conditions found on the Santa Catarina coast, such as SACW intrusion to the bottom layer in summer and spring, TW presence in autumn and spring, and the most intense continental discharge in the central-north region of the study area. The coastal area of Santa Catarina proved to be a favorable environment for ichthyoplankton development.

Keywords: ichthyoplankton, coastal area, small pelagic fish, seasonality, environmental variables

## **Introdução**

A distribuição espacial e temporal das assembleias de ictioplâncton nas plataformas continentais vem sendo descrita em diferentes oceanos (AZEITEIRO et al., 2006; MUHLING et al., 2008; HERNÁNDEZ et al., 2010a; SASSA e HIROTA, 2013; KATSURAGAWA et al., 2014; PATTRICK e STRYDOM, 2014; THOMPSON et al., 2014). Muitas assembleias apresentam uma variabilidade temporal em sua composição, especialmente em uma escala sazonal, onde muitos táxons e grupos distintos ocorrem somente em uma determinada época do ano (GRAY e MISKIEWICZ, 2000; HERNÁNDEZ-MIRANDA et al., 2003; MUHLING e BECKLEY, 2007; CARASSOU et al., 2012). A maioria dos peixes marinhos apresenta uma sazonalidade na reprodução, associada a condições favoráveis que maximizam a fertilização e o desenvolvimento da prole (SANVICENTE-AÑORVE et al., 1998; RÉ et al., 2005).

A formação, desenvolvimento e manutenção da estrutura de uma assembleia ictioplanctônica é relacionada a processos oceanográficos, como correntes e massas de água (MUHLING et al., 2008; MACEDO-SOARES et al., 2014), vórtices (MULLANEY e SUTHERS, 2013), descarga continental (LOPES et al., 2006; MACEDO-SOARES et al., 2014), e também a processos biológicos como, a distribuição dos adultos, período e área de desova, e mortalidade (SHERMAN et al., 1984; MATSUURA, 1998). Portanto, a estrutura da assembleia de peixes em uma região será influenciada pelo padrão sazonal de desova de diferentes espécies, associado a presença e a intensidade dos processos oceanográficos que irão coincidir com a desova (MUHLING e BECKLEY, 2007).

As regiões costeiras marinhas são constituídas por habitats que favorecem o desenvolvimento dos estágios iniciais dos peixes que utilizam essas áreas para desova e criação, sendo frequentadas por espécies ecologicamente distintas (LAPRISE e PEPIN, 1995; MAFALDA JR. et al., 2004; AZEITEIRO et al., 2006; LOPES et al., 2006). Estes ambientes têm como características elevadas concentrações de nutrientes, maior disponibilidade de alimento, presença de gradientes termohalinos, presença de abrigos para reprodução, baixa abundância de predadores e padrões de circulação que favorecem a retenção de organismos ictioplanctônicos (LEGGETT, 1985; SINCLAIR, 1988; LEVINTON, 1982; LIVINGSTON, 2002; BAKUN, 2010). Devido a sua importância, pesquisar e documentar a utilização da região costeira em escala espacial e temporal em relação a variabilidade do ambiente é essencial para a compreensão e previsão dos efeitos das mudanças ambientais sobre as populações de peixes (LAPRISE; PEPIN, 1995).

Santa Catarina é o maior produtor brasileiro de pescado proveniente da pesca extrativa marinha (MPA, 2013) e sua área costeira apresenta complexas interações entre os processos físicos, químicos e biológicos. A oceanografia dessa região exhibe processos que favorecem o desenvolvimento do ictioplâncton (MATSUURA, 1996), havendo estudos que sugerem a plataforma continental catarinense como ambiente importante para reprodução de diferentes espécies (MATSUURA, 1998; LOPES et al., 2006; del FAVERO et al., 2017).

No entanto, muito do que se sabe sobre a distribuição e composição das assembleias de larvas de peixe na costa de Santa Catarina vem de projetos realizados em uma ampla área de amostragem, de modo que os pontos amostrais tendem a ser mais espaçados (LOPES et al., 2006; KATSURAGAWA et al., 2014; MACEDO-SOARES et al., 2014), com um reduzido número amostral contido nessa região, ou

ainda, decorrente de pesquisas pontuais que analisaram habitats específicos tais como baías, lagoas costeiras, ilhas e estuários (MACEDO-SOARES et al., 2009; COSTA et al., 2012; SOUZA-CONCEIÇÃO et al., 2013).

O objetivo deste estudo foi investigar a variação sazonal das larvas de peixes presentes na região costeira da plataforma continental de Santa Catarina e ainda, relacionar a distribuição dos táxons mais dominantes com as massas de água e as variáveis oceanográficas.

## Material e Métodos

### Área de estudo

Na zona costeira de Santa Catarina ocorrem as seguintes massas de água: Água Tropical (AT -  $T \geq 18,5^{\circ}\text{C}$ ,  $S \geq 36$ ), água quente e oligotrófica fluindo em direção sul próximo a borda da plataforma continental, na camada superior (0-200m) da corrente do Brasil (CB); Água Central do Atlântico Sul (ACAS -  $T \leq 18,5^{\circ}\text{C}$ ,  $S \geq 35,3$ ), água fria e rica em nutrientes que também flui para o sul na borda da plataforma continental, porém em uma camada inferior (200-500m) da CB, podendo adentrar a costa durante a primavera e verão; Água Subtropical de Plataforma (ASTP – inverno  $T > 14^{\circ}\text{C}$ ,  $33,5 < S < 35,3 / T > 18,5^{\circ}\text{C}$ ,  $35,3 \leq S < 36$ ; verão  $T > 18,5^{\circ}\text{C}$ ,  $35,3 < S < 36 / T > 21^{\circ}\text{C}$ ,  $33,5 < S \leq 35,3$ ), uma mistura da AT com águas provenientes da drenagem continental (SILVEIRA et al., 2000; MÖLLER JR et al., 2008). A água doce proveniente de sistemas fluviais também exerce influência na hidrodinâmica da área de estudo, principalmente as águas provenientes dos rios São Francisco do Sul, Itapocu, Itajaí-açu, Camboriú e Tijucas. A Água da Pluma do Prata (APP -  $T > 10^{\circ}\text{C}$ ,  $S \leq 33,5$ ), formada pela drenagem da bacia do Rio da Prata e Lagoa dos Patos, é transportada em sentido norte por ventos sudoestes durante o inverno, podendo atingir a costa de Santa Catarina nesse período (SCHETTINI et al., 2005; MÖLLER JR et al., 2008).

### Amostragem e processamento

Amostras de ictioplâncton foram coletadas durante quatro cruzeiros oceanográficos realizados a bordo do NPq Soloncy Moura (IBAMA) na área entre Itapoá ( $26^{\circ}\text{S}$ ) and Laguna ( $28^{\circ}\text{S}$ ) em cada estação do ano de 2012 (30/01-03/02/12 - verão, 23/04-27/04/12 - outono, 23/07-27/07/12 - inverno e 05/11-09/11/12 - primavera).

Arrastos oblíquos únicos foram feitos em cada uma das 42 pré-definidas estações amostrais (Figura 1) utilizando uma rede do tipo Bongô. As amostras provenientes da rede de 500 $\mu$ m foram analisadas. As profundidades de amostragem variaram de 10 a 30m de acordo com a distância da estação amostral em relação à costa: 10m nas estações mais costeiras, 20m nas estações intermediárias e 30m nas estações mais distantes da costa. Um fluxômetro mecânico (General Oceanics) fixado na boca da rede foi utilizado para medir o volume de água filtrado em cada arrasto. As amostras coletadas foram preservadas em solução de formalina 4%.

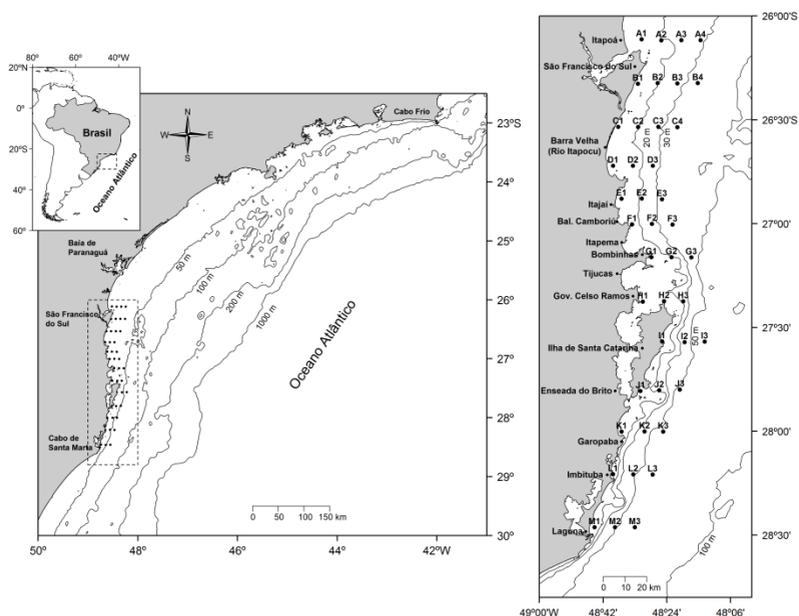


Figura 1: Mapa da área de estudo. Localização das 42 estações amostrais na região costeira de Santa Catarina.

Em laboratório, as amostras foram triadas sob estereomicroscópio e as larvas de peixe encontradas foram separadas e identificadas ao nível taxonômico de família de acordo com as características morfométricas e merísticas, conforme os estágios de desenvolvimento descritos na literatura (FAHAY, 1983; MOSER, 1996; RICHARDS, 2005; BONECKER e CASTRO, 2006). As larvas em estágio vitelínico não foram identificadas, sendo apenas quantificadas.

Variáveis físico-químicas da água (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido) foram obtidas utilizando uma sonda multiparâmetro (YSI) em amostras de água coletadas em diferentes profundidades (superfície, 10m, 20m, 30m, 50m e fundo) com garrafas de Niskin de 5L. As amostras de água foram ainda analisadas para a determinação da concentração de nutrientes (silicato, ortofosfato, nitrito, nitrato, amônio) e clorofila-a, e os dados foram analisados e disponibilizados pelo Laboratório de Oceanografia Química e Poluição Marinha (LOQ) da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI).

### Análise de dados

A abundância das larvas foi padronizada em número de indivíduos por m<sup>2</sup> de superfície do mar. A identificação das massas de água em cada estação do ano foi realizada por meio do diagrama de Temperatura-Salinidade (T-S) usando o pacote *oce* (KELLEY e RICHARDS, 2016), baseada nos índices termohalinos descritos na literatura (MÖLLER JR. et al., 2008). Mapas de distribuição horizontal da temperatura e salinidade de superfície e fundo foram utilizados para visualização dos padrões sazonais na distribuição dessas variáveis. As interpolações foram geradas por um modelo *Kriging* usando o pacote *fields* (NYCHKA et al., 2014) com ajuste mínimo do parâmetro de suavização ( $\lambda=0,009$ ) para evitar suavidade excessiva e perda de qualidade pelo modelo (BIVAND et al., 2008).

A Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA) foi utilizada para comparar a estrutura da assembleia de peixes entre as diferentes estações do ano (ANDERSON, 2001), usando o índice de similaridade de Bray-Curtis entre as amostras. As abundâncias das famílias foram previamente transformadas por raiz quadrada para reduzir o peso dos táxons abundantes (FIELD et al., 1982). Diferença significativa detectada pela PERMANOVA foi testada por um teste par-a-par que compara todos os pares de grupos. Adicionalmente, o pressuposto de independência e homogeneidade das dispersões multivariadas dentro dos grupos foi testado usando o método da Dispersão Permutacional (PERMDISP) (ANDERSON et al., 2008). A contribuição de cada taxon para a dissimilaridade entre os grupos foi estimada usando a Análise de Similaridade das Percentagens (SIMPER).

As análises da PERMANOVA, PERMDISP e SIMPER foram realizadas no programa PRIMER 7 (CLARKE e GORLEY, 2015) com pacote PERMANOVA+ (ANDERSON et al., 2008). Já os diagramas T-

S e mapas de distribuição da abundância de larvas foram feitos no programa R (v3.2.4; R CORE TEAM, 2016).

## **Resultados**

### Condições oceanográficas

O verão foi caracterizado pela presença da ASTP, principalmente na parte superior da coluna de água, associado a uma porção de água fria e de baixa salinidade presente na camada de fundo que se estendeu ao longo da área de estudo, sendo provável resultante da mistura entre a água de plataforma e ACAS. Na região da ilha de Santa Catarina essa massa de água fria atingiu a superfície. As águas de outono foram compostas por ASTP e AT. No inverno houve a predominância da ASTP, e águas providas da Pluma do Prata foram verificadas, em maior intensidade na superfície do que no fundo, em algumas estações amostrais da região situada mais ao sul da costa de Santa Catarina (transectos L e M). A primavera mostrou a presença da ASTP, AT e ACAS (Figura 2). Mapas da distribuição horizontal da temperatura e salinidade mostram a intrusão de uma água fria (ACAS) no fundo da plataforma na primavera e no verão, atingindo a área ao norte da ilha de Santa Catarina até a isóbata de 30m e em maior intensidade a área ao sul da ilha, onde a ACAS alcançou uma região ainda mais costeira (Figura 4). A influência da descarga continental, principalmente dos rios São Francisco do Sul, Itajaí e Tijucas, foi vista em todas as estações do ano, onde águas menos salinas ( $<33,5$ ) foram verificadas tanto na superfície quanto no fundo das estações amostrais mais costeiras da região localizada ao norte da ilha de Santa Catarina (Figuras 3 e 4).

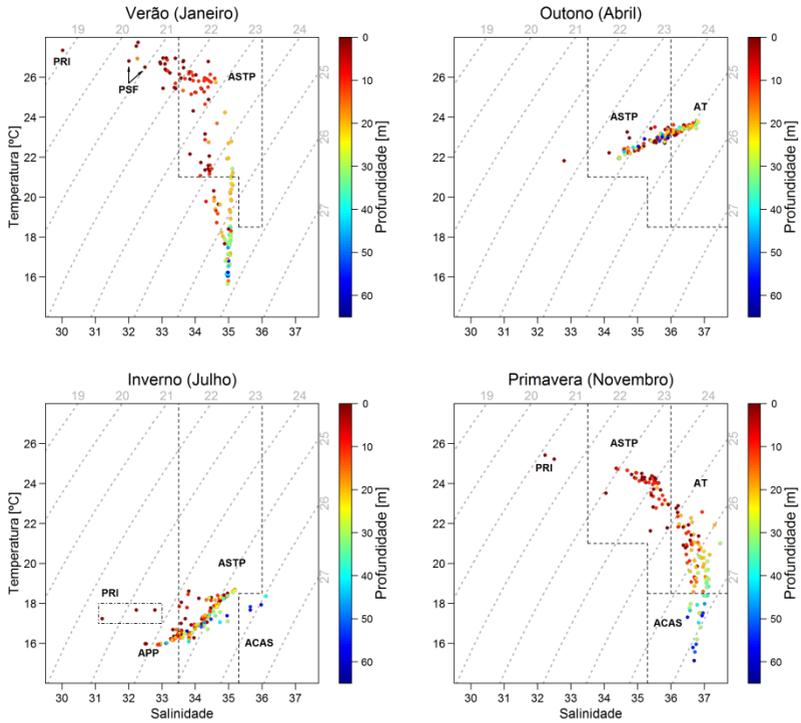


Figura 2: Diagrama T-S para a região costeira de Santa Catarina em cada estação do ano em 2012. Massas de água: Água Subtropical de Plataforma (ASTP), Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água da Pluma do Prata (APP). Plumas estuarinas: Pluma do rio Itajaí (PRI), Pluma do rio São Francisco do Sul (PSF).

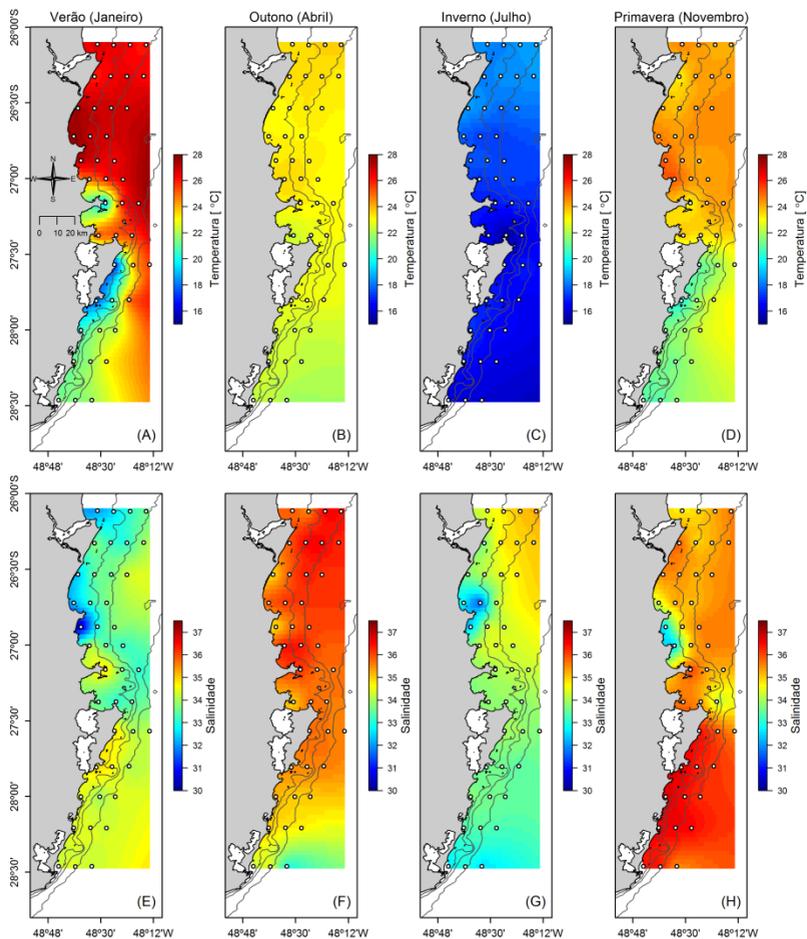


Figura 3: Distribuição horizontal da temperatura (A-D) e salinidade (E-H) de superfície na região costeira de Santa Catarina para cada estação do ano de 2012.

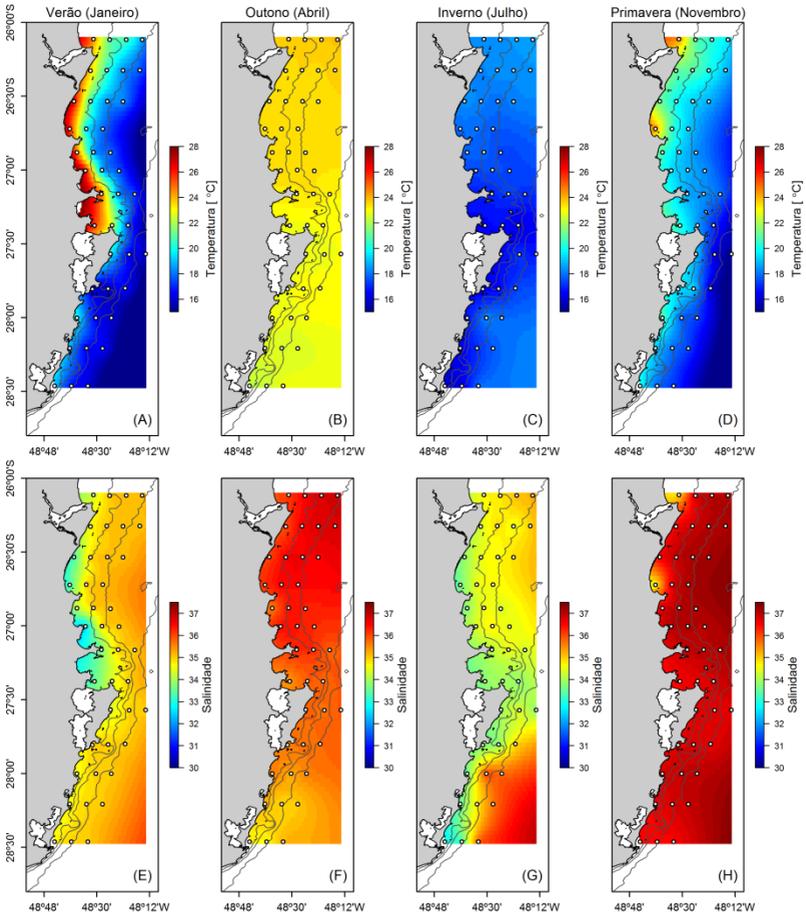


Figura 4: Distribuição horizontal da temperatura (A-D) e salinidade (E-H) de fundo na região costeira de Santa Catarina para cada estação do ano de 2012.

## Composição, abundância e distribuição das larvas

Um total de 2540 larvas foram coletadas, sendo que 2394 larvas deste total foram classificadas em 34 táxons (Tabela 1). Os táxons registrados em maior abundância foram: Engraulidae (34,4%), Clupeidae (14,2%), Sciaenidae (12,2%), Carangidae (9,7%), Gobiidae (6,2%) e Haemulidae (3,7%). Cada família restante representou menos de 3% da abundância total.

A primavera foi a estação do ano com maior riqueza de famílias e também maior abundância média de larvas, ao contrário do inverno que apresentou menor abundância e o registro de apenas cinco famílias (Tabela 1).

Mais de 50% das abundâncias de larvas capturadas durante o verão, outono e primavera foram compostas por larvas de Engraulidae, Clupeidae e Carangidae (Tabela 1). Larvas de Sciaenidae foram encontradas em todas as estações do ano e foram mais abundantes no outono, no entanto, representaram mais de 40% das larvas capturadas durante o inverno (Tabela 1). Larvas das famílias Gobiidae e Haemulidae também foram encontradas em todas as estações do ano, apesar de capturadas em maior abundância na primavera (Tabela 1). O inverno não apresentou nenhum táxon exclusivo (Tabela 1).

Tabela 1: Abundância média ( $n^{\circ}$  de indivíduos.m<sup>-2</sup> e  $\pm$ SE), frequência de ocorrência (%) e abundância relativa (AR)(%) de larvas de peixes dos diferentes táxons encontrados na região costeira de Santa Catarina em cada estação do ano de 2012. Traço (-) significa táxon não capturado.

Táxons	Verão (Janeiro)						Outono (Abril)						Inverno (Julho)						Primavera (Novembro)					
	Abundância		FO	AR	Abundância		FO	AR	Abundância		FO	AR	Abundância		FO	AR	Abundância		FO	AR				
	(larva/m <sup>2</sup> )	SE	(%)	(%)	(larva/m <sup>2</sup> )	SE	(%)	(%)	(larva/m <sup>2</sup> )	SE	(%)	(%)	(larva/m <sup>2</sup> )	SE	(%)	(%)	(larva/m <sup>2</sup> )	SE	(%)	(%)				
Achiridae	0,01	0,01	2,38	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,01	2,38	0,07				
Blenniidae	0,01	0,01	2,38	0,25	0,02	0,02	2,38	0,27	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	0,03	9,52	0,37				
Bothidae	<0,01	<0,01	2,38	0,25	0,01	0,01	2,38	0,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Bregmacerotiidae	0,04	0,03	7,14	0,76	0,28	0,10	21,43	3,20	-	-	-	-	-	-	-	-	0,36	0,33	7,14	2,12				
Callionymidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,13	0,06	16,67	0,80				
Carangidae	0,65	0,21	35,71	12,72	0,86	0,21	52,38	9,07	-	-	-	-	-	-	-	-	1,61	0,32	69,05	10,16				
Clupeidae	1,58	0,72	38,10	31,55	1,29	0,47	40,48	12,80	-	-	-	-	-	-	-	-	1,89	0,48	57,14	10,96				
Cynoglossidae	0,08	0,03	11,90	1,27	0,07	0,07	2,38	0,67	-	-	-	-	-	-	-	-	0,29	0,13	19,05	1,90				
Diodontidae	0,01	0,01	2,38	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Engraulidae	0,82	0,24	54,76	15,78	3,45	2,64	30,95	36,13	0,11	0,07	9,52	34,48	5,21	1,09	83,33	31,87	-	-	-	-				
Fistulariidae	0,02	0,02	2,38	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Gerridae	0,11	0,07	9,52	2,04	0,03	0,02	7,14	0,40	-	-	-	-	-	-	-	-	0,37	0,15	35,71	2,27				
Gobiocidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,01	2,38	0,07				
Gobiidae	0,14	0,04	21,43	2,54	0,27	0,21	11,90	3,47	0,02	0,02	2,38	3,45	0,64	0,54	14,29	4,90	0,71	0,24	38,10	4,61				
Haemulidae	0,07	0,04	9,52	1,53	0,10	0,06	11,90	1,07	0,05	0,04	4,76	10,34	0,01	0,01	2,38	0,07	-	-	-	-				
Latjanidae	0,02	0,02	4,76	0,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10	0,04	14,29	0,58				
Monacanthidae	0,05	0,03	9,52	1,02	0,05	0,02	9,52	0,53	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	0,03	14,29	0,44				
Mugilidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Mullidae	0,01	0,01	2,38	0,25	0,01	0,01	2,38	0,13	-	-	-	-	-	-	-	-	0,11	0,11	2,38	0,66				
Mycetophidae	-	-	-	-	0,02	0,02	2,38	0,13	-	-	-	-	-	-	-	-	0,47	0,15	28,57	2,63				
Ophidiidae	0,22	0,07	23,81	3,56	0,02	0,02	4,76	0,27	-	-	-	-	-	-	-	-	0,67	0,24	40,48	4,24				
Paralichthyidae	0,26	0,10	19,05	4,58	0,08	0,05	7,14	0,80	0,03	0,02	4,76	6,90	0,24	0,24	40,48	4,24	-	-	-	-				

Continuação tabela 1...

Táxons	Abundância (larva/m <sup>2</sup> )		FO (%)	AR (%)	Abundância (larva/m <sup>2</sup> )		FO (%)	AR (%)	Abundância (larva/m <sup>2</sup> )		FO (%)	AR (%)
	média	SE			média	SE			média	SE		
Pristigasteridae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sciaenidae	0,20	0,15	7,14	4,07	2,03	0,64	59,52	21,47	0,17	0,06	16,67	41,38
Scombridae	0,11	0,05	11,90	2,04	0,03	0,02	7,14	0,40	-	-	-	-
Serranidae	0,04	0,02	7,14	0,76	0,05	0,05	2,38	0,53	-	-	-	-
Sparidae	0,12	0,06	14,29	2,04	0,06	0,03	7,14	0,53	-	-	-	-
Sphyraenidae	0,01	0,01	2,38	0,25	0,07	0,03	11,90	0,67	-	-	-	-
Stromateidae	-	-	-	-	0,06	0,03	9,52	0,67	-	-	-	-
Synodontidae	0,39	0,23	21,43	6,62	-	-	-	-	-	-	-	-
Tetraodontidae	-	-	-	-	0,01	0,01	2,38	0,13	-	-	-	-
Trichiuridae	-	-	-	-	0,07	0,04	9,52	0,80	-	-	-	-
Triglidae	0,06	0,03	9,52	1,02	0,01	0,01	2,38	0,13	-	-	-	-
Leptocephalus	0,07	0,04	9,52	1,27	0,06	0,04	7,14	0,67	-	-	-	-
Larva vitélo	0,10	0,06	11,90	2,29	0,25	0,11	16,67	2,93	0,01	0,01	2,38	3,45
NI	0,01	0,01	2,38	0,25	0,18	0,06	23,81	2,00	-	-	-	-
Abundância média total	5,22±1,18			9,44±3,62			0,39±0,1			16,28±2,64		
Nº total de famílias	26			25			5			29		

Mapas da distribuição espacial das larvas mostram, de modo geral, uma maior abundância na área situada entre o limite norte da área de estudo e a ilha de Santa Catarina, tanto no verão quanto no outono. No outono, uma elevada abundância de larvas foi verificada nas proximidades da foz do rio São Francisco do Sul, com registro de uma grande quantidade de larvas de *Engraulidae* e *Sciaenidae* (Figuras 5, 6 e 8). Na primavera, as larvas foram encontradas ao longo de toda área de estudo, tanto na região que esteve sob influência da ACAS ao fundo quanto nas áreas influenciadas pelas plumas de rio, como as dos rios São Francisco do Sul, Itajaí, Camboriú e Tijucas, e também na saída do canal sul da ilha de Santa Catarina (Figuras 5, 6, 7, 8 e 9). Larvas de *Clupeidae* não foram encontradas no inverno e estiveram presentes em maior abundância na área situada ao norte da ilha de Santa Catarina (Figura 7). *Carangidae* apresentou este mesmo padrão de distribuição no verão e outono, mas já na primavera uma grande quantidade de larvas foi encontrada ao sul da ilha (Figura 9).

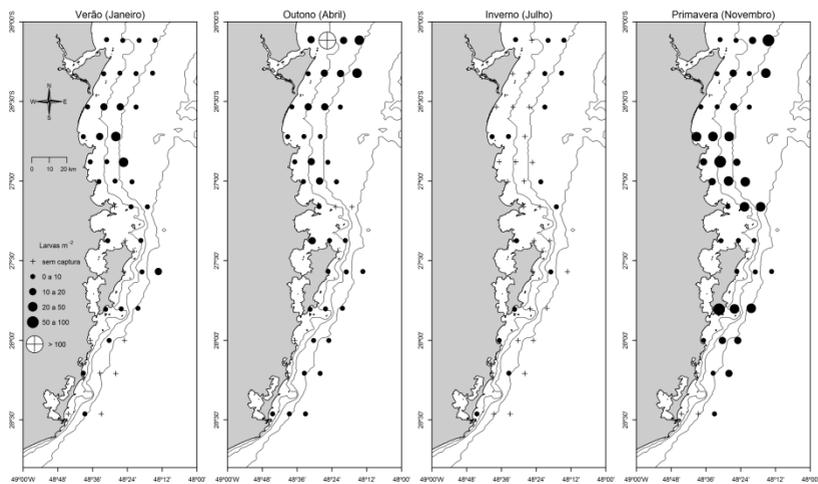


Figura 5: Distribuição da abundância total de larvas de peixes ( $n^{\circ}$  ind. $m^{-2}$ ) na região costeira de Santa Catarina para cada estação do ano de 2012.

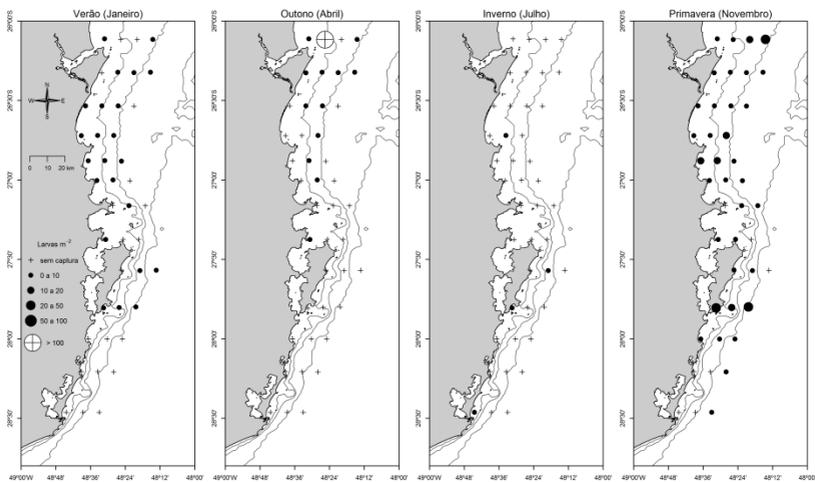


Figura 6: Distribuição da abundância de larvas de Engraulidae (n° ind.m<sup>-2</sup>) na região costeira de Santa Catarina para cada estação do ano de 2012.

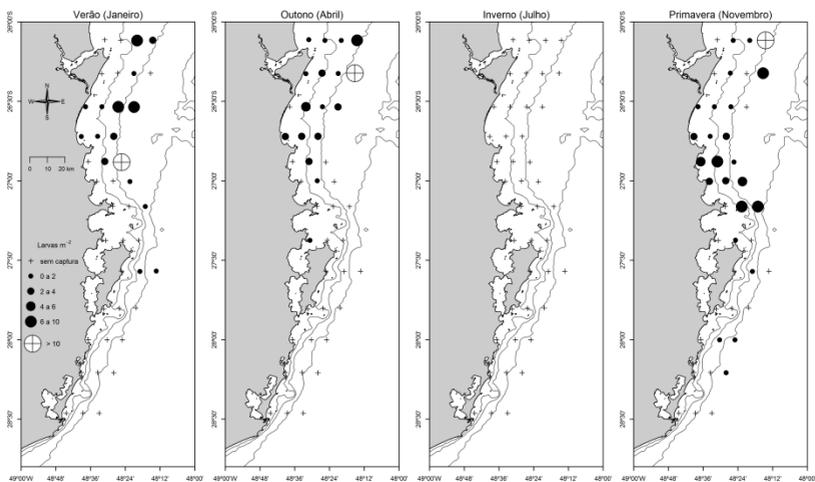


Figura 7: Distribuição da abundância de larvas de Clupeidae (n° ind.m<sup>-2</sup>) na região costeira de Santa Catarina para cada estação do ano de 2012.

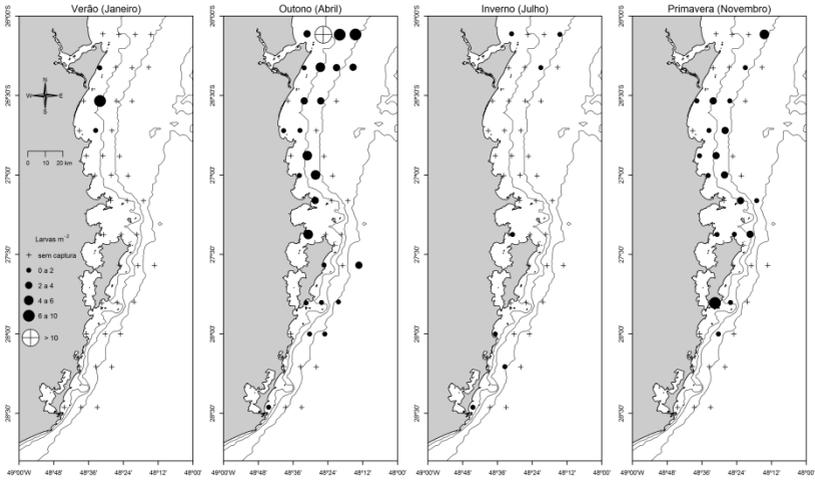


Figura 8: Distribuição da abundância de larvas de Sciaenidae ( $\text{n}^\circ \text{ ind. m}^{-2}$ ) na região costeira de Santa Catarina para cada estação do ano de 2012.

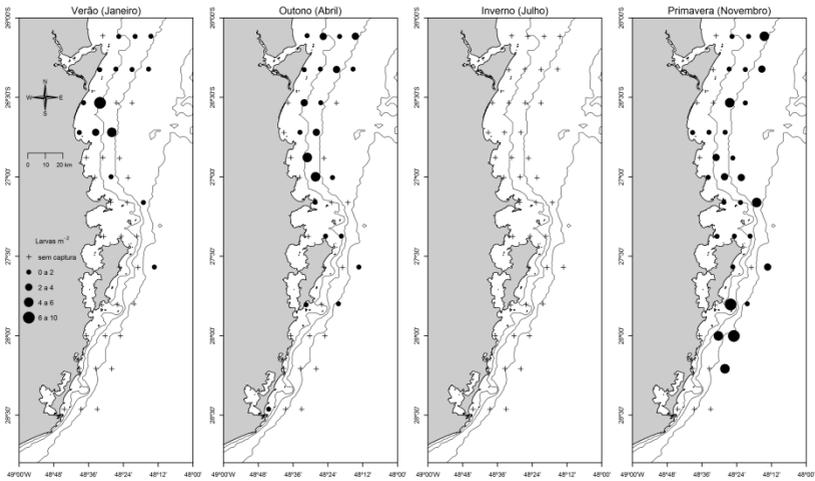


Figura 9: Distribuição da abundância de larvas de Carangidae ( $\text{n}^\circ \text{ ind. m}^{-2}$ ) na região costeira de Santa Catarina para cada estação do ano de 2012.

### Variação sazonal das assembleias de larvas

O resultado da PERMANOVA mostrou a existência de diferenças significativas na composição das assembleias de larvas de peixe entre as quatro estações do ano (Pseudo-F = 6,534,  $p(\text{perm}) = 0,0001$ , Residual d.f. = 119) (Tabela 2). O teste de comparação entre pares de grupos (*pair-wise*) da PERMANOVA resultou em diferenças significativas entre todas as estações do ano, indicando assembleias de larvas de peixes distintas. Entretanto, a análise de homogeneidade das dispersões multivariadas (PERMDISP) foi significativa e seu teste pareado mostrou significância nas comparações entre a primavera e as outras estações do ano (Tabela 2). Isto significa que a dispersão das amostras na primavera é heterogênea em relação ao seu centroide, indicando uma combinação entre diferenças na localização e na dispersão entre grupos no espaço multivariado. A primavera se destacou como sendo a estação mais abundante e diversa, apesar disso, muitos dos táxons que ocorreram nessa estação também ocorreram nas demais estações do ano. A maior semelhança observada entre as estações do ano ocorreu entre a primavera e o verão, onde a similaridade entre estes dois grupos foi maior que a similaridade dentro do próprio grupo do verão (Tabela 2).

Tabela 2: Resultados dos testes da PERMANOVA e PERMDISP baseados nas abundâncias das famílias coletadas na região costeira de Santa Catarina em cada estação do ano de 2012.

Estação do ano	PERMANOVA		PERMDISP
	P(perм)		P(perм)
	0,0001		0,0095
	Pair-wise teste		Pair-wise teste
Grupos	P(perм)	Similaridade <sup>2</sup>	P(perм)
verão, outono	0,0001	15,688	0,7131
verão, inverno	0,0001	8,836	0,4784
verão, primavera	0,0002	25,188	0,0026
outono, inverno	0,0001	13,496	0,3994
outono, primavera	0,0001	21,426	0,0223
inverno, primavera	0,0001	11,741	0,0089

<sup>2</sup>Similaridade dentro dos grupos: verão = 22,304, outono = 24,207, inverno = 20,414, primavera = 34,833

A análise de similaridade das percentagens (SIMPER) mostrou que as famílias mais abundantes, Engraulidae, Clupeidae, Sciaenidae e Carangidae, foram os táxons que apresentaram maior contribuição para

a dissimilaridade das assembleias entre os meses avaliados, dissimilaridade esta relacionada, principalmente, a diferença em suas abundâncias. Outros táxons também contribuíram para a diferença temporal das assembleias, mas atuaram de forma reduzida, com contribuição de dissimilaridade menor que 10% cada (Tabela 3).

Tabela 3: Resultados da análise SIMPER para a dissimilaridade na composição das assembleias de larvas de peixes entre as diferentes estações do ano amostradas em 2012. DM=dissimilaridade média, AbM=abundância média.

Grupo Verão x Outono (DM=84,31)					
Táxons	AbM Ver	AbM Out	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Sciaenidae	0,13	1,11	1,13	14,01	14,01
Engraulidae	0,75	0,83	1,1	13,91	27,93
Clupeidae	0,82	0,74	0,92	13,6	41,53
Carangidae	0,56	0,72	1,01	11,12	52,65
Bregmacerotidae	0,07	0,28	0,54	5,17	57,81
Gobiidae	0,21	0,17	0,54	5,12	62,94
Ophidiidae	0,28	0,04	0,51	3,85	66,79
Paralichthyidae	0,28	0,09	0,52	3,7	70,49
Grupo Verão x Inverno (DM=91,16)					
Táxons	AbM Ver	AbM Inv	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Engraulidae	0,75	0,26	1,13	17,27	17,27
Sciaenidae	0,13	0,46	0,75	13,56	30,83
Clupeidae	0,82	0	0,79	13,33	44,16
Carangidae	0,56	0	0,8	9,48	53,64
Paralichthyidae	0,28	0,11	0,55	6,81	60,45
Gobiidae	0,21	0,05	0,51	6,22	66,67
Haemulidae	0,1	0,13	0,42	5,05	71,73

Continuação tabela 3...

Grupo Outono x Inverno (DM=86,50)					
Táxons	AbM Out	AbM Inv	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Sciaenidae	1,11	0,46	1,14	21,57	21,57
Carangidae	0,72	0	0,96	14,07	35,65
Engraulidae	0,83	0,26	0,77	13,47	49,12
Clupeidae	0,74	0	0,71	10,8	59,92
Bregmacerotidae	0,28	0	0,52	7,15	67,07
Haemulidae	0,12	0,13	0,39	5,11	72,18
Grupo Verão x Primavera (DM=74,81)					
Táxons	AbM Ver	AbM Pri	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Engraulidae	0,75	1,95	1,26	16,45	16,45
Clupeidae	0,82	0,97	1,01	11,89	28,34
Carangidae	0,56	1,03	1,17	10,3	38,63
Sciaenidae	0,13	0,62	0,85	6,35	44,99
Paralichthyidae	0,28	0,5	0,76	5,94	50,93
Haemulidae	0,1	0,51	0,67	5,49	56,42
Synodontidae	0,31	0,47	0,87	4,98	61,4
Ophidiidae	0,28	0,37	0,71	4,66	66,05
Gerreidae	0,12	0,36	0,57	4,49	70,54
Grupo Outono x Primavera (DM=78,57)					
Táxons	AbM Out	AbM Pri	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Engraulidae	0,83	1,95	1,25	19,2	19,2
Sciaenidae	1,11	0,62	1,05	10,79	29,99
Clupeidae	0,74	0,97	1,05	10,51	40,49
Carangidae	0,72	1,03	1,1	9,78	50,27
Haemulidae	0,12	0,51	0,66	5,17	55,44
Paralichthyidae	0,09	0,5	0,68	4,6	60,04
Bregmacerotidae	0,28	0,13	0,52	4,18	64,21
Sparidae	0,07	0,36	0,77	3,85	68,07
Gerreidae	0,06	0,36	0,67	3,54	71,61

## Continuação tabela 3...

Táxons	Grupo Inverno x Primavera (DM=88,26)				
	AbM Inv	AbM Pri	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Engraulidae	0,26	1,95	1,41	22,98	22,98
Carangidae	0	1,03	1,31	11,6	34,58
Sciaenidae	0,46	0,62	0,78	10,23	44,81
Clupeidae	0	0,97	1,07	9,85	54,66
Haemulidae	0,13	0,51	0,64	7,12	61,78
Paralichthyidae	0,11	0,5	0,66	6,18	67,97
Sparidae	0	0,36	0,77	4,34	72,31

**Discussão**

O presente estudo mostrou diferentes padrões na abundância e composição das assembleias de larvas de peixes em distintas estações do ano na região costeira de Santa Catarina.

A dinâmica oceanográfica e as massas de água verificadas neste estudo seguiram o padrão já observado para a Plataforma Continental Sudeste (SILVEIRA et al., 2000; BRAGA e NIENCHESKI, 2006). A predominância da ASTP em cada estação do ano era esperada, já que a área analisada é extremamente costeira e sofre influência direta da drenagem continental (MÖLLER JR et al., 2008). A intrusão da ACAS sobre a plataforma ocorreu durante o verão e a primavera, onde águas com menor temperatura e maior salinidade foram verificadas na camada de fundo, contrastando com a camada de superfície e, dessa forma, criando uma termoclina rasa na região. No outono a ACAS não se fez presente e no inverno ocorreu apenas na plataforma nas áreas próximas ao Cabo de Santa Marta. As características termohalinas das massas de água na costa sudeste e sul do Brasil variam sua amplitude, principalmente em função de processos de mesoescala gerados pela Corrente do Brasil (meandros e vórtices) e também da sazonalidade, da direção e da intensidade dos ventos. Em geral, durante o verão, os ventos originários de nordeste deslocam as águas superficiais em direção ao oceano, seguindo o transporte de Ekman. Esse processo favorece a intrusão da ACAS na camada de fundo sobre a plataforma e o desenvolvimento da termoclina sazonal. No inverno, ventos do quadrante sul invertem a circulação de água da região e promovem o recuo da ACAS em direção à borda da plataforma, resultando em uma

coluna de água homogênea (SILVEIRA et al., 2000; BRAGA e NIENCHESKI, 2006).

Larvas de peixe das famílias Engraulidae e Clupeidae foram as mais coletadas, representando quase 50% da abundância total. É comum a predominância dessas duas famílias na composição taxômica do ictioplâncton da PCSE, desde a região mais costeira até os 100m de profundidade, chegando a representar até 60% das larvas coletadas em alguns estudos (KATSURAGAWA et al., 2006). Estes pequenos peixes pelágicos ocupam posição intermediária na cadeia trófica, mostrando grande importância para o ecossistema, uma vez que exercem um controle tanto na dinâmica de seus alimentos como de seus predadores (CURY et al., 2000). Segundo Checkley et al. (2009), pequenos peixes pelágicos como anchoítas (Engraulidae) e sardinhas (Clupeidae) dominam os ecossistemas marinhos altamente produtivos que recebem influência de ressurgências e da drenagem continental, como é o caso da costa catarinense.

Engraulídeos e clupeídeos, juntamente com larvas da família Carangidae, compuseram mais de 50% da assembleia de larvas do verão, outono e primavera. Katsuragawa et al. (2014) também verificaram essa mesma composição ao longo da PCSE para primavera de 1997. Essas famílias possuem diferentes espécies que se reproduzem nessas épocas do ano. No entanto, as maiores abundâncias de Clupeidae foram verificadas na primavera e verão, enquanto que de Carangidae foi na primavera e outono. Isto se deve, provavelmente, porque seus principais representantes na região sul do Brasil, o clupeídeo *Sardinella brasiliensis* e o carangídeo *Trachurus lathami* apresentam atividade reprodutiva nessas estações do ano (MATSUURA et al., 1992; KATSURAGAWA et al., 2006). Além da grande representatividade que teve no verão, outono e primavera, larvas de Engraulidae também foram encontradas no inverno, mas em menor abundância. *Engraulis anchoita*, espécie de Engraulidae dominante na PCSE, se reproduz durante todo ano, porém com picos de desova concentrados entre o final da primavera e o verão (MATSUURA et al., 1992).

A PCSE é marcada por intensa atividade reprodutiva dos peixes na primavera e no verão (MATSUURA et al., 1992; KATSURAGAWA et al., 1993; MATSUURA, 1998; KATSURAGAWA et al., 2006; PORCARO et al., 2014; GARCIA et al., 2015). A entrada mais frequente e intensa da ACAS sobre a plataforma nesses meses mais quentes promove o enriquecimento da água com nutrientes, o aumento da produção primária e a retenção das larvas e de seu alimento (LOPES et al., 2006), condições estas que favorecem a sobrevivência e

desenvolvimento das larvas de peixes e, conseqüentemente, o recrutamento (BAKUN, 2010). A influência da ressurgência costeira na distribuição do ictioplâncton já foi verificada em outras regiões costeiras, principalmente em regiões de correntes de contorno leste (VÉLEZ et al., 2005; AUTH, 2008; MOYANO et al., 2014; KREINER et al., 2015), onde ocorrem as maiores ressurgências registradas em escala global. A distribuição sazonal de larvas de pequenos pelágicos na costa de Santa Catarina mostrou relação com a intrusão da ACAS observada na primavera e verão. Mapas da distribuição horizontal das larvas mostram uma presença relevante das famílias Engraulidae, Carangidae e Clupeidae em locais associados à água mais quente na superfície (ASTP e/ou AT), porém com influência da ACAS na camada de fundo (baixa temperatura e alta salinidade). Ovos e larvas de sardinha e anchoíta já foram encontrados tanto na camada superficial mais quente quanto na massa de água mais fria de fundo, mas se distribuem predominantemente acima da termoclina (MATSUURA, 1998). Del Favero et al. (2017) analisaram a distribuição de ovos de *E. anchoita* em diferentes anos na SBB e registraram a presença de ovos nas áreas da plataforma interna que estavam sob a influência da ACAS. No entanto, esses resultados mostraram que a variabilidade interanual na abundância de ovos dessa espécie não pareceu variar de acordo com a intensidade de intrusão da ACAS. *E. anchoita* ocorre durante todo ano e sua distribuição parece estar relacionada a outras variáveis oceanográficas (LOPES et al., 2006).

Apesar da dinâmica hidrográfica do outono ter sido diferente daquela verificada na primavera e verão, principalmente pela ausência da ACAS, larvas de Engraulidae, Clupeidae e Carangidae ainda foram abundantes nessa estação do ano. Katsuragawa et al. (2014) verificaram diferenças nas assembleias da plataforma entre o outono e a primavera, onde a amostragem do mês de maio mostrou que a abundância de espécies costeiras foi reduzida e a assembleia foi dominada por *Bregmaceros cantouri* e *Engraulis anchoita*. Na costa catarinense, larvas de Sciaenidae estiveram presentes em todas as estações do ano, apesar de apresentarem uma abundância expressiva no outono. A presença de sistemas fluviais também é conhecida por favorecer o desenvolvimento do ictioplâncton (MACEDO-SOARES et al., 2014; PORCARO et al., 2014), e pode também ter influenciado a distribuição das larvas na primavera, no verão e, principalmente, no outono, já que concentrações altas de larvas também foram verificadas nos pontos mais costeiros da região centro-norte da área de estudo, área que recebe a drenagem de um maior número de rios, recebendo assim uma maior

influência da descarga continental. Rios causam uma heterogeneidade nos habitats de sistemas aquáticos como estuários, regiões costeiras e grandes lagos pelo aporte de materiais alóctones (REICHERT et al., 2010). As plumas de rios diferem de suas águas circundantes tanto em atributos químicos e físicos quanto em biológicos (GRIMES; KINGSFORD, 1996). A drenagem continental proporciona uma entrada de nutrientes e sedimentos nos oceanos (MALLIN et al., 2005), gerando um ambiente favorável para o crescimento e sobrevivência dos peixes, especialmente durante a fase planctônica das larvas (REICHERT et al., 2010). Estuários exibem elevada produtividade biológica, que em conjunto a outras variáveis ambientais favorecem o desenvolvimento de estágios iniciais e o recrutamento de diversas espécies de peixes (MANN e LAZIER, 2006). Larvas de Sciaenidae utilizam estuários como áreas de alimentação e berçário (COSTA et al., 2012), por isso sua grande abundância em pontos próximos a esses ambientes. Costa et al. (2012) ressaltam a importância da baía da Babitonga (rio São Francisco do Sul) como área de desenvolvimento de diversas espécies da família Sciaenidae. Adicionalmente, neste estudo, a distribuição deste táxon também se mostrou associada a elevados valores de salinidade, visto que sua abundância foi maior no outono e na primavera, quando a massa de água salina Água Tropical se fez presente de forma notória. Rutkowski et al. (2011) também verificaram uma relação direta da abundância de larvas de Sciaenidae e a salinidade.

O inverno foi a estação do ano que apresentou menor abundância e diversidade. Outros estudos mostraram esse mesmo padrão (HERNÁNDEZ et al., 2010b; CARASSOU et al., 2012; PATTRICK et al., 2014). A temperatura é um fator importante para o início da desova dos peixes (ORTON, 1920), e relações positivas entre a abundância e a diversidade relativa de peixes com a temperatura já foram observadas (FLOETER et al., 2005). A assembleia de larvas do inverno na costa de Santa Catarina foi composta em maioria por larvas de Sciaenidae. Apesar da densidade de larvas dessa família ter sido maior durante meses mais quentes, sua ocorrência também é observada no inverno (COSTA et al., 2012). Presentes na costa catarinense (COSTA et al., 2012), larvas de corvina (*Micropogonias furnieri*) ocorrem com maior abundância entre junho e novembro e do cangoá (*Stellifer rastrifer*) no inverno e verão (KATSURAGAWA et al., 2006).

Os resultados deste estudo mostraram a dinâmica sazonal das assembleias de larvas de peixes na região costeira de Santa Catarina. A diferença mais marcante foi observada no inverno, com menor abundância e riqueza taxonômica que as demais estações do ano. Larvas

de Sciaenidae predominaram no inverno, mesmo sendo representativas também durante o outono. Apesar de ser observado na primavera uma maior abundância larval e uma distribuição mais homogênea da abundância total de larvas, sua composição foi semelhante aquela registrada nas outras estações do ano, principalmente no verão. Os táxons mais abundantes, Engraulidae, Clupeidae, Carangidae e Sciaenidae apresentaram relação com as diferentes condições oceanográficas sazonalmente encontradas na costa catarinense, como intrusão da ACAS ao fundo no verão e na primavera, presença da AT no outono e primavera, e também a descarga continental mais intensa na região centro-norte da área de estudo. Este estudo enfatiza a importância de zonas costeiras para o desenvolvimento dos estágios iniciais dos peixes marinhos, considerando a dinâmica sazonal dos ecossistemas costeiros.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem a CAPES pelo financiamento da pesquisa (Projeto Isca-Viva edital Ciências do Mar nº 09/009); aos tripulantes do N/Pq Soloncy Moura e aos colaboradores do CEPsul/ICMBio e do LAPAD/UFSC toda assistência na realização dos cruzeiros; ao professor Dr. Jurandir Pereira Filho (LOQ/UNIVALI) pelo fornecimento dos dados ambientais; ao Dr. Anthony Miskiewicz pelo auxílio na identificação das larvas. VG agradece a CAPES pela bolsa de estudos. EZF agradece as bolsas de produtividade do CNPq.

### **Referências**

- ANDERSON, M.J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**, v. 26, p.32–46, 2001.
- ANDERSON, M.J., GORLEY, R.N., CLARKE, K.R. **PERMANOVA+ for PRIMER**: Guide to Software and Statistical Methods. PRIMER-E: Plymouth, UK, 2008, 214p.
- AUTH, T.D. Distribution and community structure of ichthyoplankton from the northern and central California Current in May 200406. **Fisheries Oceanography**, v. 17, n. 4, p.316-331, 2008.
- AZEITEIRO, U.M.; BACELAR-NICOLAU, L.; RESENDE, P.; GONÇALVES, F.; PEREIRA, M.J. Larval fish distribution in shallow coastal

waters off North Western Iberia (NE Atlantic). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 69, n. 3-4, p.554-566, 2006.

BAKUN, A. Linking climate to population variability in marine ecosystems characterized by non-simple dynamics: Conceptual templates and schematic constructs. **Journal of Marine Systems**, v. 79, p. 361–373, 2010.

BIVAND, R.S., PEBESMA, E.J., GÓMEZ-RUBIO, V. **Applied Spatial Data Analysis with R**. Springer, New York, 2008.

BONECKER, A.C.T.; CASTRO, M.S. (Eds). **Atlas de larvas de peixes da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira**. Série Livros/Documentos Técnicos. Rio de Janeiro: Museu Nacional, v. 19, 2006, 214 p.

BRAGA, E.S.; NIENCHESKI, L.F.H. Composição das massas de água e seus potenciais produtivos na área entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B.; MADUREIRA, L.S. **O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil**. São Paulo: Edusp, p.161-218, 2006.

CARASSOU, L.; HERNANDEZ, F.J.; POWERS, S.P.; GRAHAM, W.M. Cross-Shore, Seasonal, and Depth-Related Structure of Ichthyoplankton Assemblages in Coastal Alabama. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 141, n. 4, p.1137-1150, 2012.

CHECKLEY, D.M.; ALHEIT, J.; OOZEKI, Y.; ROY, C. (Eds.) **Climate Change and Small Pelagic Fish**. Cambridge University Press, Cambridge, 2009, 1026p.

CLARKE, K.R.; GORLEY, R.N. **PRIMER-7: User Manual/Tutorial**. PRIMER-E, Plymouth, 2015, 296p.

COSTA, M.D.P.; SCHWINGEL, P.R.; SOUZA-CONCEIÇÃO, J.M.; SPACH, H.L. Distribuição espaço-temporal de larvas de Sciaenidae em um estuário subtropical (Santa Catarina, Brasil). **Brazilian Journal of Aquatic Science Technology**, v. 16, n. 2, p. 51-59, 2012.

CURY, P.; BAKUN, A.; CRAWFORD, R.J.M.; JARRE, A.; QUIÑONES, R.A.; SHANNON, L.J.; VERHEYE, H.M. Small pelagics in upwelling systems: patterns of interaction and structural changes in “wasp-waist” ecosystems. **ICES Journal of Marine Science**, v. 57, n. 3, p.603-618, 2000.

DE CACERES, M.; LEGENDRE, P.; MORETTI, M. Improving indicator species analysis by combining groups of sites. **Oikos**, v. 119, p.1674–1684, 2010.

del FAVERO, J.M.; KATSURAGAWA, M.; ZANI-TEIXEIRA, M.D.L.; TURNER, J.T. Spawning areas of *Engraulis anchoita* in the Southeastern Brazilian Bight during late-spring and early summer. **Progress in Oceanography**, v. 153, p. 37-49, 2017.

FAHAY, M. P. Guide to the early stages of marine fishes occurring in the western North Atlantic Ocean, Cape Hatteras to the southern Scotian Shelf. **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science**, v. 4, p. 3-423, 1983.

FIELD, J.G.; CLARKE, K.R.; WARWICK, R.M. A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series*, v. 8, p.37-52, 1982.

FLOETER, S.R.; BEHRENS, M.D.; FERREIRA, C.E.L.; PADDACK, M.J.; HORN, M.H. Geographical gradients of marine herbivorous fishes: patterns and processes. **Marine Biology**, v. 147, n. 6, p.1435-1447, 2005.

GARCIA, V.; REYNALTE-TATAJE, D.A.; ZANIBONI-FILHO, E. Distribuição de ovos e larvas da sardinha-verdadeira na região costeira do estado de Santa Catarina. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, n. 3, p. 619-631, 2015.

GRAY, C.A.; MISKIEWICZ, A.G. Larval Fish Assemblages in South-east Australian Coastal Waters: Seasonal and Spatial Structure. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 50, n. 4, p.549-570, 2000.

GRIMES, C.B; KINGSFORD, M.J. How do riverine plumes of different sizes influence fish larvae: do they enhance recruitment? **Marine and Freshwater Research**, v.47, n.2, p.191-208, 1996.

HERNANDEZ, F.J.; POWERS, S.P.; GRAHAM, W.M. Seasonal variability in ichthyoplankton abundance and assemblage composition in the northern Gulf of Mexico off Alabama. *Fisheries Bulletin*, v. 108, p.193-207, 2010a.

HERNANDEZ, F.J.; POWERS, S.P.; GRAHAM, W.M. Detailed Examination of Ichthyoplankton Seasonality from a High-Resolution Time Series in the Northern Gulf of Mexico during 2004–2006. **Transactions of The American Fisheries Society**, v. 139, n. 5, p.1511-1525, 2010b.

HERNÁNDEZ-MIRANDA, E.; PALMA, A.T.; OJEDA, F.P. Larval fish assemblages in nearshore coastal waters off central Chile: temporal and spatial patterns. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 56, p.1075–1092, 2003.

KATSURAGAWA, M.; MATSUURA, Y.; SUZUKI, K.; DIAS, J.F.; SPACH, H.L. O ictioplâncton ao largo de Ubatuba, SP: composição, distribuição e

ocorrência sazonal (1985 - 1988). **Publicação Especial do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, v. 10, p.85-121, 1993.

KATSURAGAWA, M.; MUELBERT, J.H.; DIAS, J.F. O ictioplâncton na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.B.; MADUREIRA, L.S.P. (eds). **O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região Sudeste-Sul do Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, p. 359-446, 2006.

KATSURAGAWA, M.; DIAS, J. F.; HARARI, J.; NAMIKI, C.; ZANI-TEIXEIRA, M. L. Patterns in larval fish assemblages under the influence of the Brazil current. **Continental Shelf Research**, v. 89, p.103-117, 2014.

LAPRISE, R.; PEPIN, P. Factors influencing the spatio-temporal occurrence of fish eggs and larvae in a northern, physically dynamic coastal environment. **Marine Ecology Progress Series**, v. 122, p. 73-92, 1995.

KELLEY, D.; RICHARDS, C. *Oce: Analysis of Oceanographic Data*. R package version 0.9-18, 2016. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=oce>. (Acessado em 20/02/2016).

KREINER, A.; YEMANE, D.; STENEVIK, E.K. Spawning habitats of Cape horse mackerel (*Trachurus capensis*) in the northern Benguela upwelling region. **Fisheries Oceanography**, v. 24, p.46-55, 2015.

LEGGETT, W. C. The role of migrations in the life history evolution of fish. **Contributions to Marine Science Supplement**, v. 27, p. 258-295, 1985.

LEVINTON, J. S. **Marine Ecology**. Englewood Cliffs, Prentice-Hall Inc., 1982, 526p.

LIVINGSTON, R. J. **Trophic organization in costal systems**. Boca Raton, CRC, 2002, 388p.

LOPES, R.M., KATSURAGAWA, M., DIAS, J.F., MONTÙ, M.A., MUELBERT, J.H., GORRI, C., BRANDINI, F.P., 2006. Zooplankton and ichthyoplankton distribution on the southern Brazilian shelf: an overview. **Scientia Marina**, v. 70, n. 2, p.189-202, 2006.

MACEDO-SOARES, L.C.P.; BIROLO, A.B.; FREIRE, A.S. Spatial and temporal distribution of fish eggs and larvae in a subtropical coastal lagoon, Santa Catarina State, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 7, n. 2, p. 231-240, 2009.

MACEDO-SOARES, L.C.P.; GARCIA, C.A.E.; FREIRE, A.S.; MUELBERT, J.H. Large-Scale Ichthyoplankton and Water Mass Distribution along the South Brazil Shelf. **PLoS ONE**, v. 9, n. 3, p. e91241, 2014.

MAFALDA JR., P.O.; SINQUE, C.; MUELBERT, J.H.; SOUZA, C.S. Distribuição e abundância do ictioplâncton na costa norte da Bahia, Brasil. **Tropical Oceanography**, v. 32, n. 1, p. 69-88, 2004.

MALLIN, M.A.; CAHOON, L.B.; DURAKO, M.J. Contrasting food-web support bases for adjoining river-influenced and non-river influenced continental shelf ecosystems. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.62, n.1-2, p.55-62, 2005.

MANN, K.H.; LAZIER, J.R.N. Dynamics of Marine Ecosystems: Biological-Physical Interactions in the Oceans. 2nd Ed. Massachusetts: Blackwell Science, 2006, 394p.

MATSUURA, Y.; SPACH, H.L.; KATSURAGAWA, M. Comparison of spawning patterns of the Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) and anchoita (*Engraulis anchoita*) in Ubatuba region, southern Brazil during 1985 through 1988. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 40, p.101-115, 1992.

MATSUURA, Y. A probable cause of recruitment failure of the Brazilian sardine *Sardinella aurita* population during the 1974/75 spawning season. **South African Journal of Marine Science**, v. 17, n. 1, p.29-35, 1996.

MATSUURA, Y. Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) spawning in the southeast Brazilian Bight over the period 1976-1993. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 46, n. 1, p.33-43, 1998.

MOYANO, M.; RODRÍGUEZ, J.M.; BENÍTEZ-BARRIOS, V.M.; HERNÁNDEZ-LEÓN, S. Larval fish distribution and retention in the Canary Current system during the weak upwelling season. **Fisheries Oceanography**, v. 23, n. 3, p.191-209, 2014.

MÖLLER JR., O.O.; PIOLA, A.R.; FREITAS, A.C.; CAMPOS, E.J.D. The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off Southeastern South America. **Continental Shelf Research**, v. 28, p. 1607-1624, 2008.

MOSER, H. G. (Editor). **The early stages of fishes in the California Current region**. CalCOFI Atlas, v. 33, 1996, 1504p.

MPA. Boletim estatístico da pesca e aquicultura de 2011. Secretaria de Monitoramento e Controle do Ministério da Pesca e Aquicultura, 2013, 60p.

MUHLING, B.A.; BECKLEY, L.E. Seasonal variation in horizontal and vertical structure of larval fish assemblages off south-western Australia, with implications for larval transport. **Journal of Plankton Research**, v. 29, n. 11, p.967-983, 2007.

MUHLING, B.A.; BECKLEY, L.E.; KOSLOW, J.A.; PEARCE, A.F. Larval fish assemblages and water mass structure off the oligotrophic south-western Australian coast. **Fisheries Oceanography**, v. 17, n. 1, p.16-31, 2008.

MULLANEY, T.J.; SUTHERS, I.M. Entrainment and retention of the coastal larval fish assemblage by a short-lived, submesoscale, frontal eddy of the East Australian Current. **Limnology and Oceanography**, v. 58, n. 5, p.1546-1556, 2013.

NYCHKA, D.; FURRER, R.; SAIN, S. *Fields*: Tools for spatial data. R package version 7.1, 2014. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=fields>. (Acessado em 20/02/2016).

ORTON, J.H. Sea-temperature, breeding and distribution in marine animals. *Journal Marine Biology Association*, v.12, p.339-366, 1920.

PATRICK, P.; STRYDOM, N. A. Larval fish variability in response to oceanographic features in a nearshore nursery area. **Journal of Fish Biology**, v. 85, n. 3, p.857-881, 2014.

PORCARO, R.R.; ZANI-TEIXEIRA, M.L.; KATSURAGAWA, M.; NAMIKI, C.; OHKAWARA, M.H.; del FAVERO, J.M. Spatial and Temporal Distribution Patterns of Larval Sciaenids in the Estuarine System and Adjacent Continental Shelf off Santos, Southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v.62, n.2, p.149-164, 2014.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2016. Disponível em: <http://www.R-project.org/>.

RÉ, Pedro; AZEITEIRO, Ulisses; MORGADO, Fernando. **Ecologia do plâncton marinho e estuarino**. Edições Afrontamento, 2005, 144p.

REICHERT, J.M.; FRYER, B.J.; PANGLE, K.L.; JOHNSON, J.T.T; DRELICH, A.B.; LUDSIN, S.A. River-plume use during the pelagic larval stage benefits recruitment of a lentic fish. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.67, n.6, p.987-1004, 2010.

RICHARDS, W. J. **Early stages of Atlantic fishes. An identification guide for the Western Central North Atlantic**. Florida: CRC Press, 2005, 2672p.

SANVICENTE-AÑORVE, L.; FLORES-COTO, C.; SÁNCHEZ-VELASCO, L. Spatial and seasonal patterns of larval fish assemblages in the southern Gulf of Mexico. **Bulletin of Marine Science**, v. 62, n. 1, p.17-30, 1998.

SASSA, C.; HIROTA, Y. Seasonal occurrence of mesopelagic fish larvae on the onshore side of the Kuroshio off southern Japan. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 81, p.49-61, 2013.

SCHETTINI, C.A.F.; RESGALLA JR., C.; PEREIRA FILHO, J.; SILVA, M.A.C.; TRUCCOLO, E.C.; RÖRIG, L.R. Variabilidade temporal das características oceanográficas e ecológicas da região de influência fluvial do rio Itajaí-Açu. **Brazilian Journal of Aquatic Science Technology**, v. 9, n. 2, p.93-102, 2005.

SHERMAN, K.W.; SIMTH, W; MORSE, W.; BERMAN, M.; GREEN, J.; EJSYMONT, L. Spawning strategies of fishes in relation to circulation, phytoplankton production, and pulses in zooplankton off the northeastern United States. *Marine Ecology Progress Series*, v. 18, p.1–19, 1984.

SILVEIRA, I.C.A.; SCHMIDT, A.C.K.; CAMPOS, E.J.D.; GODOI, S.S.; IKEDA, Y.A. Corrente do Brasil ao Largo da Costa Leste Brasileira. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 48, p. 171–183, 2000.

SINCLAIR, M. **Marine populations: an essay on population regulation and speciation**. University of Washington Press, Seattle, 1988, 252p.

SOUZA-CONCEIÇÃO, J.M.; SPACH, H.L.; COSTA, M.D.P.; BORDIN, D. Variação espaço-temporal do ictioplâncton em praias estuarinas da Baía da Babitonga, Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v. 26, n. 2, p.129-141, 2013.

THOMPSON, A.R.; AUTH, T.D.; BRODEUR, R.D.; BOWLIN, N.M.; WATSON, W. Dynamics of larval fish assemblages in the California Current System: a comparative study between Oregon and southern California. **Marine Ecology Progress Series**, v. 506, p.193-212, 2014.

VÉLEZ, J.A.; WATSON, W.; ARNTZ, W.; WOLFF, M.; SCHNACK-SCHIEL, S.B. Larval fish assemblages in Independencia Bay, Pisco, Peru: temporal and spatial relationships. **Marine Biology**, v. 147, n. 1, p.77-91, 2005.

**CAPÍTULO 2 – Distribuição espacial e sazonal de larvas da sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* na costa de Santa Catarina, sul do Brasil**



## **Distribuição espacial e sazonal de larvas da sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* na costa de Santa Catarina, sul do Brasil**

Valquíria Garcia<sup>1\*</sup>, Luis Carlos Pinto de Macedo Soares<sup>2</sup> e Evoy Zaniboni Filho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce, Programa de Pós-graduação em Aquicultura, Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina

Rodovia Francisco Thomaz dos Santos, 3532, 88066-260 – Armação do Pântano do Sul – Florianópolis – SC, Brasil

\*Corresponding author: valquiriagarcia.aqi@gmail.com

<sup>2</sup>Laboratório de Ecologia do Ictioplâncton, Instituto de Oceanografia, INCT-Mar COI, Universidade Federal do Rio Grande, Campus Carreiros, 96203-900 – Rio Grande- RS, Brasil

### **Resumo**

A sardinha-verdadeira é o recurso pesqueiro mais importante do Brasil e o conhecimento sobre a distribuição de seus estágios iniciais de desenvolvimento e a relação desta distribuição com o ambiente são ferramentas importantes para o gerenciamento deste recurso. O objetivo deste estudo foi descrever a distribuição sazonal e espacial de larvas da sardinha-verdadeira na área da plataforma interna do estado de Santa Catarina, além de avaliar a potencial influência de algumas variáveis ambientais no habitat larval da sardinha. Amostras de ictioplâncton foram obtidas em quatro cruzeiros oceanográficos realizados em cada estação do ano de 2012. Mapas de abundância mostraram a distribuição das larvas em cada estação do ano e análises multivariadas e de quociente caracterizaram o ambiente, de modo a mostrar os valores de preferência, tolerância e de rejeição da sardinha para alguns nutrientes e variáveis físico-químicas. A sardinha-verdadeira apresentou uma ampliação em seu período reprodutivo conhecido, já que larvas desta espécie foram encontradas no verão, na primavera e também no outono. Nenhuma larva de sardinha foi capturada durante o inverno. A reprodução nos meses mais quentes esteve relacionada às condições geradas pela intrusão da massa de água Central do Atlântico Sul (ACAS) sobre a plataforma e o aporte costeiro. No outono, o habitat da sardinha apresentou características específicas, onde as larvas mostraram preferência por água mais salina, com temperatura de 24°C e

concentração de oxigênio dissolvido de  $7\text{mg.L}^{-1}$ . Medidas de manejo visando à conservação e a manutenção do estoque da sardinha-verdadeira deveriam ser revistas, visto que o atual período de defeso da espécie não protege todo o período reprodutivo.

Palavras-chave: Clupeidae, período reprodutivo, pequenos peixes pelágicos, habitat larval

### **Abstract**

The Brazilian sardine is the most important fishery resource in Brazil and the understanding of this species early stages distribution and relation with the environment is an important tool for this activity management. Thus, the objective of this study was to describe the seasonal and spatial distribution of the Brazilian sardine larvae across Santa Catarina State inner shelf area and evaluate the potential influence of some environmental variables on this sardine larval habitat. Ichthyoplankton samples were obtained on four research cruises undertaken in each season of the year 2012. Abundance map showed larvae distribution in each season and multivariate and quotient analysis characterized the environment and showed sardine preference, tolerance and avoidance for physicochemical and nutrient variables. The Brazilian sardine presented an extended reproductive period, as larvae were captured in summer, spring and also autumn. No sardine larva was captured during winter time. Reproduction in warmer months is related to the conditions provided by the South Atlantic Central Water (SACW) water mass intrusion onto the shelf and the coastal drainage. In autumn, sardine's habitat exhibited specific characteristics, where larvae showed preference for more saline water with temperature of  $24^{\circ}\text{C}$  and dissolved oxygen concentration of  $7\text{mg.L}^{-1}$ . Sardine conservation measures for stock maintenance should be reviewed, as closed seasons for sardine fishing do not encompass the whole reproductive period.

Keywords: Clupeidae, reproductive period, small pelagic fish, larval habitat

### **Introdução**

O clupeídeo pelágico sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) é o principal recurso pesqueiro do Brasil, com uma

produção de 75.122,5 toneladas em 2011 (MPA, 2013). A produção pesqueira desta espécie tem variado nas últimas décadas, onde a captura máxima aconteceu em 1973 com 228 mil toneladas e dois grandes declíneos ocorreram em 1990 e 2000, com produções de apenas 32 mil toneladas e 17 mil toneladas, respectivamente (MATSUURA, 1996; JABLONSKI e LEGEY, 2004). Adicionalmente, a sardinha-verdadeira é a espécie alvo da pesca de cerco. Nessa modalidade, a captura da sardinha-verdadeira no estado de Santa Catarina foi de mais de 26 mil toneladas em 2011 e quase 52 mil toneladas em 2012 (UNIVALI/CTTMar, 2013).

Devido a sua importância para a indústria da pesca, estudos sobre a biologia, ecologia e conservação da sardinha-verdadeira foram desenvolvidos durante os últimos 45 anos (e.g. MATSUURA, 1971; BAKUN e PARRISH, 1990; MATSUURA, 1998; DIAS et al., 2014; GARCIA et al., 2015).

Pesquisas anteriores mostraram que a desova da espécie ocorre na área costeira da Plataforma Continental Sudeste (PCSE), entre 22°S e 28°S, no final da primavera e no verão (MATSUURA et al., 1992; MATSUURA, 1998). No entanto, um estudo recente analisando tanto o índice gonadossomático quanto os estádios de maturação gonadal de fêmeas da sardinha-verdadeira capturadas em ambiente natural revelou uma alta atividade reprodutiva desta espécie entre a primavera e o início do outono (PETERMANN e SCHWINGEL, 2016), ampliando assim o seu conhecido período reprodutivo. Embora a ocorrência de fêmeas maduras seja uma evidência importante para a identificação de período reprodutivo, a presença dos estágios iniciais de desenvolvimento dos peixes é que pode confirmar o sucesso da desova (NAKATANI, 2001). Pesquisas sobre o ictioplâncton vêm sendo utilizadas para avaliar a sazonalidade da reprodução (MATSUURA, 1998; IBAIBARRIAGA et al., 2007; MUHLING e BECKLEY, 2007).

Pequenos peixes pelágicos, como as sardinhas e anchoítas, habitam regiões produtivas dos oceanos que recebem nutrientes provenientes de processos de ressurgências costeiras oceânicas e da drenagem continental. Seus habitats podem ser caracterizados geograficamente e hidrograficamente (CHECKLEY et al., 2009). Uma melhor compreensão das características dos habitats, especialmente das áreas de desova, tem ajudado os pesquisadores a entender as variações espaço-temporais na distribuição e na reprodução de diferentes peixes (BERNAL et al., 2007; ROY et al., 2007; del FAVERO et al., 2017).

Processos oceânicos e atmosféricos têm sido relacionados à variabilidade espacial e temporal da distribuição de ovos e larvas da

sardinha-verdadeira (MATSUURA, 1996; de SOUZA MORAES et al., 2012; DIAS et al., 2014; GARCIA et al., 2015). Aparentemente, o principal fenômeno associado à desova desta espécie é a intrusão da massa de água fria e rica em nutrientes Água Central do Atlântico Sul (ACAS) na camada de fundo da PCSE, sobretudo durante o verão (MATSUURA, 1998). A entrada de nutrientes dessa massa de água na zona eufótica parece criar um habitat ideal para o desenvolvimento da sardinha, apesar disso, nunca foi feita uma descrição das preferências dessas larvas por determinadas concentrações desses nutrientes.

Sendo assim, os objetivos deste estudo são: (1) descrever a distribuição sazonal e espacial de larvas da sardinha-verdadeira ao longo da plataforma continental rasa de Santa Catarina e (2) avaliar a influência de variáveis ambientais nos habitats de desenvolvimento larval dessa sardinha.

## **Materiais e métodos**

### **Área de estudo**

A área de estudo compreendeu a região costeira do Estado de Santa Catarina, entre Itapoá (26°S) e Laguna (28°S) (Figura 1). É parte integrante da Plataforma Continental Sudeste (PCSE) e as principais massas de água ocorrendo nessa área são: Água Tropical (AT -  $T \geq 18,5^{\circ}\text{C}$ ,  $S \geq 36$ ), água quente que flui ao sul próxima a borda da plataforma na camada superior (0-200m) da Corrente do Brasil (CB); Água Central do Atlântico Sul (ACAS -  $T \leq 18,5^{\circ}\text{C}$ ,  $S \geq 35,3$ ), água fria e rica em nutrientes que também flui em direção sul, porém ocorrendo em uma camada inferior (200-500m) da CB; Água Subtropical de Plataforma (ASTP - verão= $T > 18,5^{\circ}\text{C}$ ,  $35,3 < S < 36$ ;  $T > 21^{\circ}\text{C}$ ,  $33,5 < S \leq 35,3$ /inverno= $T > 14^{\circ}\text{C}$ ,  $33,5 < S < 35,3$ ;  $T > 18,5^{\circ}\text{C}$ ,  $35,3 \leq S < 36$ ), sendo a mistura de águas provindas da drenagem continental e AT (MÖLLER JR et al., 2008). A hidrodinâmica dessa área também é influenciada pela entrada de água doce proveniente dos sistemas fluviais dos rios São Francisco do Sul, Itapocu, Itajaí-açu, Camboriú e Tijucas. A Água da Pluma do Prata ( $T > 10^{\circ}\text{C}$ ,  $S \leq 33,5$ ), proveniente da drenagem da bacia do rio da Prata e da Lagoa dos Patos, durante o inverno é transportada em direção norte por ventos sudoeste e pode atingir a área de estudo (SCHETTINI et al., 2005; MÖLLER JR. et al., 2008).

## Técnicas de amostragem

As amostras de ictioplâncton foram obtidas em quatro cruzeiros oceanográficos realizados em cada estação do ano de 2012 (30/01-03/02/12 - verão, 23/04-27/04/12 - outono, 23/07-27/07/12 - inverno e 05/11-09/11/12 - primavera) ao longo de 42 pontos amostrais previamente divididos em 13 transectos (Figura 1). As amostras foram coletadas em 3 arrastos oblíquos usando uma rede do tipo Bongô com abertura de malhas de 300 $\mu$ m e 500 $\mu$ m. As profundidades de amostragem variaram de 10m a 30m de acordo com a distância do ponto amostral em relação à costa, com arrastos mais rasos nos pontos #1 e mais fundos nos pontos #3 e #4. Fluxômetros mecânicos acoplados as bocas das redes foram utilizados para estimar o volume de água filtrado. As amostras foram preservadas em solução de formalina 4%.

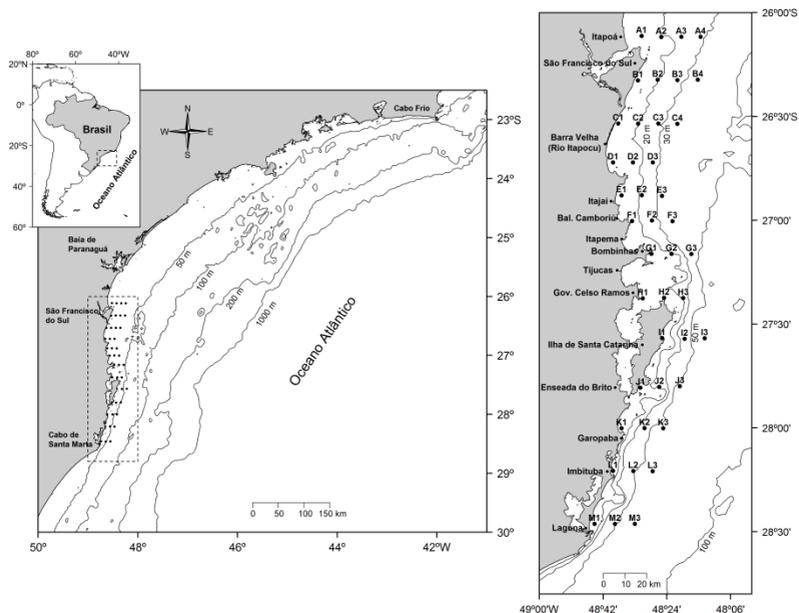


Figura 1: Localização dos pontos amostrais na região costeira de Santa Catarina para todos os cruzeiros de 2012.

As amostras foram triadas sob um estereomicroscópio, sendo que as larvas da família Clupeidae foram separadas e aquelas pertencentes a espécie *Sardinella brasiliensis* foram identificadas (MATSUURA, 1975; RICHARDS, 2005).

Amostras de água foram coletadas com garrafas de Niskin de 5L em profundidades específicas (superfície, 10m, 20m, 30m, 50m e fundo). Os dados hidrográficos (temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido) foram obtidos com uma sonda multiparamétrica (YSI). As concentrações de nutrientes (silicato, ortofosfato, nitrito, nitrato e amônio) e clorofila-a foram determinadas e gentilmente fornecidas pelo Laboratório de Oceanografia Química e Poluição Marinha (LOQ) da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), que é parceiro no projeto Isca-Viva.

### Análise dos dados

A identificação das massas de água em cada estação do ano foi realizada por meio de gráficos de Temperatura-Salinidade (T-S) usando o pacote *oce* (KELLEY e RICHARDS, 2016), baseada nos índices termohalinos já descritos acima (MÖLLER JR. et al., 2008). Mapas de distribuição horizontal da temperatura e salinidade tanto de superfície quanto de fundo também foram produzidos para evidenciar os padrões sazonais. Interpolações foram realizadas usando um modelo *Kriging* com ajuste mínimo do parâmetro de suavização ( $\lambda=0,009$ ) para evitar excesso de suavização e a perda de qualidade no ajuste do modelo. (BIVAND et al., 2008). Para modelo *Kriging* foi usado o pacote *fields* (NYCHKA et al., 2014).

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi utilizada para investigar relações entre os descritores ambientais (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, ortofosfato, silicato, nitrato, nitrito e amônio), classes de profundidade (superfície, fundo) e estações do ano (verão, outono, inverno, primavera) (LEGENDRE e LEGENDRE, 1998). A matriz de dados ambientais foi previamente submetida ao Fator de Inflação da Variância (*Variance Inflation Factor* - VIF) para evitar multicolinearidade entre as variáveis (BORCARD et al., 2011). Todas as variáveis foram mantidas ( $VIF < 10$ ). O resultado da PCA foi exibido utilizando *scaling=2* e as amostras foram apresentadas com cores diferentes para cada estação do ano, além de distintos símbolos para cada profundidade. Para as análises VIF e PCA foram utilizados os pacotes *HH* e *Vegan* (HEIBERGER, 2013; OKSANEN et al., 2013), respectivamente.

Considerando as diferenças dos principais processos oceanográficos, a área de estudo foi dividida em duas partes, norte (transectos A-H) e sul (transectos I-M), com o ponto de divisão entre eles situado no limite norte da Ilha de Santa Catarina.

A abundância das larvas foi padronizada pelo número de indivíduos por m<sup>2</sup> de superfície marinha. Os valores finais consistem na média das abundâncias dos três arrastos realizados em cada ponto amostral, obtidos após a soma das abundâncias das duas redes. Os valores de abundância de cada ponto amostral para cada estação do ano são apresentados em mapas de distribuição horizontal. Diferenças significativas das abundâncias entre as estações do ano e entre os transectos para cada estação do ano foram verificadas usando Análise de Variância unifatorial (ANOVA). Diferenças detectadas pela ANOVA foram exploradas com o teste *a posteriori* de Tukey utilizando o software Statistica 7.0 (ZAR, 2010).

O habitat larval foi investigado usando a Análise de Curva do Quociente (QC), que descreve a preferência, a tolerância ou a rejeição, testando a hipótese nula de distribuição uniforme das larvas em relação a uma única variável ambiental ou biológica (LLUCH-BELDA et al., 1991; BERNAL et al., 2007). As curvas de quociente foram obtidas agrupando o número de larvas em intervalos de 1,0 unidade da variável em questão (ou menor, dependendo da variável), e expressas em porcentagem do número total de larvas coletadas em cada intervalo. Este valor é dividido pela distribuição de frequências de todas as amostras coletadas no mesmo intervalo da variável ambiental em questão (VAN DER LINGEN et al., 2001). As curvas de quociente foram feitas para cada variável ambiental em cada estação do ano e em diferentes profundidades (superfície, fundo). Um procedimento de permutações foi usado para calcular os intervalos de confiança da hipótese nula de distribuição uniforme das larvas, testando a significância dos valores de quociente maiores ou menores que 1 (BERNAL et al., 2007). Valores de preferência são os valores da covariável em que o quociente é maior que o intervalo de confiança superior (i.e., significativamente maior que 1). Rejeição significativa caracterizada por valores da covariável em que o quociente larval é menor que o intervalo de confiança inferior. O intervalo de tolerância é compreendido pela área de rejeição não significativa (i.e., valores entre os intervalos de confiança superior e inferior) (BERNAL et al., 2007).

Todas as análises e gráficos foram feitos no software R (v3.2.4; R CORE TEAM, 2016), exceto aqueles em que há indicação explícita.

## Resultados

### *Condições oceanográficas*

#### Massas de água

Os diagramas T-S mostram as massas de água identificadas na região durante o período do estudo: Água Subtropical de Plataforma (ASTP), Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e Água da Pluma do Prata (APP). Também foram identificadas águas provenientes da Pluma do rio Itajaí (PRI) e da Pluma do rio São Francisco do Sul (PSF), além de águas que receberam a influência de outros rios, denominadas de águas costeiras (Figura 2). A ASTP esteve presente em todas as estações do ano, mas no verão e na primavera compôs, especialmente, as águas superficiais da parte norte da área de estudo. A AT foi identificada na primavera e outono. A ACAS foi observada na camada de fundo na primavera e em alguns pontos localizados mais ao sul e com maior profundidade durante o inverno. Uma porção de água fria, porém com salinidades inferiores a 35,3, foi identificada ao fundo durante o verão, sendo possivelmente resultante da mistura das massas de água ASTP e ACAS (Figura 4). A influência de água doce foi verificada em alguns pontos amostrais mais costeiros. Água proveniente da Pluma do rio Itajaí foi identificada em todas as estações do ano. Águas provenientes da pluma do rio São Francisco do Sul foram verificadas no verão e na primavera e a da APP apenas no inverno (Figuras 2, 3 e 4).

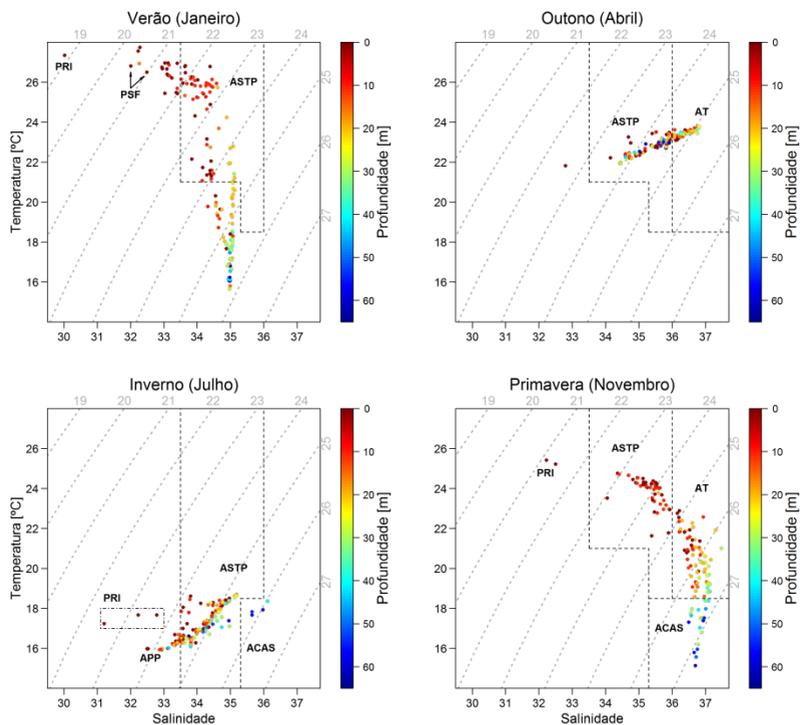


Figura 2: Diagrama T-S da região costeira de Santa Catarina para cada estação do ano de 2012. Massas de água: Água Subtropical de Plataforma (ASTP), Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água da Pluma do Prata (APP). Plumas estuarinas: Pluma do rio Itajaí (PRI) e Pluma do rio São Francisco do Sul (PSF).

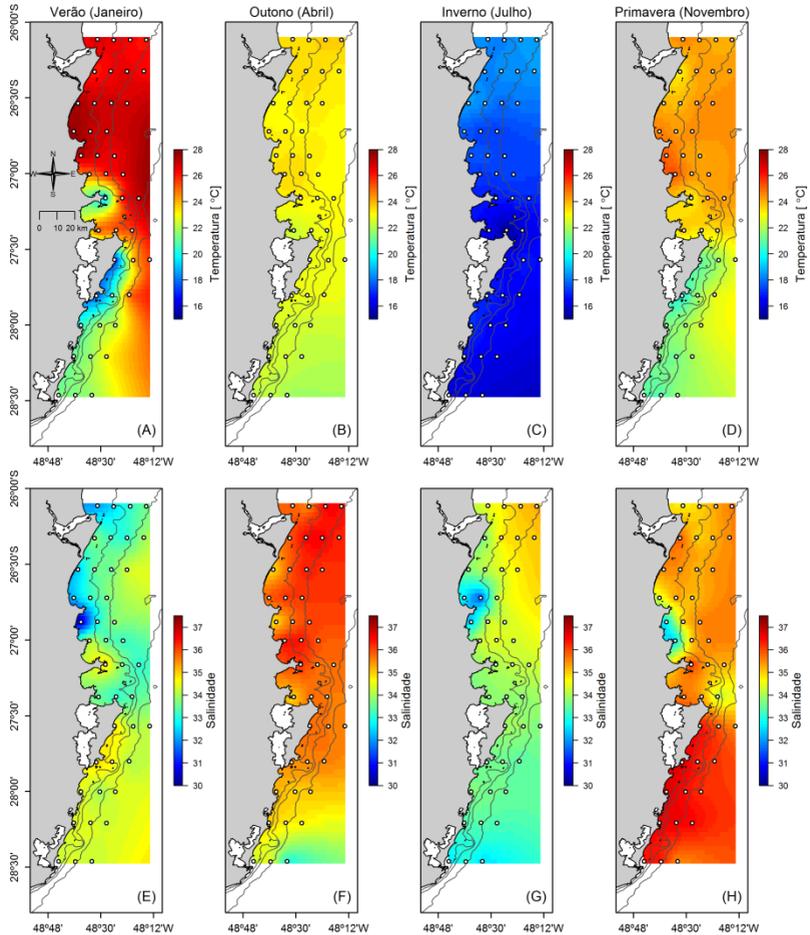


Figura 3: Distribuição horizontal da temperatura (A-D) e salinidade (E-H) de superfície na região costeira de Santa Catarina para cada estação do ano de 2012.

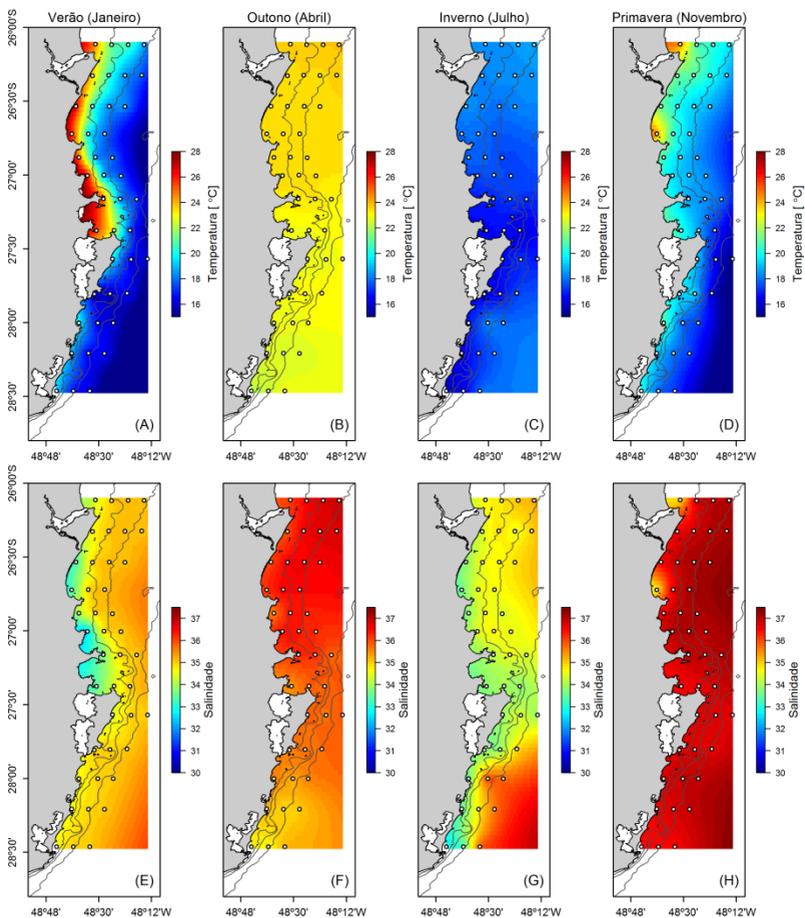


Figura 4: Distribuição horizontal da temperatura (A-D) e salinidade (E-H) de fundo na região costeira de Santa Catarina para cada estação do ano de 2012.

### Correlação das variáveis ambientais

PC1 explicou 32,8% da variação e mostrou a presença de uma coluna de água mais homogênea no inverno, com temperaturas mais frias e alta concentração de oxigênio dissolvido e silicato. Algumas estações de fundo na primavera e tanto de superfície quanto de fundo no verão também apresentaram temperaturas mais baixas, estando associadas ainda com uma alta concentração de nutrientes como nitrato

e nitrito. Temperaturas mais altas foram encontradas, principalmente, no outono e nas águas de superfície do verão e da primavera. PC2 obteve 19,3% de explicação o contraste entre águas mais salinas e águas ricas em oxigênio (Figura 5).

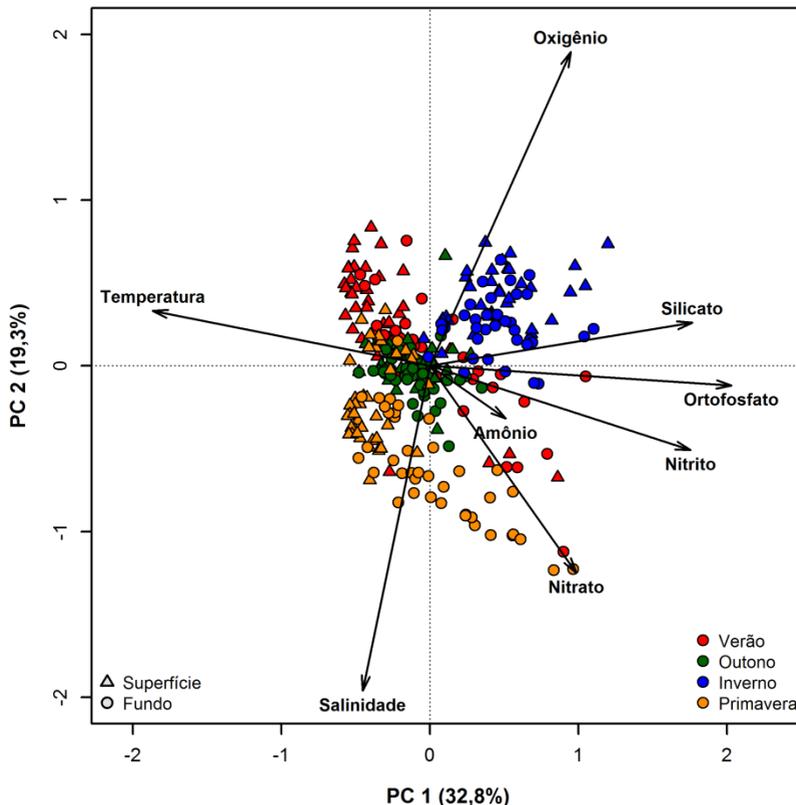


Figura 5: Análise de Componentes Principais das variáveis ambientais (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, silicato, ortofosfato, nitrito, nitrato e amônio) para superfície (triângulo) e fundo (círculo) de cada ponto amostral. Os códigos de cores representam diferentes estações do ano: verão (vermelho), outono (verde), inverno (azul) e primavera (laranja).

### *Distribuição espacial e temporal das larvas da sardinha-verdadeira*

Um total de 1.955 larvas de *Sardinella brasiliensis* foi coletado, 951 delas no verão, 426 no outono e 578 na primavera, porém sem diferença significativa na abundância entre essas estações do ano

(ANOVA;  $F=2,27$ ,  $p=0,105$ ). Nenhuma larva de sardinha foi encontrada durante o inverno. A distribuição horizontal da abundância mostra que grande parte das larvas foi coletada na área situada ao norte da ilha de Santa Catarina, especialmente durante o período do outono. As abundâncias foram mais baixas na região sul da área de estudo (Figura 6).

Durante o verão, ocorreu maior abundância nas regiões de Itajaí (transecto E) e São Francisco do Sul (transecto A) (ANOVA;  $F=4,12$ ,  $p=0,00003$ , Tukey;  $p<0,05$ ). As abundâncias foram altas mais ao norte (transectos A e B) no outono (ANOVA;  $F=4,56$ ,  $p=0,00001$ , Tukey;  $p<0,05$ ), sendo que na primavera foram mais abundantes nas regiões de Balneário Camboriú (transecto F) e entre Itapema e Bombinhas (transecto G) (ANOVA;  $F=4,14$ ,  $p=0,00002$ , Tukey;  $p<0,05$ ).

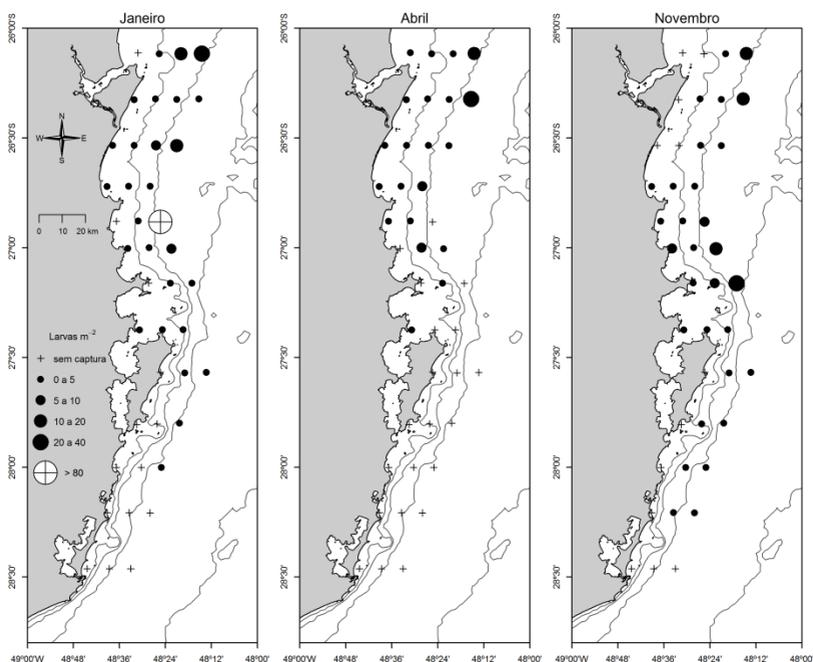


Figura 6: Distribuição da abundância de larvas ( $n^{\circ}$  ind. $m^{-2}$ ) da sardinha-verdadeira na região costeira de Santa Catarina durante o verão, outono e primavera de 2012. Nenhuma larva de sardinha foi coletada no inverno.

*Interações entre as larvas e o ambiente*

As figuras abaixo mostram a caracterização dos habitats das larvas da sardinha-verdadeira de acordo com as variáveis ambientais. Durante o verão e a primavera, o intervalo de tolerância à temperatura ficou entre 22°C e 28°C para a superfície e acima de 16°C para a camada do fundo. Os valores preferidos de temperatura oscilaram entre 26°C e 27°C para a camada superficial e foi de 18°C para a de fundo, obtidos apenas na estação de verão (Figura 7). A tolerância à salinidade ficou entre 32 e 35 no verão, com preferência para o valor de 33,5 para a camada de superfície e de 35,5 para a de fundo; e com tolerância variando entre 34,5 e 37,5 na primavera (Figura 8). A injeção de nutrientes provenientes da intrusão da ACAS, observada durante a primavera e o verão na camada de fundo sobre a plataforma, parece ser um aspecto importante para o desenvolvimento das larvas, uma vez que as preferências das larvas estão relacionadas com a alta concentração de nitrito, nitrato e clorofila-a nestas estações do ano (Figuras 9, 10 e 11 – Figura A.2 material suplementar). Para o ortofosfato, a preferência no verão é de  $0,25\mu\text{mol.L}^{-1}$ , apesar de concentrações variando entre  $0,25\mu\text{mol.L}^{-1}$  e  $0,5\mu\text{mol.L}^{-1}$  e em torno de  $0,85\mu\text{mol.L}^{-1}$  serem toleradas em água de fundo. Durante a primavera, as larvas toleraram, principalmente, valores acima de  $0,25\mu\text{mol.L}^{-1}$  na superfície e acima de  $0,5\mu\text{mol.L}^{-1}$  no fundo (Figura 12 – Figura A.3 material suplementar). O intervalo de tolerância para o silicato variou entre  $0,25\mu\text{mol.L}^{-1}$  e  $25\mu\text{mol.L}^{-1}$  (Figura 13). A concentração de amônio foi maior na primavera do que no verão, e as larvas de sardinha parecem tolerá-la (Figura 14 – Figura A.3 material suplementar). Valores baixos de oxigênio dissolvido (cerca de  $2\text{mg.L}^{-1}$ ) foram tolerados somente durante a primavera (Figura 15), provavelmente relacionados com a entrada mais intensa da ACAS.

Durante o outono, as exigências foram diferentes, onde a temperatura preferida foi 24°C e valores entre 22°C e 23°C foram evitados (Figura 7); a preferência por salinidades maiores que 36 no fundo e tolerância a valores entre 34,5 e 37 (Figura 8). Em geral, todas as concentrações observadas de nitrito e nitrato foram toleradas pelas larvas (Figuras 9 e 10), assim como também de amônio (Figura 14). Para o ortofosfato, a preferência foi de  $0,25\mu\text{mol.L}^{-1}$  (Figura 12) e para o silicato, o intervalo de tolerância foi amplo, variando entre  $6\mu\text{mol.L}^{-1}$  e  $20\mu\text{mol.L}^{-1}$  (Figura 13 – Figura A.4 material suplementar). A concentração de oxigênio dissolvido preferida foi de  $7\text{mg.L}^{-1}$  (Figura 15).

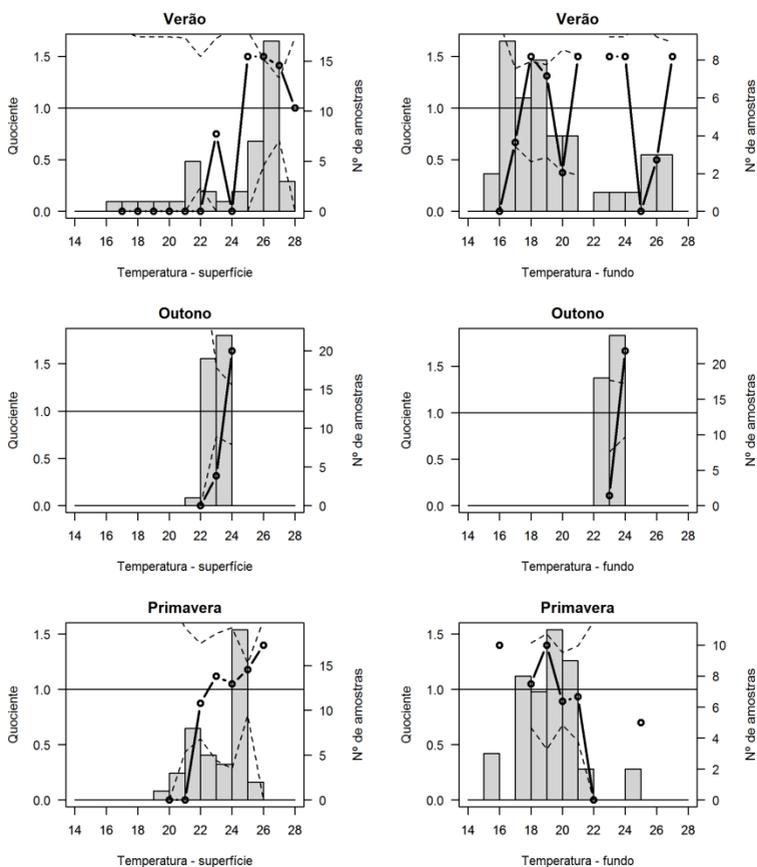


Figura 7: Curvas de quociente mostrando a ocorrência das larvas de sardinha-verdadeira (linha em negrito) nos intervalos de temperatura na superfície (esquerda) e no fundo (direita) para o verão (superior), outono (meio) e primavera (inferior). As curvas foram sobrepostas ao número de amostras (barra cinza) dentro de cada intervalo da covariável. A linha horizontal indica o quociente de 1. As linhas tracejadas denotam os intervalos de confiança superior e inferior.

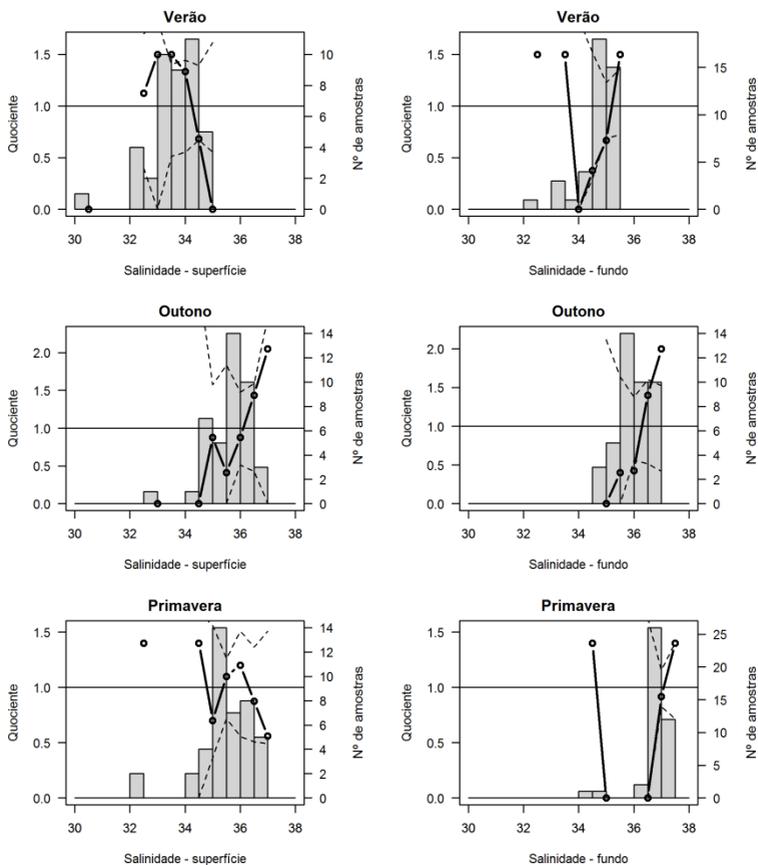


Figura 8: Curvas de quociente mostrando a ocorrência das larvas de sardinha-verdadeira (linha em negrito) nos intervalos de salinidade na superfície (esquerda) e no fundo (direita) para o verão (superior), outono (meio) e primavera (inferior). As curvas foram sobrepostas ao número de amostras (barra cinza) dentro de cada intervalo da covariável. A linha horizontal indica o quociente de 1. As linhas tracejadas denotam os intervalos de confiança superior e inferior.

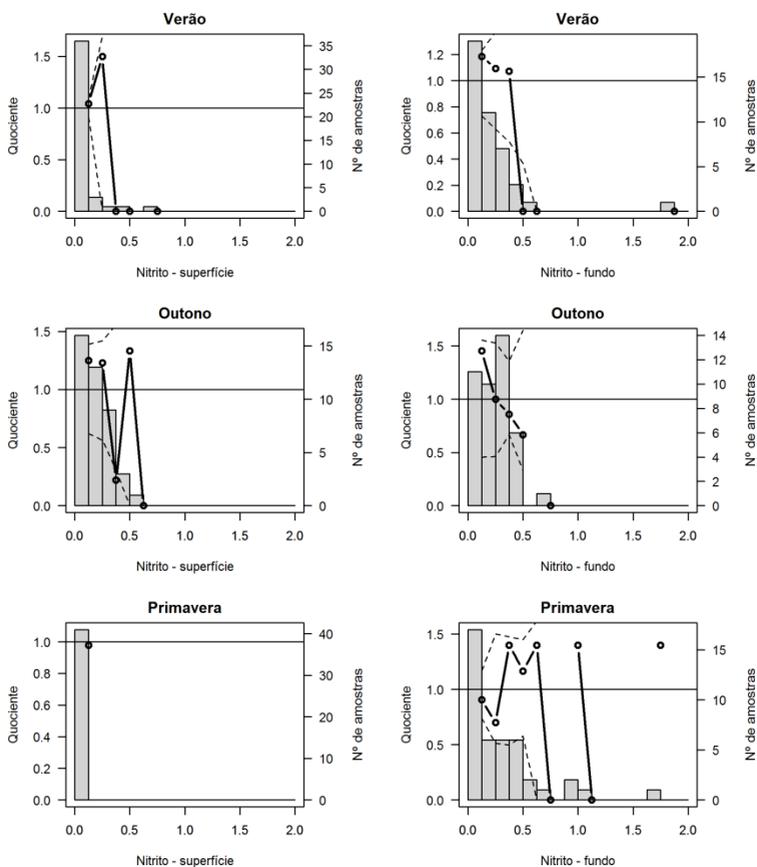


Figura 9: Curvas de quociente mostrando a ocorrência das larvas de sardinha-verdadeira (linha em negrito) nos intervalos de nitrito na superfície (esquerda) e no fundo (direita) para o verão (superior), outono (meio) e primavera (inferior). As curvas foram sobrepostas ao número de amostras (barra cinza) dentro de cada intervalo da covariável. A linha horizontal indica o quociente de 1. As linhas tracejadas denotam os intervalos de confiança superior e inferior.

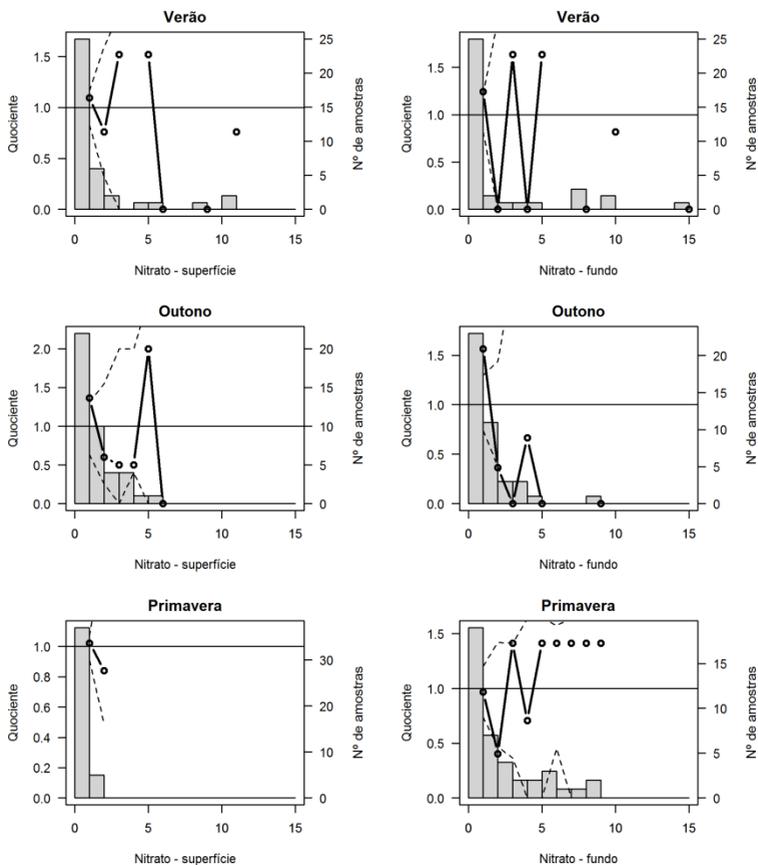


Figura 10: Curvas de quociente mostrando a ocorrência das larvas de sardinha-  
 verdadeira (linha em negrito) nos intervalos de nitrato na superfície (esquerda) e  
 no fundo (direita) para o verão (superior), outono (meio) e primavera (inferior).  
 As curvas foram sobrepostas ao número de amostras (barra cinza) dentro de  
 cada intervalo da covariável. A linha horizontal indica o quociente de 1. As  
 linhas tracejadas denotam os intervalos de confiança superior e inferior.

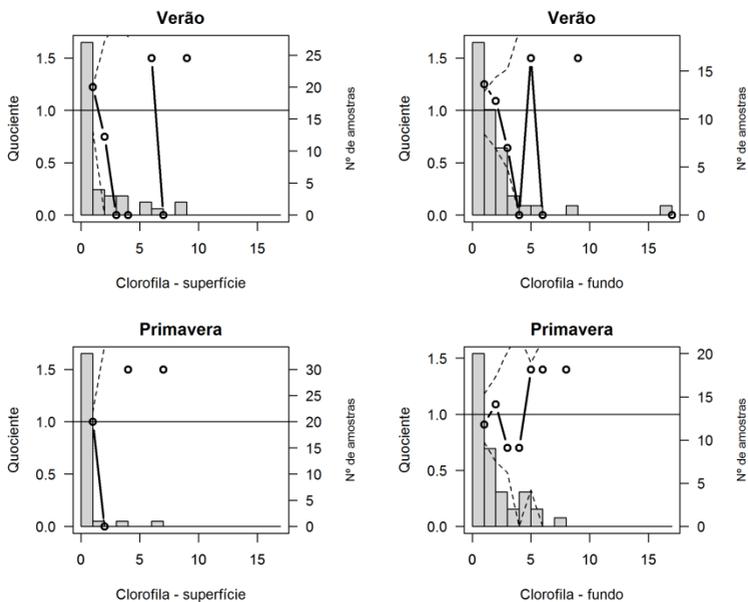


Figura 11: Curvas de quociente mostrando a ocorrência das larvas de sardinha-verdadeira (linha em negrito) nos intervalos de clorofila-a na superfície (esquerda) e no fundo (direita) para o verão (superior) e primavera (inferior). As curvas foram sobrepostas ao número de amostras (barra cinza) dentro de cada intervalo da covariável. A linha horizontal indica o quociente de 1. As linhas tracejadas denotam os intervalos de confiança superior e inferior.

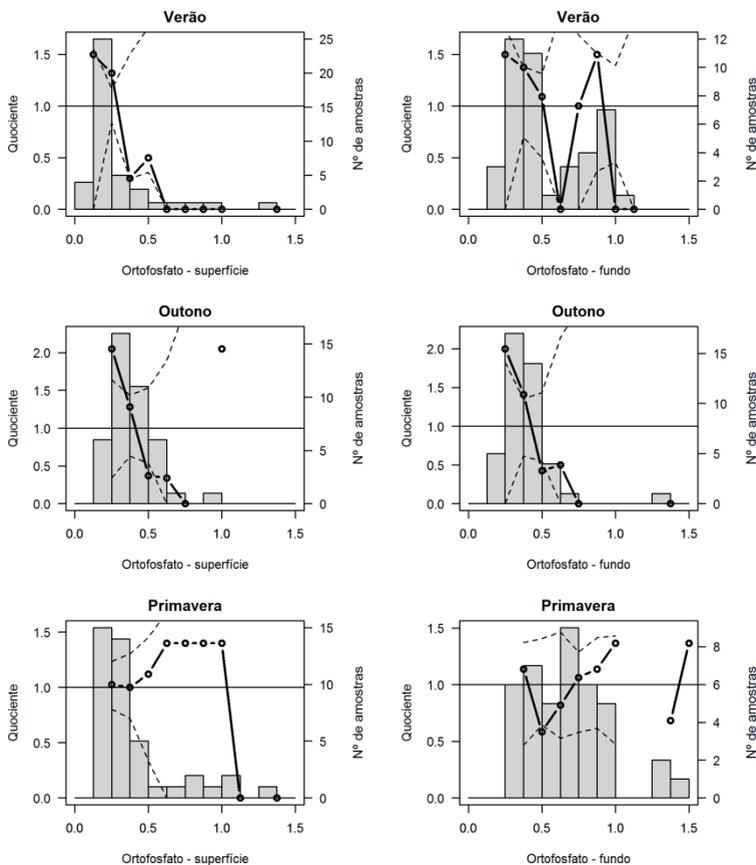


Figura 12: Curvas de quociente mostrando a ocorrência das larvas de sardinha-verdadeira (linha em negrito) nos intervalos de ortofosfato na superfície (esquerda) e no fundo (direita) para o verão (superior), outono (meio) e primavera (inferior). As curvas foram sobrepostas ao número de amostras (barra cinza) dentro de cada intervalo da covariável. A linha horizontal indica o quociente de 1. As linhas tracejadas denotam os intervalos de confiança superior e inferior.

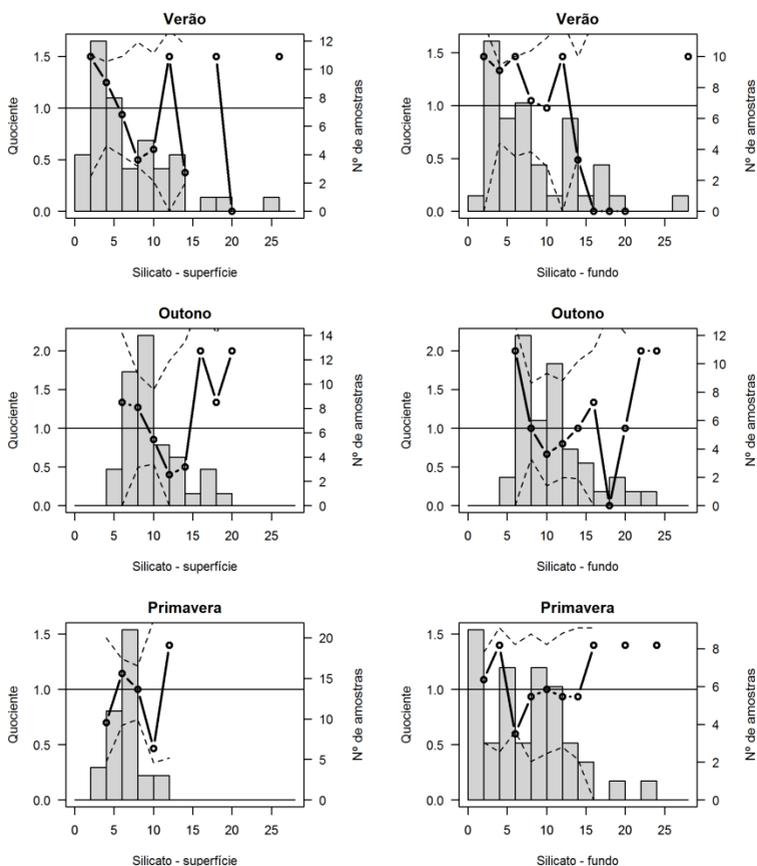


Figura 13: Curvas de quociente mostrando a ocorrência das larvas de sardinha-verdadeira (linha em negrito) nos intervalos de silicato na superfície (esquerda) e no fundo (direita) para o verão (superior), outono (meio) e primavera (inferior). As curvas foram sobrepostas ao número de amostras (barra cinza) dentro de cada intervalo da covariável. A linha horizontal indica o quociente de 1. As linhas tracejadas denotam os intervalos de confiança superior e inferior.

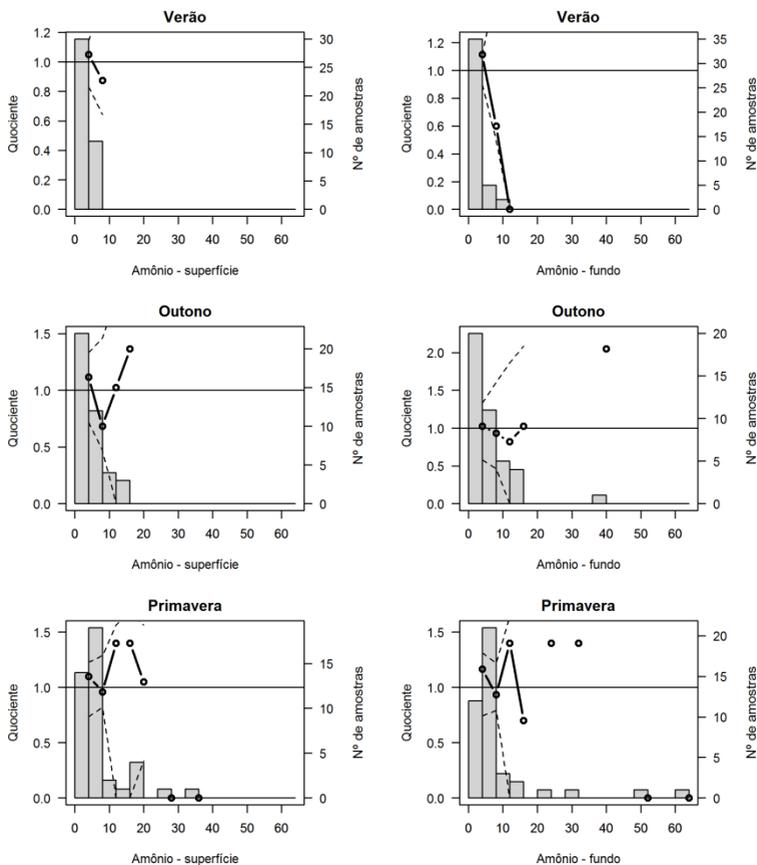


Figura 14: Curvas de quociente mostrando a ocorrência das larvas de sardinha-verdadeira (linha em negro) nos intervalos de amônio na superfície (esquerda) e no fundo (direita) para o verão (superior), outono (meio) e primavera (inferior). As curvas foram sobrepostas ao número de amostras (barra cinza) dentro de cada intervalo da covariável. A linha horizontal indica o quociente de 1. As linhas tracejadas denotam os intervalos de confiança superior e inferior.

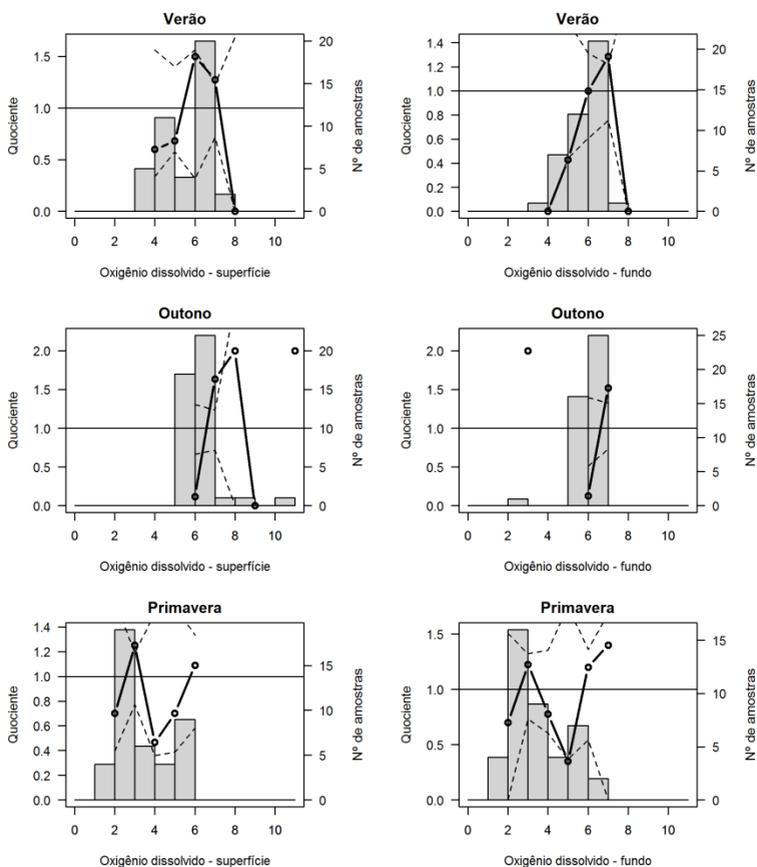


Figura 15: Curvas de quociente mostrando a ocorrência das larvas de sardinha-verdadeira (linha em negrito) nos intervalos de oxigênio dissolvido na superfície (esquerda) e no fundo (direita) para o verão (superior), outono (meio) e primavera (inferior). As curvas foram sobrepostas ao número de amostras (barra cinza) dentro de cada intervalo da covariável. A linha horizontal indica o quociente de 1. As linhas tracejadas denotam os intervalos de confiança superior e inferior.

## Discussão

Os resultados mostraram a existência de variabilidade espacial e sazonal na distribuição da abundância de larvas de *Sardinella brasiliensis* na região costeira de Santa Catarina, assim como a sua relação com o ambiente físico.

O principal resultado observado foi uma ampliação do período reprodutivo conhecido até então para a sardinha-verdadeira na região. Larvas foram encontradas no final da primavera e no verão, épocas de desova descritas anteriormente como o período reprodutivo dessa espécie (MATSUURA et al., 1992; MATSUURA, 1998). No entanto, as larvas também foram abundantes no outono, especialmente aquelas em estágio inicial de desenvolvimento (Figura A.1 – material suplementar), indicando que ocorre uma atividade reprodutiva durante esta estação do ano. O estudo também confirma a ausência de reprodução durante o inverno.

A estratégia reprodutiva da sardinha-verdadeira está associada à entrada da ACAS na plataforma continental durante a primavera e verão (MATSUURA et al., 1992; LOPES et al., 2006). O estresse causado pelos ventos nordeste durante essas estações do ano provoca o deslocamento das águas superficiais para fora da costa, seguindo o transporte de Ekman, e assim favorecendo a intrusão dessa massa de água fria e rica em nutrientes na camada de fundo sobre a plataforma (LOPES et al., 2006). A entrada da ACAS promove a formação de uma termoclina estável e a estabilização da coluna d'água, ocasionando um aumento da produção primária, além da concentração e a retenção do ictioplâncton e de seus alimentos (MATSUURA, 1996; BAKUN, 2010); processos ambientais importantes para a sobrevivência dos estágios iniciais de peixes pelágicos (BAKUN, 2010). Uma entrada “fraca” da ACAS na plataforma já foi relacionada a elevada mortalidade de larvas de sardinha, e conseqüentemente, a uma falha no recrutamento, observada durante o período reprodutivo de 1974/1975 (MATSUURA, 1996).

No presente estudo, a análise multivariada confirmou que a concentração de nutrientes foi maior em águas mais frias e os diagramas T-S mostraram a influência da ACAS durante a primavera e o verão. Nessas estações, as larvas foram mais abundantes na região norte da área de estudo, onde foi observada a presença de água quente (ASTP e AT) na superfície e de água fria (ACAS) no fundo. Este padrão também foi encontrado na primavera e no verão de 2010/2011 nessa mesma região (GARCIA et al., 2015). Os estágios iniciais da sardinha-

verdadeira são predominantemente distribuídos na camada superficial, acima da termoclina (MATSUURA et al., 1992; MATSUURA, 1998). Os digramas QC mostraram também que a sardinha pode tolerar temperaturas mais baixas (18°C no fundo) que estão relacionadas a presença da água fria da ACAS. Gigliotti et al. (2010) verificaram que ovos da sardinha-verdadeira ocorreram em maior frequência em temperaturas entre 22°C e 28°C, mas também registraram uma ampla tolerância à temperaturas em águas subsuperficiais. No presente trabalho, os resultados mostraram a preferência das larvas por temperaturas entre 26°C e 27°C na superfície. Em uma larga escala espacial, a relação positiva entre as larvas de sardinha e a temperatura foi significativa na superfície, e em menor extensão, na camada subsuperficial (de SOUZA-MORAES et al., 2012).

A salinidade da água foi maior na primavera do que no verão, talvez relacionada à presença da AT e de uma intrusão mais intensa da ACAS. A descarga de água continental foi maior no verão, contribuindo para o decréscimo nos valores de salinidade. As larvas de sardinha toleraram todas as concentrações de salinidade observadas no período de estudo (variando de 32 a 37). Gigliotti et al., (2010) verificaram para *S. brasiliensis* que a desova em águas superficiais ocorre preferencialmente em salinidades entre 33 e 34,5, e que em águas subsuperficiais variam entre 34 e 35. Sunyé e Servain (1998) avaliando a área sul da Plataforma Continental Sudeste (PCSE), região que engloba o litoral de Santa Catarina, encontraram uma correlação positiva entre os desembarques pesqueiros da sardinha e os valores de temperatura e da salinidade.

No verão, a ACAS alcançou a camada superficial em alguns pontos situados próximo à ilha de Santa Catarina (Figura 3), embora as larvas de sardinha não tenham sido encontradas nesses lugares. Esses eventos de ressurgência induzidos pelo vento aumentam a turbulência e mistura da coluna de água, causando rupturas nas comunidades de plâncton e a dispersão de biomassa planctônica (LASKER, 1981). Ventos fracos podem afetar o enriquecimento por nutrientes, a produtividade primária e a retenção de presas e de predadores. Em oposição, ventos fortes podem desagregar os alimentos das larvas e deslocá-las para longe da costa (MATSUURA, 1996, CURY e ROY, 1989). Portanto, há uma “janela ambiental ótima” para ressurgências moderadas, onde os efeitos de ventos fortes e fracos são minimizados, favorecendo assim a desova e o recrutamento (CURY e ROY, 1989). Cury e Roy (1989) avaliando o recrutamento de pequenos peixes pelágicos nas costas do Peru, da América do Norte e da África

observaram que, para ressurgências causadas pelo vento, o recrutamento anual aumenta quando a velocidade do vento atinge entre 5 e 6m.s<sup>-1</sup>. Na área da PCSE no Brasil, a janela ótima para a intensidade dos ventos é de 3 a 4,5 m.s<sup>-1</sup>, pois a turbulência gerada por ventos mais fortes pode afetar o padrão de distribuição do plâncton (JABLONSKI e LEGEY, 2004).

A entrada de nutrientes, provenientes da intrusão da ACAS e da drenagem continental, na zona eufótica aumenta a produção primária e contribui para as condições ideais de desenvolvimento larval (LOPES et al., 2006). A entrada de nutrientes da ACAS foi evidente, especialmente na primavera, quando elevadas concentrações de nitrito, nitrato, clorofila-a, ortofosfato e silicato foram observadas nas águas de fundo. As larvas de sardinha toleraram a amplitude das concentrações registradas, mostrando preferência apenas por 0,25µmol.L<sup>-1</sup> de silicato no verão. A distribuição e abundância das larvas de sardinha na região sul da área de estudo na primavera e no verão podem estar relacionadas à elevada concentração de nitrato no fundo (primavera) e à alta concentração de clorofila-a na superfície (verão) (Figura A.2 – material suplementar). Grandes quantidades de nutrientes (silicato, ortofosfato e amônio) na área norte, principalmente na primavera, foram verificadas em pontos costeiros e próximos de sistemas fluviais (Figura A.3 – material suplementar). O aporte de águas originárias da drenagem continental tem sido relacionado à alterações na concentração de nutrientes, em processos biológicos e na distribuição do plâncton nessa região (RESGALLA JR., 2011; DOMINGOS-NUNES e RESGALLA JR., 2012; de SOUZA-MORAES et al., 2012). Elevadas densidades de larvas foram registradas nas áreas próximas a alguns rios (Itajaí-Açu no verão e Camboriú na primavera). Na Plataforma Continental do Atlântico Sudoeste, concentrações de silicato foram associadas ao deságue continental, assim como o fosfato, embora em menor intensidade, e também aos fenômenos de ressurgências e a presença de águas austrais (BRAGA et al., 2008).

Foi observada a tolerância das larvas a valores mais baixos de oxigênio dissolvido ( $\pm 2\text{mg.L}^{-1}$ ) na primavera, condição que pode ter sido causada pela influência da ACAS, de forma que o aumento da produção primária e secundária pode ocasionar um maior consumo desse gás. Deficiências de oxigênio foram associadas ao enriquecimento em nutrientes por águas oceânicas (BRAGA et al., 2008).

No outono, as larvas ocorreram exclusivamente na região norte da área de estudo e a composição de massas de água foi diferente daquela observada no verão e na primavera, principalmente pela

ausência da ACAS em águas costeiras. Nessa área norte, a água estava mais quente e mais salina, talvez relacionada a presença da AT, do que foi observado na área sul, onde as larvas de sardinha não foram encontradas. Houve uma preferência das larvas de sardinha por determinadas características de água, tendo preferido condições com temperatura de 24°C, salinidade de 37, 0,25µmol.L<sup>-1</sup> de ortofosfato e 7mg.L<sup>-1</sup> de oxigênio dissolvido. Curiosamente, valores mais baixos do que aqueles preferidos tanto para temperatura quanto para o OD foram evitados. Nutrientes provindos da descarga continental, principalmente silicato (Figura A.4 - material suplementar), observados na região norte possivelmente também tenham favorecido o desenvolvimento das larvas no outono.

A temperatura exerce uma forte influência na reprodução dos peixes. Efeitos são vistos em todos os processos reprodutivos, e. g. no desenvolvimento e maturação dos gametas, na desova, além do desenvolvimento e sobrevivência dos primeiros estágios de vida (PANKHURST e MUNDAY, 2011). A distribuição e a variabilidade na desova de diferentes populações de sardinha já foram relacionadas à temperatura da água (LLUCH-BELDA et al., 1992; STRATOUDAKIS et al., 2004; GANIAS, 2009; MHLONGO et al., 2015), incluindo a sardinha-verdadeira (de SOUZA-MORAES et al., 2012). Matsuura (1998) observou que a temperatura média de todos os pontos amostrais que tiveram a presença de ovos da sardinha-verdadeira na PCSE foi de 24,3°C, similar ao valor de temperatura do habitat preferencial da sardinha registrado durante o outono neste estudo. Temperaturas inferiores a 24°C foram evitadas no outono, diferente do que foi verificado na primavera e no verão. Isso indica que o enriquecimento por nutrientes e a estabilização da coluna d'água promovida pela ACAS nos meses mais quentes seriam os aspectos mais importantes relacionados ao sucesso no desenvolvimento larval e no recrutamento, ao invés de valores mais baixos de temperatura e de oxigênio dissolvido. Aparentemente, quando as condições da ACAS estão presentes, há maior tolerância para outras variáveis ambientais.

A ampliação do período reprodutivo também pode ser modulada por outros fatores além das condições da água. A composição demográfica, como a idade e o tamanho da população desovante, influencia na variação da sazonalidade reprodutiva (TRIPPEL et al., 1997; WRIGHT e TRIPPEL, 2009). Já foi reportado que diferenças no período reprodutivo de duas populações da sardinha mediterrânea *Sardine pilchardus* foram influenciadas pelo tamanho corporal dos peixes, onde as fêmeas menores teriam um período de desova mais curto

e mais atrasado (GANIAS et al., 2007). Peixes mais velhos e maiores desovam mais cedo e por um período mais longo do que peixes mais jovens (WRIGHT e TRIPPEL, 2009). Petermann e Schwingel (2016) observaram em fêmeas adultas de sardinha-verdadeira capturadas no litoral de Santa Catarina que o comprimento de primeira maturação (L50) agora é 2cm maior (18,6cm) do que o L50 anterior, estabelecido há mais de 50 anos. Talvez essa variação no tamanho dos peixes adultos esteja influenciando no período reprodutivo da sardinha-verdadeira.

Todos os processos envolvidos na reprodução da sardinha-verdadeira no ambiente natural deveriam ser monitorados, favorecendo a adoção de medidas que garantam o correto gerenciamento dos estoques e da sua pesca. Regulamentos desta atividade têm sido feitos com a intenção de proteger o período de reprodução e de recrutamento da sardinha-verdadeira, apesar disso, o período de defeso para a pesca dessa sardinha em águas brasileiras compreende apenas o intervalo entre 1 de novembro e 15 de fevereiro (BRASIL, 2009). Essa restrição à pesca não está assegurando a proteção dos estoques durante todo o período reprodutivo da espécie, já que foi comprovada sua reprodução também durante o outono. Vale ressaltar que a captura de larvas de sardinha no outono representou mais de 20% da captura total do ano. Essa informação é extremamente relevante e deveria ser levada em consideração na definição de medidas de manejo e conservação para este recurso pesqueiro que se encontra sobreexplorado.

## **Conclusão**

A sardinha-verdadeira apresentou um período reprodutivo mais amplo que o conhecido, já que larvas desta espécie foram encontradas desde a primavera até o outono. Durante os meses mais quentes, a distribuição das larvas foi mais extensa na região da plataforma interna de Santa Catarina e esteve relacionada à intrusão da massa de água ACAS e o aporte costeiro. No outono, as características dos habitats preferidos das larvas foram mais específicas, havendo preferência por águas mais salinas com temperatura de 24°C e concentração de oxigênio dissolvido de 7mg.L<sup>-1</sup>. As medidas de gestão da pesca da sardinha-verdadeira deveriam ser revistas, especialmente no tocante a duração do período de defeso no período reprodutivo. Adicionalmente, pesquisas contínuas sobre a avaliação das comunidades planctônicas deveriam ser conduzidas para melhor compreender as diferenças em sua distribuição ao longo do espaço e do tempo, favorecendo assim o manejo e a conservação desse importante recurso pesqueiro.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES pelo financiamento do Projeto Isca-Viva edital Ciências do Mar nº 09/009 (AUX-PE 879/2010 e AUX-PE 875/2010); aos tripulantes do N/Pq Soloncy Moura e aos colaboradores do CEPsul/ICMBio e do LAPAD/UFSC envolvidos no projeto Isca-Viva por toda assistência na realização dos cruzeiros; ao professor Dr. Jurandir Pereira Filho (LOQ/UNIVALI) pelo fornecimento dos dados ambientais. EZF agradece as bolsas de produtividade do CNPq.

## Referências

- BAKUN, A. Linking climate to population variability in marine ecosystems characterized by non-simple dynamics: Conceptual templates and schematic constructs. **Journal of Marine Systems**, v. 79, p. 361–373, 2010.
- BAKUN, A.; PARRISH, R.H. Comparative studies of coastal pelagic fish reproductive habitats: the Brazilian sardine (*Sardinella aurita*). **Ices Journal of Marine Science**, v. 46, n. 3, p. 269-283, 1990.
- BERNAL, M.; STRATOUDAKIS, Y.; COOMBS, S.; ANGELICO, M. M.; LAGO de LANZO, A.; PORTEIRO, C.; SAGARMINAGA, Y.; SANTOS, M.; URIARTE, A.; CUNHA, E.; VALDE'S, L.; BORCHERS, D. Sardine spawning off the European Atlantic coast: Characterization of and spatio-temporal variability in spawning habitat. **Progress in Oceanography**, v. 74, p. 210-227, 2007.
- BIVAND, R.S., PEBESMA, E.J., GÓMEZ-RUBIO, V. **Applied Spatial Data Analysis with R**. Springer, New York, 2008.
- BORCARD, D., GILLET, F., LEGENDRE, P. **Numerical Ecology with R**. Springer, New York, 2011.
- BRAGA, E.S.; CHIOZZINI, V.C.; BERBEL, G.B.B.; MALUF, J.C.C.; AGUIAR, V.M.C.; CHARO, M.; MOLINA, D.; ROMERO, S.I.; EICHLER, B.B. Nutrient distributions over the Southwestern South Atlantic continental shelf from Mar del Plata (Argentina) to Itajaí (Brazil): winter–summer aspects. **Continental Shelf Research**, v. 28, n. 13, p. 1649-1661, 2008.
- BRASIL. 2009. Instrução Normativa N°15, de 21 de maio de 2009. Estabelece os períodos de defeso para a pesca da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*). Diário Oficial da União, Brasília, N°96, 22 de maio de 2009: 81.

CHECKLEY, D.M.; AYON, P.; BAUMGARTNER, T.R.; BERNAL, M.; COETZEE, J.C.; EMMETT, R.; GUEVARA-CARRASCO, R.; HUTCHINGS, L.; IBAIBARRIAGA, L.; NAKATA, H.; OOEKI, Y.; PLANQUE, B.; SCHWEIGERT, J.; STRATOUDAKIS, Y.; VAN DE LINGEN, C.D. Habitats. Em: Checkley, D.M.; Alheit, J.; Oozeiki, Y.; Roy, C. (Eds.). **Climate Change and Small Pelagic Fish**. Cambridge University Press, New York, 2009, 372 p.

CURY, P.; ROY, C. Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 46, n. 4, p. 670-680, 1989.

del FAVERO, J.M.; KATSURAGAWA, M.; ZANI-TEIXEIRA, M.D.L.; TURNER, J.T. Spawning areas of *Engraulis anchoita* in the Southeastern Brazilian Bight during late-spring and early summer. **Progress in Oceanography**, v. 153, p. 37-49, 2017.

de SOUZA MORAES, L.E.; MARCOLINO GHERARDI, D.F.; KATSURAGAWA, M.; TAVARES PAES, E. Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis* Steindachner, 1879) spawning and nursery habitats: spatial-scale partitioning and multiscale relationships with thermohaline descriptors. **ICES Journal of Marine Science**, v. 69, p. 939-952, 2012.

DIAS, D.F.; PEZZI, L.P.; GHERARDI, D.F.M.; CAMARGO, R. Modeling the spawning strategies and larval survival of the Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*). **Progress in Oceanography**, v. 123, p. 38-53, 2014.

DOMINGOS-NUNES, R.; RESGALLA JR, C. The zooplankton of Santa Catarina continental shelf in southern Brazil with emphasis on Copepoda and Cladocera and their relationship with physical coastal processes. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 40, n. 4, p. 893-913, 2012.

GANIAS, K.; SOMARAKIS, S.; KOUTSIKOPOULOS, C.; MACHIAS, A. Factors affecting the spawning period of sardine in two highly oligotrophic Seas. **Marine Biology**, v. 151, n. 4, p. 1559-1569, 2007.

GANIAS, K. Linking sardine spawning dynamics to environmental variability. **Estuarine, Coastal And Shelf Science**, v. 84, n. 3, p. 402-408, 2009.

GARCIA, V.; REYNALTE-TATAJE, D.A.; ZANIBONI-FILHO, E. Distribuição de ovos e larvas da sardinha-verdadeira na região costeira do estado de Santa Catarina. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, n. 3, p. 619-631, 2015.

GIGLIOTTI, E.S.; GHERARDI, D.F.M.; PAES, E.T.; SOUZA, R.B.; KATSURAGAWA, M. Spatial analysis of egg distribution and geographic changes in the spawning habitat of the Brazilian sardine *Sardinella brasiliensis*. **Journal of Fish Biology**, v. 77, n. 10, p. 2248-2267, 2010.

HEIBERGER, R.M. HH: Statistical Analysis and Data Display: Heiberger and Holland. R package version 2.3-37, 2013. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=HH>. (Acessado em 20/02/2016).

IBAIBARRIAGA, L.; IRIGOIEN, X.; SANTOS, M.; MOTOS, L.; FIVES, J.M.; FRANCO, C.; LAGO DE LANZÓS, A.; ACEVEDO, S.; BERNAL, M.; BEZ, N.; ELTINK, G.; FARINHA, A.; HAMMER, C.; IVERSEN, S.A.; MILLIGAN, S.P.; REID, D.G. Egg and larval distributions of seven fish species in northeast Atlantic waters. **Fisheries Oceanography**, v. 16, n. 3, p.284-293, 2007.

JABLONSKI, S.; LEGEY, L.F.L. Quantifying environmental effects on the recruitment of the Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*), 1977-1993. **Scientia Marina**, v. 68, n. 3, p.385-398, 2004.

KELLEY, D.; RICHARDS, C. Oce: Analysis of Oceanographic Data. R package version 0.9-18, 2016. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=oce>. (Acessado em 20/02/2016).

LASKER, R. The role of stable ocean in larval fish survival and subsequent recruitment. In: Lasker, R. (ed) **Marine fish larvae morphology, ecology, and relation to fisheries**, Vol 1. University of Washington Press, Seattle, 80–87, 1981.

LEGENDRE, P., LEGENDRE L. **Numerical Ecology**, second ed. Elsevier, Amsterdam, 1998, 852p.

LLUCH-BELDA, D.; LLUCH-COTA, D.B.; HERNANDEZ-VAZQUEZ, S.; SALINAS-ZAVALA, C.A.; SCHWARTZLOSE, R.A. Sardine and anchovy spawning as related to temperature and upwelling in the California Current system. **California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports**, v. 32, p.105–111, 1991.

LLUCH-BELDA, D.; LLUCH-COTA, D.B.; HERNÁNDEZ-VÁZQUEZ, S.; SALINAS-ZAVALA, C.A. Sardine population expansion in eastern boundary systems of the Pacific Ocean as related to sea surface temperature. **South African Journal of Marine Science**, v. 12, n. 1, p.147-155, 1992.

LOPES, R.M.; KATSURAGAWA, M.; DIAS, J.F.; MONTÙ, M.A.; MUELBERT, J.H.; GORRI, C.; BRANDINI, F.P. Zooplankton and

ichthyoplankton distribution on the southern Brazilian shelf: an overview. **Scientia Marina**, v. 70, n. 2, p.189-202, 2006.

MATSUURA, Y. A study of the life history of Brazilian sardines, *Sardinella aurita*: I. distribution and abundance of sardine eggs in the region of Ilha Grande, Rio de Janeiro. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 20, n. 1, p.33-60, 1971.

MATSUURA, Y. A study of the life history of Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis*: Development of sardine larvae. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 24, p.17-29, 1975.

MATSUURA, Y.; SPACH, H.L.; KATSURAGAWA, M. Comparison of spawning patterns of the Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) and anchoita (*Engrautis anchoita*) in Ubatuba region, southern Brazil during 1985 through 1988. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 40, n. 1-2, p.101-115, 1992.

MATSUURA, Y. A probable cause of recruitment failure of the Brazilian sardine *Sardinella aurita* population during the 1974/75 spawning season. **South African Journal of Marine Science**, v. 17, n. 1, p.29-35, 1996.

MATSUURA, Y. Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) spawning in the southeast Brazilian Bight over the period 1976-1993. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 46, n. 1, p.33-43, 1998.

MHLONGO, N.; YEMANE, D.; HENDRICKS, M.; VAN DER LINGEN, C.D. Have the spawning habitat preferences of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and sardine (*Sardinops sagax*) in the southern Benguela changed in recent years? **Fisheries Oceanography**, v. 24, 1-14, 2015.

MÖLLER JR, O.O.; PIOLA, A.R.; FREITAS, A.N.; CAMPOS, E.J.D. The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America. **Continental Shelf Research**, v. 28, n. 13, p.1607-1624, 2008.

MPA. Boletim estatístico da pesca e aquicultura de 2011. Secretaria de Monitoramento e Controle do Ministério da Pesca e Aquicultura, 2013, 60p.

MUHLING, B.A.; BECKLEY, L.E. Seasonal variation in horizontal and vertical structure of larval fish assemblages off south-western Australia, with implications for larval transport. **Journal of Plankton Research**, v. 29, n. 11, p.967-983, 2007.

NAKATANI, K.; AGOSTINHO, A.A.; BAUMGARTNER, G.; BIALETZKI, A.; SANCHES, P.V.; MAKRAKIS, M.C.; PAVANELLI, C.S. **Ovos e larvas**

**de peixes de água doce:** desenvolvimento e manual de identificação. Eduem, Maringá, 2001, 378p.

NYCHKA, D.; FURRER, R.; SAIN, S. *Fields: Tools for spatial data*. R package version 7.1, 2014. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=fields>. (Acessado em 20/02/2016).

OKSANEN, J.; BLANCHET, F.G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHIN, P.R.; O'HARA, R.B.; SIMPSON, G.L.; SOLYMOS, P.; HENRY, M.; STEVENS, H.; WAGNER, H. *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.0-7, 2013. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>. (Acessado em 20/02/2016).

PANKHURST, N. W.; MUNDAY, P. L. Effects of climate change on fish reproduction and early life history stages. **Marine and Freshwater Research**, v. 62, n. 9, p.1015-1026, 2011.

PETERMANN, A., SCHWINGEL, P.R. Overlap of the reproductive cycle and recruitment of the four main species caught by the purse seine fleet in Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 44, n. 5, p.1069-1079, 2016.

R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2016. Disponível em: <http://www.R-project.org/>.

REGALLA JR, C. The holoplankton of the Santa Catarina coast, southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 83, p.575-588, 2011.

RICHARDS, W.J. **Early stages of Atlantic fishes**. An identification guide for the Western Central North Atlantic. CRC Press, Boca Raton, Florida, 2005, 2672p.

ROY, C.; VAN DER LINGEN, C.D.; COETZEE, J.C.; LUTJEHARMS, J.R.E. Abrupt environmental shift associated with changes in the distribution of Cape anchovy *Engraulis encrasicolus* spawners in the southern Benguela. **African Journal of Marine Science**, v. 29, n. 3, p.309-319, 2007.

SCHETTINI, C.A.F.; REGALLA JR, C.; PEREIRA FILHO, J.; SILVA, M.A.C.; TRUCCOLO, E. C.; RÖRIG, L. R. Variabilidade temporal das características oceanográficas e ecológicas da região de influência fluvial do rio Itajaí-Açu. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 9, p.93-102, 2005.

STRATOUDAKIS, Y.; COOMBS, S.H.; HALLIDAY, N.; CONWAY, D.; SMYTH, T.; COSTAS, G.; FRANCO, C.; LAGO DE LANZO´ S, A.; BERNAL, M.; SILVA, A.; SANTOS, M.B.; ALVAREZ, P.; SANTOS, M. **Sardine (*Sardina pilchardus*) spawning season in the North East Atlantic and relationships with sea surface temperature**. ICES CM 2004/Q, 2004, 19p.

SUNYÉ, P.S.; SERVAIN, J. Effects of seasonal variations in meteorology and oceanography on the Brazilian sardine fishery. **Fisheries Oceanography**, v. 7, n. 2, p. 89-100, 1998.

TRIPPEL, E.A.; KJESBU, O.S.; SOLEMDAL, P. Effects of adult age and size structure on reproductive output in marine fishes, p. 31–62 in R. C. Chambers and E. A. Trippel (Eds). **Early life history and recruitment in fish populations**. Chapman and Hall, London, 1997.

UNIVALI/CTTMar. **Boletim estatístico da pesca industrial de Santa Catarina – ano 2012**. Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, v. 13, 2013.

VAN DER LINGEN, C.D.; HUTCHINGS, L.; MERKLE, D.; VAN DER WESTHUIZEN, J.J.; NELSON, J. Comparative spawning habitats of anchovy (*Engraulis capensis*) and sardine (*Sardinops sagax*) in the southern Benguela upwelling ecosystem. Em: Kruse, G.H., Bez, N., Booth, T., Dorn, M., Hills, S., Lipcius, R.N., Pelletier, D., Roy, C., Smith, S.J., Witherell, D. (Eds). **Spatial processes and Management of Marine Populations**. University of Alaska Sea Grant, AK-SG-01-02, Fairbanks, p.185-209, 2001.

WRIGHT, P.J.; TRIPPEL, E.A. Fishery-induced demographic changes in the timing of spawning: consequences for reproductive success. **Fish and Fisheries**, v. 10, n. 3, p. 283-304, 2009.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**, fifth ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, 2010.

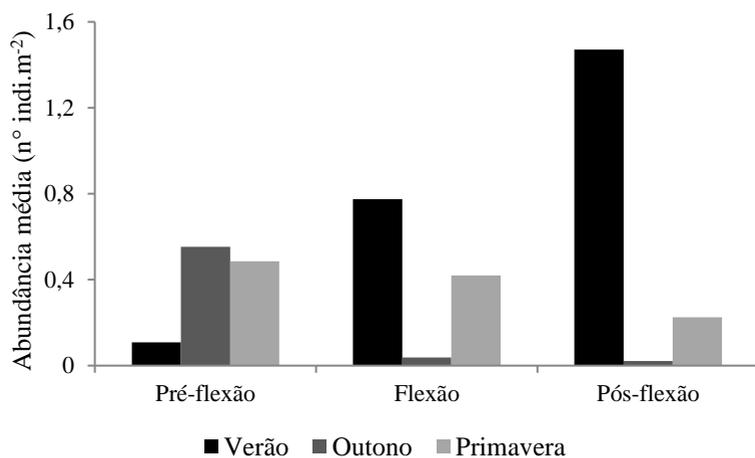
**Material suplementar**

Figura A.1: Abundância média de larvas da sardinha-verdadeira capturadas exclusivamente pela rede de 500  $\mu\text{m}$  e classificadas pelo estágio de desenvolvimento nas coletas realizadas no verão, outono e primavera de 2012.

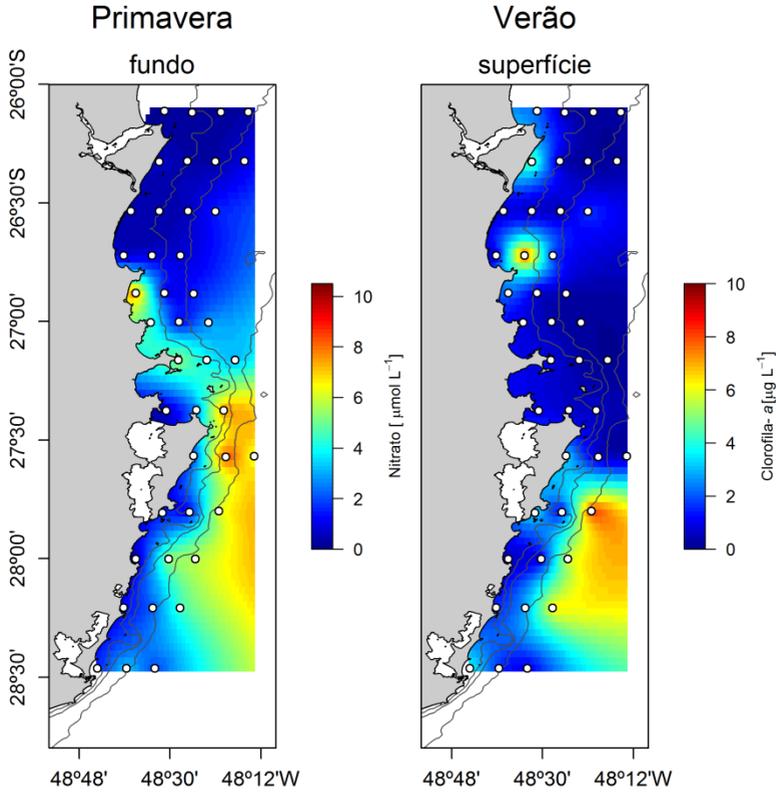


Figura A.2: Distribuição horizontal da concentração do nitrato em águas de fundo na primavera e da clorofila-a em águas de superfície no verão do ano de 2012.

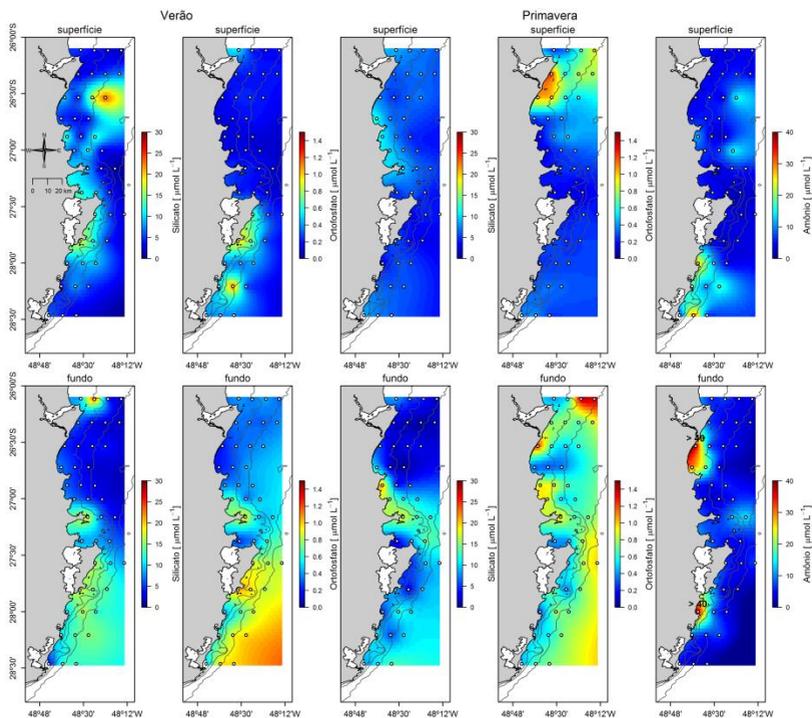


Figura A.3: Distribuição horizontal da concentração do silicato e do ortofosfato no verão e da concentração do silicato, do ortofosfato e do amônio na primavera em águas de superfície e de fundo nas amostragens feitas no ano de 2012.

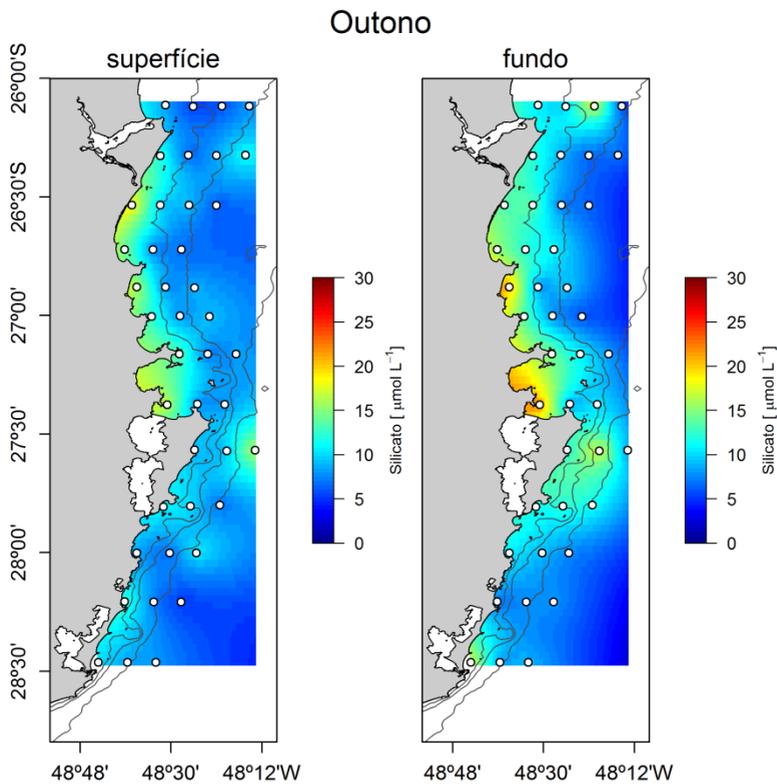


Figura A.4: Distribuição horizontal da concentração do silicato no outono em águas de superfície e fundo nas amostragens feitas no ano de 2012.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os padrões de distribuição sazonal e da estrutura das assembleias de larvas de peixe foram inventigados na região costeira do estado de Santa Catarina.

A primavera foi a estação do ano com maior abundância e diversidade de larvas. As assembleias de verão, outono e primavera foram dominadas por larvas de pequenos peixes pelágicos das famílias Engraulidae, Clupeidae e Carangidae e por larvas de peixes demersais da família Sciaenidae. No inverno, estação do ano que apresentou a menor abundância e a menor diversidade taxonômica, larvas de Sciaenidae foram as mais importantes em relação à ocorrência e à abundância.

Dentre as larvas de Clupeidae, a sardinha-verdadeira foi a espécie mais abundante. Larvas desta espécie foram encontradas na primavera, no verão e no outono, exibindo um período reprodutivo prolongado e maior do que o conhecido.

A hidrodinâmica regional apresentou uma variação sazonal, exercendo forte influência na distribuição do ictioplâncton. Os táxons mais abundantes, Engraulidae, Clupeidae, Carangidae e Sciaenidae apresentaram relação com as diferentes condições oceanográficas sazonalmente encontradas na costa catarinense, como intrusão da ACAS ao fundo no verão e na primavera, presença da AT no outono e primavera, e também a descarga continental mais intensa na região centro-norte da área de estudo.

O estado de Santa Catarina é o principal produtor brasileiro resultante da pesca extrativista marinha e os principais táxons encontrados na região costeira catarinense contribuem para esta posição de destaque. A sardinha-verdadeira (Clupeidae), a corvina e a pescada amarela (Sciaenidae) estão entre as espécies mais capturadas pela pesca no Brasil. Isso demonstra a importância da zona costeira para manutenção e o recrutamento dos estoques pesqueiros e, conseqüentemente, da própria atividade de pesca, que apresenta enorme importância econômica no estado.

O conhecimento sobre as interações entre a distribuição das larvas de peixe e os processos oceanográficos na região costeira é de extrema importância, permitindo uma melhor compreensão dos fatores que afetam o recrutamento e a dinâmica das populações de peixes.

Monitoramentos do ictioplâncton nas áreas da plataforma interna serviriam para uma melhor compreensão da variação populacional nos

gradientes de espaço e tempo, auxiliando com informações preciosas para uma gestão adequada dos recursos pesqueiros da região.

## REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

- BAKUN, A. Linking climate to population variability in marine ecosystems characterized by non-simple dynamics: Conceptual templates and schematic constructs. **Journal of Marine Systems**, v. 79, p. 361–373, 2010.
- BONECKER, A.C.T.; CASTRO, M.S. (Eds). **Atlas de larvas de peixes da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira**. Série Livros/Documents Técnicos. Rio de Janeiro: Museu Nacional, v. 19, 2006, 214 p.
- BRAGA, E.S.; NIENCHESKI, L.F.H. Composição das massas de água e seus potenciais produtivos na área entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B.; MADUREIRA, L.S. **O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil**. São Paulo: Edusp, p.161-218, 2006.
- BRODEUR, R. D.; PETERSON, W. T.; AUTH, T. D.; SOULEN, H. L.; PAMEL, M.M.; EMERSON, A.A. Abundance and diversity of coastal fish larvae as indicators of recent changes in ocean and climate conditions in the Oregon upwelling zone. **Marine Ecology Progress Series**, v. 366, p.187–202, 2008.
- CARASSOU, L.; HERNANDEZ, F.J.; POWERS, S.P.; GRAHAM, W.M. Cross-Shore, Seasonal, and Depth-Related Structure of Ichthyoplankton Assemblages in Coastal Alabama. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 141, n. 4, p.1137-1150, 2012.
- CASTRO, B.M.; LORENZZETTI, J.A.; SILVEIRA, I.C.A.; MIRANDA, L.B. Estrutura termohalina e circulação na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B.; MADUREIRA, L.S. **O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil**. São Paulo: Edusp, p.11-120, 2006.
- CERGOLE, M.C.; SACCARDO, S.A.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. Fluctuation in the spawning stock biomass and recruitment of the Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*): 1977–1997. **Brazilian Journal of Oceanography**, V. 50, p.13–26, 2002.
- CERGOLE, M.C.; DIAS NETO, J. **Plano de gestão para o uso sustentável de sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis*, no Brasil**. Brasília: MMA/IBAMA, 2011, 180p.
- CHECKLEY, D.M.; ALHEIT, J.; OZEKI, Y.; ROY, C. (Eds.) **Climate Change and Small Pelagic Fish**. Cambridge University Press, Cambridge, 2009, 1026p.

CHUTE, A.S.; TURNER, J.T. Plankton studies in Buzzards Bay, Massachusetts, USA. V. Ichthyoplankton, 1987 to 1993. **Marine Ecology Progress Series**, v. 224, p. 45-54, 2001.

COSTA, M.D.P.; SCHWINGEL, P.R.; SOUZA-CONCEIÇÃO, J.M.; SPACH, H.L. Spatio-temporal distribution of Sciaenidae larvae in a subtropical estuary (Santa Catarina, Brazil). **Brazilian Journal of Aquatic Science Technology**, v. 16, n. 2, p.51-59, 2012.

COSTA, M.D.P.; MUELBERT, J.H.; VIEIRA, J.P.; CASTELLO, J.P. Dealing with temporal variation and different life stages of whitemouth croaker *Micropogonias furnieri* (Actinopterygii, Sciaenidae) in species distribution modeling to improve essential estuarine fish habitat identification. **Hydrobiologia**, v. 762, n. 1, p.195-208, 2015.

CUSHING, D.H. Plankton production and year-class strength in fish populations: an update of the match/mismatch hypothesis. *Advances in Marine Biology*, v. 26, p.249–293, 1990.

del FAVERO, J.M.; KATSURAGAWA, M.; ZANI-TEIXEIRA, M.D.L.; TURNER, J.T. Spawning areas of *Engraulis anchoita* in the Southeastern Brazilian Bight during late-spring and early summer. **Progress in Oceanography**, v. 153, p. 37-49, 2017.

DIAS, J.F.; CLEMMESSEN, C.; UEBERSCHÄR, B.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B.; KATSURAGAWA, M. Condition of the Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) larvae in the São Sebastião inner and middle continental shelf (São Paulo, Brazil). **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 52, p.81-87, 2004.

FAHAY, M. P. Guide to the early stages of marine fishes occurring in the western North Atlantic Ocean, Cape Hatteras to the southern Scotian Shelf. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, v. 4, p. 3-423, 1983.

FRANCO-GORDO, G.; GIDÍNEZ-DOMÍNGUEZ, E.; SUÁREZ-MORALES, E.; FREIRE, J. Interannual and seasonal variability of the diversity and structure of ichthyoplankton assemblages in the central Mexican Pacific. **Fisheries Oceanography**, v. 17, p.178–190, 2008.

FUIMAN, L. A.; WERNER, R. G. (Eds). **Fishery science: the unique contributions of early life stages**. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, 2002, 340p.

GAETA, S. A.; BRANDINI, F. P. Produção primária do fitoplâncton na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: Rossi-Wongtschowski, C.L.D.B.; Madureira, L.S. **O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil**. São Paulo: Edusp, p.219-264, 2006.

GARBINI, C.N.; ZANI-TEIXEIRA, M.L.; OHKAWARA, M.H.; KATSURAGAWA, M. Distribution and abundance of Pleuronectiformes larvae off southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 62, n. 1, p.23-34, 2014.

GRAY, C.A.; MISKIEWICZ, A.G. Larval Fish Assemblages in South-east Australian Coastal Waters: Seasonal and Spatial Structure. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 50, n. 4, p.549-570, 2000.

HARRIS, S.A.; CYRUS, D.P.; BECKLEY, L.E. The larval fish assemblage in nearshore coastal waters off the St Lucia estuary, South Africa. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 49, p.789e811, 1999.

HERNÁNDEZ-MIRANDA, E.; PALMA, A.T.; OJEDA, F.P. Larval fish assemblages in nearshore coastal waters off central Chile: temporal and spatial patterns. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 56, p.1075–1092, 2003.

HSIEH, C.H.; KIM, H.J.; WATSON, W.; DI LORENZO, E.; SUGIHARA, G. Climate-driven changes in abundance and distribution of larvae of oceanic fishes in the southern California region. **Global Change Biology**, v. 15, p.2137–2152, 2009.

IBAIBARRIAGA, L.; IRIGOIEN, X.; SANTOS, M.; MOTOS, L.; FIVES, J. M.; FRANCO, C.; LAGO DE LANZO´S, A.; ACEVEDO, S.; BERNAL, M.; BEZ, N.; ELTINK, G.; FARINHA, A.; HAMMER, C.; IVERSEN, S. A.; MILLIGAN, S. P.; REID, D. G. Egg and larval distributions of seven fish species in north-east Atlantic waters. **Fisheries Oceanography**, v. 16, n. 3, p. 284-293, 2007.

JABLONSKI, S.; LEGEY, L.F.L. Quantifying environmental effects on the recruitment of Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*), 1977–1993. **Scientia Marina**, v. 68, p.385–398, 2004.

KATSURAGAWA, M.; MATSUURA, Y.; SUZUKI, K.; DIAS, J.F.; SPACH, H.L. O ictioplâncton ao largo de Ubatuba, SP: composição, distribuição e ocorrência sazonal (1985 - 1988). **Publicação Especial do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, v. 10, p.85-121, 1993.

KATSURAGAWA, M.; MUELBERT, J.H.; DIAS, J.F. O ictioplâncton na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.B.; MADUREIRA, L.S.P. (eds). **O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região Sudeste-Sul do Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, p. 359-446, 2006.

KATSURAGAWA, M.; DIAS, J. F.; HARARI, J.; NAMIKI, C.; ZANI-TEIXEIRA, M. L. Patterns in larval fish assemblages under the influence of the Brazil current. **Continental Shelf Research**, São Paulo, v. 28, n. 5, p.103-117, 2014.

LASKER, R. Field criteria for survival of anchovy larvae: The relation between inshore chlorophyll maximum layers and successful first feeding. *Fisheries Bulletin*, v. 73, p.453-462, 1975.

LOPES, R.M., KATSURAGAWA, M., DIAS, J.F., MONTÙ, M.A., MUELBERT, J.H., GORRI, C., BRANDINI, F.P. Zooplankton and ichthyoplankton distribution on the southern Brazilian shelf: an overview. **Scientia Marina**, v. 70, n. 2, p.189-202, 2006.

MACEDO-SOARES, L.C.P.; GARCIA, C.A.E.; FREIRE, A.S.; MUELBERT, J.H. Large-Scale Ichthyoplankton and Water Mass Distribution along the South Brazil Shelf. *PLoS ONE*, v. 9, n. 3, p.e91241, 2014.

MAFALDA JR., P.O.; SINQUE, C.; MUELBERT, J.H.; SOUZA, C.S. Distribuição e abundância do ictioplâncton na costa norte da Bahia, Brasil. **Tropical Oceanography**, v. 32, n. 1, p. 69-88, 2004.

MAFALDA JR., P.O.; CARDOSO, A.T.C.; SOUZA, C.S. The influence of oceanographic conditions on the spatial and temporal patterns of Pleuronectiforms larvae (Teleostei) in the equatorial Atlantic Ocean. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 64, n. 2, p. 173-184, 2016.

MATSUURA, Y. A study of the life history of Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis*: Development of sardine larvae. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 24, p.17-29, 1975.

MATSUURA, Y.; SPACH, H.L.; KATSURAGAWA, M. Comparison of spawning patterns of the Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) and anchoita (*Engraulis anchoita*) in Ubatuba region, southern Brazil during 1985 through 1988. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 40, p.101-115, 1992.

MATSUURA, Y. A probable cause of recruitment failure of the Brazilian sardine *Sardinella aurita* population during the 1974/75 spawning season. **South African Journal of Marine Science**, v. 17, n. 1, p.29-35, 1996.

MATSUURA, Yasunobu. Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) spawning in the southeast Brazilian Bight over the period 1976-1993. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 46, n. 1, p.33-43, 1998.

MENGE, B.A.; OLSON, A.M. Role of Scale and Environmental Factors in Regulation of Community Structure. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 5, p.52-57, 1990.

MÖLLER JR, O.O.; PIOLA, A.R.; FREITAS, A.N.; CAMPOS, E.J.D. The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America. **Continental Shelf Research**, v. 28, n. 13, p.1607-1624, 2008.

MOSER, H.G. (Editor). **The early stages of fishes in the California Current region**. CalCOFI Atlas, v. 33, 1996, 1504p.

MPA. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura de 2011**. Secretaria de Monitoramento e Controle do Ministério da Pesca e Aquicultura, 2013, 60p.

MUHLING, B.A., BECKLEY, L.E.; KOSLOW, J.A.; PEARCE, A.F. Larval fish assemblages and water mass structure off the oligotrophic south- western Australian coast. **Fisheries Oceanography**, v. 17, p.16-31, 2008.

NAMIKI, C.; KATSURAGAWA, M.; NAPOLITANO, D.C.; ZANI-TEIXEIRA, M.L.; MATTOS, R.A.; SILVEIRA, I.C.A. Hydrodynamically-driven distribution of lanternfish larvae in the Southeast Brazilian Bight. **Journal of Marine Systems**, v. 170, p.115-133, 2017.

NAVARRO-RODRIGUEZ, M.C.; GUEVARA, L.F.G.; FLORES-VARGAS, R.; RUELAS, M.E.G.; GONZÁLEZ, F.M.C. Composición y variabilidad del ictioplancton de la laguna El Quelele, Nayarit, México. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v. 41, n. 1, p. 35- 43, 2006.

NONAKA, R. H., MATSUURA, Y, SUZUKI, K. Seasonal variation in larval fish assemblages in relation to oceanographic conditions in the Abrolhos Bank region off eastern Brazil. **Fishery Bulletin**, v. 98, p. 767-784, 2000.

PATTRICK, P.; STRYDOM, N. A. Larval fish variability in response to oceanographic features in a nearshore nursery area. **Journal of Fish Biology**, v. 85, n. 3, p.857-881, 2014.

PORCARO, R.R.; ZANI-TEIXEIRA, M.L.; KATSURAGAWA, M.; NAMIKI, C.; OHKAWARA, M.H.; del FAVERO, J.M. Spatial and Temporal Distribution Patterns of Larval Sciaenids in the Estuarine System and Adjacent Continental

Shelf off Santos, Southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v.62, n.2, p.149-164, 2014.

RÉ, Pedro; AZEITEIRO, Ulisses; MORGADO, Fernando. **Ecologia do plâncton marinho e estuarino**. Edições Afrontamento, 2005, 144p.

RICHARDS, W.J. **Early stages of Atlantic fishes**. An identification guide for the Western Central North Atlantic. CRC Press, Boca Raton, Florida, 2005, 2672p.

SANVICENTE-AÑORVE, L.; FLORES-COTO, C.; SÁNCHEZ-VELASCO, L. Spatial and seasonal patterns of larval fish assemblages in the southern Gulf of Mexico. **Bulletin of Marine Science**, v. 62, n. 1, p.17-30, 1998.

SASSA, C.; HIROTA, Y. Seasonal occurrence of mesopelagic fish larvae on the onshore side of the Kuroshio off southern Japan. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 81, p.49-61, 2013.

SCHETTINI, C.A.F.; RESGALLA JR, C.; PEREIRA FILHO, J.; SILVA, M.A.C.; TRUCCOLO, E. C.; RÖRIG, L.R. Variabilidade temporal das características oceanográficas e ecológicas da região de influência fluvial do rio Itajaí-Açu. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 9, p.93-102, 2005.

SHERMAN, K.W.; SIMTH, W; MORSE, W.; BERMAN, M.; GREEN, J.; EJSYMONT, L. Spawning strategies of fishes in relation to circulation, phytoplankton production, and pulses in zooplankton off the northeastern United States. *Marine Ecology Progress Series*, v. 18, p.1–19, 1984.

SILVEIRA, I.C.A.; SCHMIDT, A.C.K.; CAMPOS, E.J.D.; GODOI, S.S.; IKEDA, Y. A Corrente do Brasil ao Largo da Costa Leste Brasileira. *Revista Brasileira de Oceanografia*, v. 48, p. 171–183, 2000.

SPONAUGLE, S.; COWEN, R.K.; SHANKS, A.; MORGAN, S.G.; LEIS, J.M.; PINEDA, J.; BOEHLERT, G.W.; KINGSFORD, M.J.; LINDEMAN, K.C.; GRIMES, C.; MUNRO, J.L. Predicting self-recruitment in marine populations: biophysical correlates and mechanisms. **Bulletin of Marine Science**, v. 70, p.341e375, 2002.

STRICKLAND, J.D.; PARSONS, T.R. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada Bulletin, 2<sup>nd</sup> edition, 1972, 311p.

VELLEND, M. Conceptual synthesis in community ecology. **The Quarterly Review of Biology**, v. 85, p.183–206, 2010.