LEANDRO FERNANDES PATRÍCIO

Dinâmica da reprodução da sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) no Sudeste-Sul do Brasil

São Paulo

2021

LEANDRO FERNANDES PATRÍCIO

Dinâmica da reprodução da sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) no Sudeste-Sul do Brasil

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Oceanografia, área de Oceanografia Biológica.

Orientadora: Profa. Dra. June Ferraz Dias

São Paulo

2021

PATRÍCIO, Leandro Fernandes. **Dinâmica da reprodução da sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) no Sudeste-Sul do Brasil.** Dissertação (Mestrado) apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Oceanografia, área de Oceanografia Biológica.

Aprovado em: 29 / 07 / 2021.

Versão corrigida

Banca examinadora

Profa. Dra.: June Ferraz Dias Instituição: IO-USP

Julgamento: APROVADO Assinatura

Prof. Dr. Luis Gustavo Cardoso Instituição FURG

Julgamento APROVADO Assinatura

Prof. Dr. Luis Fernando Fávaro Instituição UFPR

Julgamento APROVADO Assinatura

AGRADECIMENTOS

À família mais próxima, primeiramente, Patrício, Vilma e Paula. Sem apoio (de todos os tipos possíveis) dos meus pais e irmã, não teria chegado nem a São Paulo.

À USP por ter concedido condições à realização de um estudo com grande profundidade

Ao Instituto Oceanográfico da USP, pelas instalações, docentes, disciplinas, discentes, técnicos, e servidores em geral, por fornecerem um ambiente ideal para a produção científica

À orientadora Profa. Dra. June Ferraz Dias, por todo conhecimento transmitido, paciência e exemplo de excelência profissional.

Ao Projeto SARDINHA: Apoio técnico-científico ao plano de gestão para o uso sustentável da sardinha-verdadeira no sudeste do Brasil, por ter confiado a mim a missão de atualizar as informações da dinâmica reprodutiva da sardinha-verdadeira, além de ter fornecido as ferramentas necessárias à execução deste documento.

Ao Dr. Paulo Ricardo Schwingel, representante do Projeto SARDINHA, por ter confiado em mim como profissional para trabalhar com os dados coletados com tanto esforço.

Aos trabalhadores do projeto SARDINHA, principalmente Geysa, Otávio, Raquel e Hamilton, que me receberam em seus respectivos trabalhos, me auxiliando sempre que podiam e por discutirem os dados comigo sobre a pesca da sardinha-verdadeira.

À FIPERJ e laboratório Ecossistemas Aquáticos e Pesqueiros da UNIVALI, por ter me recebido em seus laboratórios e me ensinado mais sobre a pesca da sardinha-verdadeira

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Número do Processo: 88882.330953/2019-01

Ao FUNBIO - Fundo Brasileiro para a Biodiversidade, pela bolsa de estudos que me foi dada.

Ao laboratório ECORREP com seus integrantes, que estavam sempre dispostos a ajudar na conservação dos peixes (e animais marinhos em geral). Giovanna, Thamiris, Renata, Leire, Francesco, Natasha e Camila, muito obrigado.

À especialista em laboratório Helcy Lylian Nogueira Silbiger. A pessoa que me ensinou as técnicas histológicas, parte indispensável do meu trabalho.

Ao laboratório do lado, Laboratório de Biologia e Ecologia do Ictioplâncton Marinho - LABIEM, e seus integrantes. O relaxamento nas horas do café e as discussões científicas ictíicas

foram de grande importância para meu desenvolvimento científico-intelectual. Aqui cito alguns nomes como Jabu, Lourdes, Professor Mario Katsuragawa e outros.

Ao laboratório do outro lado, Laboratório de Biogeoquímica Marinha - LABMAR, principalmente pelos integrantes Pamonha e Boça, que foram ótimos amigos e incríveis oceanógrafos com quem tive a sorte de conviver.

Aos moradores de todas as casas que eu morei nesta época, os quais também foram amigos indispensáveis nas horas de lamento e diversão: Mega, Fabrício, Gui e Erik.

A jade, a minha pixurebinha.

Aos demais amigos, por terem me aturado quando eu precisava de atenção e me afagado quando eu precisava de carinho. Afinal, amigos são a família que escolhemos. Muitos poderiam entrar aqui, mas me restringirei ao Lucas e Lili, Debora, Mariana Lobato, Estalone, Virgínia, Rod e a galera do VM.

À Alexandra Elbakyan, fundadora da plataforma Sci-Hub. Conhecimento deve ser aberto a todos.

Aos funcionários da secretaria de pós-graduação, Ana Paula, Letícia e Daniel pela ajuda e serviços prestados.

Aos trabalhadores do IO-USP, como técnicos de laboratório, professores, à todos da biblioteca, informática, secretarias, limpeza e diretoria. São estes que contribuem para a infraestrutura do IO funcionar.

A todos, meu muito obrigado. Esse trabalho só foi viável devido a contribuição de cada um dos profissionais citados acima.

RESUMO

PATRÍCIO, Leandro Fernandes. **Dinâmica da reprodução da sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) no Sudeste-Sul do Brasil.** 2021. 215 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 2021.

Os peixes conhecidos como pequenos pelágicos são os mais capturados pelas frotas pesqueiras no mundo, e o principal representante brasileiro é a *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879). Sua maior captura ocorreu em 1973 e desde então vem diminuindo. A dinâmica reprodutiva de uma espécie é importante para conhecer a capacidade de reposição e recrutamento dos estoques. Como parte do Projeto SARDINHA, o objetivo do presente estudo foi avaliar a dinâmica reprodutiva da sardinha-verdadeira na plataforma Sudeste-Sul do Brasil. Com 6672 sardinhas amostradas nos portos do Rio de Janeiro e Santa Catarina e Rio Grande do Sul, entre os anos de 2015 e 2019, foram analisados a biometria, estádios de maturidade e suas variações temporais. O comprimento total médio e desvio-padrão foi 21,47 $\pm$ 2,3 cm, incluindo o maior espécime já reportado, com 34,2 cm. Foram avaliadas as variações da relação peso X comprimento, fator de condição, coeficiente alométrico, proporções sexuais, frequência dos estádios de maturidade e relação gonadossomática. O período reprodutivo ocorreu de setembro a abril/maio e o recrutamento de maio a agosto. Os valores do comprimento de primeira maturação gonadal (L_{50}) com maior coeficiente de determinação variaram entre 15,24 a 19,59 cm. Através da histologia de 346 gônadas (216 ovários e 130 testículos), foram descritos a ovogênese (7 fases), e o desenvolvimento ovariano e testicular (5 estádios e 1 subestádio). A sardinha-verdadeira possui desenvolvimento ovariano assincrônico e desova parcelada, comprovados pela presença de folículos pós-ovulatórios recentes e ovócitos vitelogênicos e hidratados em mesmos indivíduos. Os testículos são tubulares e a espermatogênese semicística. Foram estimadas a relação do diâmetro dos ovócitos em cada estádio de desenvolvimento, sua frequência e o diâmetro médio de recrutamento dos ovócitos avitelogênicos. O processo de absorção dos folículos pós-ovulatórios foi classificado em 2 estádios e 3 subestádios. Os resultados das avaliações macroscópicas dos sexos e estádios de maturidade foram comparados com as microscópicas, havendo concordância de 87% dos sexos estimados e 33% dos estádios de maturidade. O L_{50} foi refeito a partir das análises microscópicas e os melhores valores variaram entre 16,2 e 20 cm. Este estudo apresenta a primeira descrição do ciclo de amadurecimento testicular e o registro da ocorrência de coccidiose por *Eimeria* em gônadas de *Sardinella brasiliensis*, com prevalência de 43 % e intensidade média de infecção de 1,23 nos

testículos. Apenas 2% dos testículos estavam infectados severamente. Inferiu-se que a fecundidade não foi afetada pelo parasitismo. A fecundidade estequiométrica do lote de ovócitos maduros foi 25 mil ovócitos/fêmea. Os locais de desova no Rio de Janeiro foram identificados através dos indivíduos em estádio “desova iminente”. Levantou-se a hipótese de que há um "estoque velho", com "poucos" indivíduos, maiores, mais pesados e velhos, que vivem mais distante da costa, diferente do "estoque jovem", com indivíduos menores, que é explotado atualmente pelas traineiras. A pesca constante dos indivíduos do “estoque jovem” poderia permitir o aparecimento de indivíduos cada vez maiores e com o período reprodutivo mais extenso. Para confirmar essa hipótese são necessários os resultados de idade dessas sardinhas.

Palavras-chave: Sardinha-verdadeira. Gônada. Fecundidade. Parasitismo. Coccidiose.

ABSTRACT

PATRÍCIO, Leandro Fernandes. **Reproduction dynamics of *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) on Southeastern-South of Brazil.** 2021. 215 p. Thesis (Masters) Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 2021.

Fish known as small pelagics are the most caught by fishing fleets in the world. In Brazil, its main representative is *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879). Its biggest capture occurred in 1973 and since then it has been decreasing. The study of the reproductive dynamics of a species is important to know the capacity for replacement and recruitment. As part of the SARDINHA Project, the objective of the present study was to evaluate the reproductive dynamics of the *Sardinella brasiliensis* in the Southeast-South platform of Brazil. With 6672 sardines sampled in the ports of Rio de Janeiro and Santa Catarina and Rio Grande do Sul, between 2015 and 2019, biometrics, maturity stages and their temporal variations were analyzed. The average total length and standard deviation was 21,47 $\pm$ 2,3 cm, including the largest specimen ever reported (34,2 cm). Variations in the weight-length ratio, condition factor, allometric coefficient, sexual proportions, frequency of maturity stages and gonadosomatic relationship were evaluated. The reproductive period occurred from September to April / May and the recruitment from May to August. The values for the mean sexual maturation length (L_{50}) with bigger determination coefficient ranged from 15,24 to 19,59 cm. Through the histology of 346 gonads (216 ovaries and 130 testicles), oogenesis (7 phases), ovarian and testicular development (5 stages and 1 substation) were described. The sardine has batch spawn, with asynchronous ovarian and oocyte development, confirmed by the presence of recent post-ovulatory follicles and vitellogenic and hydrated oocytes in the same individuals. The testicles were classified tubular and semicystic spermatogenesis. The ratio of the oocyte diameter at each stage of development and its frequency, in addition to the average recruitment diameter of avitelogenic oocytes were estimated. The post-ovulatory follicle absorption process was classified into 2 stages and 3 sub-stages. The results of the macroscopic evaluations of the sexes and stages of maturity were compared with the microscopic ones, with agreement of 87% of the estimated sexes and 33% of the stages of maturity. The L_{50} was remade from microscopic analysis and the bests values ranged from 16,2 to 20 cm. This study were the first to describe the testicular cycle and to register the occurrence of *Eimeira* coccidiosis in gonads of *Sardinella brasiliensis*, with a prevalence of 43% and an average infection intensity of 1,23 in the testicles.

Only 2% of the testicles were severely infected. It was inferred that fertility was not affected by parasitism. Batch fecundity was calculated using stereometric method in 25 000 oocytes/female. The spawning sites in Rio de Janeiro were identified through individuals in the “imminent spawning” stage. We raised a hypothesis that there is an "old stock", with "few" individuals, bigger, heavier and older, who live farther from the coast, different from the "young stock", with smaller individuals, which is currently exploited by trawlers. The constant fishing of individuals from the “young stock” could allow the appearance of larger and larger individuals with a longer reproductive period. To confirm this hypothesis, the age results of these sardines are necessary.

Keywords: Brazilian sardine. Gonads. Fecundity. Parasitism. Coccidiosis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-1 Exemplar adulto de sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis*. Fonte: Alfredo Carvalho Filho, Fishbase (2021). 28
Figura 1-2 Esquema simples da pesca de cerco. Imagem 1: o barco auxiliar começa a cercar o cardume. Imagem 2: o barco auxiliar circunda o cardume, "fechando a rede" como uma bolsa (por isso o nome em inglês purse), aprisionando os peixes. Imagem 3: o fechamento da rede para finalização da pesca. Fonte: Transportation Safety Board of Canada. 29
Figura 1-3 Representação histológica dos estádios de desenvolvimento testicular de teleósteos, com base nas mudanças do epitélio germinativo. DSG=divisão da espermatogônias; L=lúmen; SP= esperma; SC= espermatócito; SG= espermatogônias; ST= espermátide; SE= célula de Sertoli. Estádio imaturo/regredido: somente há espermatogônias associadas às células de Sertoli, e o epitélio germinativo é contínuo. Estádio em maturação: a espermatogênese se iniciou, mas o epitélio germinativo ainda está contínuo. Começam a aparecer espermatócitos, espermátides e espermatozoides em cistos. Estádio maduro: o epitélio começa a ficar descontínuo, enquanto a parte contínua é observada na periferia dos lóbulos. Aumenta a quantidade de espermátides e espermatozoides, e diminui a quantidade de espermatogônias e células de Sertoli. Estádio desova iminente: o epitélio chega a ficar descontínuo até a borda do lóbulo (seta), com aspecto anastomosado. Espermatogônias são somente observadas nas bordas dos lóbulos (*), enquanto dominam os espermatozoides. Estádio regeneração: uma nova população de espermatogônias começa a se instalar nas bordas dos lóbulos, junto com células de Sertoli. Adaptado de Grier (2002). 34
Figura 1-4 Ilustração da maturação do ovócito em peixes marinhos. Adaptado de Costa (2015). 38
Figura 2-1. Área de estudo: Costa Sudeste-Sul do Brasil, entre os municípios de Cabo Frio (RJ, 22°S) e Laguna (SC, 28°S). 48
Figura 2-2 Ressurgência costeira. Imagem 1: Representação esquemática do processo de ressurgência costeira para o hemisfério sul. Fonte: Couto (2014). Imagem 2: Temperatura média da superfície da água do mar entre dezembro de 2018 e janeiro de 2019. Esta figura mostra a ressurgência costeira no estado do Rio de Janeiro causada pelo afloramento da massa d'água ACAS nos meses de verão. A escala está em °C /10. Mapa gerado com sistema de informações NASA Giovanni (ACKER; LEPTOUKH, 2019). 49
Figura 2-3 Processo de obtenção de dados. Imagem 1: Descarregamento de peixes no porto em Niterói-RJ. Imagem 2: Gônadas fixadas e armazenadas em frascos devidamente identificados. Imagem 3: Início do processamento histológico realizado no laboratório ECORREP, em São Paulo. 50
Figura 2-4 Exemplo da utilização do plugin ObjectJ no programa ImageJ para cálculo do número de ovócitos e sua área parcial no corte histológico. Na imagem histológica original, foi colocado o número da lâmina (número 3388 no canto superior esquerdo), a escala (200 µm no canto inferior direito) e a grade de Weibel. A grade

é constituída por 135 barras, cujas extremidades representam os pontos de teste (n=270). O termo Na foi calculado dividindo o número de ovócitos em Vtg3 pela área da grade (3), ou seja, $Na = 12/0.025 = 480\ ovócitos/cm^2$. O termo Vi foi calculado dividindo o número de pontos que estão dentro dos ovócitos Vtg3 (1) pelo número total de pontos reduzido de pontos desconsiderados (2), ou seja, $Vi = 142/(270 - 37) = 0{,}609$. Nenhum ovócito que atravessa as linhas vermelhas inferior e esquerda foi considerado.....62
Figura 3-1 Logaritmo do peso total pelo logaritmo do comprimento total. Imagem 1: cálculo para fêmeas. Imagem 2: cálculo para machos. Imagem 3:cálculo para ambos os sexos. Esta análise considerou espécimes amostrados no Rio de Janeiro e em Santa Catarina para o período como um todo (2015-2019).....69
Figura 3-2 Valores médios com desvio-padrão dos valores de fator de condição (K), para *S. brasiliensis*. Imagem 1: análise mensal, para ambos os sexos, de espécimes capturados entre 2016-2019 no Rio de Janeiro (RJ). Imagem 2: análise mensal, para ambos os sexos, de espécimes capturados entre 2015-2018 em Santa Catarina. Imagem 3: análise para cada sexo de espécimes capturados em 2018 no Rio do Sul. Imagem 4: análise mensal, para ambos os sexos, de espécimes capturados entre 2015-2019 nos três estados. Abaixo do gráfico, uma caixa cinza contendo os valores do número de indivíduos considerados para cada sexo. 70
Figura 3-3 Classes de comprimento total pelo padrão (classes de comprimento divididas a cada centímetro). Imagem 1: cálculo para fêmeas. Imagem 2: cálculo para machos. Imagem 3: cálculo para ambos os sexos. Esta análise considerou espécimes amostrados pela FIPERJ (RJ) para o período como um todo (2016-2019). Dentro de cada gráfico, observa-se informações como o r^2 da reta ajustada, além do número de indivíduos considerados (N). Sobre o título do gráfico, a equação de reta gerada. 70
Figura 3-4 Proporções sexuais (PS) da sardinha-verdadeira capturada no Rio de Janeiro, em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul, entre os anos de 2015-2019. Imagem 1: PS mensal. Imagem 2: PS para cada estádio de maturidade classificado macroscopicamente. Imagem 3: PS para as classes de comprimento (a cada cm). Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza contendo os valores do número de indivíduos considerados (N). 72
Figura 3-5 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal classificados macroscopicamente, considerando o número total de indivíduos como o número total. Foram usados espécimes coletados em todos os anos (2015-2019), nos dois locais de coleta (RJ+SC) para ambos os sexos. Na legenda, a quantidade de indivíduos em cada estádio de maturidade, assim como a sua somatória (N total) 74
Figura 3-6 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal classificados macroscopicamente, considerando o número de indivíduos em cada estádio de maturidade como o número total. Foram usados espécimes coletados em todos os anos (2015-2019), nos dois locais de coleta (RJ+SC) para ambos os sexos. Na legenda, a quantidade de indivíduos em cada estádio de maturidade.....74
Figura 3-7 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal classificados macroscopicamente, considerando o número de indivíduos em cada mês como o número total. Foram usados espécimes coletados em todos os anos (2015-2019),

nos dois locais de coleta (RJ+SC) para ambos os sexos. Na caixa cinza abaixo do gráfico, o número de indivíduos considerados em cada mês (N). 75
Figura 3-8 Variação temporal da relação gonadossomática (RGS) da sardinha-verdadeira, considerando ambos os sexos. Imagem 1: Espécimes capturados no Rio de Janeiro entre os anos de 2016 e 2019. Imagem 2: Espécimes capturados em Santa Catarina entre os anos de 2015 e 2018. Imagem 3: Espécimes capturados no Rio Grande do Sul no ano de 2018. Imagem 4: Espécimes capturados em todos os locais entre os anos de 2015 e 2019. Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza com os valores de indivíduos considerados em cada mês (N mês). 76
Figura 3-9 Imagens histológicas de cortes de testículos de *Sardinella brasiliensis*. Imagem 1: exemplo de anastomose do túbulo espermático, evidenciando o epitélio germinativo contínuo (EC) e o epitélio germinativo descontínuo (ED). Imagem 2: exemplo de espermatogênese semicística (círculo). Há cistos de espermatócitos (SC) no compartimento luminal, além de espermátides (ST) e espermatozoides (SZ) juntos na luz tubular. É possível observar cistos de espermatogônias (SG) na periferia do túbulo espermático. TI= tecido intersticial. TE=túbulo espermático (círculo). Coloração H&E. 79
Figura 3-10 Estádios de maturidade gonadal de machos de *Sardinella brasiliensis* amostrados entre 2015 e 2019 nos estados de Rio de Janeiro e Santa Catarina. As linhas representam preparações permanentes com cortes de testículos no mesmo estádio de maturidade. A= Imaturo. Espermatogônias isoladas no epitélio germinativo, envoltas por células de Sertoli. Lúmen tubular quase imperceptível. Epitélio germinativo contínuo. B= Em maturação. Espermatocistos em diferentes estádios da espermatogênese. Epitélio germinativo contínuo por toda extensão dos túbulos seminíferos. C= Capaz de ejaculação. Abertura dos espermatocistos liberando predominantemente espermatozoides para o lúmen dos túbulos seminíferos, que se encontram dilatados. Epitélio germinativo começa a se tornar descontínuo. Início do espessamento do tecido intersticial. D= Ejaculação iminente. Túbulos seminíferos anastomosados desde a periferia até a região do ducto testicular. Epitélio germinativo descontínuo. Túbulos repletos de espermatozoides. Espessamento do tecido intersticial. E= Regressão. Espermatozoides residuais nos túbulos seminíferos parcialmente abertos. Espermatocistos contendo espermátides não liberadas. Epitélio germinativo descontínuo. F= Regeneração. Espermatogônias em proliferação envoltas pelas células de Sertoli (círculo). Poucos espermatozoides residuais. Túbulos seminíferos não bem diferenciados. Epitélio germinativo contínuo. VS= Vaso sanguíneo; SG= espermatogônias; SC= espermatócitos; ST= espermátide; SZ= espermatozoide; CA= capa albugínea; MP= microparasito; TI= tecido intersticial; EC= epitélio contínuo; ED= epitélio descontínuo; SE= células de Sertoli; SZr= espermatozoides residuais; TS= túbulo seminífero; DT= ducto testicular; C= espermatocistos/cistos; EL= espaço interlobular. Coloração H&E. 82
Figura 3-11 Corte de ovário de *Sardinella brasiliensis* destacando as camadas externas ao ovócito. G= célula da granulosa; T= célula da teca; R= zona radiata. À direita, a escala da imagem (20 µm). Coloração H&E. 83
Figura 3-12 Fases do desenvolvimento ovocitário de *Sardinella brasiliensis*, a partir da observação das preparações permanentes dos cortes dos ovários. A seta indica o sentido de crescimento das células. No canto superior direito, a escala das imagens

(200 µm). PG= Crescimento primário, AC= Alvéolo cortical, Vtg1= Vitelogênico primário, Vtg2= Vitelogênico secundário, Vtg3= Vitelogênico terciário, MN= Migração nuclear, HID= Ovócito hidratado, POF= Folículo pós-ovulatório. Coloração H&E. 83
Figura 3-13 Estádios de maturidade gonadal das fêmeas de *Sardinella brasiliensis* amostradas entre 2015 e 2019 nos estados de Rio de Janeiro e Santa Catarina. As linhas representam preparações permanentes com cortes de ovários no mesmo estádio de maturidade. A: imaturo. Há somente ovócitos PG organizados. B: em maturação. Início da vitelogênese, na qual podem ser encontrados ovócitos até Vtg2. A presença de ovócitos organizados, indicam de que ainda não ocorreu desova. C: capaz de desova. Podem ser observados ovócitos até Vtg3. D: desova iminente. Estádio efêmero (<24h), no qual podem ser observados ovócitos MN e também hidratados. E: regressão. São observados POFs, indicativo que a desova já ocorreu. O tempo decorrido da desova é estimado pelo nível de degradação/absorção dos POFs. Na foto 9, podem ser observados ovócitos residuais em estádio de hidratação, que seriam absorvidos. Na foto 10, POFs recentes, sem sinais de degradação, indicando que a desova foi recente (<24h). F: regeneração. Há somente ovócitos em PG. Apesar de semelhante com o estádio imaturo, diferencia-se deste pela maior desorganização dos ovócitos. TC= tecido conjuntivo; PG=ovócito em estádio de crescimento primário; AC= ovócito em estádio de alvéolo cortical; VS= vaso sanguíneo; Vtg1 2 3= ovócito em estádio vitelogênico primário, secundário e terciário, respectivamente; MN= ovócito em estádio de migração nuclear; HID= ovócito em estádio de hidratação; POF= folículo pós-ovulatório; N= núcleo; NC; nucléolo; CA= capa albugínea. Escalas no canto inferior direito de cada imagem. Coloração H&E. 87
Figura 3-14 Relação entre o diâmetro do ovócito e dos estádios de desenvolvimento ovocitário. PG: desenvolvimento primário; AC: alvéolo cortical; Vtg1: vitelogênese primária; Vtg2: vitelogênese secundária; Vtg3: vitelogênese terciária. Na caixa cinza abaixo do gráfico, o número de células consideradas em cada estádios de desenvolvimento. Dentro do gráfico, a equação da reta gerada e seu coeficiente de determinação (r^2). 87
Figura 3-15 Frequência do tamanho dos ovócitos em cada fase de desenvolvimento ovocitário. Acima do máximo de cada curva, o estádio de maturidade das células. PG: desenvolvimento primário; AC: alvéolo cortical; Vtg1: vitelogênese primária; Vtg2: vitelogênese secundária; Vtg3: vitelogênese terciária.....88
Figura 3-16 Diâmetro médio do recrutamento de ovócitos avitelogênicos para a fase vitelogênica. Dentro do gráfico, o valor do diâmetro médio, 103,4 micrômetros. Os ovócitos foram divididos em classes de diâmetro de 40 micrômetros. 88
Figura 3-17 Preparações permanentes com cortes de ovários de *Sardinella brasiliensis*, evidenciando folículos pós-ovulatórios (POF). 1- POF recente, sem sinais de absorção/degradação. Observa-se claramente a abertura por onde o ovócito foi expelido. 2- POF recente, sem sinais de absorção/degradação. As setas indicam as células da camada granulosa com aspecto picnótico, com seus núcleos migrando para o centro do lúmen. 3- Absorção/degradação inicial do POF. Percebe-se compactação do folículo, diminuição do lúmen e desorganização celular. Não é mais possível observar a abertura da granulosa por onde o ovócito teria sido liberado. 4- Absorção/degradação avançada do POF. Tamanho e lúmen

extremamente reduzidos. 5- Estágio beta da absorção do POF. Aqui, o folículo está bem menor e não se observa mais o lúmen. Este estádio é facilmente confundido com atresias pela sua similaridade. Coloração H&E.....90
Figura 3-18 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal classificados microscopicamente, considerando o número total de indivíduos como o número total. Foram usados espécimes coletados em todos os anos (2015-2019), nos dois locais de coleta (RJ+SC) e ambos os sexos. Na legenda, a quantidade de indivíduos em cada estádio de maturidade, assim como a sua somatória (N total). 94
Figura 3-19 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal classificados microscopicamente, considerando o número de indivíduos em cada estádio de maturidade como o número total. Foram usados espécimes coletados em todos os anos (2015-2019), nos dois locais de coleta (RJ+SC) e ambos os sexos. Na legenda, o número de indivíduos em cada estádios de maturidade. 95
Figura 3-20 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal classificados microscopicamente, considerando o número de indivíduos em cada mês como o número total. Foram usados espécimes coletados em todos os anos (2015-2019), nos dois locais de coleta (RJ+SC) e ambos os sexos. Na caixa cinza abaixo do gráfico, o número de indivíduos considerados em cada mês.....95
Figura 3-21 Relação entre o número de ovócitos em desenvolvimento avançado (ODA) e o peso do ovário (g). Índice de intervalo de confiança (95%) (…..) e índice de intervalo de predição (95%) (---). Dentro do gráfico, o número de fêmeas analisadas (n), o valor da correlação de Spearman (rs) e o p-valor estimado.....97
Figura 3-22 Relação entre o número de ovócitos em desenvolvimento avançado (ODA) e o comprimento das fêmeas (cm). Índice de intervalo de confiança (95%) (…..) e Índice de intervalo de predição (95%) (---). Dentro do gráfico, o número de fêmeas analisadas (n), o valor da correlação de Spearman (rs) e o p-valor estimado. 98
Figura 3-23 Relação entre o número de ovócitos em desenvolvimento avançado (ODA) e o peso total das fêmeas(g). Índice de intervalo de confiança (95%) (…..) e Índice de intervalo de predição (95%) (---). Dentro do gráfico, o número de fêmeas analisadas (n), o valor da correlação de Spearman (rs) e o p-valor estimado.....98
Figura 3-24 Locais de desova da sardinha-verdadeira no período de 2016-2019. Esses locais foram baseados na verificação histológica de desova iminente ou desova recente. 99
Figura 3-25 Imagens de seções histológicas de amostras de gônadas de *Sardinella brasiliensis* com ênfase nos oocistos de Eimeria. Imagens 1 e 2: testículo com alta intensidade de infecção. Imagens 2 e 4: testículo com severa intensidade de infecção. Na imagem 4, percebe-se que os oocistos estão ocupando o compartimento tubular dos túbulos seminíferos, em cujas paredes deveriam estar as células germinativas, além das células de Sertoli. A ausência dessas células sugere castração. Imagem 5: ovário com baixa infecção pelo coccídio Eimeria. Imagem 6: testículo com baixa intensidade de infecção. Presença de oocisto esporulado em testículo em atividade espermatogênica. MP- Microparasitos; PG- ovócitos primários; TS- túbulo seminífero. Coloração H&E. 100
Figura 7-1 Frequência mensais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima das colunas de gráficos, siglas indicando o sexo fêmea (F), local Rio de Janeiro (RJ) e o ano (2016-2019) das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico encontram-

se informações como o mês de amostragem e o número de indivíduos considerados (N). 158
Figura 7-2 Frequência mensais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima das colunas de gráficos, siglas indicando o sexo macho (M), local Rio de Janeiro (RJ) e o ano (2016-2019) das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico encontram-se informações como o mês de amostragem e o número de indivíduos considerados (N). 159
Figura 7-3 Frequência mensais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima das colunas de gráficos, siglas indicando ambos sexos fêmea e macho (F+M), local Rio de Janeiro (RJ) e o ano (2016-2019) das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico encontram-se informações como o mês de amostragem e o número de indivíduos considerados (N). 160
Figura 7-4 Frequência mensais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima das colunas de gráficos, siglas indicando o sexo fêmea (F), local Santa Catarina (SC) e o ano (2015-2018) das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico encontram-se informações como o mês de amostragem e o número de indivíduos considerados (N). 161
Figura 7-5 Frequência mensais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima das colunas de gráficos, siglas indicando o sexo macho (M), local Santa Catarina (SC) e o ano (2015-2018) das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico encontram-se informações como o mês de amostragem e o número de indivíduos considerados (N). 162
Figura 7-6 Frequência mensais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima das colunas de gráficos, siglas indicando ambos sexos fêmea e macho (F+M), local Santa Catarina (SC) e o ano (2015-2018) das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico encontram-se informações como o mês de amostragem e o número de indivíduos considerados (N). 163
Figura 7-7 Frequência mensais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima das colunas de gráficos, siglas indicando o sexo fêmea (F), local Rio de Janeiro e Santa Catarina (RJ+SC) e o ano (2015-2019) das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico encontram-se informações como o mês de amostragem e o número de indivíduos considerados (N). 164
Figura 7-8 Frequência mensais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima das colunas de gráficos, siglas indicando o sexo macho (M), local Rio de Janeiro e Santa Catarina (RJ+SC) e o ano (2015-2019) das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico encontram-se informações como o mês de amostragem e o número de indivíduos considerados (N). 165
Figura 7-9 Frequência mensais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima das colunas de gráficos, siglas indicando ambos sexos fêmea e macho (F+M), local Rio de Janeiro e Santa Catarina (RJ+SC) e o ano (2015-2019) das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico encontram-se informações como o mês de amostragem e o número de indivíduos considerados (N). 166
Figura 7-10 Frequência anuais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima de cada gráfico, o ano de amostragem. Na caixa, o local e o sexo das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico, o número de indivíduos considerados (N). 167

Figura 7-11 Frequência anuais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima de cada gráfico, o ano de amostragem. Na caixa, o local e o sexo das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico, o número de indivíduos considerados (N). 168
Figura 7-12 Frequência anuais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima de cada gráfico, o ano de amostragem. Na caixa, o local e o sexo das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico, o número de indivíduos considerados (N). 169
Figura 7-13 Frequência anuais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima de cada gráfico, o ano de amostragem. Na caixa, o local e o sexo das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico, o número de indivíduos considerados (N). 170
Figura 7-14 Frequência anuais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima de cada gráfico, o ano de amostragem. Na caixa, o local e o sexo das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico, o número de indivíduos considerados (N). 171
Figura 7-15 Frequência das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis* amostradas no Rio Grande do Sul. Acima de cada gráfico, o sexo considerado. Dentro de cada gráfico, o número de indivíduos considerados (N). 172
Figura 7-16 Análise de fator de condição mensal da *Sardinella brasiliensis* para cada sexo, amostrada no Rio de Janeiro. Acima de cada gráfico, o ano de amostragem (2016-2019). Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza com o número de indivíduos considerados a cada mês. 176
Figura 7-17 Análise de fator de condição mensal da *Sardinella brasiliensis* para cada sexo, amostrada em Santa Catarina. Acima de cada gráfico, o ano de amostragem (2015-2018). Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza com o número de indivíduos considerados a cada mês. 177
Figura 7-18 Análise de fator de condição mensal da *Sardinella brasiliensis* para cada sexo, amostrada no Rio de Janeiro e em Santa Catarina. Acima de cada gráfico, o ano de amostragem (2015-2019). Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza com o número de indivíduos considerados a cada mês. 178
Figura 7-19 Proporções sexuais mensais para cada ano de amostragem de *Sardinella brasiliensis*. Sobre cada gráfico, os anos considerados (2015-2019), local de amostragem. Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza contendo os valores do número de indivíduos considerados para cada mês (N). 181
Figura 7-20 Proporções sexuais de cada estádio de maturidade avaliado macroscopicamente, para ano de amostragem de *Sardinella brasiliensis*. Sobre cada gráfico, os anos considerados (2015-2019), local de amostragem. Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza contendo o número de indivíduos em cada estádio de maturidade. 182
Figura 7-21 Proporções sexuais mensais para cada classe de comprimento (a cada cm), para cada ano de amostragem de *Sardinella brasiliensis*. Sobre cada gráfico, os anos considerados (2015-2019), local de amostragem. Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza contendo os valores do número de indivíduos considerados para cada mês (N). 183
Figura 7-22 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal da *Sardinella brasiliensis* amostrada no Rio de Janeiro, considerando o número anual de indivíduos como o número total (100%). Sobre cada gráfico, os anos considerados (2016 a 2019). Cada caixa representa a análise para cada sexo, e agrupados. Dentro de cada legenda, o número de indivíduos de cada estádio de maturidade, assim como o número total de indivíduos (Ntotal). 184

Figura 7-23 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal da *Sardinella brasiliensis* amostrada em Santa Catarina, considerando o número anual de indivíduos como o número total (100%). Sobre cada gráfico, os anos considerados (2015 a 2018). Cada caixa representa a análise para cada sexo, e agrupados. Dentro de cada legenda, o número de indivíduos de cada estádio de maturidade, assim como o número total de indivíduos (Ntotal). 185
Figura 7-24 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal da *Sardinella brasiliensis* amostrada no Rio de Janeiro e em Santa Catarina, considerando o número anual de indivíduos como o número total (100%). Sobre cada gráfico, os anos considerados (2015 a 2019). Cada caixa representa a análise para cada sexo, e agrupados. Dentro de cada legenda, o número de indivíduos de cada estádio de maturidade, assim como o número total de indivíduos (Ntotal). 186
Figura 7-25 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal da *Sardinella brasiliensis* amostrada no Rio de Janeiro, considerando o número de indivíduos em cada estádio de maturidade avaliado macroscopicamente como o número total (100%). Sobre cada gráfico, os anos considerados (2016 a 2019). Cada caixa representa a análise para cada sexo, e agrupados. Dentro de cada legenda, o número de indivíduos em cada estádio de maturidade. 187
Figura 7-26 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal da *Sardinella brasiliensis* amostrada em Santa Catarina, considerando o número de indivíduos em cada estádio de maturidade avaliado macroscopicamente como o número total (100%). Sobre cada gráfico, os anos considerados (2015 a 2018). Cada caixa representa a análise para cada sexo, e agrupados. Dentro de cada legenda, o número de indivíduos em cada estádio de maturidade. 188
Figura 7-27 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal da *Sardinella brasiliensis* amostrada no Rio de Janeiro e em Santa Catarina, considerando o número de indivíduos em cada estádio de maturidade avaliado macroscopicamente como o número total (100%). Sobre cada gráfico, os anos considerados (2015 a 2019). Cada caixa representa a análise para cada sexo, e agrupados. Dentro de cada legenda, o número de indivíduos em cada estádio de maturidade. 189
Figura 7-28 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal da *Sardinella brasiliensis* amostrada no Rio de Janeiro, considerando o número de indivíduos em cada mês como o número total (100%). Sobre cada gráfico, os anos considerados (2016 a 2019). Cada caixa representa a análise para cada sexo, e agrupados. Dentro de cada legenda, o número de indivíduos em cada estádio de maturidade. 190
Figura 7-29 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal da *Sardinella brasiliensis* amostrada em Santa Catarina, considerando o número de indivíduos em cada mês como o número total (100%). Sobre cada gráfico, os anos considerados (2015 a 2018). Cada caixa representa a análise para cada sexo, e agrupados. Dentro de cada legenda, o número de indivíduos em cada estádio de maturidade. 191
Figura 7-30 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal da *Sardinella brasiliensis* amostrada no Rio de Janeiro e em Santa Catarina, considerando o número de indivíduos em cada mês como o número total (100%). Sobre cada gráfico, os anos considerados (2015 a 2019). Cada caixa representa a análise para cada sexo, e agrupados. Dentro de cada legenda, o número de indivíduos em cada estádio de maturidade. 192

Figura 7-31 Relação gonadossomática (RGS) mensal da *S. brasiliensis* amostrada no Rio de Janeiro (RJ), do sexo fêmea (F), para cada ano de coleta (2016-2019). Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza contendo o número amostral considerado para cada mês (N). 196
Figura 7-32 Relação gonadossomática (RGS) mensal da *S. brasiliensis* amostrada em Santa Catarina (SC), do sexo fêmea (F), para cada ano de coleta (2015-2018). Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza contendo o número amostral considerado para cada mês (N). 197
Figura 7-33 Relação gonadossomática (RGS) mensal da *S. brasiliensis* amostrada No Rio de Janeiro e em Santa Catarina (RJ+SC), dos sexos fêmea e macho (F+M), para cada ano de coleta (2015-2019). Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza contendo o número amostral considerado para cada mês (N). 198
Figura 7-34 Comprimento médio de início de primeira maturação (L_{50}) da *Sardinella brasiliensis* amostrada no Rio de Janeiro. Sobre cada gráfico, os anos considerados. Em cada caixa, o sexo. Dentro do gráfico, uma caixa contendo as informações geradas pela análise: L_{50} é o comprimento médio de primeira maturação, r^2o coeficiente de determinação da curva, N o número de indivíduos usados na análise, e A e B os coeficientes da curva. 202
Figura 7-35 Comprimento médio de início de primeira maturação (L_{50}) da *Sardinella brasiliensis* amostrada em Santa Catarina. Sobre cada gráfico, os anos considerados. Em cada caixa, o sexo. Dentro do gráfico, uma caixa contendo as informações geradas pela análise: L_{50} é o comprimento médio de primeira maturação, r^2o coeficiente de determinação da curva, N o número de indivíduos usados na análise, e A e B os coeficientes da curva. 203
Figura 7-36 Comprimento médio de início de primeira maturação (L_{50}) da *Sardinella brasiliensis* amostrada no Rio de Janeiro e em Santa Catarina. Sobre cada gráfico, os anos considerados. Em cada caixa, o sexo. Dentro do gráfico, uma caixa contendo as informações geradas pela análise: L_{50} é o comprimento médio de primeira maturação, r^2o coeficiente de determinação da curva, N o número de indivíduos usados na análise, e A e B os coeficientes da curva. 204
Figura 7-37 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal avaliados microscopicamente da *Sardinella brasiliensis*, considerando o número total de indivíduos como 100%, em todos os anos de coleta (2015-2019). Em cada caixa, o local de amostragem. Acima de cada gráfico, o sexo dos espécimes considerados (fêmea, macho, ambos sexos). Na legenda, o número de indivíduos considerados em cada estádio de maturidade, assim como o total (Ntotal). 205
Figura 7-38 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal avaliados microscopicamente da *Sardinella brasiliensis*, considerando o número de indivíduos em cada estádio de maturidade como 100%, em todos os anos de coleta (2015-2019). Em cada caixa, o local de amostragem. Acima de cada gráfico, o sexo dos espécimes considerados (fêmea, macho, ambos sexos). Na legenda, o número de indivíduos considerados em cada estádio de maturidade, assim como o total (Ntotal). 206
Figura 7-39 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal avaliados microscopicamente da *Sardinella brasiliensis*, considerando o número de indivíduos em cada mês como 100%. em todos os anos de coleta (2015-2019). Em cada caixa, o local de amostragem. Acima de cada gráfico, o sexo dos espécimes

considerados (fêmea, macho, ambos sexos). Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza contendo o número de indivíduos considerados em cada mês. 207
Figura 7-40 Comprimento médio de início de primeira maturação (L_{50}) da *Sardinella brasiliensis* com os estádios de maturidade avaliados microscopicamente. Sobre cada gráfico, os anos considerados (2016 a 2019), o sexo (Fêmea, Macho ou Fêmea + Macho) e local de amostragem (Rio de Janeiro). Dentro do gráfico, uma caixa contendo as informações geradas pela análise: $L_{50:}$ o comprimento médio de início de primeira maturação; R2: coeficiente de determinação da curva; N: número de indivíduos; A e B: os coeficientes da curva. 211
Figura 7-41 Comprimento médio de início de primeira maturação (L_{50}) da *Sardinella brasiliensis* com os estádios de maturidade avaliados microscopicamente. Sobre cada gráfico, os anos considerados (2015 a 2018), o sexo (Fêmea, Macho ou Fêmea + Macho) e local de amostragem (Santa Cataria). Dentro do gráfico, uma caixa contendo as informações geradas pela análise: $L_{50:}$ o comprimento médio de início de primeira maturação; R2: coeficiente de determinação da curva; N: número de indivíduos; A e B: os coeficientes da curva. 212
Figura 7-42 Comprimento médio de início de primeira maturação (L_{50}) da *Sardinella brasiliensis* com os estádios de maturidade avaliados microscopicamente. Sobre cada gráfico, os anos considerados (2015 a 2019), o sexo (Fêmea, Macho ou Fêmea + Macho) e local de amostragem (Rio de Janeiro + Santa Catarina). Dentro do gráfico, uma caixa contendo as informações geradas pela análise: $L_{50:}$ o comprimento médio de início de primeira maturação; R2: coeficiente de determinação da curva; N: número de indivíduos; A e B: os coeficientes da curva. 213

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1 Escala de maturidade utilizada para classificar macroscopicamente as gônadas (ovários e testículos) de *Sardinella brasiliensis* descarregadas nos portos do Rio de Janeiro e Santa Catarina e Rio Grande do Sul, nos anos de 2015 e 2019. A escala adaptada de Vazzoler (1996). 54

Tabela 2-2 Descrição microscópica dos estádios de maturação dos ovários e testículos da sardinha-verdadeira. Em ovócitos: PG= crescimento primário, AC= alvéolo cortical, Vtg1= vitelogênese primária, Vtg2= vitelogênese secundária, Vtg3= vitelogênese terciária, At= atresia, MN= migração nuclear, HID= hidratado, POF= folículo pós-ovulatório. Em células germinativas masculinas: SG= espermatogônias, SC= espermatócito, ST= espermátide, SZ= espermatozoide.... 57

Tabela 3-1 Valores das modas médias de comprimento de sardinha-verdadeira para cada ano (2015 a 2019), sexo (fêmeas, machos e juntos) e local de amostragem (Rio de Janeiro, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e juntos)..... 67

Tabela 3-2 Comprimento médio de primeira maturação (L_{50}) de fêmeas (F), machos (M) e agrupados (F+M), da sardinha-verdadeira amostrada nos portos do Rio de Janeiro (RJ) e Santa Catarina (SC) e juntos (RJ+SC). 78

Tabela 3-3 Descrição dos estádios de desenvolvimento ovocitário observados e classificados da sardinha-verdadeira. 85

Tabela 3-4 Estádios de degradação/absorção dos folículos pós-ovulatórios (POF) encontrados em preparações permanentes com cortes de gônadas de sardinhas-verdadeiras capturadas entre 2015-2019 em Santa Catarina e Rio de Janeiro. 89

Tabela-3-5 Diferenças entre as identificações dos sexos dos exemplares por macroscopia (linhas) e microscopia (colunas) da sardinha-verdadeira capturada entre 2015 e 2019. Em verde, as classificações corretas/coincidentes; em laranja, as classificações diferentes/errôneas. A linha "Sem macro" corresponde aos indivíduos que não tiveram classificações gonadais macroscópicas, ou foram identificados com sexo indefinido. 91

Tabela 3-6 Diferenças entre as classificações dos estádios de maturidade macroscópicos (linhas) e microscópicos (colunas) da sardinha-verdadeira capturada entre 2015 e 2019, amostradas nos estados do Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Em verde, as classificações corretas/coincidentes; em azul as classificações subestimadas; em vermelho, as classificações superestimadas. As células em negrito são equivalentes para a análise macroscópica. Os números acima das porcentagens são os números absolutos, enquanto as porcentagens são relativas às análises microscópicas. A linha "Sem macro" corresponde aos indivíduos que não tiveram classificações gonadais macroscópicas, ou foram identificados com estádio de maturidade indefinido. 92

Tabela 3-7 Comprimento médio de primeira maturação (L_{50}) para peixes classificados microscopicamente. Foram feitas análises para fêmeas (F) e machos (M) e ambos (F+M) da sardinha-verdadeira descarregada nos portos do Rio de Janeiro (RJ) e Santa Catarina (SC) e juntos (RJ+SC). 96

Tabela 3-8 Valores estimados para o cálculo da fecundidade da sardinha-verdadeira entre os anos de 2015-2019 na costa Sudeste-Sul do Brasil. Na última linha da coluna V_o, a

equação linear estimada para cálculo do volume, e r^2 o seu coeficiente de determinação. K:coeficiente de distribuição de tamanho; β: coeficiente de formato; N_a: número de ovócitos seccionados por unidade de área; V_i: área parcial dos ovócitos na seção histológica; Wg: peso gonadal; ODA: número de ovócitos em desenvolvimento avançado por fêmea; RODA: número relativo de ovócitos em desenvolvimento avançado por peso (g).....97
Tabela 3-9 Valores calculados através da regressão linear dos valores do número de ovócitos em desenvolvimento avançado (ODA) com o peso do ovário (Wg), comprimento total (Lt) e peso total (Wt). Na equação linear y=ax+b, o intercepto refere-se ao termo 'b', x ao termo 'a'. rs é o coeficiente de correlação de Spearman e o p-valor para cada relação.....97
Tabela 3-10 Intensidade de parasitismo em gônadas de *Sardinella brasiliensis* amostradas entre 2016-2019 no Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.....101
Tabela 3-11: Prevalência de infecção (Pr %) por categoria de intensidade de infecção causada por Eimeria, em cortes histológicos de testículos de sardinha-verdadeira coletadas no litoral do Rio de Janeiro, nos anos de 2016 a 2019. IC 95%: intervalo de Confiança de 95%; N: número de testículos examinados; Lt: comprimento total (cm); Wt: peso total (g); RGS: relação gonadossomática; caractere +: erro padrão; caractere * ($p<0,05$) e ° ($p<0,001$) demonstram diferenças significativas entre si. 103
Tabela 3-12 Prevalência de infecção (Pr %) por categoria de intensidade de infecção causada por Eimeria, em cortes histológicos de testículos de *S. brasiliensis* coletadas em Santa Catarina e Rio Grande do Sul, nos anos de 2017 a 2018. IC 95%: intervalo de Confiança de 95%; N: número de testículos examinados; Lt: comprimento total (cm); Wt: peso total (g); RGS: relação gonadossomática; caractere +: erro padrão; caractere * ($p<0,05$) e ° ($p<0,001$) demonstram diferenças significativas entre si. 104
Tabela 3-13 Índice Médio de Intensidade de Infecção (IMII) calculado para espécimes machos de *Sardinella brasiliensis*, para os estados do Rio de Janeiro (RJ), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS) e juntos. N= número de testículos analisados. EP = erro padrão. Caractere (*): diferença significativa ($p<0,001$). 106
Tabela 7-1 Definições de termos (originais e traduzidos) que foram utilizados ao longo deste documento.....157
Tabela 7-2 Resultados referentes à relação peso total X comprimento para cada ano (2016-2019) e sexo da sardinha-verdadeira amostrada no Rio de Janeiro. Na célula mais à esquerda e em cima, o sexo (Fêmea, Macho ou F+M), local de amostragem (RJ). Na mesma linha, o ano de amostragem. Mês: meses amostrados; N: número de indivíduos; 'a' e 'b' e 'erro': coeficientes da reta; r^2: coeficiente de determinação. 173
Tabela 7-3 Resultados referentes à relação peso total X comprimento para cada ano (2015-2018) e sexo da sardinha-verdadeira amostrada em Santa Catarina. Na célula mais à esquerda e em cima, o sexo (Fêmea, Macho ou F+M), local de amostragem (SC). Na mesma linha, o ano de amostragem. Mês: meses amostrados; N: número de indivíduos; 'a' e 'b' e 'erro': coeficientes da reta; r^2: coeficiente de determinação. 174
Tabela 7-4 Resultados referentes à relação peso total X comprimento para cada ano (2015-2019) e sexo da sardinha-verdadeira amostrada no Rio de Janeiro e em Santa

Catarina. Na célula mais à esquerda e em cima, o sexo (Fêmea, Macho ou F+M), local de amostragem (RJ+SC). Na mesma linha, o ano de amostragem. Mês: meses amostrados; N: número de indivíduos; 'a' e 'b' e 'erro': coeficientes da reta; r^2: coeficiente de determinação. 174
Tabela 7-5 Resultados referentes à análise do comprimento total pelo comprimento padrão para cada ano de amostragem da *Sardinella brasiliensis* no Rio de Janeiro (2016-2019). Na célula acima, o sexo (Fêmea, Macho ou F+M). Nas células à esquerda, o ano de amostragem (2016-2019). N: número de indivíduos observados; 'a' e 'b' e 'erro': coeficientes da reta; r^2 :coeficiente de determinação da reta. 179
Tabela 7-6 Resultados referentes à análise da proporção sexual considerando o número total de indivíduos de *Sardinella brasiliensis* por cada ano. Nas células acima, o ano (2015 a 2019), e na célula mais à esquerda, o local de amostragem (Rio de Janeiro, Santa Catarina ou ambos). N: o número de indivíduos considerados; 'm': o número de machos; 'f': o número de fêmeas; χ^2: o valor de qui-quadrado. 180
Tabela 7-7 Resultados referentes à análise da relação gonadossomática (RGS) para os indivíduos capturados no Rio de Janeiro (RJ). Nas células acima, o ano de amostragem (2016 a 2019). Na célula mais à esquerda o mês de referência e o sexo considerado (F, M, F+M). N: número de espécimes; sd: desvio-padrão..... 193
Tabela 7-8 Resultados referentes à análise da relação gonadossomática (RGS) para os indivíduos capturados em Santa Catarina (SC). Nas células acima, o ano de amostragem (2016 a 2019). Na célula mais à esquerda o mês de referência e o sexo considerado (F, M, F+M). N: número de espécimes; sd: desvio-padrão..... 194
Tabela 7-9 Resultados referentes à análise da relação gonadossomática (RGS) para os indivíduos capturados no Rio de Janeiro e em Santa Catarina (RJ+SC). Nas células acima, o ano de amostragem (2016 a 2019). Na célula mais à esquerda o mês de referência e o sexo considerado (F, M, F+M). N: número de espécimes; sd: desvio-padrão 195
Tabela 7-10 Resultados referentes à análise do comprimento médio de início da primeira maturação (L_{50}). Nas células acima, o ano de amostragem (2017 a 2019) e na célula mais à esquerda o local de amostragem (Rio de Janeiro) e o sexo. 'A' e "B': coeficientes da equação; r^2: o coeficiente de determinação. Os valores 'original' mostram os valores médios calculados, e os valores 'bootstrap' mostram os valores recalculados após 1000 reanálises. 199
Tabela 7-11 Resultados referentes à análise do comprimento médio de início da primeira maturação (L_{50}). Nas células acima, o ano de amostragem (2015 a 2018) e na célula mais à esquerda o local de amostragem (Santa Catarina) e o sexo. 'A' e "B': coeficientes da equação; r^2: o coeficiente de determinação. Os valores 'original' mostram os valores médios calculados, e os valores 'bootstrap' mostram os valores recalculados após 1000 reanálises. 200
Tabela 7-12 Resultados referentes à análise do comprimento médio de início da primeira maturação (L_{50}). Nas células acima, o ano de amostragem (2017 a 2019) e na célula mais à esquerda o local de amostragem (Rio de Janeiro e Santa Catarina) e o sexo. 'A' e "B': coeficientes da equação; r^2: o coeficiente de determinação. Os valores 'original' mostram os valores médios calculados, e os valores 'bootstrap' mostram os valores recalculados após 1000 reanálises. 201
Tabela 7-13 Resultados referentes à análise do comprimento médio de início de primeira maturação (L_{50}) com os estádios de maturidade avaliados microscopicamente da

Sardinella brasiliensis. Nas células acima, o ano de amostragem (2017 a 2019) e na célula mais à esquerda o local de amostragem, Rio de Janeiro (RJ), e o sexo (fêmea, macho ou F+M). 'A' e "B': coeficientes da equação; L_{50}: comprimento médio de início de primeira maturação; r^2: coeficiente de determinação da curva. Os valores 'original' mostram os valores médios calculados, e os valores bootstrap mostram os valores recalculados após 1000 reanálises. 208

Tabela 7-14 Resultados referentes à análise do comprimento médio de início de primeira maturação (L_{50}) com os estádios de maturidade avaliados microscopicamente da *Sardinella brasiliensis*. Nas células acima, o ano de amostragem (2017 a 2019) e na célula mais à esquerda o local de amostragem, Santa Catarina (SC), e o sexo (fêmea, macho ou F+M). 'A' e "B': coeficientes da equação; L_{50}: comprimento médio de início de primeira maturação; r^2: coeficiente de determinação da curva. Os valores 'original' mostram os valores médios calculados, e os valores bootstrap mostram os valores recalculados após 1000 reanálises. 209

Tabela 7-15 Resultados referentes à análise do comprimento médio de início de primeira maturação (L_{50}) com os estádios de maturidade avaliados microscopicamente da *Sardinella brasiliensis*. Nas células acima, o ano de amostragem (2017 a 2019) e na célula mais à esquerda o local de amostragem, Rio de Janeiro e Santa Catarina (RJ+SC), e o sexo (fêmea, macho ou F+M). 'A' e "B': coeficientes da equação; L_{50}: comprimento médio de início de primeira maturação; r^2: coeficiente de determinação da curva. Os valores 'original' mostram os valores médios calculados, e os valores bootstrap mostram os valores recalculados após 1000 reanálises..... 210

Tabela 7-16 Tabela comparativa com resultados obtidos neste e em outros estudos da *Sardinella brasiliensis*. Informações com "variável" são não identificadas com precisão, ou longas demais para serem escritas aqui, vide o trabalho original para mais informações. Lt: comprimento total médio; Wt: peso total médio; b: coeficiente alométrico; L_{50}: comprimento médio de início de primeira maturação; F=:fêmeas; M: machos; F+M: sexos agrupados. O símbolo '≅' significa uma aproximação feita por nós com dados limitados, vide o trabalho original para mais informações. Continua..... 214

Tabela 7-17 Tabela comparativa com os resultados de fecundidade de sardinhas. O termo ovary-free significa que o cálculo de fecundidade relativa utilizou o peso do peixe diminuído do peso da gônada. 216

SUMÁRIO

1 Introdução 27

1.1 Introdução geral 27

1.2 A sardinha-verdadeira 28

1.3 Aspectos históricos da captura de pequenos pelágicos na costa Sudeste-Sul do Brasil 29

1.4 Dinâmica reprodutiva de teleósteos 32

1.4.1 Espermatogênese 33

1.4.2 Ovogênese 36

1.4.3 Padrão de desova 39

1.4.4 Fecundidade 39

1.4.5 Atresia 40

1.4.6 Folículos pós-ovulatórios (POF) 41

1.4.7 Parasitismo 42

1.4.8 Técnicas para avaliação da dinâmica reprodutiva 43

1.5 Importância e justificativa 45

1.6 Objetivos gerais e específicos 46

2 Material e métodos 47

2.1 Área de estudo 47

2.2 Amostragens 49

2.3 Biometria e avaliação das gônadas 51

2.3.1 Variação temporal das classes de comprimento 52

2.3.2 Relação peso total – comprimento total 52

2.3.3 Fator de condição 52

2.3.4 Relação comprimento total - comprimento padrão 53

2.3.5 Proporções sexuais 53

2.3.6 Escala de maturidade macroscópica 53

2.3.7 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade avaliados por macroscopia 54

2.3.8 Variação temporal da relação gonadossomática (RGS) 55

2.3.9 Comprimento médio de início de primeira maturação gonadal (L_{50}) 55

2.4 Estudo microscópico: histologia e estereologia 55

2.4.1 Escala de maturidade microscópica 56

2.4.2 Tamanho, frequência e recrutamento de ovócitos ... 58
2.4.3 Atresia ... 58
2.4.4 Folículo pós-ovulatório (POF) ... 58
2.4.5 Diferença entre as classificações macroscópicas e microscópicas das gônadas ... 59
2.4.6 Variação temporal dos estádios de maturidade avaliados por microscopia ... 59
2.4.7 Comprimento médio de início de primeira maturação gonadal (L_{50}) estimado por microscopia ... 59
2.4.8 Fecundidade ... 60
2.4.9 Local de desova ... 62
2.4.10 Parasitismo ... 63
2.4.11 Estatística ... 64
3 Resultados ... 65
3.1 Dados gerais ... 65
3.2 Estudo macroscópico: biométrico e gonadal ... 67
3.2.1 Variação temporal das classes de comprimento ... 67
3.2.2 Relação peso total – comprimento total ... 68
3.2.3 Fator de condição ... 69
3.2.4 Relação comprimento total - comprimento padrão ... 70
3.2.5 Proporções sexuais ... 71
3.2.6 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal ... 72
3.2.7 Variação temporal da relação gonadossomática ... 75
3.2.8 Comprimento médio de primeira maturação (L_{50}) ... 77
3.3 Estudo microscópico ... 78
3.3.1 Desenvolvimento testicular ... 78
3.3.2 Escala de desenvolvimento ovocitário ... 83
3.3.3 Atresias ... 88
3.3.4 Folículo pós-ovulatório (POF) ... 88
3.3.5 Diferença entre as classificações macro- e microscópicas ... 91
3.3.6 Variação temporal dos estádios de maturidade microscópicos ... 92
3.3.7 Comprimento médio de primeira maturação gonadal estimado a partir de dados microscópicos ... 95
3.3.8 Fecundidade ... 96
3.3.9 Área de desova ... 98
3.3.10 Parasitismo ... 99
4 Discussão ... 107
4.1 Avaliação da biometria e macroscopia das gônadas ... 107

4.2 Avaliação do processo reprodutivo a partir de estudos microscópicos das gônadas ……..120

5 Conclusão 132

6 Bibliografia 135

7 Apêndices 157

A. Termos e definições 157

B. Resultados da variação temporal das classes de comprimento 158

C. Resultados das relações entre peso e comprimento 173

D. Resultados da análise do fator de condição 176

E. Resultados da análise de comprimento total X comprimento padrão 179

F. Resultados da análise de proporção sexual para cada mês, ano e localidade 180

G. Resultados da análise de proporção sexual para cada estádio de maturidade 182

H. Resultados da análise de proporção sexual para cada classe de comprimento 183

I. Resultados da análise temporal dos estádios de maturidade macroscópicos 184

J. Resultados da Relação gonadossomática (RGS) 193

K. Resultados da análise de comprimento médio de primeira maturação (L_{50}) com dados macroscópicos 199

L. Resultados da variação temporal dos estádios de maturidade microscópicos 205

M. Resultados da análise de tamanho médio de primeira maturação (L_{50}) com dados microscópicos 208

N. Tabela comparativa de alguns resultados obtidos neste e em outros trabalhos sobre a reprodução da sardinha-verdadeira 214

1 Introdução

1.1 Introdução geral

A pesca de animais marinhos em 2016, excluindo mamíferos, crocodilos e semelhantes, foi de 90,9 milhões de toneladas (FAO, 2020). Os pequenos pelágicos (p. ex. arenques, sardinhas, cavalinhas e anchovetas), maior grupo de espécies de peixes capturados por frotas pesqueiras do mundo (TACON; METIAN, 2009), representaram aproximadamente 15 milhões de toneladas nesse ano. Em 2015, 18% de toda captura mundial e 25% de toda captura marinha foram de pequenos pelágicos. Estes são importantes principalmente para países em desenvolvimento, por servirem de alimento direto para a população, além de serem a principal fonte de matéria-prima para produção de óleo e farinha de peixe, os quais são utilizados na produção de rações para outros animais (como peixes e animais terrestres) (FAO, 2020).

O termo 'pequenos pelágicos' refere-se aos actinopterígeos epipelágicos que formam cardumes, têm alta mobilidade e fecundidade (DALZELL, 1993), curto tempo de vida entre 3 e 7 anos, e variam de 10 a 60 cm (BAS; RUBIÓ, 1955). Ocorrem principalmente em zonas de ressurgência, onde há ecossistemas controlados pelo efeito *wasp-waist* ('cintura de vespa') (JORDÁN, 2009). Este grupo exerce um papel ecológico de extrema importância, servindo de conexão entre os níveis tróficos inferiores (plâncton) e os níveis tróficos superiores (aves marinhas, mamíferos e peixes maiores) (CURY *et al.*, 2000).

O principal representante deste grupo no Brasil é a sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879). Sua cadeia produtiva já movimentou mais de 1 bilhão de reais por ano (NETO, 2013), gerando cerca de 20 mil empregos diretos, sendo 3,2 mil na pesca. A pescaria possui importante papel socioeconômico pelo custo relativamente baixo de aquisição (FIGUEIREDO; SALLES; RABELO, 2010; PEREIRA; TENUTA-FILHO, 2005).

Após a maior captura já registrada em 1973, quando foram descarregadas 228 mil t de sardinha-verdadeira, sua produção diminuiu drasticamente. Forte pressão pesqueira somada a condições oceanográficas desfavoráveis (MESQUITA, 2013; PAES; MORAES, 2007; PINAYA, 2008) culminaram no primeiro colapso desta pescaria em 1990. Depois de 10 anos, outro colapso foi registrado, desta vez por relaxamento de medidas restritivas (CERGOLE; DIAS-NETO, 2011).

Para auxiliar nas medidas de manejo, diversos tipos de estudo são feitos, sendo um dos principais, a avaliação de estoque. Esta avaliação necessita de outras informações para sua

execução, como estudos biológicos para incrementar os conhecimentos sobre a dinâmica reprodutiva da espécie (CADIMA, 2003). As últimas avaliações de estoque da sardinha-verdadeira utilizaram dados de captura até 1997 (CERGOLE; SACCARDO; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2002). Após esta, somente outro estudo (DALLAGNOLO; SCHWINGEL; PEREZ, 2010) fez estimativas, porém utilizando um conjunto de dados menor, de 2000 a 2006 para os indivíduos descarregados apenas no estado de Santa Catarina.

A dinâmica reprodutiva de uma espécie é importante para se saber qual é sua capacidade de reposição do estoque e de recrutamento, utilizando-se de informações como local de captura, proporções sexuais, tamanho e peso dos animais. Além destas variáveis, suas gônadas são utilizadas para se obter informações, como a fecundidade, locais e época de desova (CADIMA, 2003). Tais informações, que deveriam ser revisadas anualmente, encontram-se desatualizadas para a sardinha-verdadeira, já que a última avaliação da fecundidade desta espécie foi realizada a mais de uma década (EVANGELISTA, 2010) e as outras informações como comprimento, peso, idade e época de desova e recrutamento, utilizaram dados de, no máximo, 2015 (CIPULLO, 2015; PETERMANN, 2015; SOUZA, 2015; VAZ-DOS-SANTOS; SCHWINGEL, 2019). Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo principal avaliar a dinâmica reprodutiva da sardinha-verdadeira na plataforma Sudeste do Brasil.

1.2 A sardinha-verdadeira

Os peixes classificados genericamente como sardinhas fazem parte da família Clupeidae. São animais de pequeno porte, possuem o corpo prateado comprimido lateralmente, habitam águas costeiras, baías e estuários, e representam grande importância para a pesca mundial. Fazem parte dos gêneros característicos das sardinhas: *Sardina* na Europa (BELLIER; PLANQUE; PETITGAS, 2007); *Sardinops* nos oceanos Pacífico e Índico (BOWEN; GRANT, 1997); e *Sardinella* nos mares tropicais e subtropicais (PARRISH; SERRA; GRANT, 1921). Aqui foi estudada a sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis*, cuja posição sistemática é mostrada abaixo, seguindo a classificação feita pelo *World Register of Marine Species* (WoRMS, 2020):

Reino: Animalia
Filo: Chordata
Subfilo: Vertebrata
Infrafilo: Gnathostomata
Superclasse: Peixes
Classe: Actinopterygii
Ordem: Clupeiformes
Família: Clupeidae
Gênero: *Sardinella*
Espécie: *Sardinella brasiliensis*

Podendo atingir até cinco anos de idade (VAZ-DOS-SANTOS; SCHWINGEL, 2019), a sardinha-verdadeira (Figura 1-1) possui rastros branquiais longos e numerosos, os quais são utilizados para filtrar a água, retirando o plâncton que é seu alimento principal (FIGUEIREDO; MENEZES, 1978). Classicamente, sua área de distribuição é dada pela área compreendida entre os estados do Rio de Janeiro (cabo de São Tomé, 22º S) e Santa Catarina (cabo de Santa Marta Grande, no município de Laguna, 28º S), principalmente até a isóbata de 100 metros (CERGOLE; DIAS-NETO, 2011). No entanto, sua área de ocorrência pode ser considerada um pouco mais extensa, até o Rio Grande do Sul (Rio Grande, 32 º S), uma vez que já houve capturas de juvenis neste local entre os anos de 2016 e 2018 (FACCIN, 2019). Considera-se que há somente um estoque de *S. brasiliensis*, uma vez que não há informações suficientes para subdividi-lo (BARANGE *et al.*, 2009; CERGOLE; DIAS-NETO, 2011). Segundo Cergole e Dias-Neto (2011), define-se estoque como um grupo autoreprodutivo de uma população, composto por todas as classes etárias e com características biológicas e parâmetros das variáveis populacionais comuns.

Figura 1-1 Exemplar adulto de sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis*. Fonte: Alfredo Carvalho Filho, Fishbase (2021).

Com relação à reprodução desta espécie, a maioria dos trabalhos anteriores a 2011 foram compilados e analisados no Plano de Gestão para o Uso Sustentável da Sardinha-verdadeira (CERGOLE; DIAS-NETO, 2011). Após esta publicação, outros três estudos abordaram o seu ciclo reprodutivo (CIPULLO, 2015; PETERMANN, 2015; SOUZA, 2015). Segundo estes autores, a desova deste peixe é pelágica, a fecundação e o desenvolvimento são externos. A espécie apresenta desova parcelada, na qual uma fêmea pode liberar lotes de 30.000 ovócitos em intervalos de dois dias (ISAAC-NAHUM *et al.*, 1988) à medida que atingem a maturação completa. A proporção de fêmeas no cardume é maior durante o ano, cerca de 62% contra 38% de machos, se tornando mais igualitária durante a época de reprodução, 53% de fêmeas e 47% de machos (MATSUURA, 1977). O comprimento médio de início de primeira maturação gonadal estimado para a espécie é de 17 cm (ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 1977; VAZZOLER,

1962), porém, mais recentemente foi estimado por Petermann (2015) um valor de aproximadamente 19 cm, utilizando critérios diferentes de agrupamento de estádios de maturidade. O início da maturação das gônadas começa em outubro, e os ovários crescem durante a primavera e verão (PETERMANN, 2015). A desova ocorre no final da primavera e verão, atingindo sua maior intensidade nos meses de dezembro e janeiro (ISAAC-NAHUM *et al.*, 1988; JABLONSKI; LEGEY, 2004; MATSUURA, 1977). O recrutamento de juvenis ao estoque adulto ocorre principalmente nos meses de inverno, tendo maior intensidade no mês de julho (CERGOLE, 1995; CERGOLE; VALENTINI, 1994; MATSUURA, 1977; PETERMANN, 2015).

1.3 Aspectos históricos da captura de pequenos pelágicos na costa Sudeste-Sul do Brasil

Devido às características biológicas dos pequenos pelágicos, como a de formar grandes cardumes (KALTENBERG; BENOIT-BIRD, 2009), são essencialmente capturados por redes de cerco chamadas trainas, operadas por embarcações denominadas traineiras (DALLAGNOLO; SCHWINGEL; PEREZ, 2010). Utilizadas para capturas em nível industrial (DIEGUES, 1983), tais redes são operadas com o auxílio de um pequeno barco, a chalandra, que puxa a rede e envolve o cardume. Após completar o cerco, fecha-se a rede com a união das extremidades, sendo recolhida a bordo posteriormente (Figura 1-2) (SCHWINGEL; OCCHIALINI, 2007).

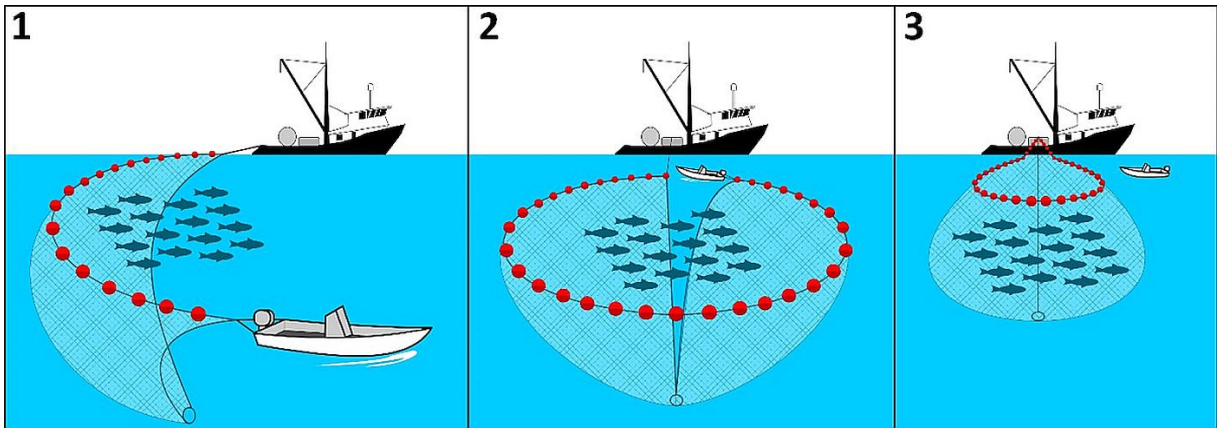


Figura 1-2 Esquema simples da pesca de cerco. Imagem 1: o barco auxiliar começa a cercar o cardume. Imagem 2: o barco auxiliar circunda o cardume, "fechando a rede" como uma bolsa (por isso o nome em inglês *purse*), aprisionando os peixes. Imagem 3: o fechamento da rede para finalização da pesca. Fonte: *Transportation Safety Board of Canada*.

Desde a introdução da pesca industrial de cerco em 1940 no sudeste do Brasil, as traineiras sofreram diversas modificações para melhorar sua eficácia e poder de pesca, como a mudança do material das redes para nylon (UENO; MESQUITA; PALUDO, 1980), aumento do tamanho das redes (CERGOLE; DIAS-NETO, 2011), introdução de equipamentos como o *power-block* (SCHWINGEL; OCCHIALINI, 2007), o guincho hidráulico (CERGOLE; DIAS-NETO, 2011) e mais recentemente o sonar e a ecossonda para a procura de cardumes (SCHWINGEL; OCCHIALINI, 2007). É possível notar também que, desde o início das pescarias industriais de cerco, a *S. brasiliensis* é a principal espécie capturada por esta frota (SCHWINGEL; OCCHIALINI, 2007). Devido ao aumento do poder de pesca, associado à ampliação dos mercados e da indústria (DIEGUES, 1983), além de incentivos através de isenções fiscais e crédito subsidiado, foi registrada em 1973, com uma frota de aproximadamente 200 barcos, a maior produção de sardinha-verdadeira, com 228 mil toneladas (CERGOLE, 1995).

A produtividade de pequenos pelágicos não está somente ligada ao esforço pesqueiro aplicado sobre o estoque, mas também a processos meteorológicos e oceanográficos (CHAVEZ *et al.*, 2003; CHECKLEY; ASCH; RYKACZEWSKI, 2017; SUNYE; SERVAIN, 1998; SWARTZMAN *et al.*, 2008), como as ressurgências ou o "El Niño". Processos oceanográficos, como as ressurgências, que promovem a entrada de nutrientes na zona fótica, regulam a produtividade primária (PAES; MORAES, 2007). Fatores importantes como mudanças na temperatura do oceano, correntes, salinidade, ventos, assim como as resultantes de suas interações, podem comprometer ou aumentar a produtividade de uma espécie, interferindo no crescimento, na reprodução e na migração destes organismos, refletindo assim, variações em suas capturas (SHERMAN; ADAMS, 2010).

Devido a sucessivos declínios de produção e grande parcela de juvenis de *S. brasiliensis* nas capturas, foi criada a primeira regulamentação para esta pescaria em 1973, estabelecendo tamanho mínimo de captura em 17 cm e um máximo de 10% de juvenis nos desembarques (CERGOLE; DIAS-NETO, 2011). Após este ano, as capturas declinaram, motivando a implantação do primeiro defeso para a espécie em 1976, de 45 dias de duração por ano (DIAS-NETO, 2003), mas não impedindo os incentivos fiscais e ampliação da frota, a qual era composta de 500 barcos em 1980 (DIAS-NETO, 2010). Com o crescente esforço pesqueiro foi registrado o primeiro colapso desta pescaria, com o desembarque de 31 mil toneladas em 1990 (MATSUURA, 1998). Depois desta queda abrupta do desembarque, foi ampliado o período de defeso para 65 dias para a época de reprodução e de recrutamento, e reduzido o número de embarcações licenciadas para esta captura para 185 (CERGOLE; DIAS-NETO, 2011).

Posteriormente, devido às novas medidas e à falta de controle do esforço de pesca, as capturas voltaram a crescer até 117 mil toneladas em 1997, fazendo com que o defeso de recrutamento fosse abandonado (CERGOLE; DIAS-NETO, 2011). Este descaso com o estoque fez com que houvesse um colapso ainda maior em 2000, no qual foram descarregadas somente 17 mil toneladas. Após este segundo episódio, foram restabelecidos dois períodos anuais de defeso, sendo proibido desta vez 6 meses de pesca por ano entre 2003 e 2006 (4 meses no verão para a reprodução e 2 meses no inverno para o recrutamento) (CERGOLE; DIAS-NETO, 2011). Após várias discussões sobre o manejo desta pescaria e a elaboração de um plano de gestão, está atualmente em vigor um modelo de defeso definido em 2009, sendo de novembro a fevereiro o defeso da reprodução e em julho o de recrutamento.

Mesmo com sucessivos declínios em sua captura, a sardinha-verdadeira continua sendo um importante recurso pesqueiro, porém não o único. Os principais portos de descarregamento de pescados da região sudeste encontram-se nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e em Santa Catarina. Desta forma, foram analisados os dados dos Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira (PMAP) destes três estados (RJ, SP e SC) para sabermos quais os principais peixes descarregados na região sudeste. No estado do Rio de Janeiro, entre o segundo semestre de 2017 e de 2019, os principais peixes descarregados foram a sardinha-boca-torta, a sardinha-verdadeira e a sardinha-laje (FIPERJ, 2019). Já em São Paulo, os principais peixes descarregados entre 2015 e 2019 foram a sardinha-verdadeira, a corvina e a sardinha-bandeira (IP/APTA/SAA/SP, 2021). Em Santa Catarina, os maiores descarregamentos, entre os anos de 2015 e 2019, foram de sardinha-verdadeira, corvina e sardinha-laje (UNIVALI/EMCT/LEMA, 2021).

Apesar dos estoques pesqueiros serem considerados como importantes recursos naturais, econômicos e sociais, observa-se uma escassez de estudos quantitativos para auxiliar o manejo e a administração de pescarias (CERGOLE; DIAS-NETO, 2011), o que também é percebido para diversos estoques no mundo (LAMBERT, 2008). O grande número de trabalhos relacionados à biologia e dinâmica da sardinha-verdadeira a partir dos anos 1970 (MATSUURA, 1977, 1998) contrasta com a falta de análises quantitativas (CERGOLE, 1995). A estatística pesqueira é imprescindível para conhecer o estado de explotação dos estoques e subsidiar medidas de ordenamento. Considerando a pesca como uma atividade dinâmica que explora recursos vivos renováveis, há necessidade de se conhecer os seus limites de sustentabilidade e rendimento bioeconômico (HOGGARTH, 2006). Dados de produção e dinâmica da pesca, associados a estudos sobre a biologia dos recursos explorados devem ser realizados permanentemente, seguidos de avaliações de estoque anuais (LAMBERT, 2008). Diversos

modelos de estoque-recrutamento já foram desenvolvidos (BEVERTON; HOLT, 1957; RICKER, 1954; SHEPHERD, 1982) e são baseados na relação entre fecundidade do estoque e o seu recrutamento (KOSLOW, 1992; ROTHSCHILD; FOGARTY, 1989). No entanto, obter essas informações não é uma tarefa fácil e pode vir a ser impossível para algumas espécies (VINCENT; GILES, 2003). Além disto, muitos destes estudos assumem que a fecundidade de um peixe maduro é independente da sua idade, tamanho, condição nutricional e que a produção anual de ovócitos por unidade de peso de um estoque adulto não varia no tempo, o que pode vir a ser um empecilho (MARSHALL *et al.*, 2003; MURUA *et al.*, 2006; TOMKIEWICZ *et al.*, 2003; YONEDA; WRIGHT, 2004). Estudos recentes vêm mostrando a importância das "megarreprodutoras", fêmeas maiores e mais velhas, que produzem ovócitos maiores e em maior quantidade, durante períodos de reprodução maiores (DOMÍNGUEZ-PETIT *et al.*, 2008; HISLOP, 1975; HIXON; JOHNSON; SOGARD, 2014; MIETHE *et al.*, 2010). Ovócitos maiores possuem mais reserva vitelínica, fazendo com que suas larvas possam crescer mais rapidamente (HIXON; JOHNSON; SOGARD, 2014), e assim sobreviver ao período crítico da fase inicial de vida, na qual a maioria perece por inanição (HJORT, 1914). Dessa forma, elas deveriam ser especificadas tanto em medidas de manejo, quanto nos cálculos de avaliação de estoque pesqueiro.

1.4 Dinâmica reprodutiva de teleósteos

Peixes exibem uma grande variedade de estratégias e táticas reprodutivas (HELFMAN *et al.*, 2009). A maioria dos teleósteos marinhos de importância comercial são iteróparos (se reproduzem várias vezes durante sua vida), gonocoristas (possuem sexos separados), não apresentam dimorfismo sexual, fertilizam seus gametas externamente ao seu corpo e não realizam cuidado parental (MURUA; SABORIDO-REY, 2003). Com objetivo de se obter informações necessárias para entender e interpretar as diferentes estratégias de reprodução em teleósteos, e assim realizar estimativas que venham a auxiliar nas medidas de manejo, estuda-se o recrutamento ovocitário, a organização e o desenvolvimento gonadal e das células germinativas destas espécies (LOWERRE-BARBIERI, 2009; MCBRIDE *et al.*, 2015; MURUA; SABORIDO-REY, 2003). Estes estudos são imprescindíveis para estimar corretamente o potencial reprodutivo de uma espécie (MURUA *et al.*, 2003). Estas estimativas consideram a fecundidade por estação reprodutiva (quantos descendentes por reprodução e quantos eventos reprodutivos acontecem), a duração da vida reprodutiva de um adulto e a sobrevivência da prole (CLUTTON-BROCK, 1988). Nos próximos parágrafos desta seção

serão descritos a espermatogênese e a ovogênese, esta última considerando os tipos de organização do desenvolvimento ovocitário, padrões de desova, fecundidade e, por fim, como obter tais informações.

1.4.1 Espermatogênese

A espermatogênese é o processo no qual as células germinativas masculinas passam por transformações morfológicas e fisiológicas (GRIER; URIBE-ARANZÁBAL, 2009). As células germinativas ficam entre as células de Sertoli, as quais são as células somáticas epiteliais. As células de Sertoli provêm nutrientes, fagocitam corpos residuais da espermatogênese (GRIER; URIBE-ARANZÁBAL, 2009) e funcionam como uma barreira permeável para as células germinativas (GRIER, 1993). Esses dois tipos de células, junto com a membrana basal (GRIER, 1993), formam o compartimento germinal dos testículos (GRIER; URIBE-ARANZÁBAL, 2009). Além deste, há também o compartimento intersticial. Estes compartimentos são estruturalmente separados através da membrana basal (BOUMA; CLOUD, 2005). O compartimento intersticial é composto por tecido conectivo, vasos sanguíneos, e células de Leydig (BOUMA; CLOUD, 2005). O tecido conectivo é composto por fibroblastos, células imunológicas (como macrófagos e linfócitos), fibras de colágeno, células mióides, e nervos. As células de Leydig são responsáveis pela produção de hormônios, como a testosterona (GRIER; LINTON, 1977).

As células germinativas incluem todos os estádios de diferenciação das células espermatogênicas (QUAGIO-GRASSIOTTO; WILDNER; ISHIBA, 2013; SCHULZ *et al.*, 2010; URIBE; GRIER; MEJÍA-ROA, 2014). Elas progridem através de vários e distintos ciclos de estágios citológicos durante a espermatogênese (Figura 1-3). As células espermatogênicas podem ser divididas (em ordem crescente de maturidade e decrescente de tamanho) como espermatogônias, espermatócitos e espermátides e espermatozoides, sendo o último o produto final da espermiogênese (SENARAT; JIRAUNGKOORSKUL; KETTRATAD, 2018). Este processo segue um padrão para a os teleósteos: no início da espermatogênese, é possível observar nos testículos maior quantidade de espermatogônias e células de Sertoli, mas pouco/nenhum espermatozoide; enquanto no pico da atividade gonadal há poucas espermatogônias e células de Sertoli, e muitos espermatozoides (BROWN-PETERSON *et al.*, 2011).

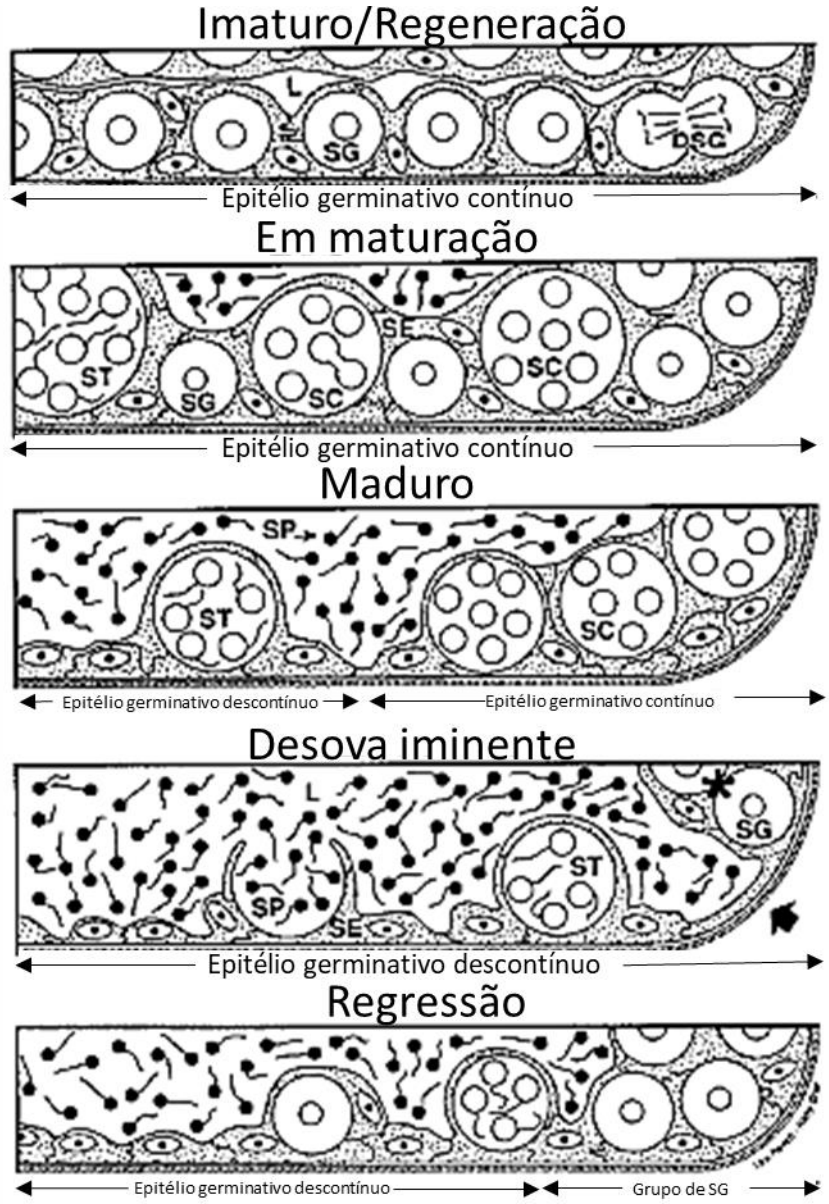


Figura 1-3 Representação histológica dos estádios de desenvolvimento testicular de teleósteos, com base nas mudanças do epitélio germinativo. DSG=divisão da espermatogônias; L=lúmen; SP= esperma; SC= espermatócito; SG= espermatogônias; ST= espermátide; SE= célula de Sertoli. Estádio imaturo/regredido: somente há espermatogônias associadas às células de Sertoli, e o epitélio germinativo é contínuo. Estádio em maturação: a espermatogênese se iniciou, mas o epitélio germinativo ainda está contínuo. Começam a aparecer espermatócitos, espermátides e espermatozoides em cistos. Estádio maduro: o epitélio começa a ficar descontínuo, enquanto a parte contínua é observada na periferia dos lóbulos. Aumenta a quantidade de espermátides e espermatozoides, e diminui a quantidade de espermatogônias e células de Sertoli. Estádio desova iminente: o epitélio chega a ficar descontínuo até a borda do lóbulo (seta), com aspecto anastomosado. Espermatogônias são somente observadas nas bordas dos lóbulos (*), enquanto dominam os espermatozoides. Estádio regeneração: uma nova população de espermatogônias começa a se instalar nas bordas dos lóbulos, junto com células de Sertoli. Adaptado de Grier (2002).

A espermatogênese em peixes se caracteriza por ocorrer em cistos, nos quais as células germinativas, na mesma fase, se desenvolvem envoltas pelas células de Sertoli (BILLARD, 1986; GRIER, 1981, 1993; SCHULZ *et al.*, 2010). As espermatogônias, células diploides, ficam

cercadas individualmente por células de Sertoli (URIBE; GRIER; MEJÍA-ROA, 2014). Após divisões mitóticas das espermatogônias, as células de Sertoli englobam seu produto, formando os cistos, ou espermatocistos (SCHULZ *et al.*, 2010; URIBE; GRIER; MEJÍA-ROA, 2014). Dentro destes cistos, ocorrem os processos de meiose e espermiogênese, com os espermatócitos e espermátides, respectivamente (GRIER, 2002; GRIER; URIBE-ARANZÁBAL, 2009; SCHULZ *et al.*, 2010; SENARAT; JIRAUNGKOORSKUL; KETTRATAD, 2018).

Em algumas espécies de peixes a espermatogênese pode ser classificada do tipo cística ou semicística (MATTEI *et al.*, 1993). Na espermatogênese cística, cada cisto contém somente células germinativas no mesmo estádio, sendo liberadas no lúmen somente ao final da espermiogênese, ou seja, como espermatozoides. Na espermatogênese semicística, os cistos podem se romper com células germinativas ainda como espermátides, fazendo com que essas células terminem o processo de espermiogênese na luz tubular. Dessa forma, encontra-se espermátides junto de espermatozoides no lúmen tubular, onde ocorrerá a maturação final (COSTA, 2011). Cada espermátide evoluirá para um espermatozoide (GENTEN; TERWINGHE; DANGUY, 2009).

A estrutura germinal testicular dos teleósteos varia de acordo com a espécie, porém é possível classificá-la em dois tipos: testículos tubulares, comum em espécies mais basais taxonomicamente, e testículos lobulares, comum em teleósteos mais derivados (BILLARD *et al.*, 1982; MAZZONI, 2013; SCHULZ *et al.*, 2010; URIBE; GRIER; MEJÍA-ROA, 2014). O testículo tubular é caracterizado pela formação de alças de túbulos ventro-laterais (SOUTO *et al.*, 2017), que se interconectam, desde a periferia até a região do ducto testicular (GRIER, 1993). Desta forma, os túbulos no testículo tubular não terminam na periferia do testículo, mas sim nos ductos eferentes (URIBE; GRIER; MEJÍA-ROA, 2014). Já o testículo lobular, o mais frequente, se caracteriza pela presença de inúmeros lóbulos onde ocorre a espermatogênese, os quais são separados entre si por uma fina camada de tecido conjuntivo fibroso (GRIER, 1993; QUAGIO-GRASSIOTTO; WILDNER; ISHIBA, 2013; URIBE; GRIER; MEJÍA-ROA, 2014).

Os testículos podem ainda ser divididos, quanto à organização e distribuição das espermatogônias em seus túbulos, em dois tipos: o lobular restrito e o lobular irrestrito (MAZZONI, 2013; URIBE; GRIER; MEJÍA-ROA, 2014). Nos testículos lobulares restritos, as espermatogônias ficam limitadas no final dos lóbulos e cercadas por células de Sertoli. Conforme as células germinativas maturam, os cistos migram para a região dos ductos espermáticos, localizados no centro do testículo, onde ocorre a liberação dos espermatozoides (SCHULZ *et al.*, 2010; URIBE; GRIER; MEJÍA-ROA, 2014). Nos testículos lobulares irrestritos, as espermatogônias não possuem localização definida, podendo ser distribuídas ao

longo de todo o comprimento dos túbulos, sendo mais abundantes na periferia e menos próximo aos ductos eferentes. Os cistos não migram durante seu desenvolvimento (GRIER, 1981; SCHULZ *et al.*, 2010) e os espermatozoides são liberados no lúmen lobular, que estará conectado ao ducto eferente ao final da espermiogênese. Durante a espermatogênese, cistos podem ser vistos em diferentes estádios ao longo dos lóbulos (BILLARD, 1986; SCHULZ *et al.*, 2010; URIBE; GRIER; MEJÍA-ROA, 2014). Por fim, os testículos podem ainda ser classificados como com organização espermatogonial intermediária, na qual as espermatogônias podem aparecer preferencialmente, mas não exclusivamente, em um local próximo da túnica albugínea (BILLARD *et al.*, 1982; SCHULZ *et al.*, 2010; URIBE; GRIER; MEJÍA-ROA, 2014).

Conforme a maturação avança e a espermiogênese termina, os cistos são rompidos, liberando os espermatozoides. Desta forma, quando o peixe está com ejaculação iminente, o epitélio germinativo se transforma de lobulado e contínuo, com muitas espermatogônias e espermatocistos em diversas fases de maturação, para uma forma anastomosada e descontínua, com poucos cistos (BROWN-PETERSON *et al.*, 2011; GRIER, 1981, 2002). Quando o testículo começa a se regenerar, observa-se proliferação de espermatogônias, células de Sertoli e, consequentemente, espermatocistos (URIBE; GRIER; MEJÍA-ROA, 2014).

Além disso, as células intersticiais sofrem desenvolvimento máximo (parecendo assim, sinalizar atividade secretora) imediatamente antes e durante o período reprodutivo. A presença delas pode ser parcialmente obscurecida, antes da desova, pela aglomeração e distensão de testículo com esperma (GENTEN; TERWINGHE; DANGUY, 2009).

1.4.2 Ovogênese

A ovogênese, ou desenvolvimento ovocitário, pode ser caracterizada pela formação, crescimento e maturação do gameta feminino (BAKER, 1982). Estudos semelhantes em teleósteos nas últimas décadas subdividiram genericamente este desenvolvimento em fases: primária, alvéolo cortical, vitelogênese e maturação final (MCMILLAN, 2007; QUAGIO-GRASSIOTTO; WILDNER; ISHIBA, 2013; WALLACE; SELMAN, 1981; WEST, 1990). A fase de desenvolvimento primária começa a partir da transformação da ovogônia para ovócitos primários (WALLACE; SELMAN, 1981; WEST, 1990). Neste estágio, ovócitos são independentes do hormônio gonadotropina, não contêm vitelo e constituem uma "reserva de ovócitos" para futuras reproduções (MURUA; SABORIDO-REY, 2003). A partir da próxima fase, alvéolo cortical, os ovócitos são dependentes de gonadotropina (LUBZENS *et al.*, 2010).

Em peixes marinhos, esta fase é caracterizada pelo surgimento de alvéolos corticais e de vesículas lipídicas no citoplasma, as quais indicam que o ovócito provavelmente vai continuar seu desenvolvimento nesta época reprodutiva (MURUA; SABORIDO-REY, 2003; TYLER; SUMPTER, 1996; WALLACE; SELMAN, 1981). Ainda nesta fase, os componentes do folículo do ovócito (invólucro da célula) como a zona radiata, teca e as células da camada granulosa, começam a aparecer (WEST, 1990).

A partir da fase de alvéolo cortical, o ovócito passa a sofrer o processo de vitelogênese, induzido pelo hormônio estradiol. A vitelogênese é o processo de acúmulo de vitelo proteico no citoplasma, fazendo com o que o ovócito aumente em tamanho (URBATZKA; ROCHA; ROCHA, 2011). Este estágio encerra quando o ovócito chega no seu tamanho máximo, que em peixes marinhos é caracterizado pelo processo de hidratação do ovócito (VAZZOLER, 1996).

No último estágio de maturação de um ovócito observa-se a migração da vesícula germinal (núcleo) para a região da célula que contém a micrópila, abertura por onde ocorrerá a fecundação (MURUA; SABORIDO-REY, 2003). O invólucro do núcleo se desfaz, fazendo com que este se misture ao conteúdo do citoplasma que o envolve (MCMILLAN, 2007). Enquanto isso, as gotas de óleo e de vitelo coalescem no citoplasma (WALLACE; SELMAN, 1981). Em peixes marinhos ainda ocorre o processo de hidratação/hialinização (VAZZOLER, 1996). Ao final da maturação, o ovócito aumenta ainda mais de tamanho devido à incorporação de água do meio, através de proteínas conhecidas como hidroporinas, sinalizando que a desova ocorrerá em breve, dentro de algumas horas (VAZZOLER, 1996). Este processo garante a flutuabilidade dos ovócitos e ovos pelágicos, sendo muito importante para a distribuição e sobrevivência das larvas e, consequentemente, da espécie (SUNDBY; KRISTIANSEN, 2015; TYLER; SUMPTER, 1996; URBATZKA; ROCHA; ROCHA, 2011; WALLACE; SELMAN, 1981). Assim, os ovócitos hidratados se soltam da lamela do ovário em direção ao lúmen, por fim sendo eliminados pelo gonoduto (URBATZKA; ROCHA; ROCHA, 2011). O folículo restante na gônada é chamado de folículo pós-ovulatório (“post-ovulatory folicule*”* = POF) e é absorvido aos poucos, passando por diferentes estágios (GANIAS, 2013; GURAYA, 1986; HUNTER; MACEWICZ, 1985a)

É possível ainda classificar o desenvolvimento ovocitário em três diferentes tipos de organização: sincrônico, grupo-sincrônico e assincrônico (MCBRIDE *et al.*, 2015). O desenvolvimento ovocitário sincrônico é típico de espécies semélparas, ou seja, aquelas que se reproduzem somente uma vez em sua vida. Neste caso, todos os ovócitos se desenvolvem e são desovados ao mesmo tempo. Os outros dois tipos são característicos de animais que se reproduzem mais vezes na vida, porém os grupo-sincrônicos possuem geralmente duas

populações de ovócitos, separados por um hiato em seu tamanho, que podem ser observadas em uma fêmea madura. Neste grupo, os ovócitos maduros são desovados, enquanto os menores são utilizados como reserva para a próxima época de reprodução (MURUA; SABORIDO-REY, 2003). Por fim, aqueles que possuem o desenvolvimento assincrônico, como é característico em peixes de águas tropicais e também o caso da espécie aqui estudada, *S. brasiliensis*, apresentam ovócitos em todos os estágios de desenvolvimento em uma fêmea madura. Durante uma estação reprodutiva, os ovócitos vão amadurecendo em lotes, sendo os mais maduros desovados e os demais amadurecendo para a próxima desova.

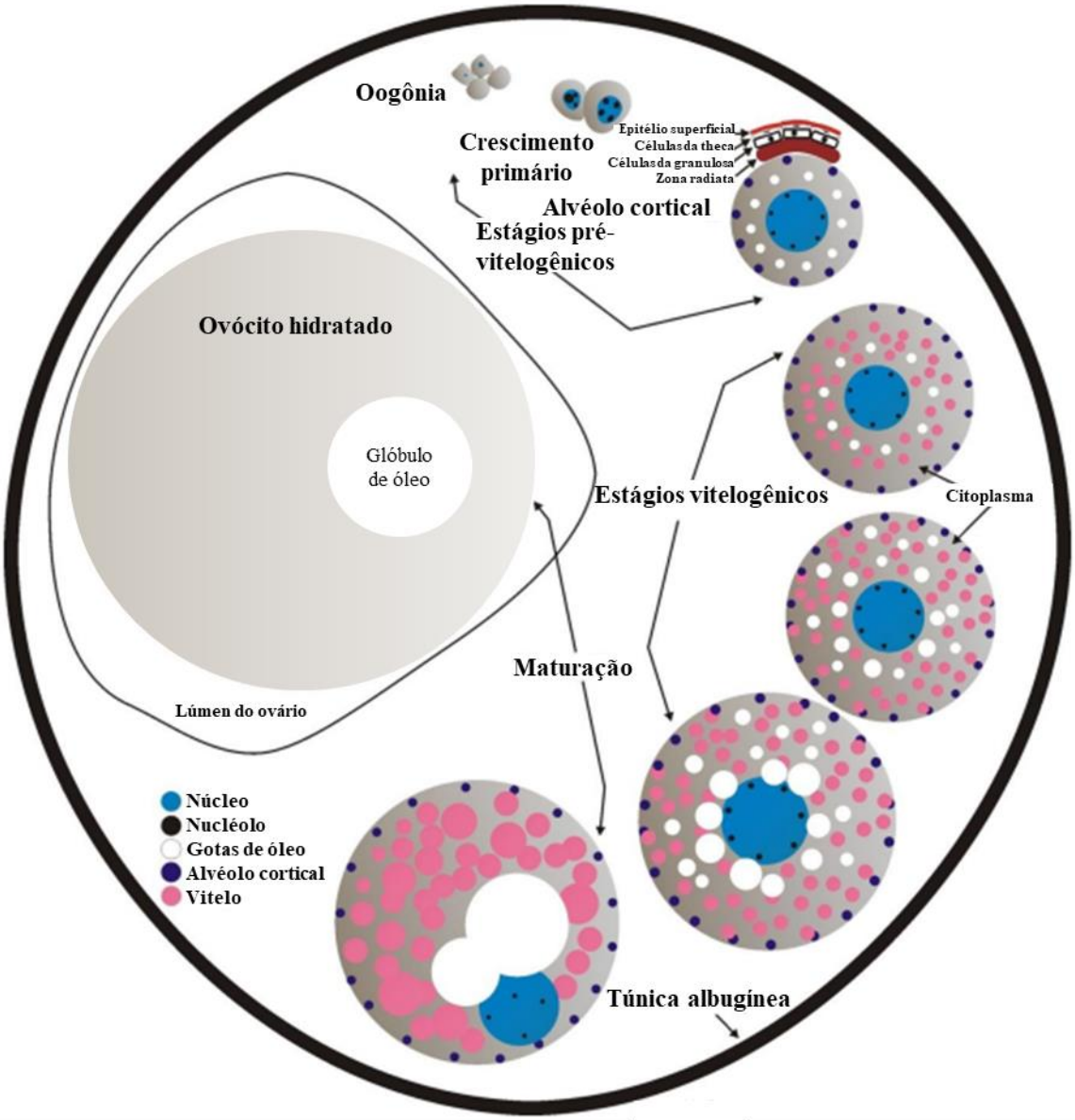


Figura 1-4 Ilustração da maturação do ovócito em peixes marinhos. Adaptado de Costa (2015).

1.4.3 Padrão de desova

Baseado no ritmo que os ovócitos são desovados, pode-se descrever dois tipos de padrões: a desova total e a desova em lotes (MURUA; SABORIDO-REY, 2003; TYLER; SUMPTER, 1996). A desova total é característica de espécies com organização ovariana sincrônica. Elas desovam todos os seus ovócitos maduros dentro de um curto período de tempo, durante uma a duas semanas, mas em apenas um episódio reprodutivo (HOLDEN; RAITT, 1974). Em compensação, as espécies que desovam em lotes geralmente apresentam organização ovariana assincrônica. Seus ovócitos são recrutados e desovados várias vezes durante uma mesma estação reprodutiva, que pode durar meses (MURUA; SABORIDO-REY, 2003). No entanto, como discutido por Vazzoler (1996), este padrão nem sempre é observado. É possível haver desenvolvimento assincrônico com eliminação apenas do lote mais avançado e absorção dos demais, bem como desenvolvimento assincrônico inicial e retenção dos lotes até que todos os ovócitos atinjam a maturação completa e a hidratação.

A desova em lotes, que é o caso da sardinha-verdadeira (CERGOLE; DIAS-NETO, 2011), pode ser vista como uma estratégia para se desovar durante um longo período de tempo, aumentando a janela de oportunidade para sobrevivência das larvas (CURY; PAULY, 2000). Em locais onde há ressurgência, tipicamente próximo das áreas em que a sardinha-verdadeira desova, a sobrevivência das larvas varia com a intensidade da ressurgência, assim como a turbulência da água, temperatura, disponibilidade de alimento e outros fatores, tanto bióticos quanto abióticos (CURY *et al.*, 2000; SUNYE; SERVAIN, 1998).

1.4.4 Fecundidade

Fecundidade é uma variável quantitativa, que expressa o número de ovócitos maduros desovados por uma fêmea em uma estação reprodutiva (COSTA, 2015; GANIAS, 2014). Pode ser considerada como o componente mais importante de uma estratégia reprodutiva em peixes marinhos (LOWERRE-BARBIERI, 2009). O número total de ovócitos produzidos é típico de uma espécie, no entanto, este número comumente flutua por sofrer variações de diversas naturezas. Alguns fatores influenciam o número total de ovócitos liberados por uma fêmea: idade e tamanho da fêmea, variação genética intraespecífica, fatores ambientais, pressão pesqueira e a condição nutricional (DENNEY; JENNINGS; REYNOLDS, 2002; LAMBERT, 2008; LAMBERT *et al.*, 2003; TYLER; SUMPTER, 1996).

A fecundidade em teleósteos pode ser classificada em dois tipos: determinada e indeterminada (GANIAS, 2014; MURUA; SABORIDO-REY, 2003). A fecundidade

determinada é característica de espécies com organização ovariana sincrônica, nas quais sua fecundidade potencial anual é fixada antes da desova, já que os ovócitos pré-vitelogênicos foram totalmente recrutados (passam a fazer parte do estoque de ovócitos vitelogênicos) durante a época de maturação. As espécies com organização ovariana assincrônica podem ter fecundidade classificada como indeterminada ou determinada. Já a fecundidade indeterminada pode ser vista em espécies com organização ovariana assincrônica ou grupo-sincrônica. Ao contrário da anteriormente descrita, na fecundidade indeterminada os ovócitos são recrutados continuamente durante a época de desova em uma fêmea madura, em um processo chamado de *de novo vitelogenesis* (GANIAS, 2014; MURUA; SABORIDO-REY, 2003). Neste caso, a fecundidade potencial de uma espécie deve ser estimada utilizando os valores da fecundidade do lote, a fração desovante e a duração da época de desova (HUNTER; MACEWICZ, 1985a).

Dados de fecundidade de peixes marinhos, principalmente para aqueles com fecundidade indeterminada, são escassos (FITZHUGH *et al.*, 2012; LOWERRE-BARBIERI, 2009; TOMKIEWICZ *et al.*, 2003). No entanto, o conhecimento da fecundidade é muito importante para estimar o potencial reprodutivo de uma espécie, sua dinâmica populacional (modelos de estoque-recrutamento), sua produtividade (biomassa do estoque desovante) e para caracterizar e diferenciar populações, subpopulações e estoques (ARMSTRONG; WITTHAMES, 2012; DEMARTINI; SIKKEL, 2006; KRAUS; TOMKIEWICZ; KÖSTER, 2002; LAMBERT, 2008). Estes estudos também servem de fonte de informação para monitoramento de populações em relação à mudanças climáticas e resiliência à pressão pesqueira (SADOVY, 2001; STRÜSSMANN *et al.*, 2010).

Até este momento, foram apresentados diversos termos técnicos e expressões empregadas especificamente no estudo de reprodução de peixes. Alguns destes termos, já definidos pela literatura (COSTA, 2015; HUNTER, 1992; MURUA; SABORIDO-REY, 2003), foram compilados e traduzidos no APÊNDICE A.

1.4.5 Atresia

Atresia é o processo de absorção de ovócitos e folículos (BAGENAL, 1978), comum em ovários de vertebrados em condições naturais (SAIDAPUR, 1978), que auxilia na manutenção da homeostasia do ovário (KUMAR; JOY, 2015). É um processo rápido, podendo durar até 10 dias em peixes de zonas temperadas (HUNTER; MACEWICZ, 1985b; KJEBSU *et al.*, 1991). A quantificação da atresia é necessária para analisar, principalmente, sua intensidade (número de ovócitos atrésicos encontrados nos ovários de uma única fêmea) e

prevalência (proporção de fêmeas com atresia alfa) (WITTHAMES; GREER WALKER, 1995). Esta quantificação é importante para espécies com fecundidade determinada, uma vez que o número de ovócitos é pré-determinado antes da desova (MURUA; SABORIDO-REY, 2003). Assim, sua fecundidade potencial deve ser corrigida pelas perdas de ovócitos atrésicos, obtendo-se a fecundidade real (HUNTER, 1992).

A atresia dificilmente é quantificada (HUNTER; MACEWICZ, 1985b; KJEBSU *et al.*, 1991; KURITA; MEIER; KJESBU, 2003; MURUA *et al.*, 2003). A duração da absorção e da desova de cada indivíduo são informações importantes para a quantificação do processo de atresia, e também as mais difíceis de serem analisadas (MURUA *et al.*, 2003). A atresia pode ser influenciada por estresse, temperatura do meio, condição nutricional do peixe, entre outros fatores bióticos e abióticos (CASSEL *et al.*, 2017; HUNTER; MACEWICZ, 1985b; KJEBSU *et al.*, 1991; KRAUS; TOMKIEWICZ; KÖSTER, 2002; KURITA; MEIER; KJESBU, 2003; MURUA *et al.*, 2003).

A atresia pode ser dividida em até 4 estádios, alfa, beta, gama e delta (HUNTER; MACEWICZ, 1985b). A atresia alfa (ovócito atrésico) é a fase inicial da atresia de um ovócito. O processo de atresia consiste na desintegração do núcleo, revelado pela sua forma irregular, das vesículas de vitelo, aparentando vesículas fundidas, disformes e desorganizadas. A zona radiata é dissolvida, as células da granulosa ficam mais espessas, invadindo o ovócito (dissolução da zona pelúcida). Vasos sanguíneos podem ser vistos na camada de tecido próxima à teca folicular, a qual permanece como uma fina camada que envolve as células da granulosa. Esta fase termina quando o citoplasma e vitelo são totalmente absorvidos, restando somente um folículo atrésico (estádio beta), que é muito menor do que o ovócito original. É possível ocorrer atresias em ovócitos sem vitelo. (HUNTER; MACEWICZ, 1985b; MIRANDA *et al.*, 1999; WITTHAMES; GREER WALKER, 1995). O restante dos estágios de atresia (beta, gama e delta) são estágios de absorção do folículo, sendo, portanto, denominado como folículo atrésico. Porém, são raramente classificados devido à sua dificuldade de visualização e interpretação, podendo ser confundido com folículos pós-ovulatórios velhos (HUNTER; GOLDBERG, 1980) ou até mesmo com outros estádios de absorção (HUNTER; MACEWICZ, 1985b).

1.4.6 Folículos pós-ovulatórios (POF)

Quando os ovócitos hidratados são liberados no lúmen (precedendo desova), eles deixam o folículo rompido e esvaziado, denominado folículo pós-ovulatório (POF). Esse folículo tem vida curta: geralmente cerca de 24 horas nos trópicos (SAMOILYS; ROELOFS,

2000). Espécies que desovam em temperaturas altas (>20°C) apresentam tempos de degradação mais baixos, já que sua taxa de absorção é determinada pela temperatura da água (ALDAY *et al.*, 2008; WEST, 1990). Para espécies com fecundidade indeterminada, como a sardinha-verdadeira, a presença de POF indica que o peixe já desovou na época reprodutiva (BROWN-PETERSON *et al.*, 2011; GRAMMER *et al.*, 2009; LOWERRE-BARBIERI *et al.*, 2011).

Os POFs são absorvidos aos poucos, passando por fases de envelhecimento (HUNTER; GOLDBERG, 1980). Essas fases foram descritas por Hunter e Macewicz (1985b) para *Engraulis mordax*, e fornecem uma indicação mais precisa da quantidade de tempo transcorrido do evento da desova. No guia para biologia reprodutiva aplicada de Domínguez-Petit *et al.* (2015), foi criada uma sequência básica dos processos que podem ser observados até absorção total do POF: redução do lúmen; ocorrência de vacúolos entre as células da granulosa; ocorrência de núcleos picnóticos dentro das células da granulosa; perda da estrutura laminar das células da granulosa pela quebra do folículo; reorganização celular do folículo; compactação da estrutura; redução do lúmen folicular; e por fim, a não distinção entre a teca e a granulosa. Estes autores utilizam esta sequência de guia para estimar, em dias, quanto tempo se passou desde a desova: Dia 0 para aquelas que desovaram, ou que iriam desovar na noite de coleta; Dia 1 para aquelas que desovaram na noite passada; e Dia 2 para aquelas que desovaram a duas noites. Essas medidas em dias são variáveis para cada espécie, oscilando principalmente com a temperatura do meio, sendo a absorção mais rápida em águas mais quentes.

1.4.7 Parasitismo

Peixes normalmente apresentam parasitos, e muitas vezes, em diversos órgãos ao mesmo tempo (EIRAS, 2016). A relação do parasito com o hospedeiro vem sendo melhor estudada nas últimas décadas, assim como suas consequências. Analisando as preparações permanentes de gônadas de *Sardinella brasiliensis*, foi verificada a presença de oocistos esporulados de um parasito. A partir disso, apesar de não ter sido um dos nossos objetivos iniciais, foram levantadas informações sobre parasitos em gônadas de peixes.

Pesquisando em guias de identificação (BRUNO; NOWAK; ELLIOTT, 2006; EIRAS, 2016), consultando trabalhos sobre coccidiose em gônadas de peixes (MALONGWENI, 2016; PINTO, 1956; REED; MACKENZIE; VAN DER LINGEN, 2012; SSEMPA, 2013) e até em questionamentos a estudiosos do assunto, foi identificado o "provável agente etiológico" como o protozoário coccídio *Eimeria sardinae* (Thélohan, 1890) Reichenow, 1921. O termo "provável agente etiológico" foi utilizado pois, devido ao processo de fixação do órgão e de

todo procedimento histológico, sua identificação pode estar comprometida, uma vez que é recomendado o processo de esfregaço do órgão a fresco para a análise de microparasitos.

A maioria dos coccídios infecta o epitélio intestinal (BAKER, 1969; MOLNAR, 1979), mas alguns, especialmente aqueles com grandes oocistos, se desenvolvem em outros órgãos, como rim, baço, fígado e bexiga (MOLNAR, 1979). Há estudos que mostram infecção pelo coccídio *E. sardinae* em outros órgãos, como testículos (MALONGWENI, 2016; PINTO, 1956) e ovários (DRAOUI *et al.*, 1995).

Membros do gênero *Eimeria* são caracterizados por terem quatro esporocistos dentro de um oocisto, e cada esporocisto contendo dois esporozoítos (BAKER, 1969) Os oocistos de *E. sardinae* deixam o hospedeiro durante a desova/ejaculação quando são liberados com ovócitos/esperma, sendo então ingeridos pelo seu novo hospedeiro (DRAOUI *et al.*, 1995). Assim, os esporozoítos são liberados dos esporocistos pela ação das enzimas digestivas e biliares, possibilitando a penetração nas células da mucosa intestinal (BAKER, 1969). Dessa forma, crescem dentro das células intestinais ou são transportados pelos macrófagos para o órgão-alvo da infecção no hospedeiro, onde completam seu ciclo reprodutivo (UPTON, 1984).

Infecções graves por *E. sardinae* podem causar fecundidade reduzida do peixe hospedeiro, chegando ao ponto de castração parasitária, como registrado para as espécies *Sardina pilchardus* e *Sardinella aurita* (DRAOUI *et al.*, 1995; PINTO, 1956). Além deste fato, machos de *S. sagax* fortemente infectados tinham testículos significativamente menores (relação gonadossomática reduzida) em comparação com os peixes levemente ou não infectados (MALONGWENI, 2016; SSEMPA, 2013).

1.4.8 Técnicas para avaliação da dinâmica reprodutiva

A fim de se obter as informações descritas anteriormente, é necessário analisar cuidadosamente o órgão reprodutor dos peixes, sua gônada. Mais precisamente, duas técnicas em específico são utilizadas, a histologia e a estereologia. A histologia, braço da biologia que estuda a anatomia microscópica de órgãos, é o método considerado mais acurado, confiável e não enviesado para identificação de estruturas em uma gônada (KJESBU *et al.*, 2009; LOWERRE-BARBIERI *et al.*, 2011; MURUA *et al.*, 2003; WEST, 1990). No entanto, apresenta limitações na quantificação das estruturas celulares, além de ser uma técnica onerosa que consume muito tempo para realização (KJESBU *et al.*, 2009; LOWERRE-BARBIERI *et al.*, 2011; MURUA *et al.*, 2003; WEST, 1990). Mesmo a histologia sendo amplamente utilizada

nas últimas décadas para avaliação reprodutiva de peixes, utiliza-se técnicas auxiliares, por exemplo a estereologia (LOWERRE-BARBIERI *et al.*, 2011).

A estereologia é a interpretação tridimensional de medidas feitas em seções bidimensionais (SUNDBERG, 1992; WEIBEL, 1979). Métodos estereológicos nos dão informações de células e tecidos inteiros baseados em imagens histológicas de órgãos, levando em consideração a geometria das células e probabilidades estatísticas (JENSEN, 1998; SUNDBERG, 1992; WEIBEL, 1979). Este método remove o viés do investigador, permite a detecção de pequenas alterações, que poderiam passar desapercebidas, e provê meios confiáveis de comparação entre os dados, permitindo a quantificação e análise estatística das estruturas estudadas (JENSEN, 1998; SUNDBERG, 1992; WEIBEL, 1979). Em estudos da biologia reprodutiva de peixes, a estereologia é um dos mais precisos e acurados métodos de estimativa de fecundidade a partir de imagens de seções histológicas de ovários (ARAGÓN *et al.*, 2010; BUSTAMANTE; SANTOS, 2009; EMERSON; WALKER; WITTHAMES, 1990). Dessa forma, a maioria destes estudos têm se baseado na equação proposta por Weibel *et al.* (1966) e Weibel e Gomez (1962). Esta equação depende de assunções sobre a forma dos ovócitos e sua distribuição (o chamado modelo-base de estereologia), e é baseada no princípio DELESSE, o qual diz que a fração do volume de um componente em um material é proporcional à fração de sua área, assumindo que os ovócitos são distribuídos aleatoriamente e igualmente no volume considerado (DELESSE, 1847; EMERSON; WALKER; WITTHAMES, 1990).

Análises estereológicas nos permitem a avaliar o status reprodutivos das fêmeas, incluindo a condição de desova, atresia, fecundidade, tamanho dos ovócitos além de quantificar os ovócitos pré-vitelogênicos (MURUA *et al.*, 2003). Até agora, o modelo-base da estereologia é o procedimento mais comum para estimar o número de ovócitos em um peixe (GANIAS; SOMARAKIS; NUNES, 2014). Isto inclui ovócitos de crescimento primário, vitelogênicos e atrésicos, assim como pós-ovulatórios (ALONSO-FERNÁNDEZ *et al.*, 2008; COOPER; PEARSON; GUNDERSON, 2005; COWARD; BROMAGE, 2002; GARCÍA-SEOANE; BERNAL; SABORIDO-REY, 2014; GREER WALKER; WITTHAMES; DE LOS SANTOS, 1994; HASLOB; RABADE-UBEROS; SABORIDO-REY, 2013; ISAAC-NAHUM *et al.*, 1988; KNAPP *et al.*, 2014; SABER *et al.*, 2011; VILLEGAS-RÍOS *et al.*, 2014). No entanto, não deve ser utilizado para contagem de células de formato irregular, ou de tamanho muito variável, assim como ovócitos atrésicos e folículos pós-ovulatórios (DOMÍNGUEZ-PETIT *et al.*, 2015).

1.5 Importância e justificativa

Esta dissertação está inserida no Projeto SARDINHA: Apoio técnico-científico ao plano de gestão para o uso sustentável da sardinha-verdadeira no Sudeste do Brasil, o qual foi patrocinado pelo FUNBIO- Fundo Brasileiro de Biodiversidade, com a coordenação da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI) e participação do Instituto Oceanográfico da USP (IOUSP), da Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ), da Universidade Federal do Paraná (UFPR), do Instituto de Pesca de Santos (IPesca) e a Universidade Federal Fluminense (UFF). O objetivo geral do projeto é disponibilizar apoio técnico-científico às ações associadas ao plano de gestão para o uso sustentável da sardinha-verdadeira no Sudeste-Sul do Brasil. Seus objetivos específicos são: o diagnóstico da pesca de cerco; a análise de aspectos biológicos das principais espécies que compõem a captura da pesca de cerco no Sudeste-Sul do Brasil, incluindo alimentação, reprodução, idade e crescimento, mortalidade e recrutamento; a dinâmica populacional e avaliação de estoque; a análise das interações ecológicas das espécies componentes da captura da pesca de cerco com o ambiente pelágico da plataforma continental do sudeste do Brasil; a caracterização da captura de sardinha-verdadeira para sua utilização como isca-viva na pesca de vara e isca-viva de atuns e afins; o monitoramento e avaliação das condições ambientais na distribuição e abundância da sardinha-verdadeira.

Considerando as informações previamente elencadas, esta dissertação tem como objetivo analisar aspectos biológicos reprodutivos da sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879). As informações obtidas no presente projeto serão analisadas juntamente a dados pretéritos destes espécimes, fornecendo assim informações para seu uso sustentável no Sudeste-Sul do Brasil. Tem-se como hipótese verificar se há ocorrência de variação dos parâmetros biológicos para a espécie estudada, ou seja, se há alteração temporal no tamanho de maturação médio, fecundidade, época de reprodução, recrutamento entre outros parâmetros.

1.6 Objetivos gerais e específicos

O objetivo geral desta dissertação é estudar a biologia reprodutiva da sardinha-verdadeira, subsidiando a análise de sua dinâmica reprodutiva no Sudeste-Sul do Brasil. Os objetivos específicos envolvem esforços para atualizar as informações sobre a espécie:

- Estimar os parâmetros das variáveis biométricas corpóreas e reprodutivas;
- Revisar a classificação em estádios de maturidade gonadal, reavaliando os parâmetros deles derivados;
- Identificar áreas e épocas de desova;
- Documentar a ocorrência de parasitismo gonadal e suas consequências.

2 Material e métodos

2.1 Área de estudo

Este estudo foi realizado com amostras coletadas pelos profissionais do Projeto SARDINHA: Apoio técnico-científico ao plano de gestão para o uso sustentável da sardinha-verdadeira no sudeste do Brasil, patrocinado FUNBIO - Fundo Brasileiro para a Biodiversidade. As coletas foram realizadas nos descarregamentos da frota de cerco dos portos dos estados do Rio de Janeiro e Santa Catarina. Além desses dois locais, foram coletados espécimes também no estado do Rio Grande do Sul. A área delimitada pelos cabos de São Tomé, Campos dos Goytacazes/RJ e o cabo de Santa Marta Grande, Laguna/SC, corresponde à porção da plataforma continental brasileira conhecida como plataforma continental sudeste (*Southeastern Brazilian Bight*) (Figura 2-1). Seu comprimento total é de, aproximadamente, 1.000 km e sua área de cerca de 150.000 km², com as profundidades da região de quebra da plataforma variando entre 120 e 180 m (CASTRO, 1996). Esta região apresenta maior homogeneidade durante o inverno e estratificação de massas d'água mais definida no verão, quando ocorre a termoclina sazonal, estando a camada inferior ocupada pela Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (CALADO; GANGOPADHYAY; SILVEIRA, 2008; CASTELAO; BARTH, 2006; COUTO, 2014). A ACAS é uma massa d'água fria e rica em nutrientes, que tem sua origem na região de Convergência Subtropical (33-38°S), na confluência das Correntes do Brasil e Malvinas (STRAMMA; PETERSON, 1990). Ainda na plataforma continental, podem ser observados processos de ressurgência na região de Cabo de São Tomé, Cabo Frio, Ubatuba, São Sebastião, Ilha de Santa Catarina e cabo de Santa Marta, sendo que na região de Cabo Frio este fenômeno é mais intenso e extenso (KAMPEL; LORENZZETTI; SILVA JR, 1997). Essas ressurgências estão relacionadas à intrusão da ACAS na plataforma continental.

O processo da ressurgência é caracterizado pelo afloramento de água mais fria na camada eufótica (Figura 2-2). Pode ocorrer, por diversos processos oceanográficos, como meandramentos e vórtices da Corrente do Brasil, orientação e tamanho da plataforma continental (PALMA; MATANO, 2009), e pelos ventos de nordeste, que arrastam a água superficial em direção ao mar aberto (MIRANDA, 1982) (Figura 2-2, Imagem 1). O fenômeno de ressurgência nas regiões sudeste e sul do Brasil caracteriza-se por ventos de baixa intensidade no verão, que, além de garantir o processo de ressurgência, gera pouca turbulência, características ideais para a sobrevivência e desenvolvimento das larvas da sardinha na região (JABLONSKI, 2003; JABLONSKI; LEGEY, 2004, 2005). Em termos de mesoescala (da ordem

de 100 dias), podem ocorrer penetrações de meandros ou de vórtices frontais da Corrente do Brasil sobre a Plataforma Continental (CASTRO, 1996) que podem induzir o transporte de águas profundas em direção à superfície. Meandros ciclônicos podem ocasionar ressurgências de quebra de plataforma, os quais funcionam como mecanismos importantes para a intrusão da ACAS sobre a plataforma continental (CAMPOS; GONCALVES; IKEDA, 1995; CAMPOS; VELHOTE; DA SILVEIRA, 2000).

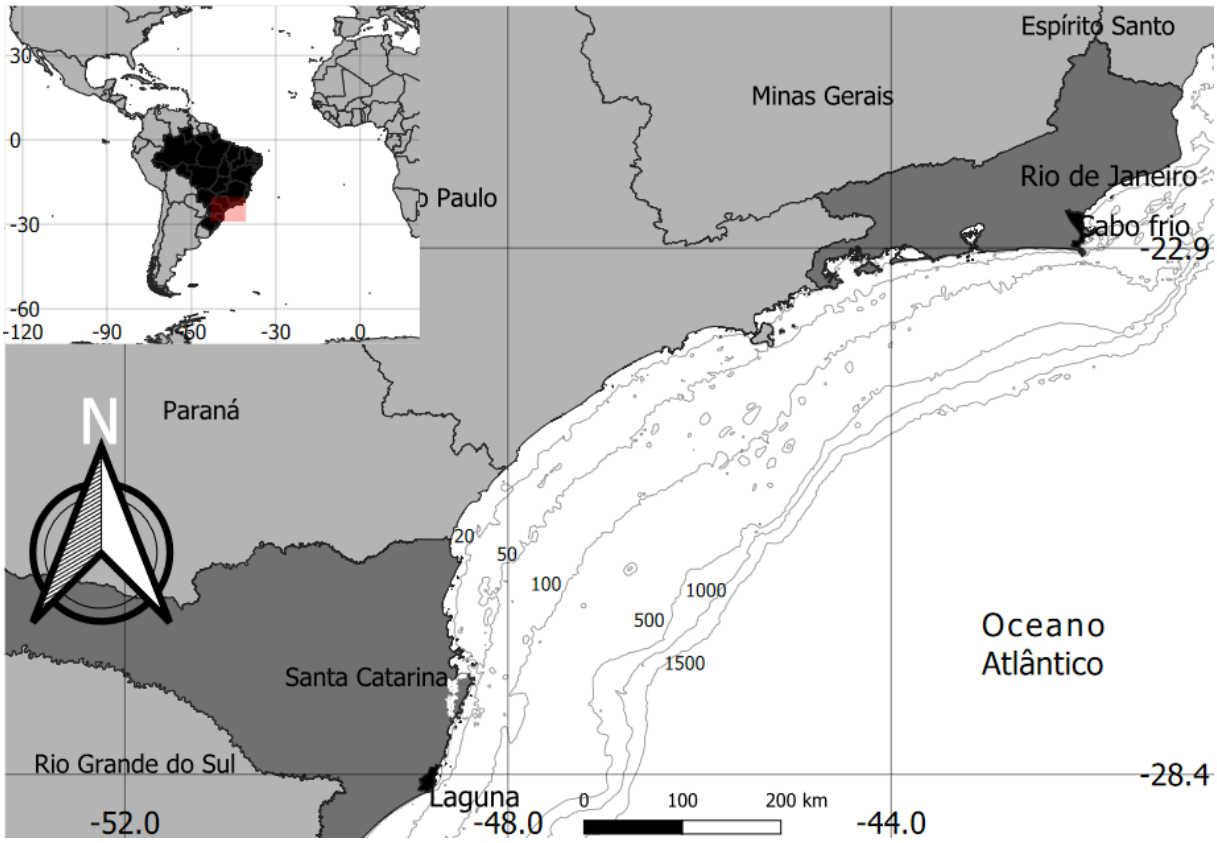


Figura 2-1. Área de estudo: Costa Sudeste-Sul do Brasil, entre os municípios de Cabo Frio (RJ, 22°S) e Laguna (SC, 28°S).

Com o afloramento desta massa d'água para a camada eufótica (Figura 2-2, Imagem 2), cria-se condições ótimas à sobrevivência de ictioplâncton, uma vez que a produção primária da região costeira aumenta, favorecendo maior concentração de plâncton nas zonas de mistura (DIAS, 1995; LOPES, 2006; MATSUURA, 1996). Acredita-se que a intrusão da ACAS na plataforma é de suma importância para a manutenção de diversas populações de peixes que têm seus períodos de desova ocorrendo durante a primavera e o verão (DIAS, 1995; LOPES, 2006; MATSUURA, 1996). A principal época de desova da sardinha-verdadeira coincide com a maior frequência desse processo oceanográfico, já que a penetração da ACAS sobre a plataforma continental não se restringe ao verão (CERGOLE; DIAS-NETO, 2011). Porém, as baixas temperaturas da ACAS não são as mais adequadas ao desenvolvimento embrionário da espécie

(MATSUURA, 1977) e, portanto, as agregações reprodutivas não ocorrem nos locais e profundidades sob a influência dessa massa de água.

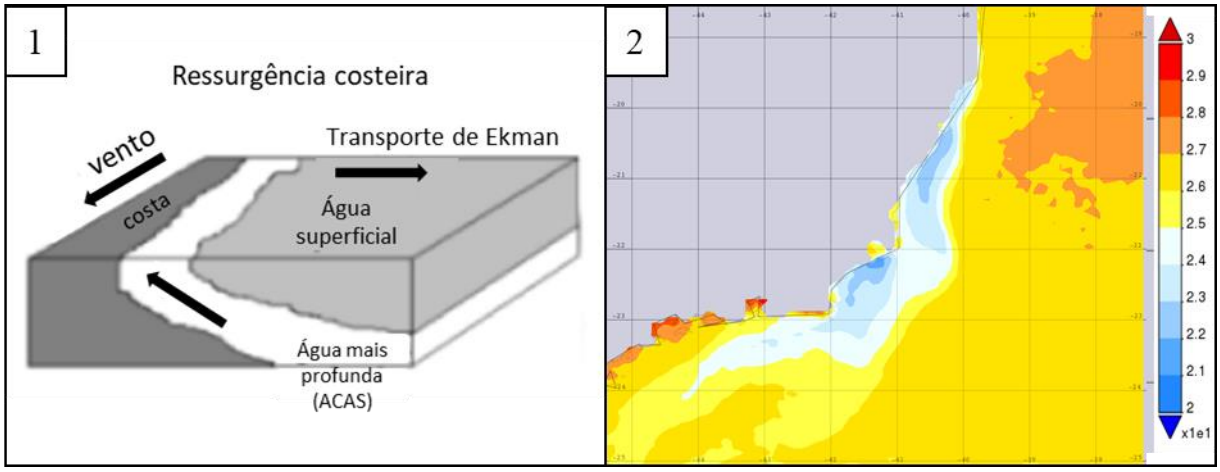


Figura 2-2 Ressurgência costeira. Imagem 1: Representação esquemática do processo de ressurgência costeira para o hemisfério sul. Fonte: Couto (2014). Imagem 2: Temperatura média da superfície da água do mar entre dezembro de 2018 e janeiro de 2019. Esta figura mostra a ressurgência costeira no estado do Rio de Janeiro causada pelo afloramento da massa d'água ACAS nos meses de verão. A escala está em °C /10. Mapa gerado com sistema de informações NASA Giovanni (ACKER; LEPTOUKH, 2019).

2.2 Amostragens

Foram amostrados espécimes de *S. brasiliensis* nos pontos de descarregamento dos estados do Rio de Janeiro e Santa Catarina, com diferentes equipes, entre 2015 e 2019. Além destes, alguns foram coletados no Rio Grande do Sul, em 2018. Foram tomados dados macroscópicos (biometria) e amostras biológicas (gônadas) para posterior análise. A Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ) coletou 1850 indivíduos entre os anos de 2016 e 2019, totalizando 36 amostragens. Não foram feitas coletas nos meses dezembro e janeiro, por se tratar do período de defeso de reprodução da espécie. No mês de julho somente houve amostragem no ano de 2019, dificuldade provocada pelo período de defeso de recrutamento da espécie. A Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI) amostrou 4823 indivíduos em 90 amostragens, durante os anos de 2015 e 2018, no entanto não foram coletadas amostras nos meses de dezembro e janeiro, e em julho somente em 2015, pelos mesmos motivos colocados acima. Incluídos nos valores acima, a UNIVALI conseguiu amostrar 178 espécimes no estado do Rio Grande do Sul, em maio de 2018. Desta forma, ao todo, foram analisados 6672 indivíduos, amostrados entre os anos de 2015 a 2019, em todos os meses, à exceção de dezembro e janeiro.

Sobre a frota que captura a espécie, o estudo realizado por Faccin (2019) em Santa Catarina revela que a frota de cerco direcionada à captura de sardinha-verdadeira, até 2012, possuía 202 embarcações, sendo que 195 utilizaram gelo para conservação do pescado, e as outras 7, construídas a partir de 2008, utilizaram salmouras para conservação. Os barcos que conservam em gelo possuem menores tempo de viagem, número de lances de pesca por viagem e tempo de conservação do pescado a bordo. Estes barcos realizam viagens mais costeiras e têm composição multiespecífica de captura, ou seja, capturando outras espécies, além da sardinha-verdadeira. Por outro lado, as embarcações que têm conservação em salmoura possuem composição monoespecífica nas capturas (p. ex. sardinha-verdadeira), maior tempo de viagem e tempo de conservação do pescado. O Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira no Estado de Santa Catarina (PMAP-SC) registrou um máximo de 54 traineiras atuando em 2017-2018, e somente 47 no primeiro semestre de 2019 (UNIVALI/EMCT/LEMA, 2021).

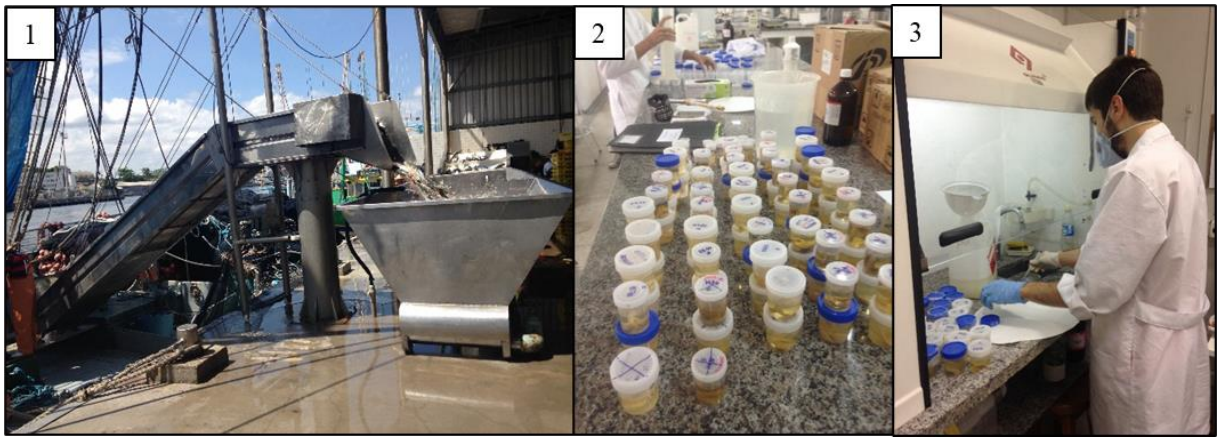


Figura 2-3 Processo de obtenção de dados. Imagem 1: Descarregamento de peixes no porto em Niterói-RJ. Imagem 2: Gônadas fixadas e armazenadas em frascos devidamente identificados. Imagem 3: Início do processamento histológico realizado no laboratório ECORREP, em São Paulo.

Com relação às embarcações do Rio de Janeiro, Begot e Vianna (2014) registraram, entre os anos de 2007 e 2012, 194 embarcações com redes de emalhe como petrecho de pesca principal. Os autores afirmam que a frota do Rio de Janeiro, em sua maioria, é composta de embarcações mal dimensionadas e antigas. Já o Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira no Estado do Rio de Janeiro (PMAP-RJ), registrou no máximo 83 embarcações do tipo traineiras em 2017, 60 em 2018 e 44 até o primeiro semestre de 2019 (FIPERJ, 2019).

Os dados utilizados nesta dissertação, coletados pelos pesquisadores da FIPERJ e da UNIVALI, foram os de biometria (peso total, comprimento total e comprimento padrão), local e data do descarregamento dos indivíduos, lote e número de cada amostra, sexo, estádio de maturidade gonadal, avaliado macroscopicamente, peso das gônadas, além de outras

informações da pescaria (região, data de saída, nome do pesqueiro, número de lances e outras), fornecidos para apenas alguns desembarques no Rio de Janeiro.

As gônadas coletadas foram fixadas em solução aquosa de formalina a 4% tamponada (VAZZOLER, 1996) e enviados para o Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP), mais precisamente para o Laboratório de Ecologia da Reprodução e do Recrutamento de Organismos Marinhos (ECORREP), através dos correios, transporte particular e transporte oficial do IOUSP. O processamento histológico de rotina das gônadas foi realizado com inclusão em parafina. As gônadas selecionadas foram submetidas ao processamento histológico de rotina com inclusão em parafina. Através da microscopia de luz foram analisados os cortes de tecidos gonadais de 5 μm, os quais foram corados com hematoxilina e eosina.

O protocolo utilizado neste estudo para a manipulação das amostras biológicas está em conformidade com as diretrizes do CONCEA – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Este protocolo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais IOUSP (CEUA-IOUSP), Protocolo N°001 Pesq., CIAEP 01250-073639-62.(615).

Esta dissertação foi dividida em partes, seguindo os objetivos propostos. A primeira parte contém as análises das informações biométricas e gonadais avaliadas macroscopicamente, além de local e data do descarregamento dos peixes. Essas informações são necessárias para estabelecer a época de desova, o recrutamento, comprimento médio de início de primeira maturação (L_{50}), proporções (p. ex. sexuais) e relações (p. ex. estágios de maturidades). A segunda etapa do trabalho foi realizada para o cálculo da fecundidade através da estereologia, além de confirmar, pela histologia, os estádios de maturidade gonadais classificados macroscopicamente. A última parte do estudo apresenta a prevalência da infecção, o índice de intensidade média de infecção e a patogenicidade causada pelo coccídio *Eimeria* nas gônadas da sardinha-verdadeira

2.3 Biometria e avaliação das gônadas

Nesta seção, serão descritas todas as análises realizadas com a biometria corporal dos peixes e os dados sexuais coletados macroscopicamente pelos pesquisadores do RJ e SC. Todos os dados foram manipulados pelo software R (R CORE TEAM, 2020), assim como o Excel 2016 (MICROSOFT CORPORATION, 2018). Apesar do número total elevado de indivíduos, nem todos foram utilizados, já que alguns espécimes não possuíam todas as informações necessárias. Desta forma, os dados foram filtrados, retirando-se os indivíduos que não possuíam as informações necessárias às análises. Para cada tipo de análise, além de avaliar como um todo,

o conjunto de dados foi dividido para cada local de coleta (RJ, SC e ambos), sexo (F, M e ambos), ano (2015 a 2019) e quando possível, por mês (fevereiro a novembro).

2.3.1 Variação temporal das classes de comprimento

A avaliação temporal das classes de comprimento que compõem as capturas auxilia a identificação de coortes, a entrada dos indivíduos menores nas capturas (recrutamento pesqueiro) e a estrutura da espécie em tamanho. Dividindo os comprimentos em classes de 1 cm, foram elaborados histogramas anuais, mensais, por sexo e local de coleta.

2.3.2 Relação peso total – comprimento total

Esta relação fornece um valor importante que é o coeficiente alométrico. Este coeficiente serve para outros cálculos, como o fator de condição, além de ter grande significado biológico, indicando a taxa de ganho de peso em relação ao de tamanho e suas variações ao longo do tempo e dos locais. Ao se pensar na taxa do ganho de comprimento como linear, o ganho de volume seria cúbico, daí o valor médio (3) utilizado para o cálculo do fator de condição de Fulton (VAZZOLER, 1996). No entanto, uma variação deste valor é esperada, por isso deve ser calculada para os períodos e regiões. Esta relação foi calculada através da equação

$$log_e(Wt) = log_e(a) + b * log_e(Lt) + \boldsymbol{\varepsilon}$$

em que log_e é o logaritmo na base neperiana, Wt é o peso total, Lt o comprimento total, b o coeficiente de inclinação da reta, $log_e(a)$ o e intercepto das ordenadas e $\boldsymbol{\varepsilon}$ o erro.

2.3.3 Fator de condição

Este é um indicador do grau de bem-estar do peixe e sua condição alimentar recente, refletindo gasto de energia em atividades cíclicas, possibilitando relações com condições ambientais e sua biologia, como a época de reprodução. Para este cálculo utilizou-se a fórmula:

$$K = \frac{Wt}{Lt^b}$$

em que K é o fator de condição, Wt o peso total, Lt o comprimento total e b o coeficiente alométrico, calculado através da relação peso X comprimento.

2.3.4 Relação comprimento total - comprimento padrão

Esta relação pode vir a ser útil quando houver dados alternativos, como comprimento padrão ao invés do comprimento total. Em muitas situações, a nadadeira caudal dos espécimes descarregados pode estar danificada, impossibilitando a tomada do comprimento total. Assim, pode-se utilizar os coeficientes aqui calculados para o cálculo do comprimento total a partir dos de comprimento padrão. Foram realizadas análises somente para os espécimes capturados no RJ, já que a UNIVALI não reportou o dado de comprimento padrão.

2.3.5 Proporções sexuais

O estudo das proporções sexuais é importante para a caracterização da estrutura de uma população (VAZZOLER, 1996). Para estimar as proporções por mês, calculou-se o valor de qui-quadrado ($\chi 2$) para verificar diferenças significativas, através da fórmula:

$$\chi^2 = 2 * \frac{(O - E)^2}{E}$$

em que *O* é a frequência observada e *E* a frequência esperada, sendo esta considerada como 50%. Os valores de $\chi 2$ maiores do que 3,84 foram considerados significativamente diferentes (ZAR, 1999). Os resultados foram expressos por mês, estádio de maturidade e classe de comprimento, dividido a cada centímetro.

É importante considerar que as coletas realizadas não contemplaram o período referente ao pico de desova, que coincide com o defeso de reprodução para a espécie.

2.3.6 Escala de maturidade macroscópica

A classificação macroscópica dos estádios de maturidade gonadal, tanto para fêmeas (ovários) quanto para machos (testículos), foi baseada no trabalho de Vazzoler (1996), a qual contempla 4 estádios de maturidade do desenvolvimento gonadal (imaturo, em maturação, maduro e esvaziado) (Tabela 2-1). O estádio esvaziado foi originalmente abreviado com a letra ‘D’, mas foram alterados aqui como ‘E’ para que seja mais fácil sua comparação com o estádio correlato da análise microscópica (Tabela 2-2).

Tabela 2-1 Escala de maturidade utilizada para classificar macroscopicamente as gônadas (ovários e testículos) de *Sardinella brasiliensis* descarregadas nos portos do Rio de Janeiro e Santa Catarina e Rio Grande do Sul, nos anos de 2015 e 2019. A escala adaptada de Vazzoler (1996).

Estádios	Descrição ovariana	Descrição testicular
(A) Imaturo	Ovários filiformes, translúcidos, de tamanho muito reduzido, ocupando menos de 1/3 da cavidade celomática, sem sinais de vascularização e sem visualização de ovócitos	Os testículos são reduzidos, filiformes e translúcidos, ocupando menos de 1/3 da cavidade celomática
(B) Em maturação	Ovários ocupam cerca de 1/3 a 2/3 da cavidade celomática, parcialmente translúcidos e rosados, observam-se grânulos opacos (ovócitos) pequenos e médios	Testículos desenvolvidos, porém pequenos, com forma lobulada
(C) Maduro	Ovários ocupam quase que totalmente a cavidade celomática, túrgidos, observa-se ovócitos grandes amarelados, opacos e/ou translúcidos, cuja frequência varia com o progresso da maturação	Testículos túrgidos, firmes, opacos e esbranquiçados, ocupando grande parte da cavidade celomática
(E) Esvaziado	Ovários em diferentes graus de flacidez, de aspecto hemorrágico, ocupando menos de 1/3 da cavidade celomática; observa-se poucos ovócitos com aspecto de grumos esbranquiçados (em absorção). Este estádio pode ser confundido com o B, do qual se distingue pela presença de zonas hemorrágicas.	Testículos flácidos, com aspecto hemorrágico e aparência pouco leitosa

2.3.7 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade avaliados por macroscopia

Análises das frequências de ocorrência dos estádios de maturidade ao longo do tempo permitem inferências sobre o período reprodutivo. A exemplo, um pico de desova da espécie é característico quando uma maior frequência de espécimes classificados como maduros e desovantes for seguida de um período com a maior frequência de indivíduos no estágio em recuperação. A Tabela 2-1 apresenta a escala de maturidade macroscópica e os estádios considerados.

Esta análise foi abordada de três formas, através de histogramas que consideram como 100%: o número total de indivíduos de cada ano, o número de indivíduos em cada estádio de maturidade e número de indivíduos de cada mês. Estas abordagens servem para o entender os processos de amadurecimento gonadal, o período reprodutivo e o recrutamento ao longo do ano. Para cada tipo de histograma descrito acima, foram feitas análises anuais e mensais para cada sexo e local de coleta.

2.3.8 Variação temporal da relação gonadossomática (RGS)

A RGS expressa a porcentagem que as gônadas representam do peso total ou do peso do corpo dos indivíduos. Sua variação temporal fornece indicações sobre o período reprodutivo da espécie. A RGS é calculada pela fórmula:

$$\mathrm{RGS} = \frac{Wg}{Wt} * 100$$

em que *Wg* é o peso das gônadas e *Wt* o peso total. Note que o cálculo é multiplicado por 100 para se obter sua porcentagem.

2.3.9 Comprimento médio de início de primeira maturação gonadal (L_{50})

Esta medida corresponde àquela na qual um indivíduo tem 50% de probabilidade de estar maduro, portanto, ter iniciado seu ciclo reprodutivo (VAZZOLER, 1996). Se baseia no pressuposto de que os indivíduos no estádio de maturidade A são imaturos, virgens ou jovens, ou seja, ainda não tiveram nenhuma atividade reprodutiva. Já os demais estádios (B, C e E) já estiveram ou estão em atividade reprodutiva, sendo chamados de maduros ou adultos. As informações sobre a escala utilizada e os estádios de maturidade considerados encontram-se na Tabela 2-1. Desta forma, os espécimes foram divididos em imaturos/jovens (estádio A) e maduros/adultos (demais estádios). A seguir, ajusta-se a curva do tipo sigmoide aos dados de classe de tamanho por maturidade binária (imaturos/maduros). Do ponto correspondente a 50% na ordenada, traça-se uma paralela à abscissa até o ponto que intercepte a curva para encontrar o valor de L_{50}. Utilizou-se o pacote 'sizeMat' (TORREJON-MAGALLANES, 2019) para este cálculo, o qual fornece o valor de L_{50} além de estimativas para os coeficientes *a* e *b* da equação. Este pacote utiliza a fórmula de uma sigmoide:

$$Y = \frac{1}{1 + e^{-(a*bX)}}$$

em que *Y* é a porcentagem de maduros na população, *X* o comprimento (por classe, em cm) e *a* e *b* os parâmetros da curva a serem estimados.

2.4 Estudo microscópico: histologia e estereologia

Gônadas de 346 indivíduos, do Rio de Janeiro, Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, foram processadas histologicamente para se obter preparações permanentes para posterior

análise sob microscopia de luz. Todos os dados foram manipulados pelo software R (R CORE TEAM, 2020), assim como o Excel 2016 (MICROSOFT CORPORATION, 2018). Os peixes capturados no RJ, SC e no RS, foram analisados separadamente e de forma conjunta. Algumas análises nesta seção serão comparadas diretamente com suas respectivas análises macroscópicas, a fim de revelar pontos críticos de erros na classificação macroscópica realizada em campo. Ressalta-se que erros são comuns, e identificá-los é de suma importância, pois podem servir de guia para melhorar os protocolos em outras pesquisas.

2.4.1 Escala de maturidade microscópica

Inicialmente, a classificação macroscópica dos estádios de maturidade gonadal, tanto para ovários quanto para testículos, foi feita com base no trabalho de Vazzoler (1996) (Tabela 2-1). Porém, optou-se por reclassificar as gônadas, usando como referência o trabalho de Brown-Peterson *et al.* (2011). Estes autores usaram uma escala de 5 estádios de maturação denominados: imaturo, em desenvolvimento, capaz de desova, em regressão e em regeneração (Tabela 2-2). Também descrevem uma subfase, a de desova/ejaculação iminente. A classificação dos estádios ovarianos se baseia na evolução dos ovócitos, seus folículos e sua organização celular. Para os testículos, a classificação se baseia na alternância do epitélio germinativo em contínuo e descontínuo, associado às fases das células germinativas presentes. Diversos autores fizeram a revisão da evolução dos estádios de maturidade dos ovócitos (BROWN-PETERSON *et al.*, 2011; COSTA, 2015; GANIAS *et al.*, 2004; TYLER; SUMPTER, 1996; WALLACE; SELMAN, 1981) e das células germinativas masculinas (BROWN-PETERSON *et al.*, 2011; GRIER, 1981, 2002; GRIER; URIBE-ARANZÁBAL, 2009; SCHULZ *et al.*, 2010; SENARAT; JIRAUNGKOORSKUL; KETTRATAD, 2018; URIBE; GRIER; MEJÍA-ROA, 2014). Até o momento, não há estudos microscópicos dos testículos da espécie e, portanto, estes foram detalhados (Tabela 2-2).

Tabela 2-2 Descrição microscópica dos estádios de maturação dos ovários e testículos da sardinha-verdadeira. Em ovócitos: PG= crescimento primário, AC= alvéolo cortical, Vtg1= vitelogênese primária, Vtg2= vitelogênese secundária, Vtg3= vitelogênese terciária, At= atresia, MN= migração nuclear, HID= hidratado, POF= folículo pós-ovulatório. Em células germinativas masculinas: SG= espermatogônias, SC= espermatócito, ST= espermátide, SZ= espermatozoide.

Estádio de maturidade gonadal	Descrição histológica		Células possivelmente presentes	
Estádio	Ovários	Testículos	Ovócitos	Células germinativas masculinas
(A) Imaturo	Muito organizados, com ovócitos, ovogônias e pouco tecido intersticial	Epitélio germinativo contínuo; lúmen dos túbulos seminíferos imperceptíveis	PG	SG
(B) Em desenvolvimento	Início da vitelogênese nos ovócitos; grau de organização dependente da quantidade de vezes que a fêmea desovou	Proliferação de SC e ST nos cistos, com predomínio de SG e poucos SZ (residuais ou não); epitélio germinativo contínuo, mas com início de descontinuidade; lúmen dos túbulos de reduzido a dilatado	PG, AC, Vtg 1 e 2, At	SG, SC, ST, SZ
(C) Capaz de desova/ ejaculação	Ovócitos grandes, chegando a Vtg 3	Epitélio germinativo descontínuo; ausência de cistos de SG e SC nas paredes dos túbulos. Abertura dos cistos com liberação de ST e SZ nos túbulos seminíferos anastomosados.	PG, AC, Vtg 1, 2 e 3, At	SC, ST, SZ
(D) Subestádio Desova/ejaculação iminente	Presença de ovócitos em fase de MN e HID	Epitélio germinativo descontínuo; túbulos e ductos repletos de SZ; poucos cistos dispersos.	PG, AC, Vtg 1, 2 e 3, At, MN, HID	SC, ST e SZ em maior quantidade
(E) Regressão	Pouca organização celular e presença de POFs; presença de atresia	Epitélio germinativo descontínuo; áreas hemorrágicas; desorganização dos túbulos seminíferos. SZ residuais no ducto; proliferação periférica de SG; cistos com ST não liberadas; poucos túbulos anastomosados.	PG, POF, At	SG, SC, ST, SZ
(F) Regeneração	Semelhante ao imaturo, porém menos organizado; presença de POFs velhos; parede ovariana espessada	Epitélio germinativo contínuo; proliferação de SG por todo lóbulo; sem cistos de SC e ST; difere do estádio imaturo por presença residual de SZ em alguns túbulos e pelo espessamento do tecido intersticial.	PG	SG, SZ

2.4.2 Tamanho, frequência e recrutamento de ovócitos

O diâmetro de, pelo menos, 50 ovócitos de cada fase de desenvolvimento foram medidos (ARAGÓN *et al.*, 2010; COSTA, 2015; MURUA *et al.*, 2003). Foram usadas somente fêmeas classificadas em estádio capaz de desova (C), ou seja, fêmeas cujos ovários continham ovócitos no estádio vitelogênico terciário (Vtg3), e sem a presença de folículos pós-ovulatórios (POF). O diâmetro foi estimado pela média entre o raio maior e o raio menor. Os valores dos raios foram obtidos através de medições de imagens das preparações permanentes utilizando o software ImageJ (RASBAND, 1997). Somente ovócitos que tiveram seus núcleos seccionados e centralizados foram contabilizados.

Com esses dados, foram estudadas a relação entre o diâmetro dos ovócitos e as fases de desenvolvimento ovocitário, frequência do tamanho dos ovócitos em cada fase de desenvolvimento ovocitário (considerando classes de comprimento de 40 μm) e o diâmetro médio do recrutamento de ovócitos avitelogênicos para a fase vitelogênica (PG para AC), assim deixando de fazer parte do "estoque reserva" (SUDEPE, 1982). A partir dessas informações também é possível verificar o tipo de fecundidade, se determinada ou indeterminada (MURUA *et al.*, 2003) para a espécie.

2.4.3 Atresia

Ovócitos e folículos atrésicos são as células e estruturas que não foram eliminadas e estão sofrendo processos degenerativos, sendo desintegrados e absorvidos (HUNTER; MACEWICZ, 1985b; VAZZOLER, 1996). Este fenômeno pode acontecer em qualquer fase do ciclo reprodutivo, desde a maturação até a desova. A ocorrência de atresia no ambiente natural está relacionada com condições degenerativas normais, devido a mudanças sazonais de origem biótica (condições alimentares e nutricionais) ou abióticas (variações de temperatura, concentração de oxigênio). Este processo é um mecanismo que permite a reciclagem de componentes e energia (KURITA; MEIER; KJESBU, 2003). A identificação dos folículos atrésicos seguiu a descrição de Hunter e Macewicz (1985b).

2.4.4 Folículo pós-ovulatório (POF)

O trabalhos de Hunter e Goldberg (1980), Hunter e Macewicz (1985b), Zamarro (1991), Brown-Peterson *et al.* (2011) e Domínguez-Petit *et al.* (2015) foram utilizados como referência para identificação e classificação dos POFs. A espécie tratada no estudo possui desova

parcelada, assim como a sardinha-verdadeira. No entanto, no presente estudo, categorizou-se os POFs somente como alfa ou beta, que correspondem às duas primeiras fases de absorção dos folículos. Os POFs alfa são maiores, com formato irregular, com pouco ou sem sinal de degradação: células foliculares de médias a altas e íntegras, e teca também íntegra, caracterizando desova recente. Esta fase foi subdividida em três fases de degradação/absorção (inicial, média e avançada). Os POFs beta são aqueles muito semelhantes à atresia folicular, devido à degradação avançada. A identificação de POFs é importante para uma classificação correta do estádio de maturidade de uma fêmea, além de evitar erros em cálculos de fecundidade. Hunter e Goldberg (1980) descreveram que, folículos alfa caracterizam uma desova recente (<24h), enquanto folículos beta demonstram desova ocorrida a mais tempo (>24h).

2.4.5 Diferença entre as classificações macroscópicas e microscópicas das gônadas

Após finalizadas as classificações microscópicas dos estádios de maturidade e dos sexos, os resultados destas avaliações foram comparados com aqueles das classificações macroscópicas dos mesmos indivíduos. Os resultados revelam erros na identificação dos sexos e quais os estádios de maturidade tiveram mais acertos/erros, e se foram sub- ou superestimados.

2.4.6 Variação temporal dos estádios de maturidade avaliados por microscopia

As gônadas já avaliadas macroscopicamente foram reavaliadas, porém agora considerando microscopicamente os estádios de maturidade gonadal. Semelhante às análises macroscópicas (Seção 2.3.7), foram montados três tipos de histogramas: considerando o número total de indivíduos como 100%, o número de indivíduos em cada estádio de maturidade gonadal como 100% e o número de indivíduos em cada mês como 100%. Como o número amostral de animais avaliados microscopicamente é bem menor, as análises consideraram todos os anos agrupados, porém separados por sexo (F, M e F+M) e por local de amostragem (RJ, SC e RJ+SC).

2.4.7 Comprimento médio de início de primeira maturação gonadal (L_{50}) estimado por microscopia

O L_{50} re-estimado de forma equivalente ao descrito anteriormente na Seção 2.3.9, porém usando somente indivíduos classificados microscopicamente, a fim de se obter informações

mais confiáveis com os estádios de maturidade gonadal e assim comparar com os valores obtidos na avaliação macroscópica.

2.4.8 Fecundidade

Fecundidade é o número de ovócitos liberados por fêmea, e a fecundidade relativa leva em consideração o peso corporal/gonadal ou o comprimento da fêmea (MURUA *et al.*, 2003). Pode ser interpretada diferentemente para diversas espécies, dependendo do seu tipo de desenvolvimento gonadal e gamético. No caso da espécie estudada, sua desova é em lotes e possui desenvolvimentos ovocitário assincrônico e contínuo dos ovócitos, na estação de desova. Desta forma, classifica-se a fecundidade da sardinha-verdadeira como indeterminada. Portanto, para estimativa da fecundidade da sardinha-verdadeira, deve-se considerar o número de ovócitos prontos para serem eliminados e o número de lotes (MURUA *et al.*, 2003). Esta estimativa foi realizada considerando o número de ovócitos em desenvolvimento avançado (ODA) (COSTA, 2015), definidos como o número de ovócitos em fase de vitelogênese avançada (MURUA; SABORIDO-REY, 2003), desconsiderando aqueles em processo de atresia. Algumas formas de estimativa da fecundidade por lote consideram o número de ovócitos liberados no meio por vez, com a contagem direta de ovócitos em fase de migração nuclear ou hidratação, ou pelo método de estimativa através da análise das imagens de cortes dos ovários(EMERSON; WALKER; WITTHAMES, 1990; MURUA *et al.*, 2003).

Neste trabalho, os ODA da sardinha-verdadeira foram estimados através do método estequiométrico (EMERSON; WALKER; WITTHAMES, 1990; MURUA *et al.*, 2003), utilizando a fórmula (WEIBEL; KISTLER; SCHERLE, 1966):

$$ODA = \frac{O_v * K * N_a^{3/2}}{\beta * V_i^{1/2}}$$

em que ODA é o número de ovócitos em desenvolvimento avançado, O_v é o volume do ovário (cm^3), K é o coeficiente da distribuição do tamanho, β o coeficiente de formato, N_a o número de ovócitos seccionados por unidade de área e V_i é a área parcial dos ovócitos na seção histológica. Esta fórmula se baseia no princípio que a fração de um volume de um componente é proporcional a sua secção transversal (DELESSE, 1847), e que o componente está disperso aleatoriamente no tecido (MURUA; SABORIDO-REY, 2003).

O volume do ovário foi calculado através da sua relação com o peso gonadal. As gônadas que chegaram ao laboratório ECORREP já se encontravam com os lobos separados e fixados. Assim, o método proposto por Scherle (1970) e usado por Costa (2015) foi adaptado. Este método se baseia no Princípio de Arquimedes, no qual um corpo desloca líquido

proporcionalmente ao peso submerso. Adaptando este princípio, pode-se usar a fórmula $O_v = m/\rho$, em que O_v é o volume do ovário, m a massa deslocada e ρ a densidade do líquido deslocado. As gônadas foram colocadas em potes repletos por líquido de densidade conhecida (álcool absoluto 789 g/cm³) e pesados em balanças eletrônicas semi-analíticas (duas casas decimais). As gônadas foram submersas 3 vezes no líquido, sustentadas por retalhos de redes. Em cada medição, o seu peso foi anotado. Com a média destes pesos, foi feita uma regressão linear entre o volume e o peso dos ovários, forçando a curva para a origem do gráfico. Finalmente, com a reta, alcançou-se a relação entre o volume do ovário e o seu peso.

O valor de *K* foi estimado como proposto por Williams (1977):

$$K = (\frac{M_3}{M_1})^{3/2}$$

em que $M_1 = \frac{D_1+D_2+D_n}{n}$ e $M_3 = (\frac{{D_1}^3+{D_2}^3+{D_n}^3}{n})^{1/3}$. M_1 é a média do diâmetro dos ovócitos, M_3 o terceiro momento da distribuição da média do diâmetro do ovócito, e D_n o diâmetro de cada ovócito considerado, calculado pela média dos raios menor e maior (descritos anteriormente).

O valor de β foi estimado pela razão entre os raios maior e menor de cada ovócito (COWARD; BROMAGE, 2002).

Para se obter os valores de N_a e V_i, usou-se a grade de Weibel (WEIBEL; KISTLER; SCHERLE, 1966) com 135 barras e 270 pontos de teste, numa área de 0,025 cm² (Figura 2-4). Primeiramente são batidas fotos de pontos não sobrepostos das preparações permanentes dos ovários, com câmera fotográfica acoplada a um microscópio de luz. Utilizando o programa ZEISS ZEN, as imagens tiveram suas cores levemente corrigidas e a escala apropriada foi adicionada. Estas imagens então foram sobrepostas com a grade de Weibel, usando o programa ImageJ, mais especificamente o plugin ObjectJ (VISCHER; NATASE, 2020). O termo N_a foi calculado dividindo-se o número de ovócitos em Vtg3 pela área da grade (números 3 na Figura 2-4), p. ex. $N_a = 12/0.025 = 480\ \text{ovócitos/cm}^2$. Já V_i foi calculado dividindo-se o número de pontos que estão dentro dos ovócitos Vtg3 (números 1 na Figura 2-4) pelo número total de pontos reduzidos de pontos desconsiderados (números 2 na Figura 2-4), p. ex. $V_i = 142/(270 - 37) = 0{,}609$. Pontos desconsiderados são aqueles que não caem sobre nenhum ovócito, ou seja, no lúmen. Nenhum ovócito que atravessa as linhas vermelhas inferior e esquerda deve ser considerado.

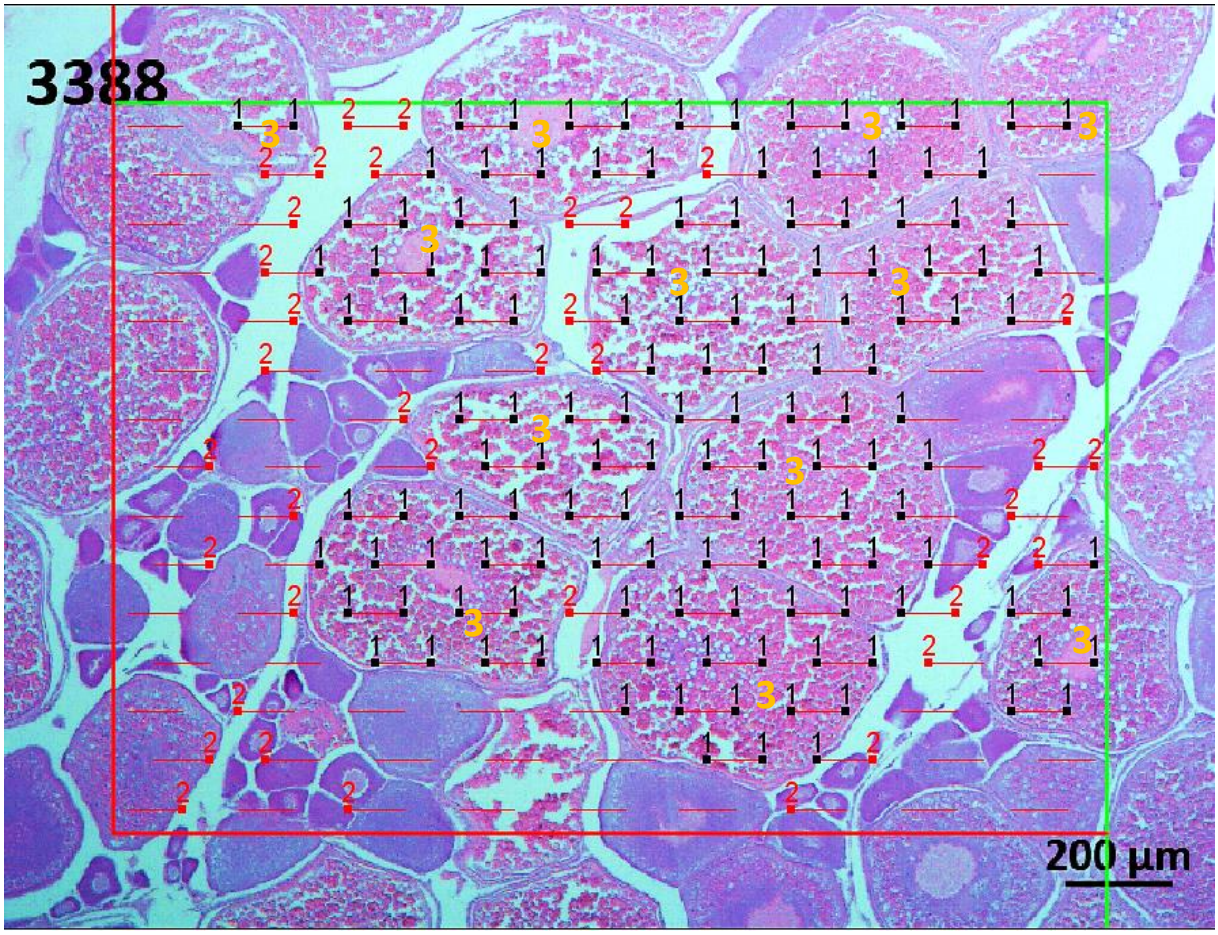


Figura 2-4 Exemplo da utilização do plugin ObjectJ no programa ImageJ para cálculo do número de ovócitos e sua área parcial no corte histológico. Na imagem histológica original, foi colocado o número da lâmina (número 3388 no canto superior esquerdo), a escala (200 µm no canto inferior direito) e a grade de Weibel. A grade é constituída por 135 barras, cujas extremidades representam os pontos de teste (n=270). O termo N_a foi calculado dividindo o número de ovócitos em Vtg3 pela área da grade (3), ou seja,.$N_a = 12/0.025 = 480\ ovócitos/cm^2$.O termo V_i foi calculado dividindo o número de pontos que estão dentro dos ovócitos Vtg3 (1) pelo número total de pontos reduzido de pontos desconsiderados (2), ou seja, $V_i = 142/(270 - 37) = 0{,}609$. Nenhum ovócito que atravessa as linhas vermelhas inferior e esquerda foi considerado.

2.4.9 Local de desova

Identificou-se os locais de desova onde foram amostrados peixes classificados, microscopicamente, como em desova/ejaculação iminente ou realizada há pouco tempo. A desova/ejaculação iminente é aquela em que o animal está prestes a liberar seus gametas na água. As fêmeas são classificadas como em desova iminente caso seja visto pelo menos um ovócito em estádio de migração nuclear ou em hidratação. Para os machos, este estádio é identificado caso os espermatozoides sejam vistos nos ductos espermáticos. A desova realizada a pouco tempo é confirmada com folículos pós-ovulatórios recentes. (BROWN-PETERSON *et al.*, 2011; ISAAC-NAHUM *et al.*, 1988).

2.4.10 Parasitismo

A identificação e quantificação dos oocistos do coccídio nas gônadas pode auxiliar no entendimento de possíveis alterações do ciclo reprodutivo dos peixes. Também pode revelar se a infecção por causa alterações histológicas gonadais, ou se interfere no desenvolvimento coporal do peixe, aleterando parâmetros de comprimento total, peso total e peso das gônadas, como já reportado por outros autores para outras espécies de sardinhas (DRAOUI *et al.*, 1995; MALONGWENI, 2016; PINTO, 1956; REED; MACKENZIE; VAN DER LINGEN, 2012).

Normalmente, os exames parasitológicos são através de esfregaços do órgão macerado (MACKENZIE, 1981). Porém, como as gônadas estavam previamente fixadas, o estudo de parasitismo por *Eimeria* restringiu-se ao exame histológico das preparações permanentes feitas para as análises anteriores. Para caracterizar o parasitismo, foram estudadas a prevalência e a intensidade média de infecção em testículos de *Sardinella brasiliensis*, amostradas nos portos do Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. O comprimento total, peso total e o peso gonadal foram comparados para avaliar diferenças entre os indivíduos parasitados e não parasitados.

Cada preparação permanente de tecido testicular foi classificada em uma categoria de índice de intensidade de infecção, com base na estimativa do número de oocistos do coccídio distribuídos nos cortes de tecido e a presença, ou não, de alterações histológicas. A estimativa do número de oocistos foi realizada qualitativamente, já que contá-los demonstrou-se impraticável pelo tempo disponível. Com base nos trabalhos de Bush *et al.* (1997) e Malongweni (2016), o Índice Médio de Intensidade de Infecção (IMII) foi adaptado da intensidade média de infecção. Para tal, foram criadas cinco categorias de intensidade de infecção, e para cada uma delas, atribuímos um índice: não infectado (índice 0); baixa infecção (índice 1); moderada (índice 2); alta (índice 3); severa (índice 4).

A prevalência de infecção foi estimada a partir da fórmula, expressa em porcentagem:

$$\text{Prevalência de infecção} = \frac{\textit{número de hospedeiros infectados}}{\textit{número de hospedeiros examinados}} * 100$$

Com a classificação em índices de infecção (0, 1, 2, 3 e 4), o Índice Médio de Intensidade de Infecção foi calculado como:

$$\text{IMII} = \frac{\textit{soma dos índices}}{\textit{número total de hospedeiros infectados por amostra}}$$

2.4.11 Estatística

O teste de Shapiro-Wilk foi aplicado antes das análises estatísticas para verificação da normalidade da distribuição dos dados (p-valor <0,05 para distribuições não-normais). Para os dados não-paramétricos, utilizou-se o teste de Mann-Whitney para os dados não-pareados. Para comparação entre os cinco grupos de infecção por parasitos, incluindo as classes de comprimento, fator de condição e peso total, utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis. Quando a hipótese nula (H_0) do teste de Kruskal-Wallis foi rejeitada, aplicou-se o teste a *posteriori* de Dunn. Foi utilizado o teste de Mann-Whitney para testar a diferença entre as amostras dos grupos infectados e não infectados pelo parasito. O coeficiente de correlação Pearson foi utilizado para verificar associações. Foi adotado o nível de significância de 5% ($p<0,05$) e 0,01% ($p<0,0001$) nos testes para avaliar valores estatisticamente diferentes. (SOKAL; ROHLF, 1981).

3 Resultados

3.1 Dados gerais

A FIPERJ coletou 1850 indivíduos em 36 amostragens, as quais foram realizadas entre os anos de 2016 e 2019 nos portos de Niterói, RJ. Os comprimentos totais (Lt) variaram entre 14,1 e 32,2 cm, com média e desvio-padrão (DP) 22,23 $\pm$ 2,66 cm, e os comprimentos padrão (Lp) variaram de 11,6 e 25,21 cm, com média e DP 18,29 $\pm$ 2,2 cm. Os pesos totais (Wt) variaram entre 20,3 e 326,61 g, com média e DP 106,28 $\pm$ 38,23 g, e peso gonadais (Wg) variaram entre 0,011 e 24,367 g, com média e DP 2,42 $\pm$ 2,69 g.

As fêmeas amostradas no RJ tiveram Lt médio e DP 22,63 $\pm$ 2,7 cm, e os machos 22 $\pm$ 2,40 cm. Esses comprimentos foram significativamente diferentes (Mann-Whitney, $p<0,01$). Com relação ao Lp, as fêmeas tiveram média e DP 18,62 $\pm$ 2,21 cm, e os machos 18,1 $\pm$ 2 cm. Esses comprimentos foram significativamente diferentes (Mann-Whitney, $p<0,01$). Dessa forma, pode-se dizer que as fêmeas foram maiores do que os machos no RJ.

As fêmeas amostradas no RJ tiveram Wt médio e DP 112,46 $\pm$ 40,54 g, e os machos 101,8 $\pm$ 32,55 g. Esses pesos foram significativamente diferentes (Mann-Whitney, $p<0,01$). Dessa forma, as fêmeas foram mais pesadas do que os machos. Com relação ao Wg, as fêmeas tiveram médio e DP 2,51 $\pm$ 2,83 g, e os machos 2,35 $\pm$ 2,51. Esses pesos foram estatisticamente parecidos, sendo diferentes a um nível de significância de 5%, mas não de 1% (Mann-Whitney, $p=0,01215$). Dessa forma, as gônadas das fêmeas pouco mais pesadas do que as dos machos.

A UNIVALI obteve 4822 indivíduos em 90 amostragens. As coletas foram realizadas entre os anos de 2015 e 2018 nos portos de Itajaí e Navegantes, SC. Os comprimentos totais dos peixes coletados variaram entre 12 e 34,2 cm, com média e DP 21,19 $\pm$ 2,06 cm. Não foram tomados os dados de comprimentos padrão por esta instituição. Os pesos totais variaram entre 5,43 e 394,00 g, com média e DP 81,62 $\pm$ 25,21 g, enquanto os pesos gonadais variaram de 0,01 a 16,17 g, com média e DP 1,07 $\pm$ 1,57 g.

As fêmeas amostradas em SC tiveram Lt médio e DP 21,57 $\pm$ 2,03 cm, e os machos 21 $\pm$ 1,86. Esses comprimentos não foram significativamente diferentes (Mann-Whitney, $p<0,01$). Dessa forma, as fêmeas foram maiores do que os machos.

As fêmeas amostradas em SC tiveram Wt médio e DP 86,46 $\pm$ 26,15 g, e os machos 78,16 $\pm$ 22,11 g. Esses pesos foram significativamente diferentes (Mann-Whitney, $p<0,01$). Dessa forma, as fêmeas foram mais pesadas do que os machos. Com relação ao Wg, as fêmeas tiveram médio e DP 1,16 $\pm$ 1,67 g, e os machos 1 $\pm$ 1,46. Esses pesos foram significativamente

diferentes (Mann-Whitney, p<0,01). Dessa forma, as gônadas das fêmeas foram mais pesadas do que as dos machos.

A UNIVALI também conseguiu amostrar 178 espécimes de *S. brasiliensis* na costa do Rio Grande do Sul em 2018. O comprimento total médio e DP destes indivíduos foi 19,4 ± 1,05 cm, o Lt das fêmeas foi 19,6 ± 0,68 cm e dos machos 19,4 ± 0,71 cm. O valor de Lt das fêmeas e dos machos não foram significativamente diferentes (Mann-Whitney, p= 0,07). O peso total médio com DP foi 62,37 ± 10 g, o Wt das fêmeas foi 63,6 ± 8,18 g e dos machos foi 60,3 ± 7,9 g. O valor de Wt das fêmeas e dos machos não foram significativamente diferentes (Mann-Whitney, p= 0,02). O peso gonadal médio com DP foi 0,16 ± 0,11 g, das fêmeas de 0,21 ± 0,11, e dos machos de 0,093 ± 0,05. O valor de Wg das fêmeas e dos machos foram significativamente diferentes (Mann-Whitney, p< 0,01).

Ao todo foram analisados 6672 indivíduos. A média e DP do comprimento total foi 21,47 ± 2,3 cm. A média e DP do peso total dos animais amostrados foi 88,47 ± 31,6g e a média e DP do peso das gônadas 1,45 ± 2,04 g. Os comprimentos e os pesos não seguiram uma distribuição normal e foram significativamente diferentes entre os estados em que foram descarregados (Mann-Whitney, p<0,01). É possível observar que os espécimes do RJ foram maiores e mais pesados do que os de SC (APÊNDICE B Figura 7-10, Figura 7-11 e Figura 7-12).

As fêmeas amostradas em todas localidades tiveram Lt médio e DP 21,9 + 2,3 cm, e os machos 21,23+2,06. Esses comprimentos foram significativamente diferentes entre os estados (Mann-Whitney, p<0,01). Dessa forma as fêmeas e machos foram maiores no RJ do que seus respectivos sexos em SC e por conseguinte no RS. As fêmeas amostradas em totalidade tiveram Wt médio e DP 94,43+33,46 g, e os machos 84,1+27,15g. Esses pesos foram significativamente diferentes entre os estados (Mann-Whitney, p<0,01). Dessa forma, as fêmeas e machos do RJ foram mais pesados do que seus respectivos sexos em SC, e por conseguinte no RS. Com relação ao Wg, as fêmeas tiveram médio e DP 1,58 +2,18 g, e os machos 1,33 +1,89. Esses pesos foram significativamente diferentes entre os estados (Mann-Whitney, p<0,01). Dessa forma, as fêmeas e machos do RJ tinham gônadas mais pesadas do que seus respectivos sexos em SC, e por conseguinte do RS.

Numa avaliação geral, fêmeas foram mais pesadas do que machos e os espécimes do RJ foram maiores e mais pesados do que os espécimes de SC.

3.2 Estudo macroscópico: biométrico e gonadal

3.2.1 Variação temporal das classes de comprimento

Com relação aos gráficos mensais, começando pelos espécimes coletados no Rio de Janeiro (RJ) (APÊNDICE B - Figura 7-1 a Figura 7-3), tanto para fêmeas (F) quanto para machos (M), observa-se maiores modas no primeiro semestre e menores no segundo semestre. Ainda no segundo semestre, é possível observar até duas modas de comprimento. Em relação aos espécimes capturados em Santa Catarina (SC) (APÊNDICE B - Figura 7-4 a Figura 7-6), é possível observar claramente o crescimento da moda de comprimento dos indivíduos em 2015 (tanto para machos quanto para fêmeas) até o mês de julho, quando aparece uma outra moda em menores comprimentos. Ainda neste ano, começando em setembro e culminando em novembro, diferenciam-se duas modas de comprimento.

Analisando o conjunto de dados para ambos os locais de coleta (RJ+SC) (APÊNDICE B - Figura 7-7 a Figura 7-9), observa-se uma tendência parecida ao que ocorre com os espécimes capturados somente em SC, principalmente devido à maior amostragem de indivíduos neste local. Apesar da falta de dados nos meses de dezembro e janeiro (defeso de reprodução), pode-se estimar que a época de recrutamento desta espécie se dá nos meses de inverno.

Tabela 3-1 Valores das modas médias de comprimento de sardinha-verdadeira para cada ano (2015 a 2019), sexo (fêmeas, machos e juntos) e local de amostragem (Rio de Janeiro, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e juntos).

Local	Sexo	2015	2016	2017	2018	2019	2015-2019
RJ	Fêmea		24	24	22	21	24
	Macho		24	23	20-21	22-24	22
	F+M		24	21	21	21	22-24
SC	Fêmea	22	21	21	19		22
	Macho	21	21	21	19		21
	F+M	21	21	21	19		21
RS	Fêmea				19		19
	Macho				19		19
	F+M				19		19
Total	Fêmea	22	21	21	21	21	22
	Macho	21	21	21	20	22-24	21
	F+M	21	21	21	20	21	21

Com relação aos gráficos anuais (APÊNDICE B - Figura 7-10 a Figura 7-14), os valores das modas médias para cada ano, sexo e local de amostragem estão sumarizados na Tabela 3-1. As modas no RJ variaram de 20 a 24 cm, e as modas em SC variaram entre 19 a 22 cm. Considerando a amostragem total, os valores modais médios variaram entre 20 e 24 cm. Em

geral, todos os gráficos apresentaram tendências unimodais. Os espécimes amostrados no RS tiveram moda em 19 cm, tanto para fêmeas quanto para machos.

3.2.2 Relação peso total – comprimento total

Os coeficientes mensais *a* e *b* da equação Peso total – Comprimento total tiveram média e desvio-padrão (DP) para os exemplares amostrados no RJ de -4,8 $\pm$ 0,48 e 3,02$\pm$ 0,15. As fêmeas tiveram média e DP dos coeficientes mensais *a* e *b* -4,8 $\pm$ 0,75 e 3,03 + 0,23. Os machos tiveram média e DP dos coeficientes mensais *a* e *b* -4,3 $\pm$ 1,35 e 2,86 $\pm$ 0,42. Os coeficientes dessa relação não diferiram significativamente entre os sexos (Mann-Whitney, $p>0,05$).

Os valores dos coeficientes *a* e *b* para os espécimes amostrados em SC tiveram média e DP -5,12 ± 0,56 e 3,1± 0,18. As fêmeas tiveram média e DP dos coeficientes mensais *a* e *b* -5,12 $\pm$ 1,06 e 3,1 + 0,34. Os machos tiveram média e DP dos coeficientes mensais *a* e *b* -5,11 $\pm$ 1,1 e 3,1 $\pm$ 0,35. Os coeficientes dessa relação não diferiram significativamente entre os sexos (Mann-Whitney, $p>0,05$).

Para fêmeas, os coeficientes mensais de *a* e *b* variaram significativamente entre os dois locais de desembarque (Mann-Whitney, $p<0,05$). Para machos, o valor de *a* não variou significativamente entre os estados (Mann-Whitney, $p>0,05$), porém o *b* sim (Mann-Whitney, $p<0,05$)

Os valores dos coeficientes *a* e *b* para os exemplares capturados no RS foram - foram -5,1 e 3,24 para fêmeas e -4,91 e 3,03 para machos.

A Figura 3-1 apresenta os gráficos para os valores logaritmizados do peso total e comprimento total, para o período de coleta como um todo (2015-2019), para os sexos separados, fêmea (F), macho (M), e juntos (F+M), considerando ambos os locais de amostragem (RJ+SC).

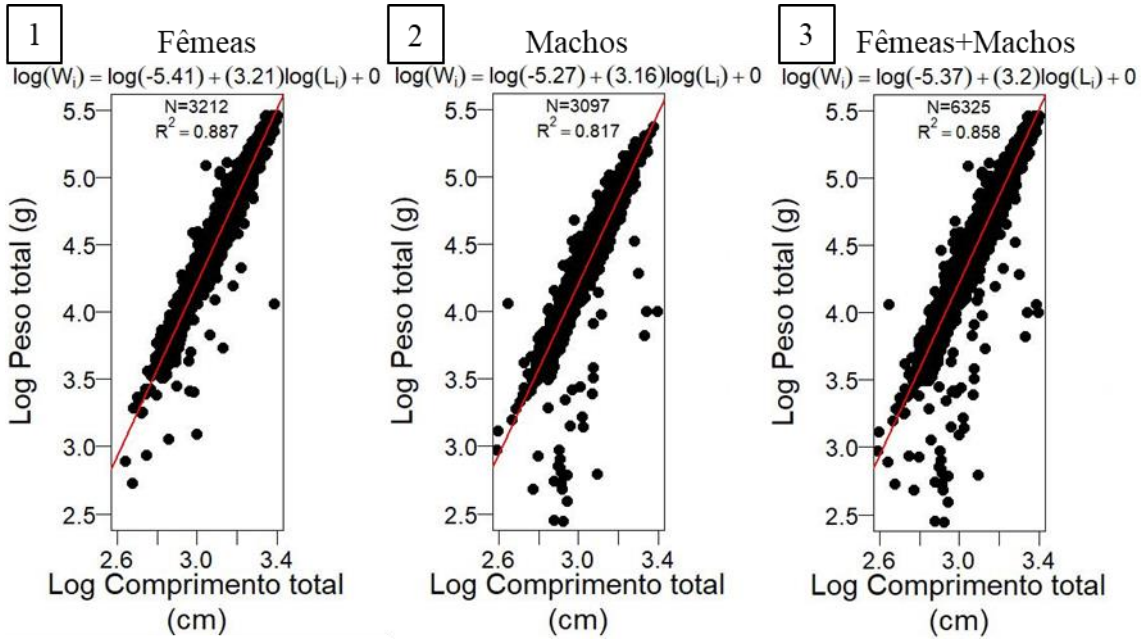


Figura 3-1 Logaritmo do peso total pelo logaritmo do comprimento total. Imagem 1: cálculo para fêmeas. Imagem 2: cálculo para machos. Imagem 3:cálculo para ambos os sexos. Esta análise considerou espécimes amostrados no Rio de Janeiro e em Santa Catarina para o período como um todo (2015-2019).

3.2.3 Fator de condição

No Rio de Janeiro (Figura 3-2, Imagem 1), os menores valores do fator de condição (K) foram obtidos em abril (0,004). Já os maiores valores de K foram obtidos em março (0,02) e outubro (0,015) para fêmeas, maio (0,019) e outubro (0,023) para machos, março (0,014) e outubro (0,017) para ambos os sexos.

Em Santa Catarina (Figura 3-2, Imagem 2), os menores valores do K foram obtidos em maio (0,0038) e agosto (0,0033) para fêmeas, julho e agosto (0,0013) para machos e os sexos juntos. Já os maiores valores de K foram obtidos em março (0,01) e junho (0,011) para fêmeas, março para machos (0,016) e para ambos os sexos (0,011).

Os valores médios de K para cada sexo dos espécimes capturados no Rio Grande do Sul foram próximos a 0,005 (Figura 3-2, Imagem 3). No entanto, considerando tanto os sexos agrupados no Rio Grande do Sul, quanto no mês de julho considerando todos os estados agrupados, pode-se perceber a diferença que o número amostral pode provocar neste tipo de análise. Como o valor do fator de condição é exponencialmente afetado pelo coeficiente alométrico, calculado através da relação Lt – Wt, pequenas variações podem vir a provocar grandes alterações.

Considerando todas as localidades (Figura 3-2, Imagem 4), os menores valores do K foram obtidos em abril (0,0027) e maio (0,0026) para fêmeas, agosto para machos (0,0015) e

ambos os sexos (0,0025). Já os maiores valores de K foram obtidos em julho para machos (0,015), fêmeas (0,016) e ambos os sexos (0,014).

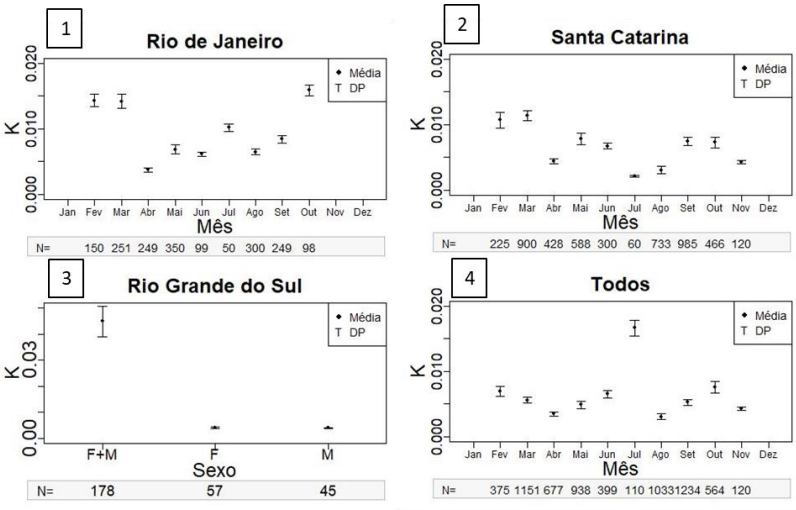


Figura 3-2 Valores médios com desvio-padrão dos valores de fator de condição (K), para *S. brasiliensis*. Imagem 1: análise mensal, para ambos os sexos, de espécimes capturados entre 2016-2019 no Rio de Janeiro (RJ). Imagem 2: análise mensal, para ambos os sexos, de espécimes capturados entre 2015-2018 em Santa Catarina. Imagem 3: análise para cada sexo de espécimes capturados em 2018 no Rio do Sul. Imagem 4: análise mensal, para ambos os sexos, de espécimes capturados entre 2015-2019 nos três estados. Abaixo do gráfico, uma caixa cinza contendo os valores do número de indivíduos considerados para cada sexo.

3.2.4 Relação comprimento total - comprimento padrão

A relação entre o comprimento total e comprimento padrão foi calculada somente para os peixes amostrados pela FIPERJ, uma vez que somente esta instituição obteve dados de comprimento padrão. Na Figura 3-3 são mostrados os gráficos calculados para fêmeas (*a*=1,19, *b*=0,5), machos (*a*=1,17, *b*=0,75) e sexos agrupados (*a*=1,18, *b*=0,6) para o período como um todo (2016-2019).

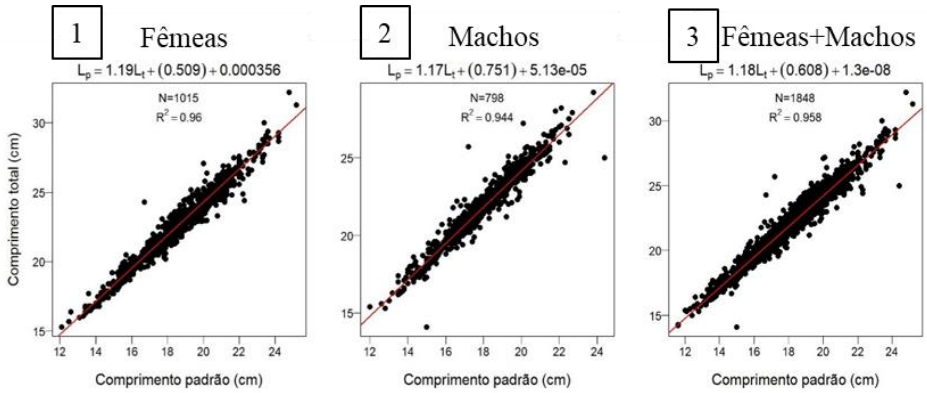


Figura 3-3 Classes de comprimento total pelo padrão (classes de comprimento divididas a cada centímetro). Imagem 1: cálculo para fêmeas. Imagem 2: cálculo para machos. Imagem 3: cálculo para ambos os sexos. Esta análise considerou espécimes amostrados pela FIPERJ (RJ) para o período como um todo (2016-2019). Dentro de cada gráfico, observa-se informações como o r^2 da reta ajustada, além do número de indivíduos considerados (N). Sobre o título do gráfico, a equação de reta gerada.

3.2.5 Proporções sexuais

Dos 1850 espécimes amostrados no RJ, 1015 (54,9%) foram classificados como fêmeas, 798 (43,1%) como machos e 37 (2%) como com sexo não identificado. Dos 4822 amostrados em SC, 2232 (46,3%) eram fêmeas, 2326 (48,2%) machos e 264 (5,5%) não tiveram seus sexos identificados. Incluídos nos dados de SC, 178 espécimes foram coletados no RS, sendo 57 (32%) fêmeas, 45 (25,3%) machos e 103 (57,8%) não tiveram seus sexos identificados. Desta forma, ao todo, foram analisados 6672 indivíduos, sendo 3124 (46,8%) fêmeas, 3247 (48,7%) machos e 301 (4,5%) não tiveram seus sexos identificados.

Com relação às análises mensais (APÊNDICE F Figura 7-19), percebe-se mais diferenças significativas ($\chi 2 > 3,84$) no RJ do que em SC. No RJ, somente os meses de fevereiro e setembro não apresentaram diferenças significativas em todos os anos com predominância de fêmeas, exceto em março de 2018 e abril e maio de 2019. Em SC, somente nos meses de fevereiro (2017), agosto (2018) e outubro (2016) observa-se diferenças significativas, com predominância de machos. Considerando o período como um todo no RJ, nos meses de junho, julho, agosto e outubro observa-se diferenças significativas com predominância de fêmeas enquanto em SC não foram observadas diferenças significativas.

As análises das proporções sexuais para cada estádio de maturidade foram feitas para cada ano e local de amostragem (APÊNDICE G - Figura 7-20). Nos gráficos do RJ, observa-se maiores diferenças nas proporções sexuais no ano de 2016, no qual os estádios de maturidade maduro (C) e desovado (E) tiveram maiores porcentagens de fêmeas (30% e 35%, respectivamente); em 2017 o estádio C teve maior porcentagem de machos (30%); e em 2018 o estádio em maturação (B) teve maior porcentagem de fêmeas (25%) e o estádio C de machos (25%). Já com relação aos espécimes capturados em SC, valores semelhantes de ambos os sexos foram obtidos em todos os anos, mas sempre o estádio de maturidade B foi o de maior ocorrência (entre 30% e 50%). Por fim, analisando os anos em conjunto, criou-se um gráfico com os desvios padrão da porcentagem sexual para cada estádio de maturidade. Observa-se maiores desvios padrão para os espécimes capturados no RJ, porém, em média, houve uma maior igualdade das proporções sexuais dos estádios de maturidade daqueles espécimes coletados no RJ (estádios B, C e E entre 10% e 20%). Analisando as duas localidades em conjunto, houve uma representação maior de espécimes no estádio B, porém com proporções sexuais semelhantes (aproximadamente 35%).

As análises das porcentagens sexuais por classes de comprimento, foram elaborados histogramas com classes de comprimento divididas a cada centímetro (APÊNDICE H e Figura

7-21). Começando pelo RJ, em 2016 e 2017, observa-se que os indivíduos maiores eram fêmeas, todavia a porcentagem de machos de maior tamanho aumentou em 2019. Considerando o período como um todo, não houve grande variação de tamanho entre os sexos. Sobre os espécimes capturados em SC, não se observa grande discrepância entre os sexos para as classes de comprimento, o que se confirma pelo gráfico, considerando o período como um todo (2015-2018). No entanto, ainda neste gráfico, é possível observar mais machos de tamanhos menores e mais fêmeas maiores. Finalmente, os gráficos feitos com os espécimes capturados nos dois estados como um todo (RJ+SC), grandes discrepâncias continuam não sendo não evidenciadas entre as porcentagens sexuais. À exceção do ano de 2019, incluindo a compilação com todos os anos, observa-se machos menores e fêmeas maiores.

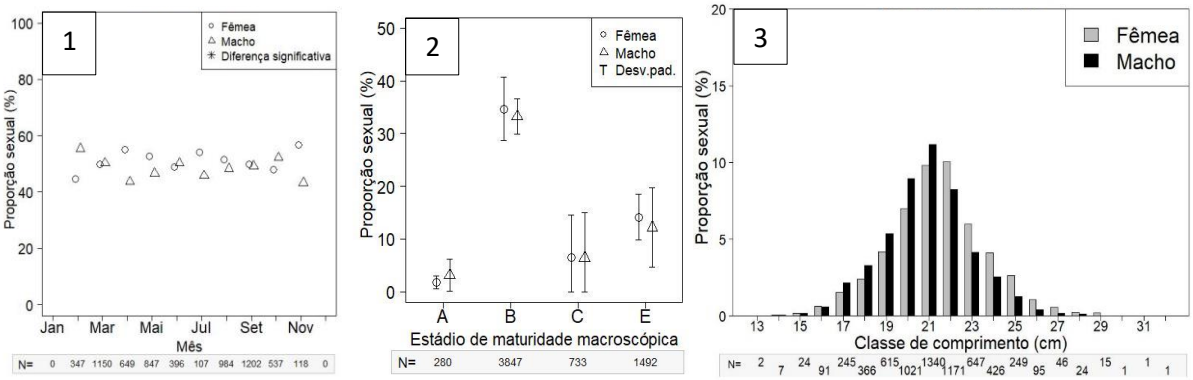


Figura 3-4 Proporções sexuais (PS) da sardinha-verdadeira capturada no Rio de Janeiro, em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul, entre os anos de 2015-2019. Imagem 1: PS mensal. Imagem 2: PS para cada estádio de maturidade classificado macroscopicamente. Imagem 3: PS para as classes de comprimento (a cada cm). Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza contendo os valores do número de indivíduos considerados (N).

3.2.6 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal

Os tratamentos para os estádios de maturidade identificados macroscopicamente também consideraram três formas de avaliação. Na Figura 3-5, considerou-se o número total de indivíduos por ano; na Figura 3-6, o número de indivíduos em cada estádio de maturidade como o total; e na Figura 3-7, o número de indivíduos em cada mês como o total. Nestas três figuras, foram apreciadas as coletas feitas pelas duas instituições em todos os anos (2015-2019) e para ambos os sexos.

Considerando os espécimes capturados no RJ (APÊNDICE I - Figura 7-22) e o número total de indivíduos por ano, em todo o período, o padrão para machos e fêmeas é semelhante. Os indivíduos imaturos (A) se concentram nos meses de outono-inverno, enquanto os em

maturação (B) apresentam tendência crescente de março a setembro. Os indivíduos maduros (C) se concentram entre fevereiro e maio do ano seguinte, com pico em março. Já os desovados (E) são encontrados o ano inteiro, mas com pico em maio. Os indivíduos descarregados em SC (APÊNDICE I - Figura 7-23) apresentam grande maioria classificada como B ou E. Os imaturos foram encontrados em agosto. Os classificados como B foram os mais abundantes, com picos em março, agosto e setembro. Os indivíduos classificados como C tiveram discreta ocorrência em março, abril, setembro e outubro. Por fim, considerando todos os anos, os indivíduos E foram encontrados principalmente nos meses de primavera e verão, com pico em março e outubro. Ao considerar os dois locais em conjunto (APÊNDICE I - Figura 7-24), devemos atentar ao fato de que SC amostrou 2,6 vezes a quantidade dos espécimes coletados no RJ. Além disso, os indivíduos de SC foram classificados majoritariamente como em estádio B (71,8%). Sabendo disso, a tendência geral dos dados mostrou indivíduos imaturos de abril a setembro, com pico em agosto. Os classificados como B apareceram o ano inteiro, com picos em março e setembro. Os maduros apareceram também quase o ano inteiro, com pico em março. Os E foram mais presentes nos meses de outono e primavera, com picos em março, maio e outubro.

Avaliando a quantidade dos indivíduos em cada estádio de maturidade como o total, no RJ (APÊNDICE I - Figura 7-25), vê-se tendências semelhantes para os sexos, somente alterando o pico de imaturos de agosto (machos) para julho (fêmeas e ambos os sexos). Este fato revela que o recrutamento destes espécimes para a pesca ocorre nos meses de julho e agosto. Os indivíduos B são encontrados o ano inteiro, com tendência crescente até setembro. Esta ocorrência indica que a reprodução destes espécimes deve ter maior intensidade, ou começar sua principal estação reprodutiva, após o mês de setembro. Já o pico dos indivíduos desovados ocorre em maio, seguido de queda muito grande em junho. Isto nos fornece indícios de que maio deve ser o mês no qual a maioria dos espécimes param de liberar seus gametas, ou seja, fim do principal período reprodutivo e de desova. Como indivíduos neste estádio são encontrados o ano inteiro e com outro pico em agosto, sugere-se que estes espécimes se reproduzem ao longo do ano. Observando os indivíduos de SC (APÊNDICE I - Figura 7-26), os imaturos (A) têm tendência parecida para ambos os sexos, com pico em agosto, mas também presença nos meses de abril a junho. O recrutamento dos espécimes descarregados neste estado se deu principalmente em agosto e setembro. Os peixes em maturação (B), estão distribuídos ao longo do ano, com pico em março, agosto e setembro. Já os maduros (C) foram mais presentes no segundo semestre, com pico em setembro. Um pico em abril foi observado para as fêmeas. Deve-se considerar o baixo número (118) de espécimes classificados como C durante todo o período. Por fim, a tendência para a amostragem como um todo (RJ+SC) (APÊNDICE

I - Figura 7-27) é de pico de indivíduos imaturos em agosto, dos em maturação (B) em setembro, apesar de estarem relativamente equilibrada durante o ano, pico em março para os maduros, e desovados (E) o ano inteiro com menor presença em junho e julho.

Quando se observa o número de indivíduos em cada mês como o total para análise, os indivíduos amostrados no RJ (APÊNDICE I - Figura 7-28), confirmam recrutamento em julho, e pico reprodutivo em março. Para SC (APÊNDICE I - Figura 7-29), o recrutamento aparenta ser em agosto, enquanto que o período de desova não pode ser identificado, porque a grande quantidade de indivíduos B dificulta a interpretação neste tipo de gráfico. Ao se juntar os dois locais de descarregamento (APÊNDICE I - Figura 7-30), confirma-se o recrutamento em julho devido ao maior número de imaturos, a ocorrência de indivíduos maduros (C) principalmente de outubro a fevereiro (indicando período de reprodução) e desovados (E) com pico em outubro e fevereiro, mas ocorrendo o ano inteiro. Cabe lembrar que não houve coleta entre 1 de novembro e 15 de fevereiro, com raras exceções, e que outubro antecede e fevereiro termina o defeso de reprodução.

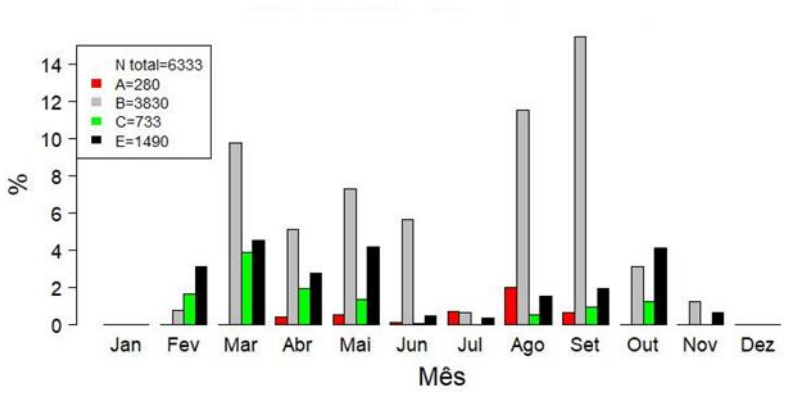


Figura 3-5 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal classificados macroscopicamente, considerando o número total de indivíduos como o número total. Foram usados espécimes coletados em todos os anos (2015-2019), nos dois locais de coleta (RJ+SC) para ambos os sexos. Na legenda, a quantidade de indivíduos em cada estádio de maturidade, assim como a sua somatória (N total).

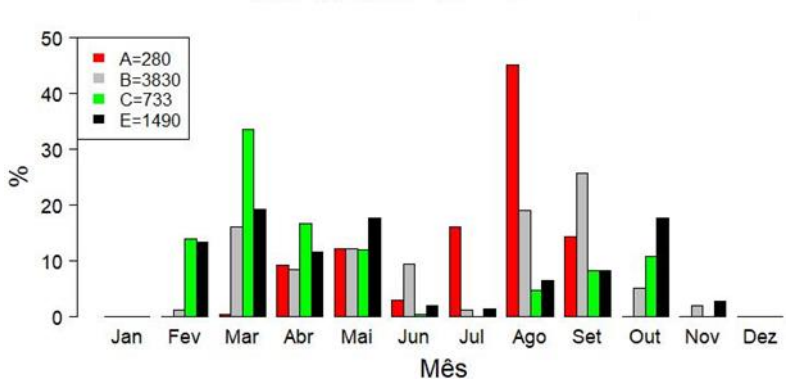


Figura 3-6 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal classificados macroscopicamente, considerando o número de indivíduos em cada estádio de maturidade como o número total. Foram usados espécimes coletados em todos os anos (2015-2019), nos dois locais de coleta (RJ+SC) para ambos os sexos. Na legenda, a quantidade de indivíduos em cada estádio de maturidade.

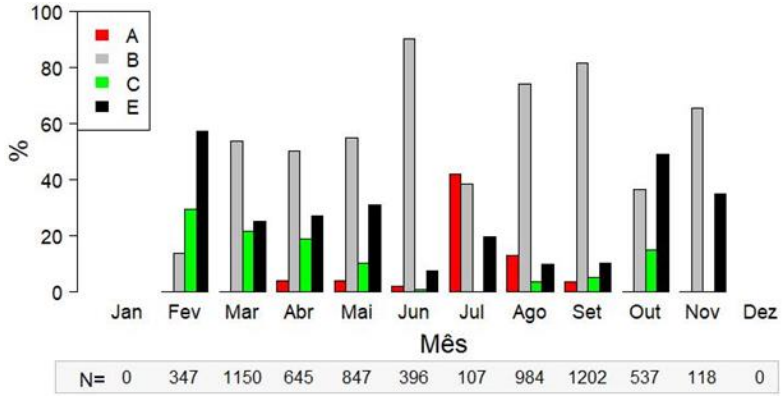


Figura 3-7 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal classificados macroscopicamente, considerando o número de indivíduos em cada mês como o número total. Foram usados espécimes coletados em todos os anos (2015-2019), nos dois locais de coleta (RJ+SC) para ambos os sexos. Na caixa cinza abaixo do gráfico, o número de indivíduos considerados em cada mês (N).

3.2.7 Variação temporal da relação gonadossomática

A relação gonadossomática (RGS) dos espécimes capturados no RJ teve média e desvio-padrão (DP) 2,02 ± 1,92 %, com máximo de 10 % e mínimo de 0,02 % (Figura 3-8 Imagem 1). As fêmeas tiveram média de 1,95 ± 1,78 %, com máximo de 10 % e mínimo de 0,02 %. A média dos machos foi 2,13 ± 2,07 %, com máximo de 9,5 % e mínimo de 0,02 %. Os valores das RGSs calculadas para os sexos no RJ não foram significativamente diferentes (Mann-Whitney, $p>0,05$). Com relação ao padrão geral dos valores de RGS, os maiores picos ocorreram de setembro a março do ano seguinte, tanto para os machos quanto para as fêmeas. Valores altos também foram observados até os meses de abril (>6 % para machos em 2017) e maio (>8 % fêmeas em 2018). Os menores valores ocorreram nos meses de junho, julho e agosto de 2019 (valores médios entre 0,14 e 0,45 %).

A RGS dos espécimes capturados em SC teve média de 1,24 ± 1,79 %, com máximo e mínimo de 44,74 e 0,009 % (Figura 3-8 Imagem 2). As fêmeas tiveram média de 1,25 ± 1,7, com máximo e mínimo de 25,11 e 0,01 %. Os machos apresentaram RGS média de 1,24 ± 1,87 %, com máximo e mínimo de 44,74 e 0,009 %. As RGSs entre os sexos em SC foram significativamente diferentes (Mann-Whitney, $p<0,01$). As RGSs muito altas foram observadas nos meses de fevereiro, setembro e outubro (>20 %). Com relação ao padrão geral dos valores de RGS, os maiores picos foram, tanto para machos quanto para fêmeas, de outubro a abril, com picos observados em maio de 2016, com valores médios entre 1,5 e 1,65 %. Já os menores valores foram registrados principalmente em junho, com médias de aproximadamente 1 %. Ainda que não esperado, foram observados valores relativamente altos em julho de 2015, com média de 1 ± 0,95 %, máximo de 4,36 % em julho de 2015 para machos e fêmeas.

A RGS dos espécimes capturados no RS teve valor médio e DP 0,25 ± 0,15 %, com máximo de 0,57 e mínimo de 0,05 % (Figura 3-8 Imagem 3). A média da RGS das fêmeas foi 0,37± 0,13 %, e dos machos foi 0,14 ± 0,06 %.

A RGS dos espécimes capturados em ambos os locais de descarregamentos teve média e DP de 1,47 ± 1,86 %, com máximo 44,74 % e mínimo de 0,009 % (Figura 3-8 Imagem 4). As fêmeas tiveram média e DP de 1,47 ± 1,76 %, com máximo 25,11 % e mínimo de 0,016 %. A RGS das fêmeas foi significativamente diferente entre os estados (Mann-Whitney, p<0,01). Os machos apresentaram valor de RGS médio e DP de 1,47 ± 1,96 %, com máximo 44,74 % e mínimo de 0,009 %. A RGS dos machos foi significativamente diferente entre os estados (Mann-Whitney, p<0,01). Os maiores valores médios ocorreram entre outubro e fevereiro (valores até 4,7 % para fêmeas e 5,2 % para machos). Entretanto, com valores destoantes, é possível observar valores altos de setembro a abril. Os menores valores médios foram observados em junho (entre 0,2 e 0,29 % para machos) e em julho (entre 0,4 e 1,1 % para fêmeas). Os valores das RGSs quando comparadas entre os estados (RJ e SC) foram significativamente diferentes (Mann-Whitney, p<0,01). Assim, considerando os valores de RGS, estima-se que os picos de atividade reprodutiva com máximo peso gonadal da *S. brasiliensis* se dão nos meses de primavera-verão, entre os meses de setembro a abril. Já a época de recrutamento ocorre nos meses de inverno, principalmente entre junho e julho. Cabe lembrar a falta de coleta nos meses de dezembro e janeiro, e as poucas coletas em novembro e julho. A falta dessas informações impede a análise adequada do período de desova, mas as quedas nos valores da RGS indicam que de abril a maio apresentam fim da atividade reprodutiva.

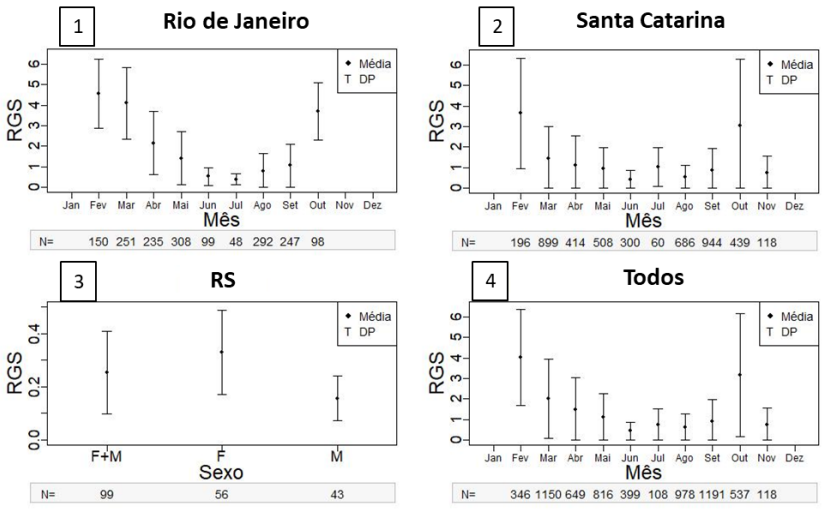


Figura 3-8 Variação temporal da relação gonadossomática (RGS) da sardinha-verdadeira, considerando ambos os sexos. Imagem 1: Espécimes capturados no Rio de Janeiro entre os anos de 2016 e 2019. Imagem 2: Espécimes capturados em Santa Catarina entre os anos de 2015 e 2018. Imagem 3: Espécimes capturados no Rio Grande do Sul no ano de 2018. Imagem 4: Espécimes capturados em todos os locais entre os anos de 2015 e 2019. Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza com os valores de indivíduos considerados em cada mês (N mês).

3.2.8 Comprimento médio de primeira maturação (L_{50})

Devido ao baixo número de espécimes imaturos capturados, justificado pelo tipo de amostragem (pesca comercial com 17 cm para tamanho mínimo de captura), algumas análises de L_{50} não puderam ser feitas (p. ex. ano de 2016) e outras ficaram prejudicadas. Pela falta destes espécimes, parte inferior das curvas sigmoides se tornam imprecisas ou até mesmo inexistentes, demonstradas pelo valor baixo do r^2 baixo (p. ex. APÊNDICE K Figura 7-35 para o ano de 2017), caracterizando estimativas equivocadas do L_{50}. Este cálculo também é influenciado diretamente pelas classificações gonadais (que contém erros) e também pelo tamanho dos indivíduos, que é enviesado pelo tipo de coleta (pesca comercial). Desta forma, cabe salientar que os valores obtidos devem ser interpretados com muita cautela, pois não necessariamente expressam a realidade da população (ou populações) amostrada(s).

Na Tabela 3-2, os valores de L_{50} para os espécimes amostrados no RJ variaram de 16 a 19,5 cm, sendo este último a melhor curva gerada (>r^2). Para o período como um todo (2016-2019), estimou-se 17,2 cm para o L_{50} das fêmeas. Os valores do L_{50} mais satisfatórios para os machos variaram de 17 a 19,5 cm, sendo 17,1 cm o tamanho para o período como um todo. Com os sexos agrupados, os melhores valores obtidos foram entre 17 e 19,6 cm.

Olhando agora para aqueles que foram amostrados em SC, o melhor valor para as fêmeas foi em 2018, com 17,5 cm. Para os machos, nenhuma curva com r^2> 0,5 foi gerada, sendo o melhor valor 15,7 cm (r^2=0,2), calculada com os espécimes de 2018. Com os sexos agrupados, a melhor curva continuou sendo em 2018, com L_{50} de 16,5 cm (r^2=0,33).

Por fim, considerando os dois locais em conjunto, primeiro para as fêmeas, a melhor curva obtida foi a de 2019 (indivíduos capturados somente no RJ), com L_{50} de aproximadamente 19,6 (r^2=0,74). Considerando todos os anos para as fêmeas, o tamanho médio de primeira maturação foi de 16 cm (r^2=0,36). Olhando para os machos, a curva mais satisfatória ainda foi a de 2019, também com somente indivíduos do RJ, com L_{50} de 19,5 cm(r^2=0,74). Agrupando todos os anos, o L_{50} dos machos foi 15,2 cm (r^2=0,19). E por fim, considerando todos os espécimes dos dois sexos, a melhor curva foi a de 2019, amostragens somente no RJ, com L_{50} de 19,58 (r^2=0,75), enquanto com os anos agrupados foi de 16 centímetros (r^2=0,36).

Tabela 3-2 Comprimento médio de primeira maturação (L_{50}) de fêmeas (F), machos (M) e agrupados (F+M), da sardinha-verdadeira amostrada nos portos do Rio de Janeiro (RJ) e Santa Catarina (SC) e juntos (RJ+SC).

	Sexo	Fêmeas		Machos		F+M	
Local	Valores / Ano	L_{50}	r^2	L_{50}	r^2	L_{50}	r^2
Rio de Janeiro	2017	16,07	0,46	14,39	0,26	16,23	0,46
	2018			13,68	0,1	12,31	0,09
	2019	19,59	0,74	19,55	0,74	19,58	0,75
	2016-2019	17,19	0,46	17,1	0,34	17,29	0,42
Santa Catarina	2015	15,98	0,35	15,71	0,16	16,32	0,27
	2017			11,58	0,16	10,78	0,16
	2018	17,6	0,58	15,76	0,2	16,54	0,33
	2015-2018	15,24	0,34	14,24	0,14	15,11	0,22
Rio de Janeiro + Santa Catarina	2015	15,98	0,35	15,71	0,16	16,32	0,27
	2017	13,75	0,26	10,69	0,11	13,55	0,24
	2018	16,18	0,44	15,13	0,16	15,58	0,24
	2019	19,59	0,74	19,55	0,74	19,58	0,75
	2015-2019	16	0,36	15,23	0,19	15,91	0,28

3.3 Estudo microscópico

Foram selecionadas 346 das gônadas de *Sardinella brasiliensis* para os estudos sobre o desenvolvimento gonadal e das células germinativas masculinas e femininas. Desses, 230 pertenciam a exemplares descarregados no RJ (143 ovários e 87 testículos); 91 Santa Catarina (59 ovários e 32 testículos) e 25 do Rio Grande do Sul (14 ovários e 11 testículos).

A escala de maturidade gonadal microscópica foi baseada no trabalho de Brown-Peterson *et al.* (2011) (Tabela 2-2). Os testículos foram avaliados pelas alterações morfológicas e a alternância do epitélio germinativo e intersticial e as diferentes fases das células germinativas. Já a classificação ovariana baseou-se na organização e no desenvolvimento ovocitário, além do tecido intersticial. Também foram considerados a presença de microparasitos nas gônadas e estádios de absorção/degradação dos folículos pós-ovulatórios (POF).

3.3.1 Desenvolvimento testicular

Este trabalho é pioneiro na classificação do desenvolvimento testicular da *Sardinella brasiliensis*. Como parte da classificação dos estádios (Tabela 2-2), foram identificadas as células germinativas: espermatogônias (SG), espermatócitos (SC), espermátides (ST) e espermatozoides (SZ). Também foi avaliada a condição do epitélio germinativo testicular, se

era contínuo (EC) ou descontínuo (ED) (Figura 3-9 Imagem 1). No EC, há uma população contínua de células de Sertoli e células germinativas em cistos ao longo de todos os túbulos. No ED, há perda das células germinativas quando os espermatozoides são liberados para a luz do túbulo (lúmen). Também foi observado que havia no compartimento luminal tanto ST como SZ ocorrendo conjuntamente (Figura 3-9 Imagem 2). Neste caso, como a espermiogênese é finalizada na luz tubular, e não necessariamente em cistos, foi possível classificar a espermatogênese como semicística em testículos de *S. brasiliensis* (MATTEI *et al.*, 1993).

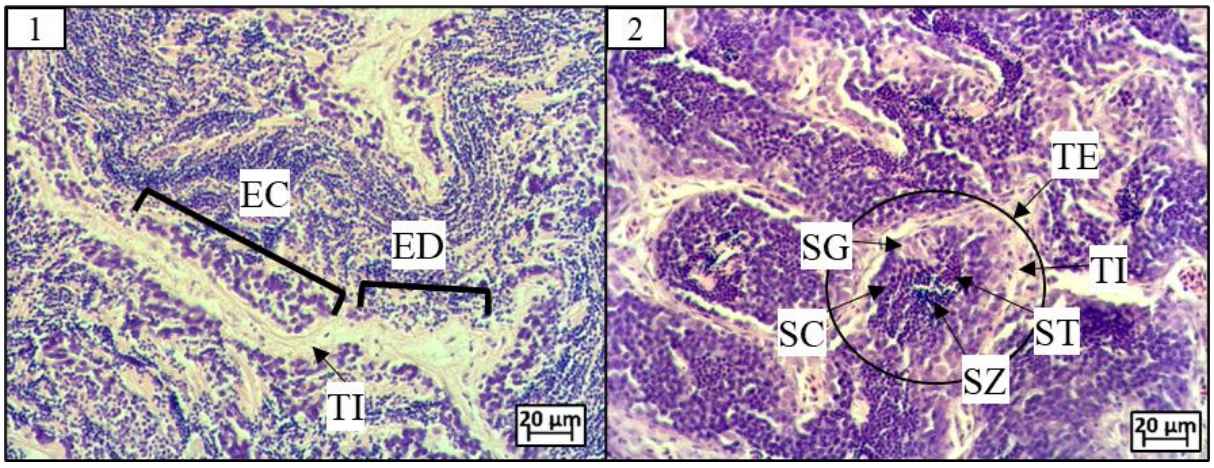


Figura 3-9 Imagens histológicas de cortes de testículos de *Sardinella brasiliensis*. Imagem 1: exemplo de anastomose do túbulo espermático, evidenciando o epitélio germinativo contínuo (EC) e o epitélio germinativo descontínuo (ED). Imagem 2: exemplo de espermatogênese semicística (círculo). Há cistos de espermatócitos (SC) no compartimento luminal, além de espermátides (ST) e espermatozoides (SZ) juntos na luz tubular. É possível observar cistos de espermatogônias (SG) na periferia do túbulo espermático. TI= tecido intersticial. TE=túbulo espermático (círculo). Coloração H&E.

O estádio imaturo (Figura 3-10, linha A) refere-se aos indivíduos virgens, ou seja, os que ainda não produziram gametas. Nesta fase, os testículos apresentam somente espermatogônias (SG), cercadas pelas células de Sertoli (SE), que são sustentadas por tecido conjuntivo. O epitélio germinativo é contínuo (EC). O lúmen dos túbulos é imperceptível, pequeno ou ausente.

O estádio em desenvolvimento (Figura 3-10, linha B) é caracterizado nos testículos pelo início das divisões meióticas e mitóticas das células germinativas masculinas. Estes processos começam a ser dependentes de gonadotropina. São observados espermatocistos em diferentes estádios da espermatogênese, com espermatogônias (SG) mas, principalmente, com espermatócitos (SC) e espermátides (ST). O lúmen tubular ainda é reduzido e com poucos espermatozoides (SZ). O processo de amadurecimento gonadal é dinâmico. No caso dos testículos da sardinha-verdadeira, observa-se este estádio em desenvolvimento inicial e avançado. Nos testículos em desenvolvimento inicial, os túbulos seminíferos (TS) apresentaram

epitélio germinativo contínuo (EC) ao longo de todo o órgão; o lúmen está reduzido e são encontrados mais cistos (C) de SG e SC que se projetam em direção ao lúmen, que está reduzido. Nos testículos em desenvolvimento avançado, o epitélio germinativo torna-se gradativamente descontínuo (ED) nas proximidades do ducto testicular (DT); há igual proporção de SC, ST e SZ, com proporção cada vez maior de SZ, o lúmen tubular é maior do que na fase inicial e apresenta células livres e abundante secreção; o tecido intersticial (TI) está reduzido.

O estádio gonadal capaz de ejaculação (Figura 3-10, linha C) é caracterizado por conter espermatocistos (C) com células germinativas em todos os estádios de desenvolvimento, com maior participação de ST e predomínio de SZ. Ocorre a abertura gradual dos cistos contendo principalmente SZ. A luz dos túbulos e ductos seminíferos está dilatada, com poucas ST e muitos SZ (espermatogênese semicística). Há intensa vascularização (VS), os túbulos tornam-se anastomosados em todas as regiões do testículo, o tecido intersticial fica cada vez mais evidente e há espaços contínuos entre o esperma e o epitélio germinal tubular (EL). O epitélio germinativo está progressivamente mais descontínuo (ED), restando cada vez menos células de Sertoli (SE).

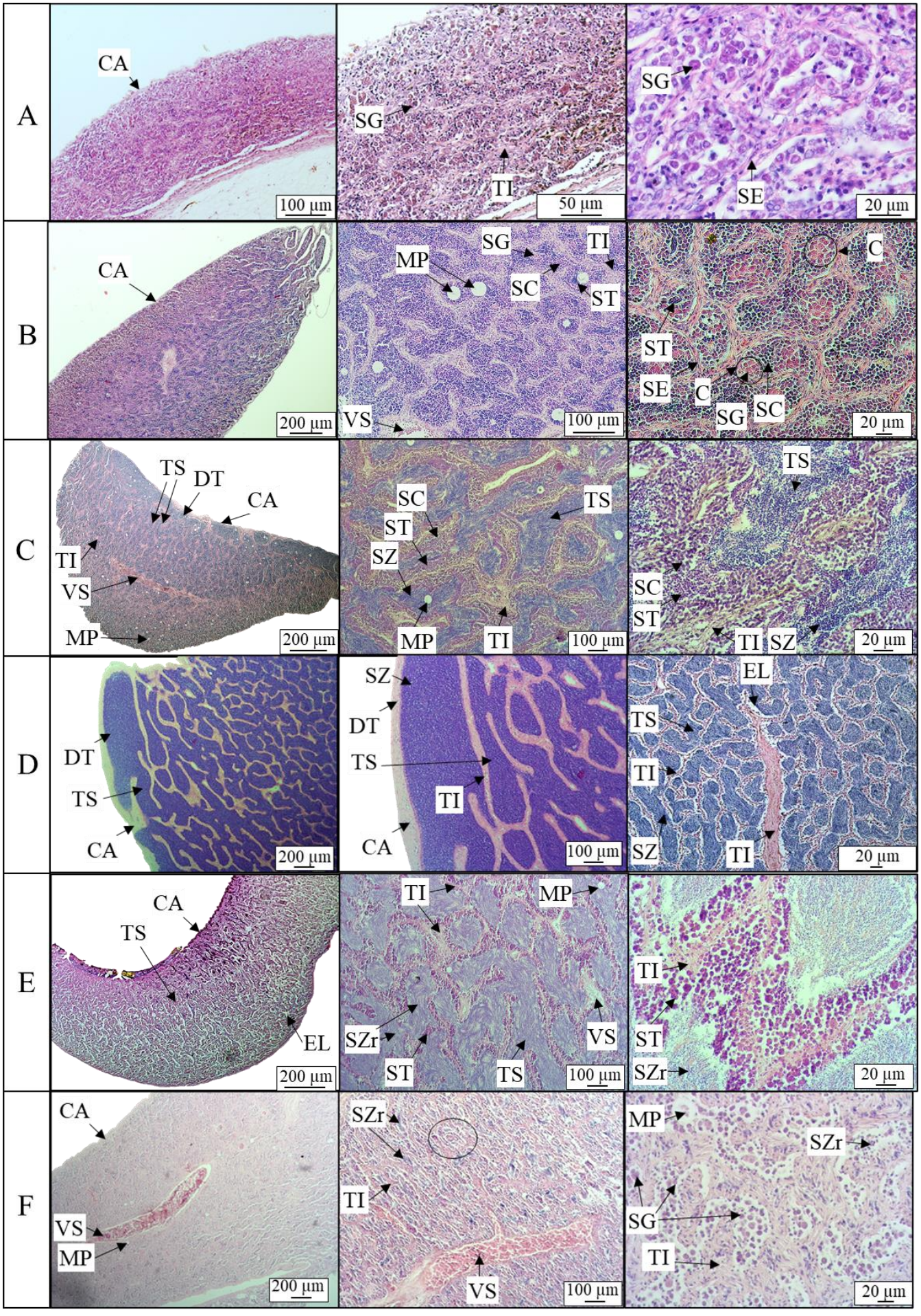

A
CA
100 µm
SG
TI
50 µm
SG
SE
20 µm
B
CA
200 µm
MP
SG
TI
SC
ST
VS
100 µm
C
ST
SE
C
SG
SC
20 µm
C
TS
DT
CA
TI
VS
MP
200 µm
SC
ST
SZ
TS
MP
TI
100 µm
TS
SC
ST
TI
SZ
20 µm
D
DT
TS
CA
200 µm
SZ
DT
TS
TI
CA
100 µm
EL
TS
TI
SZ
TI
20 µm
E
CA
TS
EL
200 µm
TI
MP
SZr
ST
TS
VS
100 µm
TI
ST
SZr
20 µm
F
CA
VS
MP
200 µm
SZr
TI
VS
100 µm
MP
SZr
SG
TI
20 µm

Figura 3-10 Estádios de maturidade gonadal de machos de *Sardinella brasiliensis* amostrados entre 2015 e 2019 nos estados de Rio de Janeiro e Santa Catarina. As linhas representam preparações permanentes com cortes de testículos no mesmo estádio de maturidade. A= Imaturo. Espermatogônias isoladas no epitélio germinativo, envoltas por células de Sertoli. Lúmen tubular quase imperceptível. Epitélio germinativo contínuo. B= Em maturação. Espermatocistos em diferentes estádios da espermatogênese. Epitélio germinativo contínuo por toda extensão dos túbulos seminíferos. C= Capaz de ejaculação. Abertura dos espermatocistos liberando predominantemente espermatozoides para o lúmen dos túbulos seminíferos, que se encontram dilatados. Epitélio germinativo começa a se tornar descontínuo. Início do espessamento do tecido intersticial. D= Ejaculação iminente. Túbulos seminíferos anastomosados desde a periferia até a região do ducto testicular. Epitélio germinativo descontínuo. Túbulos repletos de espermatozoides. Espessamento do tecido intersticial. E= Regressão. Espermatozoides residuais nos túbulos seminíferos parcialmente abertos. Espermatocistos contendo espermátides não liberadas. Epitélio germinativo descontínuo. F= Regeneração. Espermatogônias em proliferação envoltas pelas células de Sertoli (círculo). Poucos espermatozoides residuais. Túbulos seminíferos não bem diferenciados. Epitélio germinativo contínuo. VS= Vaso sanguíneo; SG= espermatogônias; SC= espermatócitos; ST= espermátide; SZ= espermatozoide; CA= capa albugínea; MP= microparasito; TI= tecido intersticial; EC= epitélio contínuo; ED= epitélio descontínuo; SE= células de Sertoli; SZr= espermatozoides residuais; TS= túbulo seminífero; DT= ducto testicular; C= espermatocistos/cistos; EL= espaço interlobular. Coloração H&E.

Ainda no estádio capaz de ejaculação, foi introduzida a subfase ejaculação iminente (Figura 3-10, linha D), na qual é possível encontrar uma grande quantidade de SZ. Nesta fase, os testículos estão extremamente anastomosados, com o epitélio germinativo descontínuo (ED) e aumento do tecido intersticial, indicando intensa atividade testicular. Tanto em cortes transversais como em longitudinais, os túbulos seminíferos (TS) e ductos espermáticos (DT) estão repletos de SZ. Há túbulos seminíferos em franca liberação de espermatozoides e o espaço interlobular (EI) está evidente. Na região interlobular foram observadas células de Leydig e mióides, somente com uso de objetiva imersão. Nesta fase há o espessamento da capa albugínea (CA) que se apresenta composta por uma rede de fibras conectivas que invaginam no interior do órgão. O tecido intersticial encontra-se bastante espessado, principalmente próximo do ducto espermático, delimitando os túbulos seminíferos anastomosados. Como os túbulos anastomosados estavam em todas as regiões do testículo, desde a periferia até o ducto, testículos da sardinha-verdadeira são como tubulares anastomosados.

O estádio regressão (Figura 3-10, linha E) é encontrado ao final de um evento de desova. Em testículos, este estádio é caracterizado por túbulos ainda anastomosados, mas com notável diminuição na quantidade de espermatozoides residuais no lúmen tubular, que serão fagocitado. Ocorre uma transformação estrutural do testículo, com desorganização dos túbulos seminíferos (parcialmente abertos) e diminuição do espessamento do tecido intersticial. Se inicia a proliferação de SG a partir da periferia da gônada, indicando o início da regeneração do epitélio germinativo.

O estádio regeneração (Figura 3-10, linha F) é caracterizado pelo epitélio germinativo contínuo, lúmen reduzido e notável proliferação de SG envoltas por células de Sertoli. Ao final desta fase há organização dos túbulos e, posteriormente, o animal estará apto para entrar em novo ciclo reprodutivo. Diferente de testículos imaturos, na fase de regeneração é possível

encontrar SZ residuais no lúmen e/ou ductos, e ainda há redução gradativa do espessamento do interstício.

3.3.2 Escala de desenvolvimento ovocitário

A partir da mitose e da diferenciação de ovogônias em ovócitos, estes passam pelas fases de crescimento primário (PG), alvéolo cortical (AC), vitelogênico primário (Vtg1), vitelogênico secundário (Vtg2), vitelogênico terciário (Vtg3), migração nuclear (MN) e hidratação (HID) (Tabela 3-3 e Figura 3-12). O aumento do diâmetro das células torna possível a identificação dos componentes do folículo ovocitário: a zona radiata, teca e as células foliculares ou da camada granulosa (Figura 3-11), que começam a ficar evidentes a partir do estádio AC. Após a liberação do ovócito, um folículo pós-ovulatório (POF), formado pelas células da granulosa, permanece no ovário, passando por algumas fases de absorção (Tabela 3-4 e Figura 3-17).

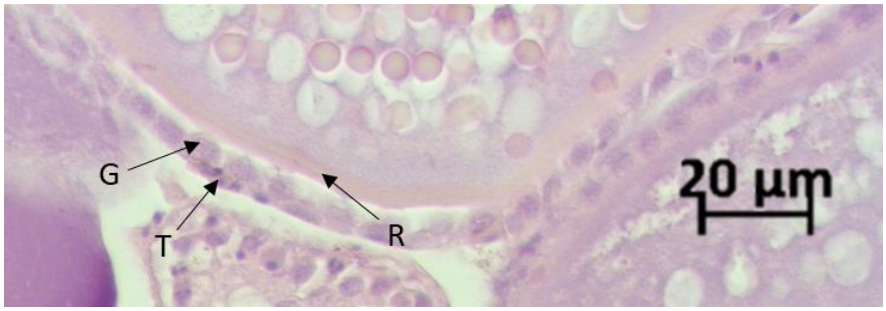


Figura 3-11 Corte de ovário de *Sardinella brasiliensis* destacando as camadas externas ao ovócito. G= célula da granulosa; T= célula da teca; R= zona radiata. À direita, a escala da imagem (20 µm). Coloração H&E.

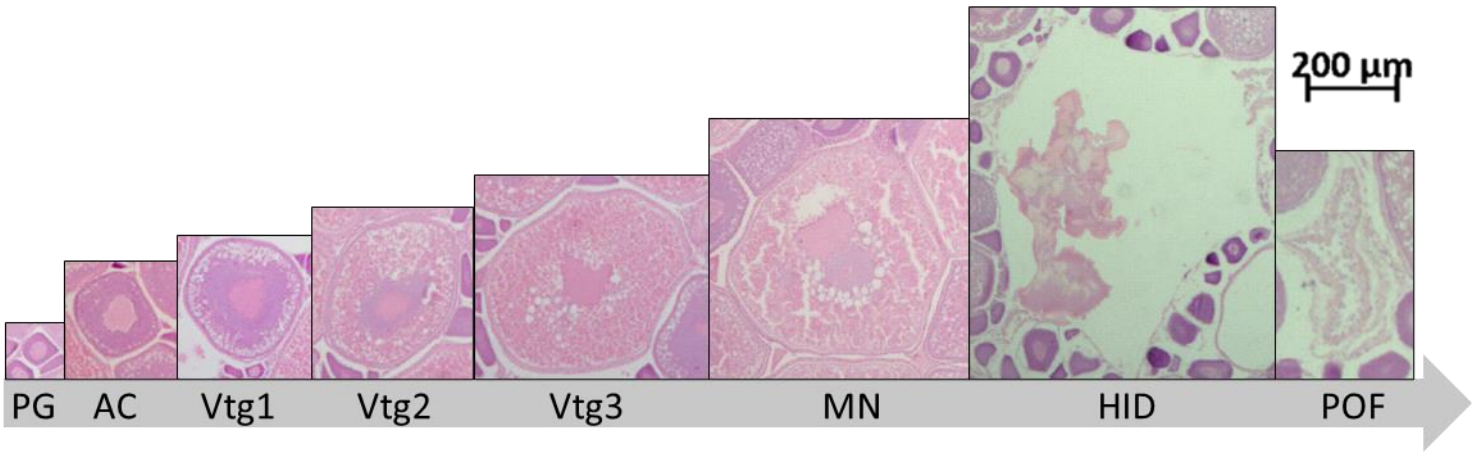


Figura 3-12 Fases do desenvolvimento ovocitário de *Sardinella brasiliensis*, a partir da observação das preparações permanentes dos cortes dos ovários. A seta indica o sentido de crescimento das células. No canto superior direito, a escala das imagens (200 µm). PG= Crescimento primário, AC= Alvéolo cortical, Vtg1= Vitelogênico primário, Vtg2= Vitelogênico secundário, Vtg3= Vitelogênico terciário, MN= Migração nuclear, HID= Ovócito hidratado, POF= Folículo pós-ovulatório. Coloração H&E.

Corte de ovário de *Sardinella brasiliensis* destacando as camadas externas ao ovócito. estruturais dos ovários da sardinha-verdadeira serviram de base para a classificação dos ovários em estádios de maturidade, que foi dividida em 5 estádios e um sub-estádio de maturidade (Tabela 2-2 e Figura 3-13).

O estádio imaturo (Figura 3-13, linha A) refere-se aos indivíduos virgens, ou seja, os que ainda não se reproduziram ou liberaram seus gametas na água. Em ovários é caracterizado pela presença somente de ovócitos em crescimento primário (PG), muito organizados e com pouco tecido conjuntivo entre eles. Estes ovócitos são independentes do hormônio gonadotropina, não possuem vitelo e possuem citoplasma basófilo. Podem ser observadas ovogônias e a túnica ovariana não é espessa.

O estádio em desenvolvimento (Figura 3-13, linha B) é caracterizado pela presença de ovócitos no estádio alvéolo cortical (AC). Os estádios vitelogênicos 1 e 2 (Vtg 1 e 2) também podem estar presentes.

O estádio gonadal capaz de desova (Figura 3-13, linha C) é caracterizado pela aparição de ovócitos vitelogênicos 3 (Vtg3). Cabe dizer que a diferença entre os estádios Vtg 1 a 3 é basicamente o tamanho da célula e a quantidade de lipídeo e vitelo no citoplasma do ovócito, sendo o último maior e com mais vitelo.

Ainda no estádio capaz de desova, foi identificada a subfase desova iminente (Figura 3-13, linha D), na qual são encontradas as fases ovocitárias migração nuclear e hidratada. Estes estádios ovocitários ocorrem horas antes da desova em si (expulsão dos ovócitos hidratados), e têm grande significado para a interpretação do ciclo reprodutivo da espécie, como o local de desova.

O estádio regressão (Figura 3-13, linha E) é encontrado ao final de um evento de desova. Como a sardinha-verdadeira possui um desenvolvimento ovocitário assincrônico, nesta fase é possível observar ovócitos em estádios até Vtg3, ainda que Vtg1 e 2 sejam os mais comuns. Além da desorganização ovariana, a presença de folículos pós-ovulatórios (POF) indica que a fêmea desovou recentemente.

O estádio regeneração (Figura 3-13, linha F) é caracterizado por ovários com presença de somente ovócitos em PG. Apesar de muito parecido com o estádio imaturo, no estádio "regeneração" vemos menor organização ovariana e maior espaço intersticial e túnica ovariana espessa.

Tabela 3-3 Descrição dos estádios de desenvolvimento ovocitário observados e classificados da sardinha-verdadeira.

Estádio de desenvolvimento ovocitário			Descrição histológica
Período	Sigla	Fase	
Pré-vitelogênico	PG	Crescimento primário	Ovócitos pequenos, sem vitelo ou lipídeos, com citoplasma basofílico, corado com hematoxilina e com razão núcleo-citoplasma alta, a qual decresce conforme o ovócito cresce. Dentro do núcleo podem ser observados um ou mais nucléolos. Conforme se subdividem, os nucléolos se movem em direção à zona periférica do núcleo.
	AC	Alvéolo cortical	É possível observar alvéolos corticais, além de pequenas gotas de óleo principalmente na periferia do citoplasma. A partir desta fase, podem ser observadas a zona radiata (pelúcida), teca e a camada de células granulosas.
Vitelogênico	Vtg1	Vitelogênese primária	Grânulos de proteínas eosinofílicas (vitelo) começam a aparecer, além de mais gotas de óleo e alvéolos corticais. Estas estruturas vão ocupando o espaço no citoplasma conforme o ovócito se desenvolve, mas sempre da periferia da célula em direção ao centro (núcleo). A relação entre o tamanho do núcleo-citoplasma vai diminuindo conforme a vitelogênese avança.
	Vtg2	Vitelogênese secundária	Grânulos de proteína e de óleo abundantes, chegando a ocupar quase todo o citoplasma. Em alguns casos ainda é possível observar um anel com citoplasma basofílico corado com hematoxilina (de cor roxa) em volta do núcleo.
	Vt3	Vitelogênese terciária	Grânulos de proteína e de óleo podem ser encontrados em todo ovócito. As gotas de óleo aumentam aos poucos de tamanho e começam a migrar em direção ao núcleo.
Maturação ovocitária	MN	Migração nuclear	O núcleo começa a migrar para a periferia do ovócito, em direção à micrópila, enquanto as gotas de óleo se agregam no centro. A partir deste estádio, a desova é iminente (nas próximas 24h).
	HID	Hidratado	Estágio final antes da liberação do ovócito para o meio. Este cresce rapidamente devido à absorção de água. Não é possível a observação do núcleo (desintegração de sua membrana), o citoplasma se torna homogêneo e devido ao processamento histológico, a imagem nos cortes é de um ovócito amorfo, de cor rosa pela pigmentação da eosina. Devido às sucessivas imersões do material analisado em diferentes soluções (formol, álcool, xilol), o ovócito que possuiria grande quantidade de água, perde sua forma. Assim, é impossível analisá-lo sob a perspectiva histológica, além de presença/ausência.

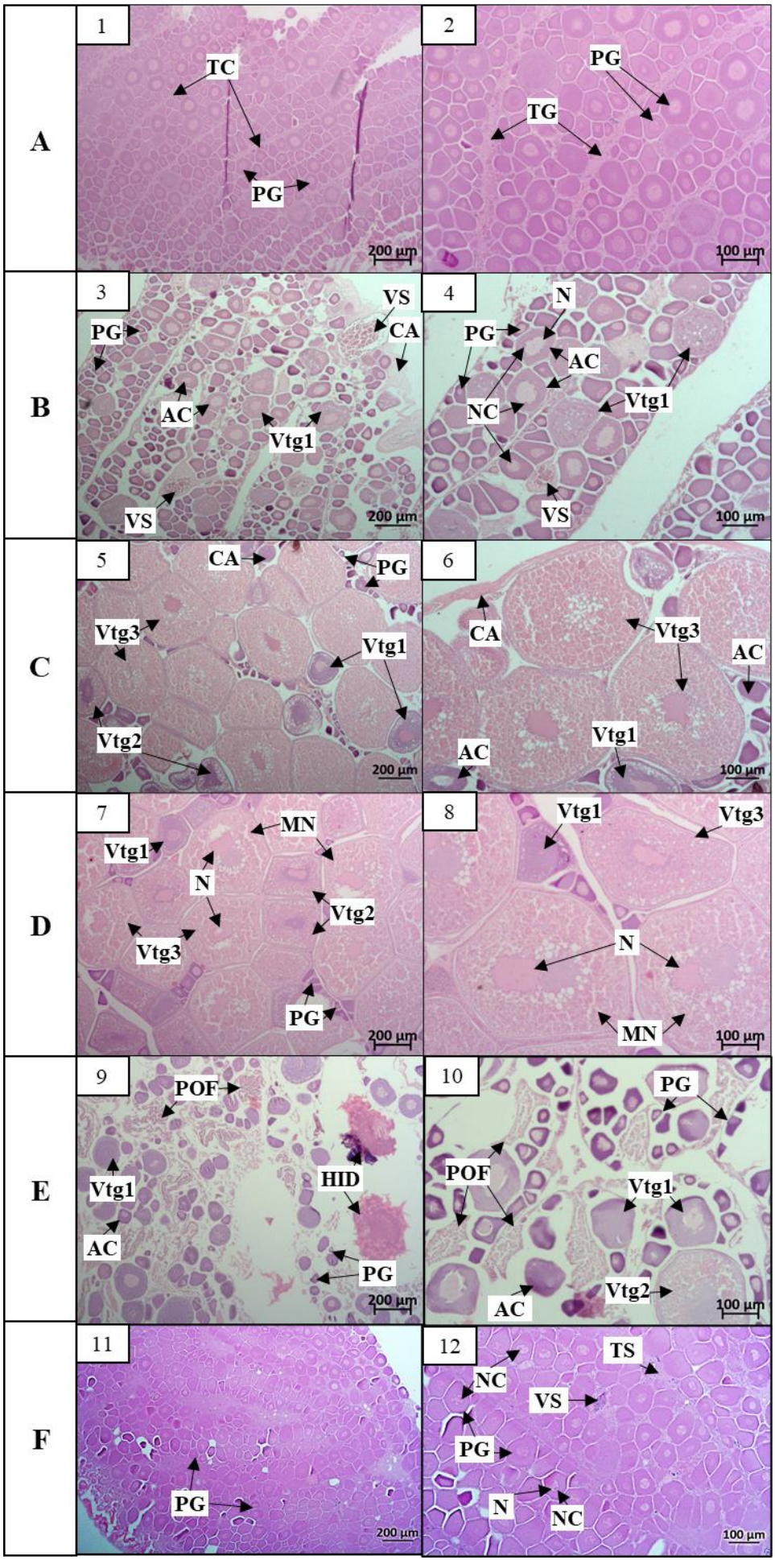

A
1
TC
PG
200 µm
2
PG
TG
100 µm
B
3
VS
CA
PG
AC
Vtg1
VS
200 µm
4
N
PG
AC
NC
Vtg1
VS
100 µm
C
5
CA
PG
Vtg3
Vtg1
Vtg2
200 µm
6
CA
Vtg3
AC
Vtg1
AC
100 µm
D
7
MN
Vtg1
N
Vtg2
Vtg3
PG
200 µm
8
Vtg1
Vtg3
N
MN
100 µm
E
9
POF
Vtg1
HID
AC
PG
200 µm
10
PG
POF
Vtg1
AC
Vtg2
100 µm
F
11
PG
200 µm
12
TS
NC
VS
PG
N
NC
100 µm

Figura 3-13 Estádios de maturidade gonadal das fêmeas de *Sardinella brasiliensis* amostradas entre 2015 e 2019 nos estados de Rio de Janeiro e Santa Catarina. As linhas representam preparações permanentes com cortes de ovários no mesmo estádio de maturidade. A: imaturo. Há somente ovócitos PG organizados. B: em maturação. Início da vitelogênese, na qual podem ser encontrados ovócitos até Vtg2. A presença de ovócitos organizados, indicam de que ainda não ocorreu desova. C: capaz de desova. Podem ser observados ovócitos até Vtg3. D: desova iminente. Estádio efêmero (<24h), no qual podem ser observados ovócitos MN e também hidratados. E: regressão. São observados POFs, indicativo que a desova já ocorreu. O tempo decorrido da desova é estimado pelo nível de degradação/absorção dos POFs. Na foto 9, podem ser observados ovócitos residuais em estádio de hidratação, que seriam absorvidos. Na foto 10, POFs recentes, sem sinais de degradação, indicando que a desova foi recente (<24h). F: regeneração. Há somente ovócitos em PG. Apesar de semelhante com o estádio imaturo, diferencia-se deste pela maior desorganização dos ovócitos. TC= tecido conjuntivo; PG=ovócito em estádio de crescimento primário; AC= ovócito em estádio de alvéolo cortical; VS= vaso sanguíneo; Vtg1 2 3= ovócito em estádio vitelogênico primário, secundário e terciário, respectivamente; MN= ovócito em estádio de migração nuclear; HID= ovócito em estádio de hidratação; POF= folículo pós-ovulatório; N= núcleo; NC; nucléolo; CA= capa albugínea. Escalas no canto inferior direito de cada imagem. Coloração H&E.

A partir destas descrições e identificação dos ovócitos nessas fases, foi medido o diâmetro dos ovócitos em cada fase de desenvolvimento. Com esses valores, foram realizadas as análises da relação entre o diâmetro e as fases de desenvolvimento ovocitário (Figura 3-14), frequência do tamanho dos ovócitos em cada fase de desenvolvimento (Figura 3-15) e o diâmetro médio do recrutamento de ovócitos avitelogênicos para a fase vitelogênica (Figura 3-16).

Os diâmetros médios dos ovócitos estimados para cada fase do desenvolvimento foram: ovócitos em PG = 79,2 ± 19,66 µm; em AC = 154,34 ± 33,1 µm; em Vtg1 = 214,62 ± 35,83 µm; em Vtg2 = 311,14 ± 56,31 µm; os em Vtg3 = 396,3 ± 59,1 µm. O diâmetro médio de recrutamento foi calculado em 103,4 µm.

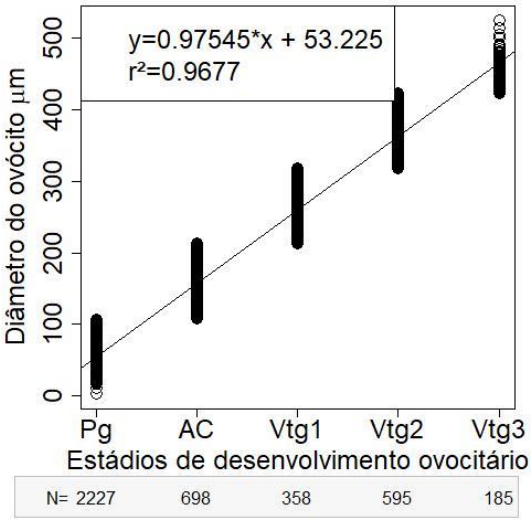


Figura 3-14 Relação entre o diâmetro do ovócito e dos estádios de desenvolvimento ovocitário. PG: desenvolvimento primário; AC: alvéolo cortical; Vtg1: vitelogênese primária; Vtg2: vitelogênese secundária; Vtg3: vitelogênese terciária. Na caixa cinza abaixo do gráfico, o número de células consideradas em cada estádios de desenvolvimento. Dentro do gráfico, a equação da reta gerada e seu coeficiente de determinação (r^2).

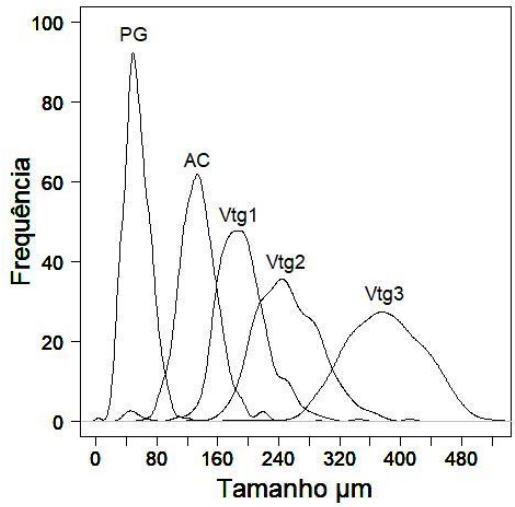


Figura 3-15 Frequência do tamanho dos ovócitos em cada fase de desenvolvimento ovocitário. Acima do máximo de cada curva, o estádio de maturidade das células. PG: desenvolvimento primário; AC: alvéolo cortical; Vtg1: vitelogênese primária; Vtg2: vitelogênese secundária; Vtg3: vitelogênese terciária

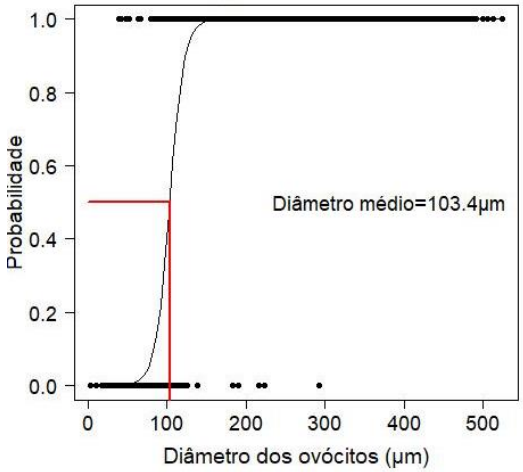


Figura 3-16 Diâmetro médio do recrutamento de ovócitos avitelogênicos para a fase vitelogênica. Dentro do gráfico, o valor do diâmetro médio, 103,4 micrômetros. Os ovócitos foram divididos em classes de diâmetro de 40 micrômetros.

3.3.3 Atresias

Atresias em ovócitos foram encontradas esporadicamente, não revelando qualquer tipo de padrão. Dessa forma, não foram calculadas a intensidade e prevalência das atresias em *Sardinella brasiliensis*.

3.3.4 Folículo pós-ovulatório (POF)

Os estádios de degradação/absorção dos POFs foram divididos em alfa e beta (Tabela 3-4 e Figura 3-17). O estádio alfa foi subdividido em inicial, médio e avançado. Estes diferenciam-se principalmente pelo tamanho, organização da camada celular da teca e granulosa, e pelo tamanho do lúmen restante. O estádio beta, bem como os seus sucessivos estádios de degradação, é de difícil identificação.

Tabela 3-4 Estádios de degradação/absorção dos folículos pós-ovulatórios (POF) encontrados em preparações permanentes com cortes de gônadas de sardinhas-verdadeiras capturadas entre 2015-2019 em Santa Catarina e Rio de Janeiro.

Folículos pós-ovulatórios (POF)		
Estádio		Descrição
Alfa	Inicial	Folículos sem sinal de degradação/absorção. O lúmen está espaçoso. As células da teca hipertrofiam e se tornam mais visíveis. Após terem sido esticadas após a hidratação do ovócito, as células da granulosa e da teca ficam tortuosas quando o ovócito é liberado. Assim, estas células mantêm sua organização em cordão, porém não mais em formato circular. Os núcleos das células da granulosa começam a se tornar picnóticos. Há espaçamento entre as células da granulosa e da teca. Também é possível observar a abertura por onde o folículo foi rompido pelo ovócito.
	Médio	O lúmen está reduzido, assim como o folículo inteiro, e as células da granulosa estão compactadas. Não é mais possível discernir por onde o ovócito rompeu as camadas foliculares.
	Avançado	O POF está cada vez mais reduzido, assim como o lúmen, mostrando sinais de degradação. Neste ponto é difícil diferenciar as células da granulosa e da teca. Estas estão muito desorganizadas.
Beta		Uma estrutura compacta, composta por células da granulosa e da teca desorganizadas. Dificilmente é diferenciada de atresias no mesmo estádio

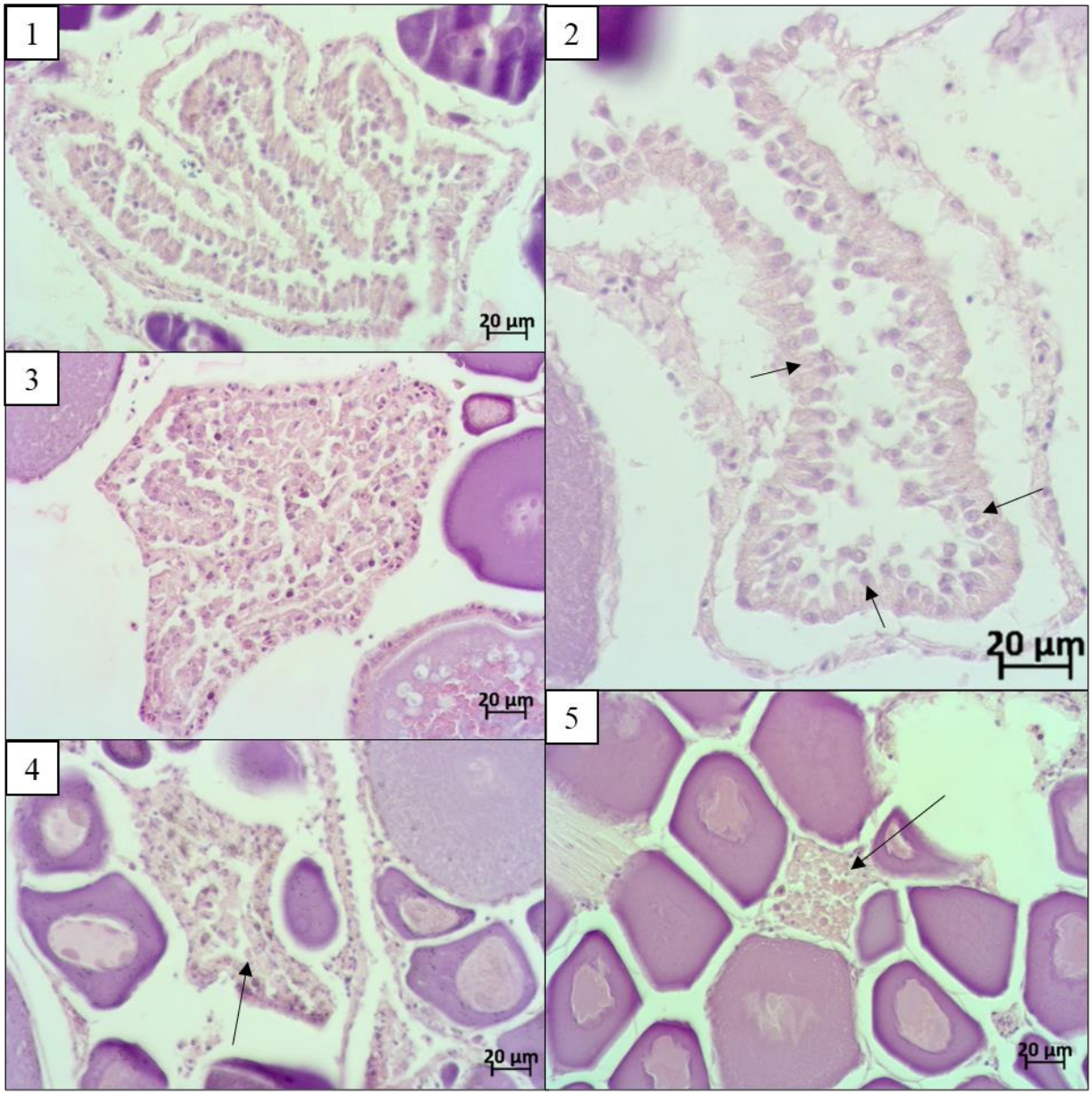


Figura 3-17 Preparações permanentes com cortes de ovários de *Sardinella brasiliensis*, evidenciando folículos pós-ovulatórios (POF). 1- POF recente, sem sinais de absorção/degradação. Observa-se claramente a abertura por onde o ovócito foi expelido. 2- POF recente, sem sinais de absorção/degradação. As setas indicam as células da camada granulosa com aspecto picnótico, com seus núcleos migrando para o centro do lúmen. 3- Absorção/degradação inicial do POF. Percebe-se compactação do folículo, diminuição do lúmen e desorganização celular. Não é mais possível observar a abertura da granulosa por onde o ovócito teria sido liberado. 4- Absorção/degradação avançada do POF. Tamanho e lúmen extremamente reduzidos. 5- Estágio beta da absorção do POF. Aqui, o folículo está bem menor e não se observa mais o lúmen. Este estádio é facilmente confundido com atresias pela sua similaridade. Coloração H&E

3.3.5 Diferença entre as classificações macro- e microscópicas

Com as análises das preparações permanentes com os cortes de gônadas, a classificação macroscópica foi comparada com a avaliação microscópica. Com relação à identificação dos sexos (Tabela-3-5), aproximadamente 90% das fêmeas e 82% dos machos foram classificados corretamente, tomando-se como base que a classificação mais minuciosa, como a microscópica, seja a mais correta. Assim 86,7% dos espécimes tiveram seus sexos classificados corretamente na etapa macroscópica. Na Tabela-3-5, as leituras macroscópicas correspondem às linhas da tabela, enquanto as microscópicas correspondem às colunas. Ou seja, as células em verde são classificações iguais, enquanto as em laranja são erros das classificações macroscópicas.

Tabela-3-5 Diferenças entre as identificações dos sexos dos exemplares por macroscopia (linhas) e microscopia (colunas) da sardinha-verdadeira capturada entre 2015 e 2019. Em verde, as classificações corretas/coincidentes; em laranja, as classificações diferentes/errôneas. A linha "Sem macro" corresponde aos indivíduos que não tiveram classificações gonadais macroscópicas, ou foram identificados com sexo indefinido.

Classificação sexual		Microscópico		
		Fêmea	Macho	Total
Macroscópico	Fêmea	193 90%	16 12%	209 60%
	Macho	15 7%	107 82%	122 35%
	Sem macro	7 3%	8 6%	15 4%
	Total	215 62%	131 38%	346

Com relação às classificações dos estádios de maturidade, os resultados estão sumarizados na Tabela 3-6. Nela, as classificações macroscópicas (micro) correspondem às linhas (colunas) da tabela. As células em verde correspondem às coincidências/acertos das classificações, as em vermelho são superestimativas, e as azuis subestimativas das classificações dos estádios de maturidade. Cabe aqui comentar a diferença entre as escalas macro e microscópicas.

Apenas 9% dos imaturos foram classificados corretamente. A maior taxa de acerto foi dos indivíduos B (66%), os C tiveram 41% de acerto e os E 44%. Dessa forma, ao todo 32,75% das classificações macroscópicas estavam corretas. As superestimativas na classificação foram 29,5%, e as subestimativas foram 30%.

Se considerarmos a equivalência entre os estádios C/D e E/F, por serem equivalentes dos estádios C e E na escala macroscópica, a porcentagem de acerto sobe para 41,1% e as subestimativas diminuem para 23,8%.

Tabela 3-6 Diferenças entre as classificações dos estádios de maturidade macroscópicos (linhas) e microscópicos (colunas) da sardinha-verdadeira capturada entre 2015 e 2019, amostradas nos estados do Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Em verde, as classificações corretas/coincidentes; em azul as classificações subestimadas; em vermelho, as classificações superestimadas. As células em negrito são equivalentes para a análise macroscópica. Os números acima das porcentagens são os números absolutos, enquanto as porcentagens são relativas às análises microscópicas. A linha "Sem macro" corresponde aos indivíduos que não tiveram classificações gonadais macroscópicas, ou foram identificados com estádio de maturidade indefinido.

Classificação dos estádios de maturidade gonadal		Microscópico					
		A	B	C	D	E	F
Macroscópico	A	4 9,1%	7 10,4%	0 0%	0 0%	4 9,5%	5 11%
	B	32 73%	44 66,6%	17 15,4%	6 16,6%	9 21,4%	26 56,5%
	C	0 0%	3 4,5%	45 41%	16 44,5%	8 19%	0 0%
	E	6 13,6%	11 16,4%	41 37,3%	9 25%	20 47,6%	13 28,2%
	Sem macro	2 4,5%	2 3%	7 6,3%	5 14%	1 2,4%	2 4,3%
	Total	44 12,7%	67 19,4%	110 32%	36 10,4%	42 12,2%	46 13,3%

3.3.6 Variação temporal dos estádios de maturidade microscópicos

Os imaturos (A) estiveram presentes nos dois semestres, com maior ocorrência nos meses de maio e agosto. Não foram observados indivíduos A de setembro a fevereiro no RJ, e em fevereiro em Santa Catarina, considerando os meses analisados. Para ambos os locais, o pico de ocorrência de indivíduos imaturos é evidenciado no gráfico que considera o número de indivíduos em cada estádio de maturidade como 100% (Figura 3-19 e Figura 7-38), mas também pode ser observado um pico em agosto. Todavia, o gráfico que considera indivíduos de cada mês como 100% (Figura 3-20 e Figura 7-39), mostra a presença quase constante de indivíduos A, de maio a agosto. Portanto, com base nas informações obtidas microscopicamente, a entrada de indivíduos menores para a pesca, ou seja, o recrutamento para a pesca de sardinha-verdadeira ocorre, principalmente, no mês de maio, mas se estende até o mês de agosto.

Os peixes em maturação (B) somente não estiveram presentes no mês de junho (e em fevereiro em SC). Em todos os tipos de gráficos pode-se ver dois picos desses indivíduos: um primeiro e menor pico em abril, e o segundo e mais marcante em setembro. Ao observar o gráfico com os animais de cada mês como 100% (Figura 3-20 e Figura 7-39), vê-se que os indivíduos em maturação se tornam mais presentes a partir do mês de julho, sugerindo que esta possa ser a época em que eles começam a se preparar para o período reprodutivo (início da maturação gonadal). O padrão descrito neste parágrafo foi semelhante para ambos locais de amostragem e sexos, à exceção dos machos em SC, no qual não foram observados em setembro.

Os indivíduos classificados como capazes de desova ou maduros (C) estiveram presentes o ano inteiro, à exceção de maio em SC. É possível observar diferenças entre machos e fêmeas em ambos os locais. No primeiro semestre em SC, não houve machos em abril e maio, e fêmeas não foram amostradas somente em maio. No segundo semestre, as fêmeas C apresentaram pico em outubro e os machos em setembro. Já no RJ, enquanto os machos C tiveram pico em março e baixas quantidades nos outros meses do primeiro semestre, as fêmeas maduras foram as mais presentes no primeiro semestre até maio, quando começam a decrescer. No segundo semestre elas se mantêm em baixos números até agosto, quando voltam a crescer, enquanto os machos maduros têm pico em agosto. O padrão para ambos os locais e ambos sexos é semelhante ao descrito para as fêmeas do RJ. Os resultados indicam que o período reprodutivo da *S. brasiliensis* têm discreto começo em agosto, quando alguns indivíduos maduros começam a ser mais frequentes. Os maduros provavelmente continuam em grandes números nos meses de verão (meses sem coleta) e decrescem em março.

O estádio de desova/ejaculação iminente (D) teve o menor número de indivíduos classificados, o que é justificado pela efemeridade deste estádio. Foram encontrados padrões diferentes de ocorrência para os machos e fêmeas provenientes dos descarregamentos no RJ e para os machos de SC. Não foram identificadas fêmeas neste estádio em SC. Em SC, machos na iminência de eliminação de gametas foram identificados nos meses de fevereiro, abril e setembro, sendo o último com mais indivíduos. As fêmeas no estádio D no estado do RJ foram encontradas nos meses de setembro, outubro, fevereiro e março. Já os machos neste estado foram encontrados em fevereiro, março, abril, maio e setembro. Apesar das fêmeas terem pico em fevereiro e os machos em maio, conjuntamente, são vistos de setembro a maio (Figura 3-20). Portanto, com base nos resultados, o período de desova da sardinha verdadeira ocorre o ano todo, com maior frequência de setembro a maio.

Os espécimes classificados como em regressão (E) estavam presentes em SC em maio (fêmeas) e outubro (machos), e no RJ em todos os meses de coleta. As fêmeas no RJ foram

principalmente encontradas em fevereiro e agosto, e os machos em maio. Ao todo, foram encontrados peixes no estádio E o ano inteiro, com maiores valores em agosto, fevereiro e, principalmente, maio (representados por machos do RJ). Apesar deste pico em maio, no gráfico com indivíduos em cada mês com 100%, a frequência da presença deste estádio parece ser relativamente constante, com menores valores em março, abril e setembro (Figura 3-20).

Por fim, aqueles classificados como em regeneração (F) aparecem nos dois locais de coleta, com valores superiores nos meses de maio e setembro, mesmo considerando que haviam muitos machos do RJ no mês de junho (Figura 3-18 e Figura 7-37). Assim, parece haver dois picos de indivíduos com gônadas em regeneração, talvez representando dois pulsos de reprodução numa mesma época: o pico em maio seria dos espécimes a se reproduzir em outubro, e o pico em setembro seria daqueles que se reproduziriam mais tarde, em março/abril. Porém, nos gráficos com indivíduos em cada mês como 100% (Figura 3-20), percebe-se uma tendência de pico em junho. Dessa forma, os dois picos poderiam fazer parte de uma única curva, a qual seria representada por um pico principal de indivíduos no estádio F em junho. Esta hipótese poderia ser justificada pela menor quantidade de indivíduos analisados microscopicamente em junho, se comparado com os outros meses.

Assim, a partir dos dados obtidos, considerando ambos os sexos e locais de amostragem, verificou-se que a sardinha-verdadeira inicia a sua época reprodutiva em agosto, representada pelo início da curva de indivíduos em maturação (B), e vai até maio, último mês que vemos espécimes em desova iminente (D). O recrutamento para a pesca se dá principalmente no inverno, mas há indícios de que este processo se inicia em maio. É possível haver mais de um período de desova durante a estação reprodutiva desta espécie, mas não se pode confirmar tal afirmação. Apesar de não haver amostras nos meses de dezembro e janeiro, o período de desova iria de agosto a maio.

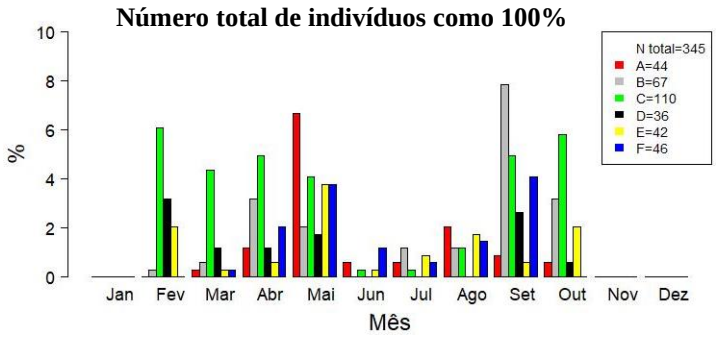


Figura 3-18 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal classificados microscopicamente, considerando o número total de indivíduos como o número total. Foram usados espécimes coletados em todos os anos (2015-2019), nos dois locais de coleta (RJ+SC) e ambos os sexos. Na legenda, a quantidade de indivíduos em cada estádio de maturidade, assim como a sua somatória (N total).

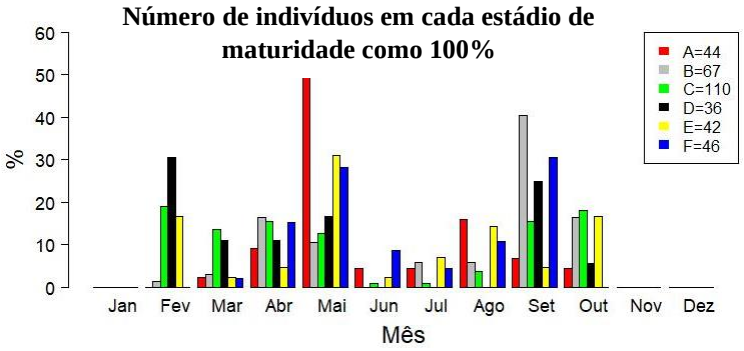


Figura 3-19 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal classificados microscopicamente, considerando o número de indivíduos em cada estádio de maturidade como o número total. Foram usados espécimes coletados em todos os anos (2015-2019), nos dois locais de coleta (RJ+SC) e ambos os sexos. Na legenda, o número de indivíduos em cada estádios de maturidade.

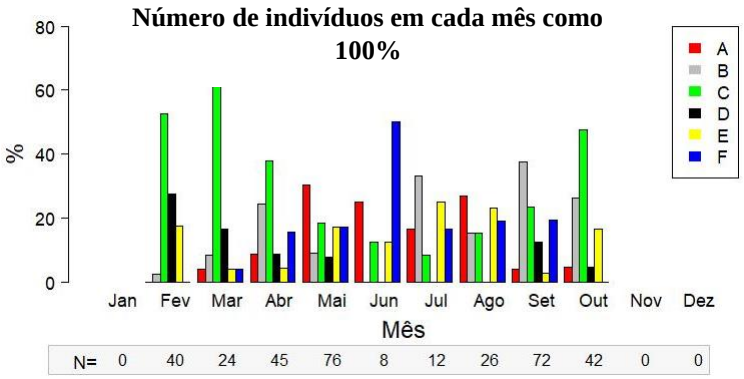


Figura 3-20 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal classificados microscopicamente, considerando o número de indivíduos em cada mês como o número total. Foram usados espécimes coletados em todos os anos (2015-2019), nos dois locais de coleta (RJ+SC) e ambos os sexos. Na caixa cinza abaixo do gráfico, o número de indivíduos considerados em cada mês

3.3.7 Comprimento médio de primeira maturação gonadal estimado a partir de dados microscópicos

Usando apenas indivíduos com gônadas classificas microscopicamente, refizemos o cálculo do comprimento médio de primeira maturação (L_{50}), para cada ano, sexo e local de coleta foi refeito. Cabe salientar, novamente, que os valores obtidos devem ser interpretados com muita cautela, pois não necessariamente expressam a realidade da população (ou populações) amostrada(s). Nossos dados são enviesados por diversas naturezas, como indivíduos amostrados somente com pesca comercial, com poucos imaturos, comprimento mínimo de 17 cm para captura, preferências de comprimentos pelas indústrias e por não termos amostras do pico teórico de reprodução (janeiro e dezembro).

No RJ, os melhores valores de L_{50} (r^2>0,3) variaram de 16,9 a 18,26 cm. A melhor curva gerada (r^2=0,68) para machos foi em 2019, com valor de L_{50} de 17 cm. Para as fêmeas, a melhor curva obtida (r^2=0,54) foi em 2017, com L_{50} de 18,26 cm. Considerando todos os anos, nenhum valor foi satisfatório para o RJ (maior valor do r^2 foi de 0,19 para machos).

Em SC, os melhores valores (r^2>0,3) variaram de 16,9 a 20 cm. A melhor curva para os machos (r^2=0,48) foi em 2018, com L_{50} de 20 cm. Já para as fêmeas, a melhor curva neste local

(r^2=0,36) foi em 2017, com L_{50} de 16,9 cm. Também não foram estimadas curvas com ajuste satisfatório, considerando todos os anos em SC (maior valor do r^2 foi de 0,24 para fêmeas).

Por fim, considerando ambos os locais de amostragem, os valores mais satisfatórios de ajuste dos dados ao modelo sigmoide foram 17,1 cm (r^2=0,39) para fêmeas e 17 cm (r^2=0,68) para machos. Considerando todos os anos, ainda nenhum valor satisfatório foi obtido (maior valor do r^2 foi de 0,21 para fêmeas).

Tabela 3-7 Comprimento médio de primeira maturação (L_{50}) para peixes classificados microscopicamente. Foram feitas análises para fêmeas (F) e machos (M) e ambos (F+M) da sardinha-verdadeira descarregada nos portos do Rio de Janeiro (RJ) e Santa Catarina (SC) e juntos (RJ+SC).

	Sexo	F		M		F+M	
Local	Valores / Ano	L_{50}	r^2	L_{50}	r^2	L_{50}	r^2
Rio de Janeiro	2016	21,48	0,07				
	2017	18,26	0,54	14,88	0,15	16,91	0,31
	2018	5,47	0,02	13,7	0,05	7,8	0,03
	2019	16,57	0,18	16,98	0,68	16,19	0,25
	2016-2019	14,85	0,12	15,42	0,19	15,01	0,14
Santa Catarina	2017	16,91	0,36			14,23	0,16
	2018	20,04	0,48	19,2	0,11	19,83	0,34
	2017-2018	18,13	0,24			15,82	0,09
Rio de janeiro + Santa Catarina	2016	21,48	0,07				
	2017	17,13	0,39			14,41	0,17
	2018	17,55	0,17	18,53	0,25	17,86	0,19
	2019	16,57	0,18	16,98	0,68	16,19	0,25
	2016-2019	16,92	0,21	13,64	0,11	16	0,18

3.3.8 Fecundidade

Através da técnica de estequiometria, foi estimado o valor médio e desvio-padrão (DP) do número de ovócitos em desenvolvimento avançado (ODA), que corresponde àqueles em vitelogênese terciária, foi 25052,15 $\pm$ 13503,11 ovócitos/fêmea. Este valor corresponde à fecundidade por lote da sardinha-verdadeira. Já o cálculo do número relativo de ovócitos em desenvolvimento avançado (RODA) foi realizado dividindo o valor de ODA pelo peso do ovário de cada indivíduo, obtendo-se assim o valor médio e DP foi 8224,83 $\pm$ 2841,75 ovócitos/peso do ovário. Estes valores, assim como os outros calculados para a equação de Weibel, encontram-se na Tabela 3-8.

Com os valores de ODA, fizemos regressões lineares com os valores do peso dos ovários (Figura 3-21), comprimento total (Figura 3-22) e peso total (Figura 3-23). Os valores dos

coeficientes da reta gerados, assim como o valor do coeficiente de correlação de Pearson encontram-se na Tabela 3-9.

Tabela 3-8 Valores estimados para o cálculo da fecundidade da sardinha-verdadeira entre os anos de 2015-2019 na costa Sudeste-Sul do Brasil. Na última linha da coluna V_o, a equação linear estimada para cálculo do volume, e r^2 o seu coeficiente de determinação. K:coeficiente de distribuição de tamanho; β: coeficiente de formato; N_a: número de ovócitos seccionados por unidade de área; V_i: área parcial dos ovócitos na seção histológica; Wg: peso gonadal; ODA: número de ovócitos em desenvolvimento avançado por fêmea; RODA: número relativo de ovócitos em desenvolvimento avançado por peso (g).

	V_o (g/cm³)	K	β	N_a	V_i	ODA	Wg	RODA
Valor médio	2,176	1,009	1,221	463,267	0,467	25052,147	3,2748	8224,836
Máximo	5,067	1,068	1,326	712	0,639	58688,296	7,624	14744,158
Mínimo	0,206	1,001	1,120	280	0,293	2394,370	0,31	3692,512
Desvio-padrão	4774,070	0,011	0,055	112,067	0,087	13503,108	1,732	2841,756
Equação	O_v= 1501,5xO_w							
r^2	0,998							

Tabela 3-9 Valores calculados através da regressão linear dos valores do número de ovócitos em desenvolvimento avançado (ODA) com o peso do ovário (Wg), comprimento total (Lt) e peso total (Wt). Na equação linear y=ax+b, o intercepto refere-se ao termo 'b', x ao termo 'a'. rs é o coeficiente de correlação de Spearman e o p-valor para cada relação.

Regressão linear de ODA	intercepto	x	rs	p
Wg	5132,344	6082,754	0,814	2,36E-07
Lt	-45982,3	3245,274	0,503	2,05E-03
Wt	3104,318	220,2845	0,548	6,52E-04

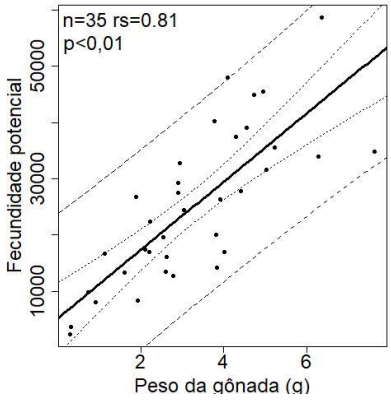


Figura 3-21 Relação entre o número de ovócitos em desenvolvimento avançado (ODA) e o peso do ovário (g). Índice de intervalo de confiança (95%) (…..) e índice de intervalo de predição (95%) (---). Dentro do gráfico, o número de fêmeas analisadas (n), o valor da correlação de Spearman (rs) e o p-valor estimado.

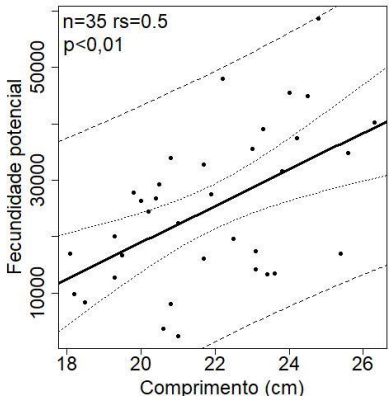


Figura 3-22 Relação entre o número de ovócitos em desenvolvimento avançado (ODA) e o comprimento das fêmeas (cm). Índice de intervalo de confiança (95%) (…..) e Índice de intervalo de predição (95%) (---). Dentro do gráfico, o número de fêmeas analisadas (n), o valor da correlação de Spearman (rs) e o p-valor estimado.

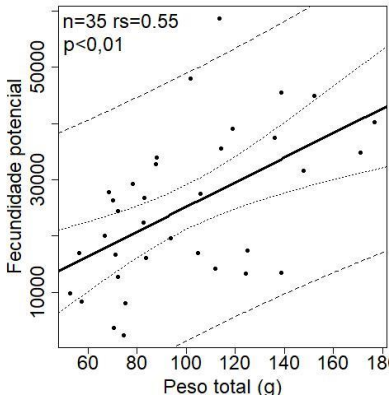


Figura 3-23 Relação entre o número de ovócitos em desenvolvimento avançado (ODA) e o peso total das fêmeas(g). Índice de intervalo de confiança (95%) (…..) e Índice de intervalo de predição (95%) (---). Dentro do gráfico, o número de fêmeas analisadas (n), o valor da correlação de Spearman (rs) e o p-valor estimado.

3.3.9 Área de desova

Foram encontrados 36 espécimes com gônadas sinalizando desova/ejaculação iminente. A maioria destes indivíduos (26) foram encontrados no Rio de Janeiro, sendo 13 amostrados em SC. Todos os espécimes amostrados no RJ foram capturados no período noturno (SC não reportou tal informação). Na Figura 3-24, foram plotados os pontos onde foram encontrados os indivíduos considerados com desova iminente ou realizada a pouco tempo. Alguns locais estavam definidos nos dados (com latitude, longitude e profundidade), porém outros nem tanto. Não foram plotados os pontos de desova em SC por falta de dados espaciais de captura.

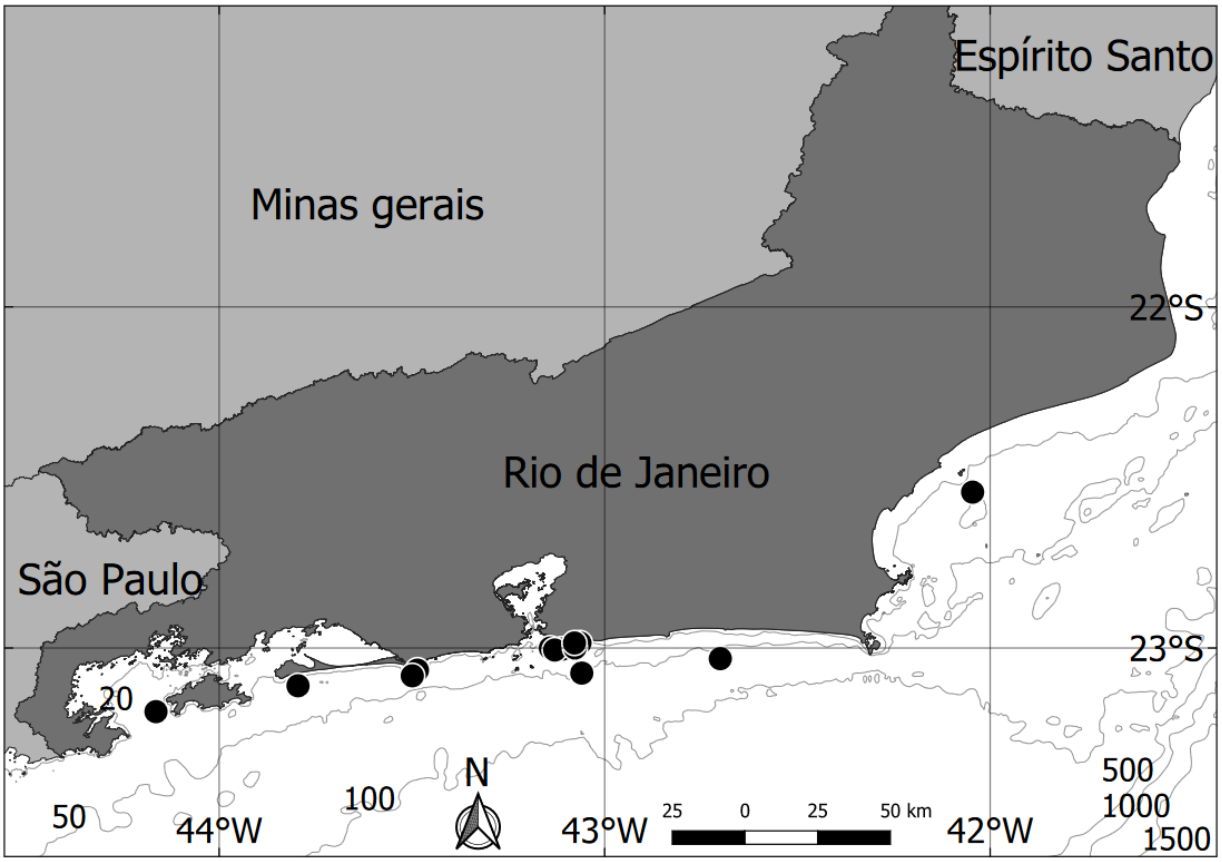


Figura 3-24 Locais de desova da sardinha-verdadeira no período de 2016-2019. Esses locais foram baseados na verificação histológica de desova iminente ou desova recente.

3.3.10 Parasitismo

As gônadas infectadas foram examinadas histologicamente e reconhecidas pela presença de oocistos de um coccídio. A coccidiose é uma doença amplamente distribuída entre os peixes (PINTO, 1956), cujo agente patógeno que infecta os testículos e ovários (Figura 3-25) é, provavelmente, é a *Eimeria sardinae* (Thélohan, 1890) (Reichenow, 1921). A identificação do gênero do parasita foi realizada a partir da morfometria de seus oocistos, conforme descrito por Baker (1969) e Upton, (1984).

Os oocistos são esféricos, com diâmetro médio de 12,8 µm (mínimo de 7,6 µm e máximo de 17,9 µm). Sua parede é fina, transparente e consiste de apenas uma camada de 0,1 µm de espessura. O número de esporocistos dentro do oocisto, dependendo do plano de corte da gônada, pode variar de 1 a 4 no mesmo plano de direção e não preenchem inteiramente o espaço. O diâmetro médio do esporocisto foi de 8,5 µm, podendo variar de um mínimo de 5,4 µm ao máximo de 12,5 µm.

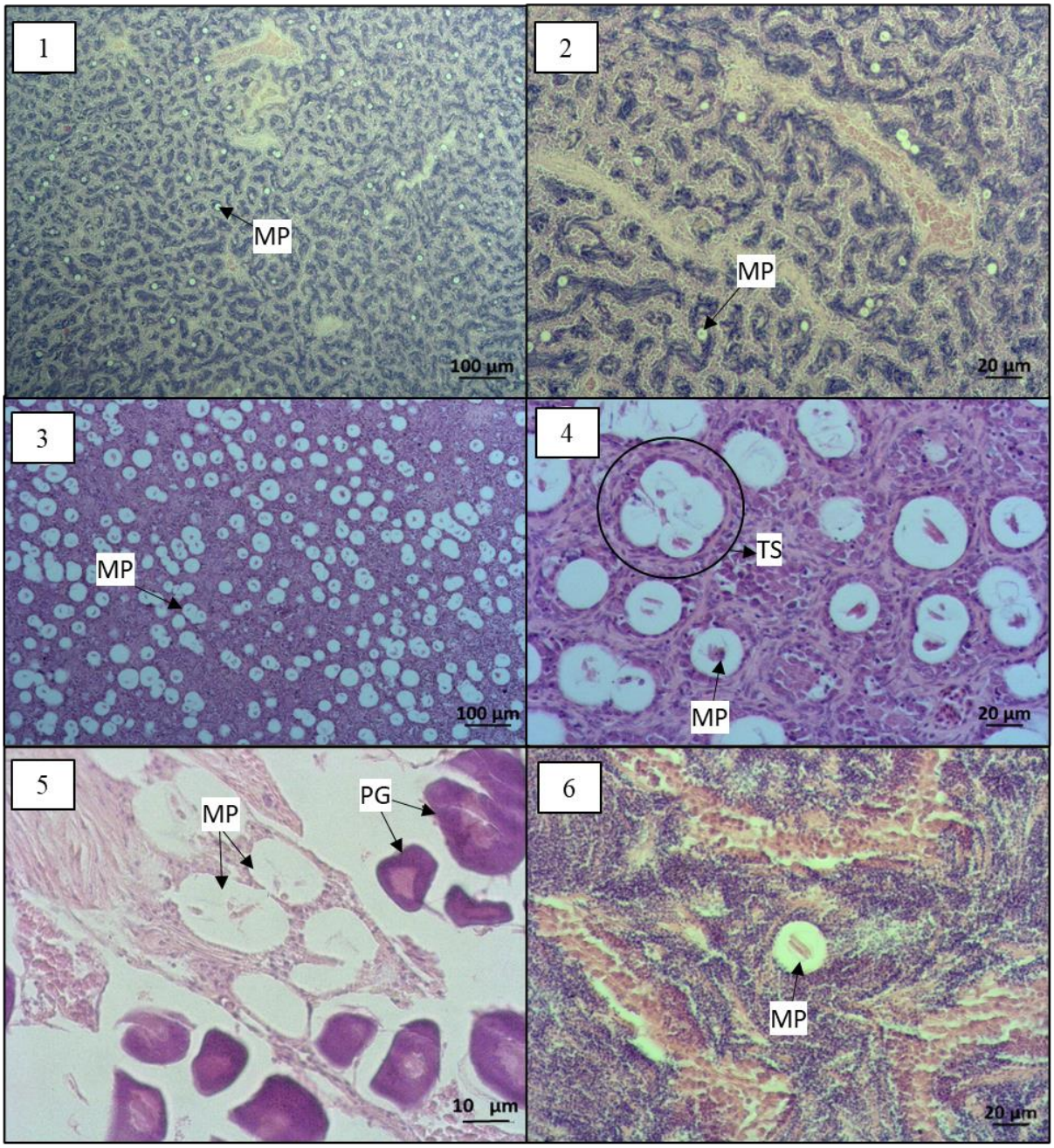


Figura 3-25 Imagens de seções histológicas de amostras de gônadas de *Sardinella brasiliensis* com ênfase nos oocistos de *Eimeria*. Imagens 1 e 2: testículo com alta intensidade de infecção. Imagens 2 e 4: testículo com severa intensidade de infecção. Na imagem 4, percebe-se que os oocistos estão ocupando o compartimento tubular dos túbulos seminíferos, em cujas paredes deveriam estar as células germinativas, além das células de Sertoli. A ausência dessas células sugere castração. Imagem 5: ovário com baixa infecção pelo coccídio Eimeria. Imagem 6: testículo com baixa intensidade de infecção. Presença de oocisto esporulado em testículo em atividade espermatogênica. MP- Microparasitos; PG- ovócitos primários; TS- túbulo seminífero. Coloração H&E.

Os oocistos estavam presentes sempre na luz dos túbulos seminíferos ou nos dutos espermáticos (Figura 3-25, Imagens 1 e 2), sem evidente reação inflamatória por parte de seu hospedeiro nos casos de baixa, moderada e alta infecção. Nos casos onde houve severa infestação pelo coccídio (Figura 3-25, Imagens 3 e 4), com ampla distribuição de oocistos pelo

tecido testicular, foi evidente a ação patogênica do parasito, uma vez que foi observada a ocupação total de compartimentos tubulares por oocistos (obstrução) dos túbulos seminíferos.

A intensidade das infecções parasitárias nos testículos de sardinha-verdadeira foi classificada em 5 estágios: ausência de oocistos, baixa intensidade, moderada, alta e severa (Tabela 3-10).

Tabela 3-10 Intensidade de parasitismo em gônadas de *Sardinella brasiliensis* amostradas entre 2016-2019 no Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Intensidade de parasitismo em gônadas		
Nível	Índice	Presença de oocistos por corte transversal
Ausente	0	Sem oocistos
Baixa	1	Até 5 oocistos
Moderada	2	Até 10 oocistos
Alta	3	Oocistos amplamente disseminados dentro dos túbulos seminíferos e ductos testiculares, sem reação inflamatória ou alteração da estrutura histológica testicular.
Severa	4	Infestação do testículo por oocistos, acompanhada pelo desaparecimento da estrutura histológica normal do testículo e proliferação reacional de células (macrófagos). Espessamento do tecido intersticial (basofílico), com túbulos seminíferos ocupados totalmente por oocistos, no lugar das células germinativas (espermatogônias e espermatócitos) e células de suporte (células de Sertoli); há somente espermatozoides residuais; possível diminuição da fertilidade e/ou castração

Verificou-se a prevalência e a intensidade de infecção dos parasitos em testículos da sardinha-verdadeira coletadas no litoral do RJ de 2016 a 2019, em SC de 2017 a 2018 e no RS em 2018. Foram identificados somente dois ovários contendo parasitos, e em baixa quantidade (no máximo 4 oocistos do parasito por lâmina histológica). Desta forma, não foram calculadas a prevalência e a intensidade de infecção em ovários.

Começando pela análise da prevalência da infecção (%) (Tabela 3-11 e Tabela 3-12), comparamos as cinco categorias de intensidade de infecção pelo coccídio entre si, além de o alguns parâmetros biológicos (comprimento total (Lt), peso total (Wt) e RGS).

Foram examinados microscopicamente 130 testículos. A prevalência total de testículos infectados foi 42,3% e a de não infectados foi de 57,7%, considerando todos os anos e locais de coletas. Foram examinados 87 testículos provenientes do Rio de Janeiro (entre os anos de 2016 e 2019), dos quais 37 (43%) apresentaram oocistos. Dos 32 testículos analisados de peixes coletados em Santa Catarina (entre os anos de 2017 e 2018), 15 (47%) estavam infectados. Por fim, dos 11 testículos analisados dos espécimes coletados do Rio Grande do Sul, 3 (27%)

apresentaram oocistos. Com relação às intensidades de infecção, 58% do total de testículos examinados não estavam infectados (sem oocistos), 37% apresentaram baixa infecção, 3% estavam moderadamente infectados e 2% estavam com alta ou severa infecção.]

No RJ, no ano de 2016 não foi observada diferença significativa entre não infectados (57%) e infectados (29% baixa infecção e 14% de severa infecção). Em 2017 houve uma diferença significativa na prevalência de não infectados (78%) quando comparada com as outras categorias de intensidade de infecção (16% baixa infecção, 3% moderada e 3% alta). Já em 2018, houve ocorrência de 23% de indivíduos não infectados, porém diferenças significativas foram encontradas entre os níveis de baixa (70%) e alta e severa infecções (4% em cada. Em 2019, observa-se diferença significativa entre a quantidade de não infectados (68%) e de moderadamente infectados (5%), porém sem diferença entre àqueles com baixa infecção (27%). Quando analisado o período como um todo (2016-2019), 50% não estavam infectados e, 36% com baixa infecção. Moderada, alta e severa infecções tiveram 2% de infecção dos testículos analisados, e foram significativamente diferentes dos dois outros níveis.

Em SC, 50% das amostras coletadas em 2017 não estavam infectadas e 47% estavam com baixa infecção, sendo ambos estatisticamente diferentes dos 3% de indivíduos classificados com moderada infecção. Em 2018, os dois testículos analisados não estavam infectados. Assim, considerando todos os anos, dos 32 testículos provenientes de SC, 53% não estavam infectados, 44% tiveram baixa infecção, e ambos foram estatisticamente diferentes dos 3% com moderada infecção. O RS em 2018 apresentou 73% de indivíduos não infectados e 27% somente com baixa infecção, não apresentando diferenças significativas.

Os valores de Lt, Wt e RGS, quando comparados entre as cinco categorias de intensidade de infecção, não foram encontradas diferenças significativas. Desta forma, não foram encontrados indícios de associação entre o parasitismo e estes parâmetros. Além destes, foi analisado o fator de condição (K). O valor médio calculado do K foi para todos os machos microscopicamente analisados foi 0,009 + 0,0007, para os não parasitados foi 0,009 + 0,0007 e para os peixes parasitados foi 0,009 + 0,0004. Não houve evidência de uma diferença significativa no fator de condição entre os não infectados e os infectados, o que mostra que a condição média dos peixes foi a mesma entre os locais e anos analisados.

Tabela 3-11: Prevalência de infecção (Pr %) por categoria de intensidade de infecção causada por *Eimeria*, em cortes histológicos de testículos de sardinha-verdadeira coletadas no litoral do Rio de Janeiro, nos anos de 2016 a 2019. IC 95%: intervalo de Confiança de 95%; N: número de testículos examinados; Lt: comprimento total (cm); Wt: peso total (g); RGS: relação gonadossomática; caractere ±: erro padrão; caractere * (p<0,05) e ° (p<0,001) demonstram diferenças significativas entre si.

Dados da Coleta				Categorias de intensidade da infecção testicular por *Eimeria*				
Local	Ano	Análise	Média	Ausência de oocistos	Baixa infecção	Moderada infecção	Alta infecção	Severa infecção
Rio de Janeiro	2016	N	7	4	2	0	0	1
		Pr % (IC 95%)	43 (0-93)	57 (8-100)	29 (16-73)			14 (0-49)
		Lt	23,60 ± 0,81	23,75 ± 1,25	22,50 ± 1,50			25
		Wt	126 ± 10,63	130 ± 18,18	111,50 ±7,50			140
		RGS	1,29 ± 0,6	2,00 ± 0,91	0,50 ±0,50			0,3
	2017	N	32	25	5	1	1	0
		Pr % (IC 95%)	22 (6-37)	78° (63-93)	16° (2-20)	3° (0-10)	3° (0-10)	
		Lt	21,68 ± 0,47	211,36 ± 0,56	23,20 ± 0,73	24,3	20,4	
		Wt	106 ± 6,68	101,44 ± 7,77	131,40 ± 10,45	139,7	72,79	
		RGS	1,57 ± 2,03	1,08 ± 0,39	1,60 ± 1,03	3,74	0,09	
	2018	N	26	6	18	0	1	1
		Pr % (IC 95%)	77 (60-94)	23 (5-40)	70* ° (50-88)		4* (4-11)	4° (4-11)
		Lt	21,46 ± 0,35	20,33 ± 0,76	21,80 ± 0,41		21,1	21,6
		Wt	99 ± 4,71	87,50 ± 9,72	103 ± 5,84		95,71	91,34
		RGS	2,07 ± 0,37	2,00 ± 1,25	2,28± 0,37		0,28	1,17
	2019	N	22	15	6	1		
		Pr % (IC 95%)	32 (11-53)	68* (47-90)	27 (7-47)	5* (0-14)		
		Lt	20,09 ± 0,52	19,60 ± 0,7	21,33 ± 0,56	20,06		
		Wt	84 ± 6,91	77, 87 ± 9,26	96,83 ± 9,14	88,27		
		RGS	1,9 ± 1,47	0,87 ± 0,3	2,83 ± 0,48	2,06		
	2016-2019	N	87	50	31	2	2	2
		Pr % (IC 95%)	43(3-53)	57(46-69)"*°	36(25-46)”*	2°*(0-5)	2°*(0-5)	2°*(0-5)

Tabela 3-12 Prevalência de infecção (Pr %) por categoria de intensidade de infecção causada por *Eimeria*, em cortes histológicos de testículos de *S. brasiliensis* coletadas em Santa Catarina e Rio Grande do Sul, nos anos de 2017 a 2018. IC 95%: intervalo de Confiança de 95%; N: número de testículos examinados; Lt: comprimento total (cm); Wt: peso total (g); RGS: relação gonadossomática; caractere ±: erro padrão; caractere * (p<0,05) e ° (p<0,001) demonstram diferenças significativas entre si.

Dados da Coleta		Análise	Média	Categorias de intensidade da infecção testicular por *Eimeria*				
Local	Ano			Ausência de oocistos	Baixa infecção	Moderada infecção	Alta infecção	Severa infecção
Santa Catarina	2017	N	30	15	14	1	0	0
		Pr % (IC 95%)	50 (31-69)	50° (31-69)	47* (28-66)	3° * (0-10)		
		Lt	18,54 ± 0,42	17,41 ± 0,47	19,65 ± 0,6	20,05		
		Wt	60 ± 3,71	50 ± 4,04	70, ± 5,24	67		
		RGS	2,4 ± 2,53	1,83 ± 0,71	2,18 ± 0,81	0,22		
	2018	N	2	2	0	0	0	0
		Pr % (IC 95%)	100	100				
		Lt	21,5 ± 2,5	21,50 ± 2,5				
		Wt	85 ± 26,2	84,50 ± 26,5				
		RGS	0,52 ± 0,66	1				
	2017-2018	N	32	17	14	1	0	0
		Pr % (IC 95%)	47(29-65)	53”*(35-71)	44*”(25-62)	3*(0-9)		
Rio Grande do Sul	2018	N	11	8	3		0	0
		Pr % (IC 95%)	27 (0-59)	73 (41-100)	27 (0-59)			
		Lt	18,72 ± 0,33	19,13 ± 0,23	17,77 ± 0,88			
		Wt	60 ± 3,14	63,75 ±2,55	51,33 ± 8			
		RGS	0,2 ± 0,19	0,27 ± 0,2	0,11 ± 0,01			

Sobre o Índice Médio de Intensidade de Infecção (IMII) (Tabela 3-13), comparamos ($p<0,05$) os valores obtidos por ano, local de amostragem e alguns parâmetros biológicos (comprimento total (Lt), peso total (Wt) e RGS) entre os indivíduos infectados (com ao menos um oocisto) e não infectados (ausência de oocistos).

O IMII em espécimes capturados no RJ teve média e erro padrão 1,32 + 0,13, com mínimo 1,14 + 0,14 (2019) e máximo 2 + 1 (2016). Em SC e no RS estimou-se o valor de IMII aproximadamente em 1. Considerando todos os anos e locais, o valor de IMII médio com erro padrão 1,24 + 0,09. Estes valores não apresentaram diferenças significativas entre si quando testados estatisticamente.

A análise da Tabela 3-13 sugere, ao comparar os grupos de não infectados e infectados, considerando todos os locais e anos de amostragem, uma tendência para médias de Lt, Wt e RGS maiores para os infectados do que para os não infectados. No caso das amostras do RJ de 2016 a 2019, encontra-se diferença estatisticamente significante entre RGS 1,97 de infectados e 1,2 de não infectados, diferença que fica mais explicita no ano de 2019, em que os não infectados apresentaram RGS= 0,87, significativamente inferior ao dos infectados, 2,71. Em SC, as diferenças significativas foram nos valores de Lt, no qual infectados tiveram valores de 19,67 cm e os não infectados 18 cm, e nos valores de Wt, 69,67 g para infectados e 54,64 g para não infectados. Não foram observadas diferenças significativas nos parâmetros biológicos para os indivíduos do RS. Foi também analisado o fator de condição médio para infectados e não infectados, porém não foram encontradas diferenças significativas.

Tabela 3-13 Índice Médio de Intensidade de Infecção (IMII) calculado para espécimes machos de *Sardinella brasiliensis*, para os estados do Rio de Janeiro (RJ), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS) e juntos. N= número de testículos analisados. EP = erro padrão. Caractere (*): diferença significativa (p<0,001).

Local	Ano	N	IMII	EP	Não Infectados					Infectados				
					N	%	Lt (cm)	Wt (g)	RGS	N	%	Lt (cm)t	Wt (g)	RGS
RJ	2016-2019	87	1,32	0,13	50	57	20,90	94,96	1,2*	37	43	22	106,50	1,973*
	2016	7	2,00	1,00	4	57	23,75	129,75	2	3	43	23,23	121	0,330
	2017	32	1,43	0,30	25	78*	21,36	101,44	1,08	7	22*	22,86	124	1,571
	2018	26	1,25	0,18	6	23*	20,33	87,5	2	20	77*	21,80	102	2,1
	2019	22	1,14	0,14	15	68*	19,60	77,87	0,867*	7	27*	21,14	97,60	2,714*
SC	2017-2018	32	1,07	0,07	17	53	18,0*	54,64*	1,714	15	47	19,67*	69,67*	2
	2017	30	1,07	0,07	15	50	17,42*	49,67*	1,833	15	50	19,67*	69,67*	2
	2018	2			2	100	21,5	84,5	1					
RS	2018	11	1,00		8	73	19,13	63,75		3	27	17,67	51,33	
Todos estados	2016-2019	130	1,24	0,09	75	58*	20,14*	83,65*	1,667*	55	42*	21,21*	94,80*	1,865*

4 Discussão

O conhecimento sobre a dinâmica reprodutiva de uma espécie é essencial para estimativas de parâmetros pesqueiros, como a biomassa do estoque, assim como suas flutuações (BROWN-PETERSON *et al.*, 2011; MURUA *et al.*, 2003; TOMKIEWICZ *et al.*, 2003).

A sardinha-verdadeira é o mais importante recurso pesqueiro do Brasil (MPA, 2011). Como todas as espécies da pesca extrativa marinha, vem sendo negligenciada, nos termos da Lei 11.959/2009, uma vez que nem a manutenção de níveis saudáveis nem a recuperação necessária imposta pela sobrepesca têm seus instrumentos e suas competências esclarecidas na lei.

A realização do Projeto SARDINHA: Apoio técnico-científico ao plano de gestão para o uso sustentável da sardinha-verdadeira no sudeste do Brasil, patrocinado pelo FUNBIO - Fundo Brasileiro para a Biodiversidade, em que se insere este trabalho, só foi possível pela mobilização de duas instituições comprometidas com o cumprimento dos objetivos voltados ao entendimento do ciclo de vida da espécie, subsidiando o conhecimento de aspectos que se materializem em ações relacionadas ao plano de gestão para o uso sustentável de *Sardinella brasiliensis*.

A desova da sardinha-verdadeira está associada à estratificação vertical das massas de água, que delimita faixas ótimas de temperatura na camada de mistura. Anomalias hidrográficas podem ser responsáveis por falhas no recrutamento, que levam ao declínio dos desovantes (MATSUURA, 1998). Por outro lado, para identificar possíveis flutuações no potencial reprodutivo, reconhecer as variações nos parâmetros reprodutivos, como os valores de fecundidade, frequência de desova e tamanho de maturação das espécies, é fundamental para acompanhar o desempenho de reposição e manutenção das populações explotadas.

Neste trabalho estudou-se a dinâmica reprodutiva da sardinha-verdadeira, capturada pela frota comercial e desembarcada nos portos do Rio de Janeiro e Santa Catarina, entre os anos de 2015-2019. Apesar da espécie ser uma das mais estudadas e já ter medidas de proteção, as sucessivas falhas no monitoramento da espécie não acompanharam as possíveis alterações em sua abundância.

4.1 Avaliação da biometria e macroscopia das gônadas

Considerando o comprimento total, os menores indivíduos encontrados tinham 12 cm (SC) e 14,1 cm (RJ). Somente 2,51% dos peixes amostrados eram menores do que 17 cm,

tamanho mínimo de captura desta pescaria. A lei vigente permite até 10% dos peixes abaixo do tamanho mínimo de captura (BRASIL, 2009). Em outros estudos, tamanhos menores foram encontrados principalmente quando foram utilizados métodos diferentes de captura/coleta, a exemplo dos resultados do projeto ECOSAR V (IBAMA, 2009) e evidenciado por Evangelista (2010) (APÊNDICE N - Tabela 7-16). Nestes trabalhos, foram encontradas diferenças claras entre as modas e as médias de comprimento total de espécimes capturados por arrasto de meia água (5,5-5,9 cm) e por cerco (22-23 cm). Além do aparato de pesca, é esperado encontrar espécimes menores (juvenis) quanto mais próximo à costa, devido ao padrão migratório da espécie. Após a desova, as larvas são transportadas em direção à costa, onde encontram abrigo e alimento em praias e estuários (CERGOLE; DIAS-NETO, 2011).

Já o valor de comprimento total médio obtido neste estudo foi o maior dentre qualquer outro estudo desta espécie, 21,47 $\pm$ 2,3 cm. Foram registrados espécimes com comprimento máximo de até 34,2 cm em SC e de 32,2 cm no RJ, maiores valores já reportados para a espécie. De maneira geral, os peixes do RJ foram maiores do que os capturados em SC. Este padrão já havia sido reportado no relatório do Subcomitê de Uso Sustentável da Sardinha (IBAMA, 2008), com amostras do projeto ECOSAR IV coletadas em janeiro de 2008. As fêmeas foram maiores do que os machos tanto no RJ (22,61$\pm$ 2,67 cm para fêmeas e 21,97$\pm$2,4 cm para machos) quanto em SC (21,56$\pm$2,03 cm para fêmeas e 20,97$\pm$1,86 cm para machos).

Os valores médios do coeficiente alométrico (*b*) e do fator de condição (K) para cada sexo, mês, ano e local de coleta (APÊNDICE C), foram, em sua maioria, parecidos (médias: *b*=3,2; K=0,005). Valores abaixo de *b*<2,4, fora do padrão descrito por Vazzoler (1996), foram encontrados em SC para fêmeas em fevereiro de 2015, setembro de 2018 e machos em agosto de 2016. No RJ também foi encontrado um valor baixo de *b* em machos amostrados em maio de 2017, mas este valor é justificável pelo número baixo de indivíduos (6). Outros autores também estimaram valores de b próximos a 3, porém nenhum encontrou valores discrepantes como os aqui reportados (APÊNDICE N - Tabela 7-16).

Para se estimar as proporções sexuais e as épocas de reprodução e recrutamento da espécie, estudou-se a variação de ocorrência dos sexos, dos estádios de maturidade e das relações gonadossomáticas. Estas três análises dependem do estudo da gônada dos exemplares, identificando-se ovários (fêmea) ou testículos (macho), ponderando-se o peso das gônadas com o do corpo e classificando os estádio de maturidade gonadal (VAZZOLER, 1996). O peso, apesar de ser aparentemente mais fácil de se estimado por ser uma variável quantitativa, necessita habilidade de dissecação por parte do executor. Saber identificar o órgão e separá-lo corretamente dos epitélios pode não ser tão fácil. A exemplo de dificuldades, foram recebidas

amostras contendo partes de outros órgãos, além de gônadas com marcas de pinças. A marca de pinça não causa diferença significativa no peso, mas pode ocasionar problemas caso rompa a gônada (extravasando seu conteúdo e consequentemente perdendo peso), levando a erros no cálculo ou na leitura microscópica. Já as amostras que continham partes de outros órgãos nos levam a questionar se o peso foi estimado corretamente, ou houve influência do órgão indesejado.

Quanto à diferenciação sexual e, principalmente com relação aos estádios de maturidade gonadal (EM), pode-se esperar mais erros, uma vez que estas classificações são qualitativas e dependem da experiência do avaliador (GIACALONE *et al.*, 2018). Mesmo para um profissional experiente, erros nas classificações são frequentes e diferenciar os estádios de maturidade macroscopicamente pode não ser preciso (DIAS *et al.*, 1998; FERRERI *et al.*, 2009). Também foram encontradas diferenças entre classificações macro- e microscópicas, principalmente nos estádios macroscópicos A e E (Tabela 3-6). Através dos nomes daqueles que realizaram as amostragens das gônadas, contabilizou-se 25 participantes das dissecações (nos dois locais de coleta), o que nos leva a pensar em avaliações diferentes e dependentes dos observadores.

Com relação às proporções sexuais calculadas, em geral, não houve diferença significativa entre a porcentagem de fêmeas (50,7%) e machos (48,9%). Analisou-se a proporção sexual para cada classe de comprimento, estádio de maturidade, mês, ano e local de desembarque. Há maior variação da proporção sexual nos espécimes coletados no RJ em relação a SC, talvez pela quantidade de espécimes amostrados, uma vez que SC coletou aproximadamente 2,6 vezes mais espécimes. Na análise mensal no RJ (Tabela 7-6 e Figura 7-19), encontrou-se diferenças significativas principalmente nos meses de inverno e em outubro, na maioria das vezes, com predominância de fêmeas. Raros foram os meses com predomínio de machos. Na análise dos estádios de maturidade (APÊNDICE G Figura 7-20), a diferença mais notável, entre machos e fêmeas, foi na proporção de maduros (EM=C), e a maior variabilidade (maior desvio-padrão) da proporção de fêmeas ao longo dos anos no RJ. Já para a análise de comprimento (APÊNDICE H Figura 7-21), com os indivíduos descarregados em SC, houve predominância de machos menores e fêmeas maiores. Esta tendência não é clara no RJ.

Os resultados aqui gerados de proporção sexual estão de acordo com outros estudos (CIPULLO, 2015; MATSUURA, 1977; PAIVA; FALCÃO, 2002; SOUZA, 2015). Nestes estudos também encontradas, em geral, proporções parecidas entre machos e fêmeas. Diferenças significativas foram esporadicamente registradas em todos os meses. No entanto,

percebe-se um padrão principalmente nos meses de inverno (julho, agosto e setembro), quando a proporção de fêmeas aparenta ser quase sempre maior. Matsuura (1977) e Souza (2015) relataram exatamente este fato. Lembrando que, como não tivemos coletas durante janeiro e dezembro, que correspondem aos meses com maior pico de desova da espécie, não foi possível comparar nossos resultados com os da literatura, que apontam para igualdade da proporção sexual neste período (1:1). Apesar disso, resultados dos meses que antecedem o defeso indicam proporções sexuais semelhantes, como um indicativo do que pode ter ocorrido no pico de desova.

A gônada ao amadurecer, apresenta um acentuado aumento no volume e, consequentemente, no peso, que se reflete num aumento do valor da relação gonadossomática (RGS). Segundo Vazzoler (1996), a RGS da *Sardinella brasiliensis* poderia chegar até 25%. Souza (2015) encontrou um máximo de 12%, Evangelista (2010) 8% e Peterman (2015) 18%. No entanto, encontrou-se alguns espécimes com valores superiores, chegando a um máximo 45%, em outubro de 2017, SC. Nota-se um padrão de valores altos de RGS nos meses de primavera-verão, e mais baixos nos meses de inverno e outono, sugerindo que sejam estas as épocas de reprodução e de recrutamento, respectivamente. Mais especificamente, observa-se maiores médias de RGS no RJ em outubro a março-abril (APÊNDICE J Tabela 7-7), e em SC em outubro e fevereiro (APÊNDICE J Tabela 7-8). Apesar de não ter havido coletas em janeiro e dezembro, os resultados aqui obtidos, reforçados pelos de outros autores, sugerem a ocorrência de maiores valores de RGS nesses meses. Esse resultado está de acordo com toda a literatura consultada para a espécie (Tabela 7-16).

A reprodução e desova da sardinha no período de primavera-verão, está de acordo com as hipóteses do “Período Crítico” (HJORT, 1914), da “Tríade Fundamental” (BAKUN, 1996, 1998) e da "Janela Ambiental Ótima" (CURY; ROY, 1989). A hipótese de Hjort (1914) diz que a inanição das larvas devido ao esgotamento do saco vitelínico, e a consequente transição para a alimentação exógena, seria um período crítico para a sobrevivência do indivíduo, sendo este o principal fator na variabilidade do sucesso no recrutamento biológico. Já a hipótese de Bakun diz que o enriquecimento da coluna d’água (como as ressurgências) e a concentração de presas planctônicas (retenção e transporte de larvas decorrente dos processos de ressurgência e/ou ventos) são fatores decisivos no sucesso da reprodução e no futuro recrutamento biológico de pequenos pelágicos. A hipótese da "Janela Ambiental Ótima", de Cury e Roy (1989), complementar às duas últimas, considera também a turbulência em área de ressurgência, além das já citadas disponibilidade de alimento e vento, como fatores essenciais à sobrevivência e ao recrutamento biológico.

Analisando-se os resultados obtidos da RGS, considerando-se também os valores destoantes (outliers), os meses de maio e setembro também seriam meses de alta atividade reprodutiva, representando, respectivamente, o fim e o início da época de desova. Os resultados obtidos indicam que a época total de desova, que considera meses além do pico, ainda se mantém entre a primavera-verão (setembro a março), corroborando os achados da década de 1980 (ISAAC-NAHUM *et al.*, 1988). Alterações em fatores ambientais, como ventos, temperatura, competência da ressurgência, entre outros, podem influenciar a desova e o período reprodutivo como um todo (TRIPPEL, 1995). Peterman (2015) relatou que a época de reprodução da sardinha-verdadeira se inicia em outubro, e com os resultados deste trabalho, reforça-se o início da desova em setembro. Peterman (2015) sugere que o aumento de temperatura (MARTÍ, 2012; SENEVIRATNE *et al.*, 2014) pode gerar condições favoráveis para sua desova em um período.

Além dos picos de valores e *outliers* de RGS acima comentados, observou-se valores altos também nos meses de agosto de 2018 em machos do RJ e SC e em julho de 2015 em SC. Esses resultados indicam que a espécie possui atividade reprodutiva em menor intensidade o ano inteiro, além do pico nos meses de verão, ou que os machos amadurecem antes das fêmeas, com aumento de peso gonadal e consequentemente da RGS.

Diversos estudos já correlacionaram a variação da abundância, distribuição e local de desova de *Sardinella brasiliensis,* tanto por encontrar adultos com desova iminente, quanto pelos métodos de ovos e larvas ou até mesmo estimando a captura por unidade de esforço – CPUE, com variações ambientais/oceanográficas (GIGLIOTTI, 2009; GOUVEIA *et al.*, 2017; JABLONSKI; LEGEY, 2004; MARTÍ, 2012; MATSUURA, 1975; MESQUITA, 2013; MORAES, 2012; SUNYE; SERVAIN, 1998). As principais variáveis oceanográficas citadas são a temperatura superficial do mar, salinidade, ventos, concentração de clorofila e eventos como El Niño e La Niña, e sua variante da oscilação sul- ENSO. Por outro lado, Matsuura, 1998 afirma que falhas de recrutamento são o resultado no afastamento da frente térmica profunda da ACAS (Água Central do Atlântico Sul). No entanto, apesar de todos os estudos concordarem com as variações de abundância e ambiental, ainda não há consenso sobre suas escalas temporais de variação de variação e suas implicações para a sardinha. Mesquita (2013), usando dados de frota de SC de 2000 a 2009, mostrou oscilações de CPUE em 16 meses. Martí (2012), usando dados de descarregamento da sardinha de 1964 a 2010, embora tenha considerado como "curto" período para este tipo de análise, sugeriu a possibilidade da presença de oscilações de ordem decadal nos descarregamentos de sardinha-verdadeira.

Variações decadais já foram confirmadas para diversas populações de sardinhas ao redor do mundo, como as localizadas na Califórnia, Japão, Peru/Chile e África (ALHEIT; ROY; KIFANI, 2009; BERTRAND *et al.*, 2004; CHAVEZ *et al.*, 2003; CHECKLEY; ASCH; RYKACZEWSKI, 2017; HELFMAN *et al.*, 2009; SCHWARTZLOSE *et al.*, 1999; SWARTZMAN *et al.*, 2008). Essas oscilações decadais são correlacionadas tanto às mudanças ambientais cíclicas, quanto às suas consequências na ecologia local. Cabe comentar a diferença entre identificar uma oscilação e entender suas causas e consequências. Entender seus processos é extremamente difícil e complexo, sendo necessário um estudo integrado de modelagem biogeoquímico com décadas de dados (CHAVEZ *et al.*, 2003). Tais oscilações naturais têm sido confirmadas através testemunhos, os quais continham diferentes proporções de ossos, escamas e otólitos de peixes, que se mantiveram preservados durante milênios em sedimentos anóxicos (FIELD *et al.*, 2009; JONES, 2016). Além dessas variações decadais, discute-se variações de maior escala, ou seja, multidecadais. Chavez *et al.* (2003) discutem em seu trabalho possíveis variações multidecadais, utilizando *proxys* como o gás carbônico (CO_2), além de evidências ecológicas de peixes e zooplâncton. Estes autores ainda comentam sobre a dificuldade de se estudar ciclos de escala tão grande, uma vez que a maioria dos conjuntos de dados não possuem nem 100 anos, sendo assim impossível identificá-los ou até mesmo diferenciá-los de ciclos de menor escala.

Além das variações naturais, discute-se sobre as variações antrópicas, ou mais especificamente, a aceleração das mudanças climáticas. Gases de efeito estufa causam aquecimento dos oceanos, acidificação e mudanças na hidrologia. Modelar esses efeitos no meio e, principalmente, suas consequências para a dinâmica do oceano e da ecologia, é muito difícil (BOPP *et al.*, 2013). Segundo Checkley *et al.* (2017), pode-se esperar algumas mudanças para as populações de sardinhas quanto às mudanças climáticas: 1- mudanças na distribuição da população (geralmente em direção aos polos); 2- mudanças nos ciclos biológicos, como reprodução, migração e mortalidade por predação; 3- mudança na quantidade de nutrientes (alimento) disponível; 4- acidificação do oceano, causando problemas diretos e indiretos em nível de indivíduos e/ou populações; 5- diminuição da faixa vertical de habitat disponível (profundidade), já que se espera menor quantidade de O_2 e maior de CO_2; 6- aumento da mortalidade por pesca, devido ao aumento populacional humano e do aumento da aquacultura, uma vez que muitos recursos necessitam das matérias-primas farinha e óleo de peixe- que são oriundas, em sua maioria, da pesca de pequenos pelágicos (FAO, 2020).

Sobre o recrutamento, pode-se diferenciá-lo em biológico ou pesqueiro. O recrutamento biológico pode ser definido como a incorporação dos indivíduos jovens de uma coorte ao

estoque reprodutor quando atingem o comprimento de primeira maturação (FONTELES-FILHO, 2011). Já o recrutamento para a pesca é definido quando o indivíduo alcança o tamanho mínimo de captura para tal pescaria (BAILEY; DUFFY-ANDERSON; CRAWFORD, 2019). Apesar dessas duas definições serem parecidas, suas diferenças são muito importantes para um manejo eficiente do estoque. Segundo Rossi-Wongtschowski e Saccardo (1991), a classe de 1 ano é predominante nas capturas em sardinha-verdadeira, demonstrando que seu recrutamento (biológico e pesqueiro) ocorre nesta idade. Como dito anteriormente, os menores valores da RGS foram encontrados nos meses de inverno, principalmente junho e julho, sugerindo que a época de recrutamento ocorre nestes meses, o que estaria de acordo com outros estudos desta espécie (CERGOLE, 1995; MATSUURA, 1977; PETERMANN, 2015; SOUZA, 2015). Outros resultados que confirmam a época de recrutamento são os das frequências das classes de comprimento e dos estádios de maturidade.

Através da análise de distribuição de comprimentos foi possível identificar, para a espécie em estudo, a ocorrência de até dois grupos de tamanhos (modas) ao longo do ano. Além disso, as modas são crescentes, sendo maior no primeiro semestre, e recomeçando menor no segundo (quando há moda única). Duas modas de comprimentos nos histogramas podem ser decorrentes de lances realizados em cardumes diferentes. Evangelista (2010) e Dias (2008), no Relatório do subcomitê de uso sustentável da sardinha-verdadeira de 2009 (IBAMA, 2009), mostraram que cardumes diferentes podem ocupar posições diferentes na coluna d'água, além de serem compostos por peixes de coortes diferentes. Dessa forma, se uma embarcação tiver realizado no mínimo dois lances em cardumes diferentes, é possível que obtenha peixes de classes de tamanhos e idades diferentes. Os resultados aqui obtidos da moda "recomeçando" a partir do segundo semestre é a segunda indicação do recrutamento para a pesca nos meses de inverno. No RJ, foi encontrada moda dos comprimentos menores no mês de julho de 2019 (Figura 7-3), único ano com amostragem neste mês. Além deste ano, o histograma de comprimentos de 2015 em SC (Figura 7-6), mostra claramente este padrão descrito, de modas maiores no primeiro semestre e menores no segundo. O terceiro indicador, a frequência dos estádios de maturidade (EM), confirma tanto a época de recrutamento quanto a de reprodução.

Segundo Vazzoler (1996), os três tipos de histogramas das frequências de indivíduos com gônadas nos distintos estádios de maturidade (EM) indicam o período reprodutivo e de recrutamento, entretanto salientam, com ênfases distintas, cada evento. Considerando-se o número total de indivíduos como 100%, é possível se obter uma visão geral e equitativa dos EM. Quando se considera o número de indivíduos em cada EM como 100%, evidencia-se o pico de desova através da maior ocorrência de maduros (C), seguido de desovados (E), além do

período de recrutamento, pela ocorrência de imaturos (A). O terceiro tipo, que considera o número de indivíduos de cada mês como 100%, nos mostra mais adequadamente a duração de cada etapa do evento reprodutivo, como a maturação (indivíduos de B para C), a desova (indivíduos de C para E) e recrutamento (indivíduos A). Nos resultados obtidos aqui, vê-se no RJ (APÊNDICE I Figura 7-28) um pico de imaturos (A) em julho, em maturação (B) em setembro, maduros (C) em março e desovados (E) em maio. De um ponto de vista diferente, não são vistos imaturos (A) nos meses de primavera-verão, B em fevereiro, C em julho e E foi encontrado o ano inteiro. De forma correlata, em SC (APÊNDICE I Figura 7-26), vê-se pico de imaturos (A) em agosto, em maturação (B) em março e setembro, maduros (C) em setembro e desovados (E) em março e outubro. Não são vistos imaturos (A) de outubro a março e em julho, B estiveram sempre presentes, C em julho e novembro e E em agosto.

Com os resultados dos histogramas dos EM, primeiro confirma-se a época de recrutamento nos meses de inverno. Com pico de imaturos (A) em julho (RJ, APÊNDICE I Figura 7-25) e agosto (SC, APÊNDICE I Figura 7-26), se estendendo até setembro. Isto fica claro ao observar os gráficos que consideram o número de indivíduos para cada EM como o total. No RJ, vê-se aumento de imaturos desde abril até setembro, com pico em julho. Agora, sobre o período reprodutivo, aborda-se primeiro os indivíduos em maturação (B). Tanto em SC quanto no RJ é possível perceber um pico de indivíduos em maturação no mês de setembro com queda em agosto (APÊNDICE I Figura 7-27), o que é um indicativo de início da época reprodutiva. Quanto aos indivíduos maduros (C), no RJ e em SC, observa-se um pico em março e em setembro e março, respectivamente, e início expressivo em outubro para RJ e setembro para SC. Já os desovados (E), que apareceram mais expressivamente no RJ (SC) em maio e agosto (março e outubro), estiveram presentes o ano inteiro. Já os desovados (E), que apareceram mais expressivamente no RJ em maio e agosto e em SC em março e outubro, estiveram presentes o ano inteiro. A partir desses resultados pode-se primeiro inferir que a sardinha-verdadeira se reproduz, mesmo que em menor proporção, o ano inteiro. Além disso, o pico de abundância dos indivíduos desovados em maio-março justifica o pico de desova nos meses de verão, e maior presença em outubro em SC pode indicar um primeiro evento de desova, ou má interpretação por falta de coletas ou erros na classificação macroscópica.

Resumindo, os resultados da classificação dos estádios de maturidade por macroscopia sugerem que o período reprodutivo seja nos meses de primavera-verão, de setembro a abril-maio. Como interpretado anteriormente pelos dados de RGS, aqui também se reforça a manutenção do período reprodutivo, se comparados com os dados de outros trabalhos, que apontam início em setembro-outubro e fim em março.

Como dito antes, a falta de amostragem nos meses de janeiro e dezembro, que seriam os meses dos picos de reprodução da sardinha-verdadeira, podem levar a uma interpretação errônea dos resultados. Como os picos dos gráficos são relativos uns aos outros, um pico de indivíduos maduros em março (APÊNDICE I Figura 7-28) poderia ser muito menor do que um pico em janeiro ou dezembro, se os últimos fossem os verdadeiros e mais acentuados picos de desova desta espécie. Além desta fonte de erros, a classificação macroscópica dos estádios de maturidade pode demonstrar erro, quando corrigida com a leitura microscópica (DIAS *et al.*, 1998). Ao observar a Figura 7-23, vê-se predomínio de indivíduos em SC dos estádios em maturação (B) e desovados (D), representando 71,7% e 22,3%, respectivamente. Ou este local realmente tem predominância de animais em maturação, ou há um erro considerável.

O comprimento médio de início de primeira maturação (L_{50}) da sardinha-verdadeira variou entre 16 e 19,6 cm entre os anos coletados, considerando os valores mais satisfatórios ($r^2>0,3$) (Tabela 3-2). Os melhores valores estimados, ou seja, aqueles com maior r^2, foram em SC 2018 (L_{50}=17,6 cm, r^2=0,6) e no RJ 2019 (L_{50}= 19,5 cm, r^2=0,75). Esses dois valores são mais altos do que o tamanho mínimo de captura vigente (17 cm). Além disso, valores mais altos de L_{50} já foram encontrados por: Cipullo (2015), 20 cm nas coletas realizadas de 1959 a 1961; Peterman (2015), 19 cm, com espécimes coletados de 2000 a 2014; e Souza (2015), 20,6 cm para espécimes coletados de 2012 a 2014. Assim como verificado por Cipullo (2015) e pelos nossos resultados, o ajuste dos dados às curvas sigmoides de L_{50}, em geral, foi baixo. Souza (2015) também comentou que seus valores deveriam ser analisados com cuidado. Já os valores de L_{50} encontrados por Peterman (2015) foram diferente, uma vez que os indivíduos em estádio B (em maturação) foram juntados aos imaturos (A), não utilizando o mesmo método adotado em outros trabalhos.

Problemas no cálculo de L_{50} podem ser justificados pelo vício amostral, que, no caso deste estudo, tende a não capturar indivíduos imaturos. Todos os peixes coletados para este projeto (e na maioria dos outros estudos desta espécie) são provenientes de descarregamentos pesqueiros comerciais de traineiras. Essas embarcações são multadas caso haja mais de 10% do peso de captura composto por peixes abaixo de 17 cm, fazendo com que sejam obrigadas a alterarem a malha das redes. Apesar de ser uma técnica de manejo muito utilizada e funcional, do ponto de vista científico, gera uma coleta viciada que mal representa a realidade populacional no meio natural. Recomenda-se que este cálculo seja realizado apenas com indivíduos coletados no período reprodutivo, afim de evitar que indivíduos em maturação, que não participariam do próximo evento, sejam considerados como maduros. Mas aqui foram considerados todos os indivíduos anualmente, por não termos coletas tanto nos meses do pico

reprodutivo e pela falta de espécimes pequenos. Peterman (2015) comentou sobre preferências de tamanho das sardinhas por uma empresa de enlatamento de SC, um dos principais mercados consumidores desta pescaria. Segundo a autora, esta empresa, a partir de 2006, buscava sardinhas maiores para o novo padrão de latas. Essa autora também encontrou um deslocamento da moda de distribuição de comprimento neste ano, evidenciando uma possível relação entre o comprimento dos indivíduos capturados e a demanda da indústria.

Nos dados aqui gerados, devido à baixa quantidade de juvenis, o cálculo do L_{50} ficou comprometido para alguns anos. Em 2016, por exemplo, não houve coletas de imaturos em quantidade suficiente para esta análise. No gráfico de L_{50} de 2018 de RJ para fêmeas (APÊNDICE K Figura 7-34), percebe-se claramente o que a falta de indivíduos imaturos provoca neste tipo de análise: a deformação da curva sigmoide, levando a possíveis erros do valor calculado. Olhando para as coletas de SC, somente as de 2015, 2017 e 2018 tiveram amostragens de indivíduos imaturos, sendo somente 1 indivíduo em 2017. Desses anos, 2018 teve uma quantidade relativa maior de imaturos (9%) do que 2015 (4%), refletindo no r^2 da análise, 0,58 e 0,35, respectivamente (valores de L_{50} de fêmeas) (APÊNDICE K Tabela 7-11). O ano de 2019, com coletas somente no RJ e com maior r^2 nas análises do L_{50}, teve o menor número de indivíduos analisados, 169 fêmeas e 173 machos. Este ano foi o único com amostragem no mês de julho no RJ, e muitos dos indivíduos capturados eram imaturos (APÊNDICE I Figura 7-28). Neste ano, as fêmeas imaturas representaram 27,2 % e os machos 22,5 % do total, e com machos e fêmeas juntos, 26 %. O único ano que SC registrou amostras em julho foi em 2015, no entanto, nenhum imaturo. Estes peixes foram classificados como em maturação e esgotados. Nas amostragens do mês de julho, a RGS dos 60 indivíduos de SC foi alta (10%), se comparada aos 47 indivíduos do mesmo mês no RJ (4%). Assim, a fim de se obter valores mais confiáveis de L_{50} para a sardinha-verdadeira, recomenda-se que, em estudos futuros, além das amostras de animais coletados em embarques comerciais, sejam coletados indivíduos menores, consequentemente imaturos, os quais devem ser provavelmente encontrados nos meses de inverno em maior frequência.

Até este ponto da discussão, foram abordados aspectos gerais dos dados calculados, assim como a definição das épocas de reprodução e recrutamento. A partir daqui, serão discutidas as principais diferenças obtidas em relação aos trabalhos mais antigos sobre a reprodução da sardinha-verdadeira, chegando a uma hipótese que tenta explicá-las.

Espécimes grandes ou gigantes, para a nossa espécie não eram esperados, uma vez que esta pescaria já passou por mais de um colapso, devido à pressão pesqueira e condições oceanográficas desfavoráveis (CERGOLE; DIAS-NETO, 2011). Em geral, quando uma

população encontra forte pressão pesqueira, é esperada maior mortalidade de indivíduos maiores e mais velhos, que seriam preferencialmente pescados, levando a uma maturação precoce da espécie como forma de compensação (OLSEN *et al.*, 2004; TRIPPEL, 1995). Neste caso, a competição intraespecífica diminui e peixes menores teriam maior disponibilidade de alimentos, crescendo em ritmo mais acelerado e maturando mais cedo (DOMÍNGUEZ-PETIT *et al.*, 2008). No entanto, essa compensação não ocorreria caso um ponto crítico fosse alcançado (DOMÍNGUEZ-PETIT, 2007). Estresse pesqueiro, quando contínuo por um longo período, poderia gerar respostas genéticas pela população, uma vez que a pesca exerce uma pressão enviesada (MORGAN; BRATTEY, 2005). Este seria o caso do bacalhau do Cabo de Flemish, em que o tamanho e idade de maturação diminuíram e não demonstraram sinais de recuperação, mesmo depois de uma moratória de pesca (SABORIDO-REY; JUNQUERA, 1999).

Peterman (2015) levantou a hipótese de um efeito compensatório densidade-dependente para a sardinha-verdadeira, no qual, com a diminuição da biomassa, mais recursos ficariam disponíveis e os indivíduos poderiam crescer a taxas mais elevadas, como descrito anteriormente. Este efeito já foi reportado para o arenque *Clupea harengus* (ENGELHARD; HEINO, 2004). Neste estudo discute-se que a diminuição da competição intraespecífica pode fazer com que as fêmeas alcancem melhores condições para a desova, produzindo uma descendência de melhor qualidade que cresce a taxas elevadas e resulta em um maior comprimento na mesma idade.

As estimativas de idade das sardinhas-verdadeiras realizadas por Vaz-dos-Santos e Schwingel (2019), indicam que indivíduos maiores que 28 cm têm mais que 5 anos. A ocorrência de espécimes de maior porte, tanto em moda, comprimento total médio e máximo, sugere um efeito contrário ao compensatório descrito nos parágrafos anteriores. Na falta de resposta compensatória, chama-se o fenômeno de depensação (LIERMANN; HILBORN, 2001). A teoria da depensação, ou efeito Alee, diz que a taxa de crescimento *per-capta* diminui em populações com números criticamente baixos, e que aumento da densidade pode aumentar a probabilidade de sobrevivência. Quatro mecanismos podem ocasionar o efeito Alee: redução da probabilidade de fertilização, alterações da dinâmica de grupo, influências ambientais e saturação de predadores. Baixas populações de peixes que formam cardumes, como é o caso das sardinhas (FRÉON *et al.*, 2005; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 1977), podem sofrer o efeito depensatório. Cardumes funcionam como proteção à predadores, aumentam a eficácia na procura e obtenção de alimento, e demonstram vantagens na reprodução e migração (FRÉON; MISUND, 1999; PITCHER, 1993). No entanto, a observação de sardinhas maiores não parece ser explicada, pelo menos totalmente, pela teoria da depensação.

Mustać e Sinovčić (2010) ao analisarem a *Sardina pilchardus* no mar Adriático, encontraram diferenças significativas entre espécimes coletados mais próximos (*inshore*) e mais longe da costa (*offshore*). Neste estudo, perceberam fêmeas maiores *offshore* (em moda e média) em relação às coletadas *inshore*. Muiño *et al.* (2003) também obtiveram resultados semelhantes para a mesma espécie, porém no mar Cantábrico, Espanha: cardumes capturados mais próximos à costa eram mais numerosos, densos, e compostos por peixes menores, mais jovens e leves, se comparados aos peixes de cardumes de *Sardina pilchardus offshore*. Dessa forma, propõem-se uma hipótese, a ser chamada de hipótese do "estoque jovem" e do "estoque velho". Hipotetiza-se que haja cardumes de *Sardinella brasiliensis* assim como os reportados para *Sardina pilchardus*: cardumes mais numerosos compostos por espécimes menores, leves e mais novos, os quais seriam encontrados mais na superfície e/ou perto da costa (o "estoque jovem"); e cardumes menos numerosos com espécimes maiores, pesados e mais velhos, encontrados em maiores profundidades e/ou longe da costa (o "estoque velho"). Além disso, acredita-se que o "estoque velho" esteja chegando mais perto do continente/superfície, ou seja, migrando do *offshore* para o *inshore*. Avaliando-se na teoria da compensação, quando se retira grande parte da população através da pesca (CERGOLE; DIAS-NETO, 2011), "abre-se espaço" para que outros cardumes, de águas mais profundas e antes inacessíveis à pesca, subam na coluna d'água para aproveitar, principalmente, o *bloom* de fitoplâncton da ressurgência , e o consequente aumento do zooplâncton, na primavera-verão da costa Sudeste-Sul do Brasil (CALADO, 2006; COELHO-SOUZA *et al.*, 2012; RIBEIRO, 2010).

Podem ser descritos quatro resultados que suportam esta hipótese. O primeiro seria a ocorrência dos, já mencionados, maiores comprimentos médios e máximos reportados. O segundo é o comprimento médio de primeira maturação (L_{50}). As melhores curvas geradas foram para valores mais altos de L_{50}, 19,6 cm (RJ). O terceiro é que, no último estudo de idade realizado com *Sardinella brasiliensis* (VAZ-DOS-SANTOS; SCHWINGEL, 2019), com espécimes de 2013-2014, foram encontradas sardinhas com até 5 anos de vida, mais velhas do que qualquer outra previamente reportada. Por fim, o quarto, é a época de reprodução/desova. Em todos os outros estudos sobre *S. brasiliensis*, o período reprodutivo da espécie seria nas estações primavera-verão, iniciando no mês de outubro e finalizando em março. No entanto, observa-se espécimes maduros, tanto no RJ quanto em SC (APÊNDICE I Figura 7-30), em agosto e setembro, que seria o início da época reprodutiva, e em maio, final da época.

É possível estabelecer explicações alternativas para estes resultados relatados no último parágrafo. Primeiro, o vício amostral poderia explicar os valores altos de L_{50}. Sobre o último resultado, o de alteração da época reprodutiva, mas manutenção da época de desova, mudanças

climáticas poderiam modificar o regime de reprodução da espécie (DURANT *et al.*, 2007), visto que tanto o período reprodutivo são táticas moduladas por variáveis ambientais (VAZZOLER, 1996). Por fim, a classificação macroscópica pode apresentar erros, ainda que a classificação do estádio maduro seja uma das mais difíceis de apresentar erros (DIAS *et al.*, 1998). Mesmo considerando esses contra-argumentos, a hipótese, do "estoque jovem" e do "estoque velho" não é excludente e nem exclui as outras hipóteses. Além disso, a ocorrência das maiores sardinhas encontradas não é explicada pelos contra-argumentos.

Fêmeas são limitantes à reprodução devido a pequena produção de ovócitos em relação à produção de espermatozoides. Espécimes mais velhos, principalmente fêmeas, são muito importantes para a renovação do estoque (MIETHE *et al.*, 2010). Estas, consideradas como megarreprodutoras (KJEBSU *et al.*, 1991; TRIPPEL; KJESBU; SOLEMDAL, 1997), por terem um corpo maior e serem mais experientes (DOMÍNGUEZ-PETIT *et al.*, 2008), conseguem reter mais alimento, através de reservas energéticas, antes da época reprodutiva. Assim, elas possuem maior fecundidade (total e relativa), produzem ovócitos mais capazes e viáveis, resultando em menor mortalidade na fase inicial de vida (VALDEBENITO; GALLEGOS; EFFER, 2015) e desovam por um período maior (CUBILLOS; CLARAMUNT, 2009; NUNES *et al.*, 2011), explicando a maior época reprodutiva reportada. Já foi demonstrado, experimentalmente para outras espécies que, quando se pesca os maiores peixes da população, a espécie tende a evoluir para um tamanho menor, enquanto que, se pescarmos os pequenos, induzimos a evolução para peixes com o tamanho maior (CONOVER *et al.*, 2005; CONOVER; MUNCH, 2002; MUNCH; CONOVER, 2002; REZNICK; BRYGA; ENDLER, 1990). Estas informações reforçam a hipótese descrita, e nos dados de peixes "gigantes". Se realmente há um "estoque jovem" e um "estoque velho", sendo o primeiro composto por indivíduos pequenos e o segundo pelas megarreprodutoras, somente os pequenos teriam sido pescados até agora, através de traineiras que operam até a isóbata de 100 m. Assim, a evolução estaria sendo induzida em direção a indivíduos maiores, desde o início da pesca de traineiras.

Caso a hipótese acima esteja correta, este resultado é bastante delicado e perigoso, do ponto de vista do manejo. A presença de peixes maiores nas capturas pode induzir: a interpretações de que o estoque estaria ótimo e a propostas de aumento da pressão pesqueira; ou que as técnicas de manejo previamente adotadas ou anos de condições oceanográficas mais favoráveis poderiam estar "salvando" o estoque. . No entanto, a realidade seria a de que a maior parte do “estoque jovem” já teria sido explotada, sendo este composto pelos espécimes mais novos, leves, menores e abundantes. De alguma forma, pensando-se novamente na teoria da depensação (LIERMANN; HILBORN, 2001), esta população mais jovem não estaria

conseguindo chegar a idades mais avançadas, e assim, a formação de novas megarreprodutoras estaria condenada. Isto seria catastrófico para a pesca, a qual colapsaria de tal forma que levaria anos (décadas) para se recuperar. Do ponto de vista ecológico, a sardinha-verdadeira é uma espécie chave do controle wasp-waist. Do ponto de vista autoecológico, é preciso considerar a vulnerabilidade à depensação.

Considerando a hipótese formulada, recomenda-se que sejam realizados mais estudos sobre reprodução, crescimento e idade desta espécie. Também se sugere que sejam realizados levantamentos sobre estoque/cardumes de maior profundidade/distância da costa. É sabido que isto é algo muito complicado de ser feito, visto a dificuldade de procurar estoques no mar com pouca ou nenhuma informação a respeito. No entanto, recomenda-se, pelo menos, investir mais atenção nas localidades de ocorrência de espécimes maiores e eventuais estudos com ecossonda, por exemplo.

4.2 Avaliação do processo reprodutivo a partir de estudos microscópicos das gônadas

O objetivo principal deste estudo é estimar os parâmetros reprodutivos da sardinha-verdadeira. Além dos resultados já descritos da avaliação macroscópica das gônadas, realizou-se também a avaliação microscópica das gônadas, a fim de se obter, principalmente, o valor da fecundidade da espécie. Em estudos reprodutivos de peixes, em geral, somente o ovário é considerado, uma vez que as fêmeas são limitantes à reprodução, devido à baixa quantidade de ovócitos em relação à de espermatozoides (WEST, 1990). Desta forma, foram analisadas 216 preparações permanentes de ovários, e com o registro de imagens (Figura 3-13), descreveu-se cada estádio de maturidade (Tabela 2-2). Fundamentados nestas descrições e análises histológicas das gônadas, foi estudado o L_{50} (Tabela 3-7), os folículos pós-ovulatórios (POF) (Figura 3-17), a área de desova (Figura 3-24) e a fecundidade pelo método de estequiometria (Tabela 3-8) (EMERSON; WALKER; WITTHAMES, 1990; HUNTER, 1992).

Os estudos histológicos dos testículos foram propostos, inicialmente, para comprovar os estádios de maturidade classificados na macroscopia. Porém, não há estudos sobre as alterações morfológicas dos testículos da sardinha-verdadeira durante o ciclo reprodutivo, e as descrições foram realizadas. Desta forma, foram analisados histologicamente 132 testículos, e a partir das imagens geradas, estudou-se cada estádio de maturidade testicular (Figura 3-10) e a ocorrência de parasitismo (Figura 3-25).

A escala de maturidade gonadal foi adaptada. A escala de maturidade macroscópicas usada foi a proposta por Vazzoler (1996), com 4 estádios de maturidade: imaturo, em maturação, maduro e esvaziado (Tabela 2-1). Esta escala foi utilizada pois, além desta autora ter estudado profundamente esta espécie (VAZZOLER, 1962, 1996; VAZZOLER; ROSSI-WONGTSCHOWSKI; BRAGA, 1987), a escala de 4 estádios é mais simples do que outras com mais estádios de maturidade, no entanto diminui a precisão e aumenta a fonte de erro. Cabe lembrar que a interpretação macroscópica das gônadas foi feita por diversos profissionais de vários níveis de experiência. Porém, com as análises histológicas, há menor margem de erro. Registrou-se a evolução dos estádios de maturidade através da visualização das células germinativas e demais estruturas, aumentando-se a confiabilidade com o uso de uma escala com mais estádios de maturidade. Desta forma, para a escala microscópica foi baseada no estudo de Brown-Peterson *et al.* (2011), que sugere uma padronização para as escalas de maturidade de peixes, a fim de facilitar a classificação dos estádios de maturidade realizada por vários estudiosos. Tais autores definem uma escala microscópica com 5 estádios de maturidade, mais um subestádio: imaturo, em desenvolvimento, capaz de desova/ejaculação, desova/ejaculação iminente, regressão e regeneração (Tabela 2-2). As principais diferenças entre as escalas macro e microscópicas usadas são: a adição da subfase desova/ejaculação iminente, a qual é importante para definir locais de desova, e a divisão da fase esvaziado (macroscopia) para as fases regressão e regeneração (microscopia). Essas duas fases são importantes para espécies com desova em lotes, como é o caso da sardinha-verdadeira. A fase de regressão engloba aqueles que já desovaram, mas que irão desovar novamente, enquanto que a fase de regeneração revela aqueles que já haviam finalizado suas atividades de eliminação de gametas naquela época reprodutiva e estão se tornando aptos para iniciarem um novo ciclo reprodutivo.

A escala de desenvolvimento testicular foi descrita e registrada para cada estádio de maturidade (Tabela 2-2 e Figura 3-10). Registrou-se imagens de todos os estádios em diversos aumentos, assim revelando não só o aspecto geral da gônada, mas também a organização celular. Não foi encontrado outro trabalho que houvesse estudado microscopicamente os testículos da sardinha-verdadeira. Assim, como os resultados aqui obtidos foram os pioneiros para machos desta espécie, somente foram comparados aos de outras espécies. A tendência do desenvolvimento gonadal de cada estádio de maturação seguiu o padrão para peixes com desova parcelada (BROWN-PETERSON *et al.*, 2011). As células germinativas são semelhantes às descritas pela literatura (BROWN-PETERSON *et al.*, 2011; GRIER, 1981, 2002; GRIER; URIBE-ARANZÁBAL, 2009; SCHULZ *et al.*, 2010; SENARAT; JIRAUNGKOORSKUL; KETTRATAD, 2018; URIBE; GRIER; MEJÍA-ROA, 2014). Microscopicamente, as principais

diferenças entre cada estádio de maturidade são a quantidade e o tipo de células germinativas em cada estádio, o grau de (des)continuidade do epitélio germinativo e as alterações do tecido intersticial.

Espermatozoides (SZ) só não foram encontrados em imaturos. Em cada estádio a partir deste, todos os níveis de células germinativas foram identificados, em quantidades variáveis. Espermatogônias (SG) foram raras em indivíduos maduros (ausentes naqueles em ejaculação iminente). Teoricamente, machos em estádio de maturidade de "ejaculação iminente" (D) somente poderiam ser confirmados macroscopicamente, através da liberação de sêmen após leve pressão no abdômen dos exemplares (BROWN-PETERSON *et al.*, 2011). No entanto, encontrou-se diferenças marcantes na anatomia de algumas gônadas, sendo assim possível classificá-las como D mesmo tendo somente imagens de microscopia. Tais características fisiológicas foram: túbulos seminíferos e ductos espermáticos repletos de SZ facilmente identificáveis; baixa presença de outras células germinativas; e epitélio germinativo descontínuo. Esta descontinuidade se refere à menor quantidade de SG (na membrana basal), assim como as células de Sertoli (SE) que as abrigam (URIBE; GRIER; MEJÍA-ROA, 2014). A maior dificuldade nas classificações foi na diferenciação entre os estádios imaturo (A), em desenvolvimento na fase inicial (B) e regeneração (F). Estes estádios são muito parecidos, diferenciando-se pela estrutura dos túbulos seminíferos, pela presença/ausência de SZ e o espessamento do tecido intersticial. Esta dificuldade ao analisar microscopicamente os testículos, mesmo possuindo grande quantidade de informação e características comuns a cada estádio, levam a pensar na dificuldade da diferenciação macroscópica destes estádios de maturidade.

Conforme as preparações permanentes de testículos eram analisadas, notou-se a presença de um microparasito, que poderia causar problemas ao desenvolvimento dos testículos de sardinha-verdadeira, levando diminuição do seu potencial reprodutivo. Outros estudos já haviam apontado para castração parasitária de sardinhas (DRAOUI *et al.*, 1995; PINTO, 1956). Caso houvesse muitos machos castrados, talvez as fêmeas não seriam as únicas limitantes para a reprodução da espécie. Assim, primeiro o parasito foi descrito e identificado. Os microparasitos se encontravam sempre dentro dos túbulos seminíferos ou dutos espermáticos sob a forma de oocistos esporulados, os quais poderiam conter até 4 esporocistos. Através de comparações do nosso estudo morfométrico dos oocistos esporulados com outros estudos (BAKER, 1969; EIRAS, 2016; MOLNAR, 1979; UPTON, 1984) e conversas com o microparasitologista Prof. Dr. Carlos Azevedo (Universidade de Porto, Portugal), identificou-se o microparasito como um protozoário coccídeo do gênero *Eimeria*. Mesmo não chegando à

espécie, há indicações de se tratar da espécie *Eimeria sardinae*, a qual já foi verificada em outras sardinhas, como *Sardina pilchardus* (Pinto, 1956), *Sardinops sagax* (MALONGWENI, 2016; REED; MACKENZIE; VAN DER LINGEN, 2012) e *Sardinella aurita* (DRAOUI *et al.*, 1995).

A coccidiose é uma doença amplamente distribuída entre clupeiformes (PINTO, 1956). Na maioria das vezes, os coccídeos infectam o epitélio intestinal do peixe (BAKER, 1969; MOLNAR, 1979), mas já foram registradas infecções em outros órgãos, como rins, baço, fígado, vesícula gasosa e gônadas (MOLNAR, 1979). O método de infecção é simples: animais infectados liberam os oocistos esporulados no meio, os quais são ingeridos por outro peixe. Assim como especulou-se, Draoui *et al.* (1995) afirmam que os esporozoítos são liberados do hospedeiro durante a desova, tanto por machos quanto por fêmeas das sardinhas dos gêneros *Sardina* e *Sardinella*. Quando os esporozoítos chegam no novo hospedeiro, são liberados dos esporocistos através da ação digestiva de enzimas e da bile (BAKER, 1969; UPTON, 1984). Uma vez livres, penetram nas células da mucosa intestinal, sendo mais tarde transportados pelos macrófagos até o lugar definitivo da infestação (BAKER, 1969; UPTON, 1984). A reprodução destes parasitos passa por diversas fases, havendo fases tanto internas quanto fora dos hospedeiros (BAKER, 1969). Apesar de não ter sido possível identificar cada etapa de crescimento deste parasito, observou-se diversas fases de desenvolvimento, sugerindo um ciclo completo deste parasita na sardinha-verdadeira.

Em estudos de parasitismo, geralmente se avalia a prevalência (porcentagem de indivíduos infectados na população) (Tabela 3-11 e Tabela 3-12) e o índice de intensidade média de infecção (média do índice na população infectada) (Tabela 3-13). Calculou-se prevalência de parasitismo por *Eimeria* em 43% para toda a área (43% RJ, 47% SC e 27% RS) nos machos de *Sardinella brasiliensis* analisados. Análises histológicas realizadas pelo laboratório ECORREP (dados não publicados) com machos coletados no RJ em 2014, revelaram que dos 94 testículos examinados, 83% estavam infectados, 17% não apresentavam oocistos de *Eimeria*, 43% baixa infecção, 30% moderada infecção, 5% alta infecção e 5% severa infecção por este protozoário. A prevalência já foi reportada em até 75% em machos de *Sardinops sagax* (MALONGWENI, 2016).

Também foram encontrados parasitos em ovários, porém somente em duas fêmeas, as duas com baixa infecção.

O índice de intensidade médio de infecção em machos foi 1,24 para a área total, 1,32 RJ e 1 em SC e 1 no RS. Encontram-se dois machos com infecção severa (2%), chegando à intensidade de infecção de 25% de uma preparação permanente de tecido testicular ocupado por oocistos. No entanto, através da análise histológica das gônadas severamente infectadas,

verificou-se que os túbulos seminíferos estavam infectados com oocistos de vários tamanhos. Em alguns destes casos, um ou mais oocistos ocupavam totalmente o compartimento tubular, não dando espaço para as células reprodutivas, prejudicando a espermatogênese. Além disso, identificou-se alterações histológicas (desorganização do parênquima testicular) que dificultaram a identificação do estádio de maturidade da gônada, que nos leva a supor que este coccídio *Eimeria* pode afetar a função reprodutiva de espécimes de *S. brasiliensis*. Apesar deste extremo e da prevalência de infecção, a maioria dos testículos apresentou baixa infecção: somente 7 foram classificados como moderada infecção ou acima. Não foi possível confirmar a castração parasitária, pois apesar da intensa infestação por oocistos dificultar a estimativa da classificação do estádio de maturidade, um dos indivíduos poderia estar em estádio de regressão e o outro apresentava espermatozoides residuais. No entanto, a fertilidade desses machos com certeza estava reduzida, apesar de não se poder avaliar o quanto.

Sobre a patologia deste parasito, os efeitos dependem principalmente do local de infestação (MACKENZIE, 1981; ODENSE; LOGAN, 1976). O principal dano causado ao sistema reprodutivo do peixe é a redução de fecundidade, chegando a um ponto crítico de castração (DRAOUI *et al.*, 1995; PINTO, 1956). Segundo Özer *et al.* (2014), a esporulação mais intensa de *E. sardinae* ocorre durante o período pós-desova em Clupeiformes, quando os testículos liberam a maior parte do esperma. Além disso, Ssempa (2013) registrou que machos de *Sardinops sagax,* que estavam muito infectados, tinham testículos significativamente menores do que aqueles que estavam levemente ou não infectados, refletindo em um menor valor na relação gonadossomática. Não foram encontradas diferenças significativas entre as prevalências de indivíduos infectados e não-infectados (exceto em 2017 RJ). Quanto aos parâmetros biométricos como peso, comprimento e RGS, houve poucas diferenças significativas, e, ao contrário do que se esperava, os infectados eram maiores e mais pesados (indivíduos de SC e estados agrupados) e tinham RGS maior (RJ 2019, todos os anos e nos estados agrupados). Assim, o parasitismo por *Eimeria* nas gônadas *Sardinella brasiliensis*, em geral, não aparentou causar grandes problemas na reprodução da espécie. Mesmo com a evidência de potencial castração, somente dois indivíduos com nível de infecção severa foram encontrados.

Estas observações sugerem que a relação parasita-hospedeiro se encontra em estado de equilíbrio e tolerância no sistema. Este equilíbrio também foi observado por Özer *et al.* (2014) para a espécie *Merlangius merlangus,* na Turquia. Recomenda-se que estudos futuros continuem analisando os testículos a fim de conhecer mais sobre este parasitismo: variação

temporal, confirmação da espécie do parasito, em que fase de vida o peixe adquire o parasita, entre outros questionamentos.

Com relação à análise microscópica ovariana e ovocitária, tanto a classificação dos estádios de maturidade ovariano quanto as fases do desenvolvimento ovocitário foram baseados, principalmente, no trabalho de Brown-Peterson *et al.* (2011). Primeiro, analisou-se os estádios de maturidade e as frequências dos tamanhos dos ovócitos. As fases do desenvolvimento ovocitário encontradas aqui foram coincidentes com as apresentados por Brown-Peterson *et al.* (2011), incluindo PG, AC, Vtg 1 a 3, MN e HID (Tabela 2-2), além de POFs (estrutura remanescente de desova) (Figura 3-17) e atresias (reabsorção de ovócitos). Todas as fêmeas estudadas que estavam em estágios mais avançados de maturação (desova iminente), apresentaram ovócitos em todos os estádios de maturidade. Além disso, não foi verificado um hiato entre os ovócitos avitelogênicos e vitelogênicos. Isto nos revela que *Sardinella brasiliensis* possui organização ovariana assincrônica e ovogênese contínua (MURUA *et al.*, 2003; TYLER; SUMPTER, 1996). Ainda, a presença de POFs junto com ovócitos em estádios Vtg3 revelam padrão de desova em lotes. Esses resultados estão de acordo com alguns estudos anteriores (EVANGELISTA, 2010; ISAAC-NAHUM; VAZZOLER, 1983; ISAAC-NAHUM *et al.*, 1988; SUDEPE, 1984), mas diverge de outros, mais antigos, que diziam que a desova desta espécie era total (SACCARDO, 1983; VAZZOLER; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 1976). Essas características são comuns de espécies de baixas latitudes e que apresentam desovas em lotes durante o ano, como é o caso de alguns pequenos pelágicos (KJESBU *et al.*, 2009; PAVLOV; EMEL'YANOVA; NOVIKOV, 2009).

Foram encontrados alguns estudos publicados sobre análise microscópica gonadal da sardinha-verdadeira (DIAS, 2008a; EVANGELISTA, 2010; ISAAC-NAHUM; VAZZOLER; ZANETTI-PRAD, 1983; ISAAC-NAHUM *et al.*, 1988; SUDEPE, 1984, 1982; VAZZOLER; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 1976). Vazzoler e Rossi-Wongtschowski (1976) encontraram modas de ovócitos parecidas com as encontradas neste estudo. Aqui, ovócitos em Vtg3 tiveram moda de 400 µm, correlato ao que autores chamaram de C4-421,85 µm. No entanto, a menor moda calculada pelas autoras foi 253,11 µm, o que seria correlato ao que foi classificado aqui como Vtg1 (moda em 180 µm). O comprimento médio em que os ovócitos passariam da fase não-vitelogênica para a vitelogênica (L_{50} dos ovócitos para vitelogênese) foi estimado previamente por Isaac-Nahum e Vazzoler (1983) entre 70 µm e 140 µm, e em estudo anterior, os ovócitos considerados como "estoque reserva" teriam diâmetros menores do que 240 µm (SUDEPE, 1982). Estes valores estão de acordo com o valor encontrado no presente trabalho, de 103,4 µm. Neste estudo, além de ter sido estimado o comprimento médio, registrou-se

imagens de cada estádio de maturidade ovocitário (Figura 3-12) e ovariano (Figura 3-13), evidenciando não somente o desenvolvimento celular como também a organização ovariana.

Os folículos pós-ovulatórios (POF), estruturas remanescentes da desova, são compostos principalmente pelas células da capa albugínea. Foram classificados como alfa (folículos novos) e beta (folículos velhos) (Tabela 3-4), sendo o primeiro subdividido em três estádios de degradação/absorção, seguindo primordialmente os trabalhos de Domínguez-Petit *et al.* (2015) e de Hunter e Goldberg, (1980). Acredita-se que os folículos novos representem desova em até 24h antes, enquanto os velhos até 48h (HUNTER; GOLDBERG, 1980). No entanto, esses valores podem ser diferentes para espécies de ambientes tropicais que desovam em águas quentes, como a *Sardinella brasiliensis*, devido às altas temperaturas e a seu metabolismo (DOMÍNGUEZ-PETIT *et al.*, 2015). Cada fase e subfase foi registrada em imagens (Figura 3-17), demonstrando as etapas de absorção. Os POFs são importantes para se calcular a frequência de desova da espécie, e assim estimar a fecundidade total, que seria a fecundidade parcial multiplicada pela quantidade de desovas feitas em uma estação reprodutiva (HUNTER; GOLDBERG, 1980). No entanto não foram estimados, já que haveria necessidade de coletas diárias para calcular a porcentagem de fêmeas com desova iminente ou realizada a pouco tempo, confirmadas pela presença de ovócitos em fase de migração nuclear/hidratados e de POFs novos, respectivamente (MILITELLI; MACCHI, 2004).

Conforme analisados microscopicamente os sexos e dos estádios de maturidade, comparou-se estes resultados com as classificações macroscópicas, incluindo o comprimento médio de primeira maturação. Uma primeira leitura macroscópica da gônada é importante pois é possível ter acesso a muitas informações necessárias para estudos pesqueiros e ecológicos, de forma barata, rápida e em grande quantidade. No entanto, a análise macroscópica carrega consigo erros de classificação, como a subjetividade e perda de informação com o uso de escalas com menos estádios (DIAS *et al.*, 1998; GIACALONE *et al.*, 2018). A subjetividade se dá pelo fato dos processos de maturação ovariana e ovocitária serem dinâmicos e contínuos, enquanto a classificação em estádios é subdividida em etapas discretas (DIAS *et al..*, 1998). Desta forma, um cientista inexperiente não teria base suficiente para julgar o formato, cor, tamanho e textura das gônadas (GIACALONE *et al.*, 2018). O erro pela subjetividade aumenta ao considerarmos a qualidade da gônada. O tempo decorrido desde a captura do indivíduo até a análise do órgão, o tipo de preservação (seja por formol, álcool ou por congelamento) e até choques mecânicos no peixe durante uma pescaria, causam danos à gônada, podendo levar à diferença entre classificações (FERRERI *et al.*, 2009).

Quanto às comparações, com mais de 86,7% de acertos, a identificação do sexo dos indivíduos costuma ser mais fácil devido às diferenças de cor e formato entre testículos e ovários. Percentualmente, os erros das fêmeas ocorreram principalmente no estádio E, e dos machos ocorreram no estádio imaturo. Mesmo assim, encontra-se erros em todos os estádios de maturidade, incluindo no estádio maduro, que é o estádio mais evidente entre os sexos. No trabalho de Dias *et al.* (1998), em que foram estudadas várias espécies, as diferenças sexuais foram de, no máximo, 20%.

Considerando a avaliação microscópica como a correta, a menor porcentagem de acertos (9%) foi nos indivíduos imaturos (A), sendo primordialmente confundidos com indivíduos em maturação (B). Este resultado é importante pois diferenciar indivíduos A e maduros (demais estádios) é essencial para o cálculo do comprimento médio de primeira maturação (L_{50}). A maior porcentagem em acerto foi das gônadas classificadas como em B (66%), e os outros estádios, C e E, tiveram porcentagens de acertos em 41% e 48%, respectivamente. Assim, ao todo, 32,7% dos indivíduos foram classificados corretamente, se correlacionados com seu exato correspondente macroscópico. Todavia, se considerarmos que os estádios C e D (microscópicos) equivalem ao estádio C (macroscópicos), e que os estádios E e F (microscópicos) equivalem ao estádio E (macroscópicos), obtém-se um valor de 41% de acerto. Esta porcentagem, apesar de baixa, sugere problemas na classificação macroscópica, e está próxima à obtida em outros trabalhos. Dias *et al.* (1998) verificaram o acerto na classificação microscópica variando de 10% a 85% (44% considerando todas juntas), Ferreri *et al.* (2009) encontraram 50% no acerto para *Engraulis encrasicolus* e Giacalone *et al.* (2018) encontraram 58% de acerto para a espécie *Diplodus sargus*. Dessa forma, ressalta-se a importância da confirmação da avaliação macroscópica pela avaliação microscópica. evitando assim erros de interpretação, que podem trazer consequências para medidas de manejo.

No estudo da variação temporal dos estádios de maturidade, avaliados através da histologia, optou-se por usar o material biológico vindo do RJ que estava, em geral, em melhores condições de preservação.

Estima-se que o início da época de reprodução desta espécie se deu em agosto, devido ao início de aumento na curva de indivíduos em maturação (B) (Apêndice L, Figura 7-37). Assim, a partir de setembro, vê-se ver muitos espécimes maduros (C) e, como principal indicativo, indivíduos em desova iminente (D) (Apêndice L, Figura 7-38). Estes espécimes D são vistos até o mês de maio, quando o período reprodutivo da sardinha termina. No mês de junho vê-se, além da ausência de indivíduos D, uma queda brusca de indivíduos no estádio C (Apêndice L, Figura 7-38). Os indivíduos em regressão (E) apresentam três picos (Apêndice L,

Figura 7-38), em fevereiro, maio e outubro, mas analisando os gráficos com indivíduos em cada mês como 100% (Apêndice L, Figura 7-39), suas frequências parecem ser relativamente constantes. Sobre os indivíduos em regeneração (F), observa-se pico em maio e setembro (Apêndice L, Figura 7-38), sugerindo, à primeira vista, uma primeira hipótese de dois pulsos reprodutivos da espécie. O pico de maio seria dos espécimes que desovariam em outubro, e o pico de setembro seriam daqueles que desovariam mais tarde, em março/abril. No entanto, ao analisar o gráfico com indivíduos em cada mês (Apêndice L, Figura 7-39) vê-se um pico principal de espécimes em estádio F no mês de junho, surgido outra hipótese, de que estes indivíduos F devem se concentrar nesse mês e que somente há um pulso reprodutivo para a espécie. A diferença entre essas duas hipóteses pode ser explicada pela menor quantidade de indivíduos estudados nos meses de inverno, principalmente em junho. Finalmente, os indivíduos A foram encontrados com maior pico em maio (Apêndice L, Figura 7-37), mas estiveram presentes principalmente nos meses de inverno (Apêndice L, Figura 7-39). Assim, a época de recrutamento para a espécie, ou seja, a entrada de indivíduos imaturos para a pesca, provavelmente se iniciou em maio, estendendo durante os meses de inverno. Este resultado se diferencia de todos os outros desta espécie, os quais afirmavam que a época de recrutamento da espécie ocorria, principalmente, em julho.

Assim como previamente discutido sobre o comprimento médio de primeira maturação (L_{50}) avaliado com base em estádios de maturidade macroscópica, obteve-se o mesmo tipo de erro na análise microscópica: a falta de indivíduos imaturos, que leva a estimativas ruins desta análise. Neste caso, a justificativa não é somente a falta de coleta, mas também o nosso foco em analisar animais em todos os meses e em todos os estádios de maturidade, principalmente nos estádios mais avançados, uma vez que o foco do estudo era a fecundidade (Tabela 3-7). Os melhores resultados (r^2>0,3) variaram entre 16,9 a 20 cm, com 17 cm no RJ (r^2=0,7) e 20 cm em SC (r^2=0,5) de comprimento total. Os melhores resultados obtidos macroscopicamente, assumindo mesmo coeficiente de determinação (r^2>0,3), variaram entre 16 cm e 19,6 cm, com 19,6 no RJ (r^2=0,7) e 17,6 em SC (r^2=0,6). Considerando a variabilidade intraespecífica, e sem esquecer dos problemas amostrais da falta de indivíduos imaturos e a coleta de indivíduos muito grandes, os resultados indicam que o valor do comprimento estabelecido como mínimo para captura (17 cm) está subestimado.

Apesar disso, se a hipótese do “estoque jovem” e do “estoque velho” for verdadeira, não se aconselha o reajuste desse valor, pautando-se pelo princípio da precaução, e protegendo uma parcela próxima aos 50 % dos reprodutores menores e mais costeiros.

Espera-se comparar os nossos resultados com os resultados de idade das sardinhas obtidos por outros grupos de pesquisa (Projeto SARDINHA). Assim, saberemos se estes indivíduos estão só crescendo mais, através da redução intraespecífica causada pela pesca (PETERMANN, 2015; ROSE *et al.*, 2001; SILVA *et al.*, 2006), ou se são mais velhos, devido a espécimes que evitam a primeira época de reprodução (ENGELHARD; HEINO, 2005, 2006; JØRGENSEN *et al.*, 2006; RIDEOUT; TOMKIEWICZ, 2011) ou se são espécimes oriundos do "estoque velho"(vide discussão macroscópica).

A fecundidade por lote da sardinha-verdadeira obtida, usando 35 ovários, teve valor médio e desvio-padrão (DP) 25000 + 13500 ovócitos por fêmea, com valor de fecundidade parcial média relativa e DP 253 +117 ovócitos/peso total (Tabela 3-8). A estimativa da fecundidade foi realizada com técnica estequiométrica (EMERSON; WALKER; WITTHAMES, 1990; MURUA *et al.*, 2003). Não foi possível estimar a fecundidade por lote pela contagem de ovócitos hidratados, uma vez que não foi encontrado número suficiente de fêmeas aptas para esse cálculo, ou seja, ovários com presença de ovócitos hidratados e sem POF confirmados por análise histológica. O fato de não haver coletas nos principais meses da desova da espécie, janeiro e dezembro (CERGOLE; DIAS-NETO, 2011; CIPULLO, 2015; PETERMANN, 2015), justifica a falta dessas fêmeas.

A estimativa de fecundidade obtida aqui pode estar enviesada por não haver coletas no pico de reprodução. Plaza *et al.* (2002) encontrou diferenças significativas entre os tamanhos dos ovócitos em diferentes épocas reprodutivas. Em seu trabalho com a sardinha *Sardinops sagax* coletada no Chile, percebeu a presença de ovócitos maiores nos meses de inverno, enquanto que os menores estavam presentes nos meses de verão. Este processo já é notável em clupeídeos (BLAXTER; HUNTER, 1982), mas as suas causas ainda não são conhecidas. Daoulas e Economou (1986) afirmam que a temperatura regula o tamanho do ovócito; Blaxter e Hunter (1982) propuseram que a variação do tamanho do ovócito pode estar ligada a mudanças nas reservas de energia ou a uma mudança na estrutura de idade dos desovantes; e Hislop (1975) mostrou que fêmeas maiores, que produzem ovócitos maiores, maturam e desovam antes de fêmeas menores, resultando numa diminuição do tamanho do ovócito conforme a estação reprodutiva avança. Qualquer que seja a explicação, isto só nos mostra como é essencial estudar a reprodução desta espécie coletando dados durante o ano inteiro, para que assim seja possível entender suas variações.

Foram identificados outros trabalhos que estimaram a fecundidade da sardinha-verdadeira, e foram sumarizados na Tabela 7-17. Isaac-Nahum *et al.* (1988) foram os únicos que conseguiram fazer o cálculo através dos métodos gravimétrico e estequiométrico, e assim

compará-los. Pela da gravimetria, usando 23 ovários, obtiveram um valor de 23,3 mil ovócitos por fêmea (356 ovócitos/peso total); já com o método estequiométrico, usando 16 ovários, estimaram 30,5 mil ovócitos por fêmea (430 ovócitos/peso total). Além deste trabalho, Evangelista (2010), usando o método estequiométrico, obteve um valor baixo, usando 7 ovários: 17,3 mil ovócitos por fêmea. Desta forma, o valor de 25 mil ovócitos por fêmea calculado aqui está dentro dos valores preteritamente obtidos. Sobre os valores máximo (mínimo) obtidos, Isaac-Nahum *et al.* (1988) encontraram para o método gravimétrico um valor de 49 mil ovócitos (6,7 mil) e para o método estequiométrico 61,5 mil (16 mil), e Evangelista (2010) encontrou um máximo de 42,4 mil (376 ovócitos). Neste trabalho foram obtidos valores próximos ao de Isaac-Nahum *et al.* (1988), com máximo de 58,7 mil e mínimo de 3,7 mil ovócitos por fêmea.

Como foram poucos trabalhos que fizeram a estimativa da fecundidade para a sardinha-verdadeira, procurou-se os valores obtidos para algumas outras sardinhas no mundo (APÊNDICE N Tabela 7-17). Para mais valores de fecundidade parcial, veja as tabelas dos trabalhos de Casavola *et al.* (1996) e Ganias *et al.* (2004). Esta comparação deve ser feita com muita cautela, pois cada população de sardinha vive em um ambiente diferente e possui características específicas (DAOULAS; ECONOMOU, 1986). Além das características biológicas, os cálculos de fecundidade podem ter sido feitos métodos diferentes, como a gravimetria e volumetria (MURUA *et al.*, 2003), ou mesmo estimados em períodos diferentes dentro dos ciclos reprodutivos das espécies. Mesmo com esta ressalva, os valores da fecundidade aqui encontrados são compatíveis com as das outras espécies de sardinhas. Mesmo com esta ressalva, os valores da fecundidade aqui encontrados são compatíveis com as das outras sardinhas.

Sobre a área de desova de *Sardinella brasiliensis*, definiu-se o local em um mapa em que foram coletados os espécimes classificados como em desova/ejaculação iminente (Tabela 2-2) ou com desova recente (fêmeas com POFs alfa). Ressalta-se que, para a definição dos locais de desova, foram utilizados somente os indivíduos capturados no RJ, por falta de dados de localização da captura em SC. Matsuura (1998) observou que a área de desova apresenta variações, ocorrendo entre Ilha Grande/RJ e Florianópolis/SC. Este autor afirma ainda que a desova costuma ocorrer em baixas profundidades, de 15 a 50 m. Mais recentemente, Gigliotti *et al.* (2010) criaram um mapa de probabilidade de desova da sardinha-verdadeira com dados de ictioplâncton coletados entre 1976 e 1993. Estes autores também afirmam que a área de desova da sardinha se estende do RJ a SC, mas que apresenta alta probabilidade de desova até a isóbata de 200 m. Além disso, mostram a contração e expansão da área de desova da sardinha,

variando com a dinâmica da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), sugerindo que a *S. brasiliensis* é capaz de explorar locais para a desova mais favoráveis.

Neste trabalho, foram descritas detalhadamente todas as etapas do estudo da dinâmica reprodutiva da sardinha-verdadeira, para que sirva de fonte para outros pesquisadores. Na revisão da literatura sobre a dinâmica reprodutiva da sardinha-verdadeira, verificou-se que há muitas informações, porém um tanto desatualizadas. Assim, o Projeto SARDINHA e especificamente esta dissertação, vêm não somente apresentar novos resultados, mas também sugerir e atualizar métodos para estudos futuros sobre da dinâmica reprodutiva desta e outras espécies.

Apesar das últimas avaliações reprodutivas da sardinha-verdadeira serem desatualizadas, os resultados obtidos aqui não foram muito diferentes das anteriores. Tais informações, como comprimento, peso, idade e época de desova e recrutamento, são essenciais para auxiliar nas medidas de manejo, assim como incrementar os conhecimentos sobre a dinâmica reprodutiva da espécie.

5 Conclusão

A biologia e dinâmica reprodutiva da sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis,* capturada pela frota comercial de cerco descarregada no Rio de Janeiro e em Santa Catarina entre os anos de 2015 a 2019, foi atualizada neste estudo. Os objetivos gerais e específicos foram atingidos. Destacando primeiramente os resultados obtidos através dos dados macroscópicos:

- Pela biometria, observa-se espécimes maiores e mais pesados no Rio de Janeiro em relação aos descarregados em Santa Catarina, que por sua vez são maiores e mais pesados do que os descarregados no Rio Grande do Sul.
- Foram registrados os maiores e mais pesados espécimes de *Sardinella brasiliensis* já capturados. Não é possível afirmar se este fato é devido a uma alteração em nível populacional como resposta à forte e constante pressão pesqueira, mudanças climáticas ou outra razão. Recomenda-se avaliar a idade destes espécimes, além de registrar a ocorrência destes indivíduos, como o local e quando foram observados.
- Observou-se proporções sexuais diferentes entre os locais de coleta, principalmente nos meses de inverno.
- Apesar de não haver amostragem no período de defeso (novembro a fevereiro), foi identificado pela variação temporal dos estádios de maturidade avaliados macroscopicamente, o início do processo reprodutivo, ou seja, início do aparecimento de espécimes se preparando para o evento de desova, a partir de agosto. Já o fim do processo reprodutivo, identificado por espécimes em estádio ‘esvaziado’ e queda na quantidade dos ‘maduros’, em maio.
- O recrutamento, ou a entrada de juvenis para o estoque pesqueiro, ocorreu de abril a setembro.
- A relação gonadossomática confirmou o principal pico de desova nos meses de primavera-verão que foram amostrados (outubro, metade de novembro e metade de fevereiro)
- Apesar das diferenças dos espécimes entre os estados (locais de descarregamento), não podemos confirmar se há diferentes populações, ou se há somente uma diferença latitudinal da população.

- Recomenda-se, para estudos futuros, coletas de espécimes principalmente no período de desova, incluindo os períodos de defeso de reprodução e recrutamento. Pela falta de coletas de espécimes destes meses, nossas análises podem estar comprometidas, como por exemplo a interpretação da variação temporal dos estádios de maturidade e o cálculo do comprimento médio de início de primeira maturação.

Com os resultados gerados com a análise microscópica das gônadas de *Sardinella brasiliensis*:

- Foram descritos e registrados, pela primeira vez, os estádios de maturidade testicular, através de imagens coloridas e tabelas, identificando cada célula germinativa e a continuidade ou descontinuidade do epitélio.
- Foi registrada, pela primeira vez, a presença de parasitismo em gônadas de *Sardinella brasiliensis*. O microparasito foi identificado, por especialista, como o protozoário coccídio *Eimeria sardinae.* Foi calculada a prevalência e a intensidade do parasitismo em testículos.
- Os estádios de maturidade foram reavaliados através de uma escala com 5 estádios e um sub-estádio. Com os resultados das análises das preparações permanentes, foram realizadas comparações destes com os resultados obtidos através da análise macroscópica, identificando erros nas classificações dos sexos e dos estádios de maturidade.
- Com a análise da variação temporal dos estádios de maturidade avaliados através de microscopia, foi confirmado o período reprodutivo, de agosto a maio, assumindo-se que o pico da desova ocorreu no período de defeso de reprodução (novembro a fevereiro). O período de recrutamento foi identificado como sendo de abril a setembro.
- O comprimento médio de início de primeira maturação foi calculado entre 16 e 20 cm como melhores valores obtidos. No entanto, ressalvas foram apresentadas sobre estes valores, devido ao tipo de amostragem (captura comercial), que sofre a interferência do tamanho mínimo de captura e da falta de amostragem nas épocas de defeso de reprodução e recrutamento.
- Através do método estequiométrico, a fecundidade de lote da *Sardinella brasiliensis* foi calculada em 25 mil ovócitos por fêmea, e a fecundidade relativa em 8,2 mil ovócitos por peso gonadal.

- Foram identificados locais aproximados de desova no Rio de Janeiro através da localização dos pontos amostrados de espécimes classificados em estádio ‘desova iminente’.

6 Bibliografia

ACKER, J. G.; LEPTOUKH, G. **Online analysis enhances use of NASA Earth science data**. 2019. Disponível em: https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/. Acesso em: 1 jun. 2019.

ALDAY, A.; URIARTE, A.; SANTOS, M.; MARTÍN, I.; MARTINEZ DE MURGUIA, A.; MOTOS, L. Degeneration of postovulatory follicles of the Bay of Biscay anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.). **Scientia Marina**, v. 72, n. 3, p. 565–575, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.3989/scimar.2008.72n3565

ALHEIT, J.; ROY, C.; KIFANI, S. Decadal-scale variability in populations. *In*: **Climate Change and Small Pelagic Fish**. Cambridge University Press, 2009. p. 64–87. Disponível em: https://doi.org/10.1017/CBO9780511596681.007

ALONSO-FERNÁNDEZ, A.; DOMÍNGUEZ-PETIT, R.; BAO, M.; RIVAS, C.; SABORIDO-REY, F. (Gadidae) on the Galician shelf of north-western Spain. **Aquatic Living Resources**, v. 21, n. 4, p. 383–393, 2008.

ARAGÓN, L.; ARANDA, G.; SANTOS, A.; MEDINA, A. Quantification of ovarian follicles in bluefin tuna *Thunnus thynnus* by two stereological methods. **Journal of Fish Biology**, v. 77, n. 3, p. 719–730, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02713.x

ARMSTRONG, M. J.; WITTHAMES, P. R. Developments in understanding of fecundity of fish stocks in relation to egg production methods for estimating spawning stock biomass. **Fisheries Research**, v. 117–118, p. 35–47, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fishres.2010.12.028

BAGENAL, T. B. Aspects of fish Fecundity In: S. D. GERKING (org.). **Ecology of freshwater fish production**. Oxford, Black-well, 1978. p. 75–101.

BAILEY, K. M.; DUFFY-ANDERSON, J. T.; CRAWFORD, L. M. Fish predation and mortality. *In*: J. KIRK COCHRAN, HENRY J. BOKUNIEWICZ, P. L. Y. (org.). **Encyclopedia of Ocean Sciences**. 3. ed. Elsevier Ltd., 2019. p. 224–231. *E-book*. Disponível em: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11372-7

BAKER, J. R. **Parasitic protozoa**. London: Hutchinson & Co. Ltd., 1969.

BAKER, T. G. Oogenesis and ovulation in. *In*: AUSTIN E SHORT (org.). **Reproduction mammals**. Cambridge: Cambridge University Press, 1982. p. 17–45.

BAKUN, A. Patterns in the ocean: ocean processes and marine population dynamics. **Oceanographic Literature Review**, p. 323, 1996.

BAKUN, A. Ocean triads and radical interdecadal stock variability: bane and boon for fishery management science. *In*: PITCHER, T. J.; HARTAND, P. J. B.; PAULY, D. (org.). **Reinventing fisheries management**. London: Chapman & Hall, 1998. p. 331–358.

BARANGE, M. *et al.* Current trends in the assessment and management of stocks. *In*: **Climate Change and Small Pelagic Fish**. p. 191–255. Disponível em: https://doi.org/10.1017/CBO9780511596681.011

BAS, C.; RUBIÓ, M. La pesca en España: I Cataluña. 1955.

BEGOT, L. H.; VIANNA, M. A frota pesqueira costeira do estado do Rio de Janeiro. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, n. 1, p. 79–94, 2014.

BELLIER, E.; PLANQUE, B.; PETITGAS, P. Historical fluctuations in spawning location of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and sardine (*Sardina pilchardus*) in the Bay of Biscay during 1967-73 and 2000-2004. **Fisheries Oceanography**, v. 16, n. 1, p. 1–15, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.2006.00410.x

BERTRAND, A.; SEGURA, M.; GUTIÉRREZ, M.; VÁSQUEZ, L. From small-scale habitat loopholes to decadal cycles: A habitat-based hypothesis explaining fluctuation in pelagic fish populations off Peru. **Fish and Fisheries**, v. 5, n. 4, p. 296–316, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1467-2679.2004.00165.x

BEVERTON, R. J. H.; HOLT, S. J. **On the dynamics of exploited fish populations**. Springer Science & Business Media, 1957. v. 11

BILLARD, R. Spermatogenesis and spermatology of some teleost fish species. **Reproduction Nutrition Développement**, v. 26, n. 4, p. 877–920, 1986. Disponível em: https://doi.org/10.1051/rnd:19860601

BILLARD, R.; FOSTIER, A.; WEIL, C.; BRETON, B. Endocrine Control of Spermatogenesis in Teleost Fish. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 39, n. 1, p. 65–79, 1982. Disponível em: https://doi.org/10.1139/f82-009

BLAXTER, J. H. S.; HUNTER, J. R. **The Biology of the Clupeoid Fishes**. Academic Press, 1982. v. 20 Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0065-2881(08)60140-6

BOPP, L. *et al.* Multiple stressors of ocean ecosystems in the 21st century: Projections with CMIP5 models. **Biogeosciences**, v. 10, n. 10, p. 6225–6245, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.5194/bg-10-6225-2013

BOUMA, J.; CLOUD, J. G. Sertoli cell biology in fishes and amphibians. *In*: SKINNE, M. K.; GRISWOLD, M. D. (org.). **Sertoli Cell Biology**. Washington: Elsevier, 2005. p. 71–79.

BOWEN, B. W.; GRANT, W. S. Phylogeography of the sardines (Sardinops spp.): Assessing biogeographic models and population histories in temperate upwelling zones. **Evolution**, v. 51, n. 5, p. 1601–1610, 1997. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1997.tb01483.x

BRASIL. Intrução normativa IBAMA n° 15, de 21 de maio de 2009.**Diário Oficial da União, Brasília**, Brasil. 2009.

BRASÍLIA. **Relatório da reunião anual do grupo permanente de estudos- GPE sobre sardinha**. Brasília, Br n. Concessão: 1985.

BROWN-PETERSON, N. J.; WYANSKI, D. M.; SABORIDO-REY, F.; MACEWICZ, B. J.; LOWERRE-BARBIERI, S. K. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. **Marine and Coastal Fisheries**, v. 3, n. 1, p. 52–70, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1080/19425120.2011.555724

BRUNO, D. W.; NOWAK, B.; ELLIOTT, D. G. Guide to the identification of fish protozoan and metazoan parasites in stained tissue sections. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 70, n. 1–2, p. 1–36, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.3354/dao070001

BUSH, A. O.; LAFFERTY, K. D.; LOTZ, J. M.; SHOSTAK, A. W. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. **Journal of Parasitology**, v. 83, n. 4, p. 575–583, 1997. Disponível em: https://doi.org/10.2307/3284227

BUSTAMANTE, Á.; SANTOS, R. A. dos. Distribuições de frequência de comprimento e aspectos da reprodução de sardinha-verdadeira, a partir dos dados de amostragens biológicas nos desembarques pesqueiros em Itajaí e Navegantes,- Santa Catarina. *In*: IBAMA (org.). **Relatório reunião so subcomitê científico - comitê de gestão do uso sustentável da sardinha-verdadeira de 2009**. Itajaí, SC. 2009. p. 40–45. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.patcog.2013.02.009

CADIMA, E. L. **Fish stock assessment manual**. Rome: FAO Fisheries Technical Paper, 2003. v. 393*E-book*. Disponível em: https://doi.org/10.1016/0165-7836(86)90030-5

CALADO, L. **Dinâmica da interação da atividade de meso-escala da Corrente do Brasil com o fenômeno da ressurgência costeira ao largo de Cabo Frio e Cabo de São Tomé , RJ**. 2006. Universidade de São Paulo, 2006.

CALADO, L.; GANGOPADHYAY, A.; SILVEIRA, I. C. A. Feature-oriented regional modeling and simulations (FORMS) for the western South Atlantic: Southeastern Brazil region. **Ocean Modelling**, v. 25, n. 1–2, p. 48–64, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2008.06.007

CAMPOS, E. J. D.; GONCALVES, J. E.; IKEDA, Y. Water mass characteristics and geostrophic circulation in the South Brazil Bight: summer of 1991. **Journal of Geophysical Research**, v. 100, n. C9, 1995. Disponível em: https://doi.org/10.1029/95jc01724

CAMPOS, E. J. D.; VELHOTE, D.; DA SILVEIRA, I. C. A. Shelf break upwelling driven by Brazil current cyclonic meanders. **Geophysical Research Letters**, v. 27, n. 6, p. 751–754, 2000. Disponível em: https://doi.org/10.1029/1999GL010502

CASAVOLA, N.; RIZZI, E.; MARANO, G. First data on batch fecundity and relative fecundity of *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) (Clupeidae) in the south-western Adriatic Sea. **Boletin - Instituto Español de Oceanografia**, v. 12, n. 1, p. 53–63, 1996.

CASSEL, M.; DE PAIVA CAMARGO, M.; OLIVEIRA DE JESUS, L. W.; BORELLA, M. I. Involution processes of follicular atresia and post-ovulatory complex in a characid fish ovary: a study of apoptosis and autophagy pathways. **Journal of Molecular Histology**, v. 48, n. 3, p. 243–257, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10735-017-9723-6

CASTELAO, R. M.; BARTH, J. A. Upwelling around Cabo Frio, Brazil: The importance of wind stress curl. **Geophysical Research Letters**, v. 33, n. 3, p. 2–5, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1029/2005GL025182

CASTRO, B. M. de. Correntes e massas de água da plataforma continental norte de São Paulo. **Tese de livre docência. Instituto Oceanogrä¢ co da Universidade de São Paulo, São Paulo**, 1996.

CERGOLE, M. C. Stock assessment of the Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis*, of the south-eastern coast of Brazil. **Scientia Marina (Espana)**, 1995.

CERGOLE, M. C.; DIAS-NETO, J. **Plano de Gestão para o uso sustentável da sardinha-verdadeira do Brasil.IBAMA**. Brasília, Brasil. 2011.

CERGOLE, M. C.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879). *In*: MARIA CRISTINACERGOLE, ANTÔNIO OLINTO ÁVILA-DA-SILVA, C. L. B. R.-W. (org.). **Análise das principais pescarias comerciais da região Sudeste-Sul do Brasil : dinâmica populacional das espécies em explotação**. São Paulo :Instituto Oceanográfico — USP: Série documentos Revizee : Score Sul, 2005. p. 145–150.

CERGOLE, M. C.; SACCARDO, S. A.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. Fluctuations in the spawning stock biomass and recruitment of the Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) 1977-1997. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 50, n. único, p. 13–26, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s1413-77392002000100002

CERGOLE, M. C.; VALENTINI, H. Growth and mortality estimates of *Sardinella brasiliensis* in the southeastern Brazilian bight. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 42, n. 1–2, p. 113–127, 1994.

CHAVEZ, F. P.; RYAN, J.; LLUCH-COTA, S. E.; ÑIQUEN, C. M. Climate: From anchovies to sardines and back: Multidecadal change in the Pacific Ocean. **Science**, v. 299, n. 5604, p. 217–221, 2003. Disponível em: https://doi.org/10.1126/science.1075880

CHECKLEY, D. M.; ASCH, R. G.; RYKACZEWSKI, R. R. Climate, Anchovy, and Sardine. **Annual Review of Marine Science**, v. 9, n. 1, p. 469–493, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1146/annurev-marine-122414-033819

CIPULLO, B. I. **Bionomia da sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) entre 1959 e 1961**. 2015. Universidade de São Paulo, 2015.

CLUTTON-BROCK, T. H. **Reproductive success: studies of individual variation in contrasting breeding systems**. University of Chicago Press, 1988.

COELHO-SOUZA, S. A.; LÓPEZ, M. S.; GUIMARÃES, J. R. D.; COUTINHO, R.; CANDELLA, R. N. Biophysical interactions in the cabo frio upwelling system, Southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 60, n. 3, p. 353–365, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1679-87592012000300008

CONOVER, D. O.; ARNOTT, S. A.; WALSH, M. R.; MUNCH, S. B. Darwinian fishery science: Lessons from the Atlantic silverside (*Menidia menidia*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 62, n. 4, p. 730–737, 2005. Disponível em: https://doi.org/10.1139/f05-069

CONOVER, D. O.; MUNCH, S. B. Sustaining fisheries yields over evolutionary time scales. **Science**, v. 297, n. 5578, p. 94–96, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1126/science.1074085

COOPER, D. W.; PEARSON, K. E.; GUNDERSON, D. R. Fecundity of shortspine thornyhead (*Sebastolobus alascanus*) and longspine thornyhead (*S. altivelis*) (Scorpaenidae)

from the northeastern Pacific Ocean, determined by stereological and gravimetric techniques. **Fishery Bulletin**, v. 103, n. 1, p. 15–22, 2005.

COSTA, E. F. dos S. **Reproductive strategies of marine fishes from the southwest Atlantic Ocean: application of histological and image processing techniques**. 2015. Universidade de São Paulo, 2015.

COSTA, F. G. **Testículo de Astyanax altiparanae Garutti e Britski, 2000. Estudo morfológico, ultraestrutural e imuno-histoquímico**. 2011. Universidade de São Paulo, 2011.

COUTO, P. P. **Estudo sobre a influência da variabilidade espacial do vento na dinâmica do sistema de ressurgência costeira de Cabo Frio, RJ**. 2014. Universidade Federal do Paraná, 2014.

COWARD, K.; BROMAGE, N. R. Stereological point-counting; an accurate method for assessing ovarian function in tilapia. **Aquaculture**, v. 212, n. 1–4, p. 383–401, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00051-0

CUBILLOS, L. A.; CLARAMUNT, G. Length-structured analysis of the reproductive season of anchovy and common sardine off central southern Chile. **Marine Biology**, v. 156, n. 8, p. 1673–1680, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00227-009-1202-5

CURY, P.; BAKUN, A.; CRAWFORD, R. J. M.; JARRE, A.; QUINONES, 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.

CURY, P.; PAULY, D. Patterns and propensities in reproduction and growth of marine fishes. **Ecological Research**, v. 15, n. 1, p. 101–106, 2000.

CURY, P.; ROY, C. Window and Pelagic fish Recruitment Success in Upwelling region. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 46, p. 670–680, 1989.

DALLAGNOLO, R.; SCHWINGEL, P. R.; PEREZ, J. A. A. Estimativas de produção anual de sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) em Santa Catarina: um modelo de projeção de capturas a partir dos padrões mensais de desembarque no Estado. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 14, n. 2, p. 95–104, 2010.

DALZELL, P. J. Small pelagic fishes. **A. Wright, & L. Hill, Nearshore marine resources of the South Pacific**, p. 97œ133, 1993.

DAOULAS, C.; ECONOMOU, A. N. Seasonal variation of egg size in the sardine, Sardino pilchardus Walb., of the Saronikos Gulf: causes and a probable explanation. **Journal of Fish Biology**, v. 28, n. 4, p. 449–457, 1986. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1986.tb05182.x

DELESSE, M. A. Procédé mécanique pour déterminer la composition des roches. **CR Acad. Sci. Paris**, v. 25, p. 544–545, 1847.

DEMARTINI, E.; SIKKEL, P. Reproduction. *In*: ALLEN, L. G.; PONDELLA, D. J.; HORN, M. H. (org.). **The Ecology of Marine Fishes: California and Adjacent Waters**. University

of California Press, 2006. p. 483–523. Disponível em: https://doi.org/10.13140/2.1.5150.5605

DENNEY, N. H.; JENNINGS, S.; REYNOLDS, J. D. Life–history correlates of maximum population growth rates in marine fishes. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 269, n. 1506, p. 2229–2237, 2002.

DESHMUKH, A. V.; KOVALE, S. R.; SAWANT, M. S.; SHIRDHANKAR, M. M.; FUNDE, A. B. Reproductive biology of *Sardinella longiceps* along Ratnagiri coast off Maharashtra. **Indian Journal of Marine Sciences**, v. 39, n. 2, p. 274–279, 2010.

DIAS-NETO, J. **Gestão do uso dos recursos pesqueiros marinhos no Brasil.**

DIAS, J. F. **Avaliação da condição nutricional das larvas de sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis* Steindachner, 1879) Clupeidae e da anchoíta (Engraulis anchoita Hubbs and Marini, 1935) Engraulididae, da costa sudeste do Brasil**. 1995. Universidade de São Paulo, 1995.

DIAS, J. F. **Resultados dos estudos biológicos do ECOSAR V - Novembro de 2008**.

DIAS, J. F. (dados não publicados). *In*: **Relatório da reunião do sub-comitê científico - comitê de gestão do uso sustentável da sardinha-verdadeira**.

DIAS, J. F. **Ecologia reprodutiva da sardinha-verdadeira (Cruzeiro ECOSAR IV, 17/jan a 05/02/2008)Relatório ECOSAR IV**.

DIAS, J. F.; PERES-RIOS, E.; CHAVES, P. de T. da C.; ROSSI-WONGTSCHOWSK, C. L. del B. Análise macroscópica dos ovários de teleósteos: problemas de classificação e recomendações de procedimentos. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 58, n. 1, p. 55–69, 1998.

DIEGUES, A. C. S. Pescadores, camponeses e trabalhadores do mar. 1983.

DOMÍNGUEZ-PETIT, R. **Study on reproductive potential of Merluccius merluccius in the Galician shelf**. 2007. Universidade de Vigo, 2007. Disponível em: http://hdl.handle.net/10261/4377

DOMÍNGUEZ-PETIT, R.; KORTA, M.; SABORIDO-REY, F.; MURUA, H.; SAINZA, M.; PIÑEIRO, C. Changes in size at maturity of European hake Atlantic populations in relation with stock structure and environmental regimes. **Journal of Marine Systems**, v. 71, n. 3–4, p. 260–278, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2007.04.004

DOMÍNGUEZ-PETIT, R.; MURUA, H.; SABORIDO-REY, F.; TRIPPEL, E. **Handbook of applied fisheries reproductive biology for stock assessment and management**. Vigo, Espanha. 2015.

DRAOUI, N.; COSTE, F.; MARQUES, A.; ROMESTAND, B.; MAAMOURI, F.; BOUIX FACULTE DES SCIENCES, UNIVERSITE TUNIS II (TUNISIA)), G. (Laboratoire de P. **Presence of *Eimeria sardinae* Reichenow, 1921 in male and female specimens of *Sardina pilchardus* Regan, 1916 and of *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847 from the Tunisian shores**.

DURANT, J. M.; HJERMANN, D.; OTTERSEN, G.; STENSETH, N. C. Climate and the

match or mismatch between predator requirements and resource availability. **Climate Research**, v. 33, n. 3, p. 271–283, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.3354/cr033271

EIRAS, J. C. Apicomplexa. *In*: EIRAS, J. C.; VELLOSO, A. L.; JR., J. P. (org.). **Parasitos de peixes marinhos da América do Sul**. Rio Grande, RS: FURG, 2016. p. 27–30.

EMERSON, L. S.; WALKER, M. G.; WITTHAMES, P. R. A stereological method for estimating fish fecundity. **Journal of Fish Biology**, v. 36, n. 5, p. 721–730, 1990. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1990.tb04326.x

ENGELHARD, G. H.; HEINO, M. Maturity changes in Norwegian spring-spawning herring. **Marine Ecology Progress Series**, v. 272, n. January, p. 245–256, 2004.

ENGELHARD, G. H.; HEINO, M. Scale analysis suggests frequent skipping of the second reproductive season in Atlantic herring. **Biology Letters**, v. 1, n. 2, p. 172–175, 2005. Disponível em: https://doi.org/10.1098/rsbl.2004.0290

ENGELHARD, G. H.; HEINO, M. Climate change and condition of herring (*Clupea harengus*) explain long-term trends in extent of skipped reproduction. **Oecologia**, v. 149, n. 4, p. 593–603, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00442-006-0483-3

EVANGELISTA, T. R. **Reavaliação dos parâmetros de algumas variáveis reprodutivasda *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879)**. 2010. Universidade de São Paulo, Brasil, 2010.

FACCIN, J. R. M. **Efeito das mudanças climáticas de curto prazo sobre a operação da frota de cerco direcionada à captura da sardinha-verdadeira no sudeste-sul do Brasil**. 2019.

FAO. **FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2018/FAO annuaire. Statistiques des pêches et de l'aquaculture 2018/FAO anuario. Estadísticas de pesca y acuicultura 2018.** Roma. 2020.

FERRERI, R.; BASILONE, G.; D'ELIA, M.; TRAINA, A.; SABORIDO-REY, F.; MAZZOLA, S. Validation of macroscopic maturity stages according to microscopic histological examination for European anchovy. **Marine Ecology**, v. 30, n. SUPPL.1, p. 181–187, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2009.00312.x

FIELD, D. B.; BAUMGARTNER, T. R.; FERREIRA, V.; GUTIERREZ, D.; LOZANO-MONTES, H.; SALVATTECI, R.; SOUTAR, A. **Variability from scales in marine sediments and other historical records**. Disponível em: https://doi.org/10.1017/CBO9780511596681.006

FIGUEIREDO, J. L. de; SALLES, A. C. R.; RABELO, L. B. *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879)(Teleostei: Clupeidae), nome válido aplicado à sardinha-verdadeira no sudeste do Brasil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 50, n. 18, p. 281–283, 2010.

FIGUEIREDO, J. L.; MENEZES, N. A. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil, II-Teleostei (1) Museu de Zoologia. **Universidade de São Paulo, 110p**, 1978.

FIPERJ. **Relatório Técnico Semestral - RTS-03**.

FITZHUGH, G. R.; SHERTZER, K. W.; TODD KFITZHUGH GR, SHERTZER KW,

TODD KELLISON G, WYANSKI DM. REVIEW OF SIZE-AND AGE-DEPENDENCE IN BATCH SPAWNING: IMPLICATIONS FOR STOCK ASSESSMENT OF FISH SPECIES EXHIBITING INDETERMINATE FECUNDITY. FISH BULL 2012.ELLISON, G.; WYANSKI, D. M. Review of size-and age-dependence in batch spawning: implications for stock assessment of fish species exhibiting indeterminate fecundity. **Fishery Bulletin**, v. 110, n. 4, p. 23–30, 2012.

FONTELES-FILHO, A. A. **Oceanografia, Biologia e Dinâmica populacional de Recursos Pesqueiros**. Fortaleza, Brasil: Editora Expressão Gráfica, 2011.

FRÉON, P.; CURY, P.; SHANNON, L.; ROY, C. Sustainable exploitation of small pelagic fish stocks challenged by environmental and ecosystem changes: A review. **Bulletin of Marine Science**, v. 76, n. 2, p. 385–462, 2005.

FRÉON, P.; MISUND, O. A. **Dynamics of pelagic fish distribution and behaviour: effects on fisheries and stock assessment**.

FROOSE, R.; PAULY, D. **Fishbase**. 2021. Disponível em: Www.fishbase.org, version (12/2020). Acesso em: 11 mar. 2021.

GANIAS, K. Determining the indeterminate: Evolving concepts and methods on the assessment of the fecundity pattern of fishes. **Fisheries Research**, v. 138, p. 23–30, 2013.

GANIAS, K. **Biology and ecology of sardines and anchovies**. CRC Press, 2014.

GANIAS, K.; SOMARAKIS, S.; MACHIAS, A.; THEODOROU, A. Pattern of oocyte development and batch fecundity in the Mediterranean sardine. **Fisheries Research**, v. 67, n. 1, p. 13–23, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fishres.2003.08.008

GANIAS, K.; SOMARAKIS, S.; NUNES, C. Reproductive potential. **Biology and ecology of sardines and anchovies**, p. 79–121, 2014.

GARCÍA-SEOANE, E.; BERNAL, A.; SABORIDO-REY, F. Reproductive ecology of the glacier lanternfish *Benthosema glaciale*. **Hydrobiologia**, v. 727, n. 1, p. 137–149, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10750-013-1796-y

GENTEN, F.; TERWINGHE, E.; DANGUY, A. **Atlas of fish histology**. Science Publishers, Enfi eld, NH, USA, 2009. v. 53

GIACALONE, V. M.; FERRERI, R.; MICALE, V.; PIPITONE, C.; BASILONE, G.; SACCO, F. S.; MAZZOLA, S.; BONANNO, A.; D'ANNA, G. Evaluation of macroscopic maturity analysis with histology in the digynic protandrous hermaphrodite white seabream *Diplodus sargus sargus* (pisces, sparidae). **Vie et Milieu**, v. 68, n. 2–3, p. 157–166, 2018.

GIGLIOTTI, E. da S. **Medidas da variabilidade interanual marinha sobre a plataforma continental sudeste e sua relação com áreas de desova da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*)**. 2009. - INPE, 2009. Disponível em: http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/06.04.17.50

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. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02802.x

GOUVEIA, M. B.; GHERARDI, D. F. M.; LENTINI, C. A. D.; DIAS, D. F.; CAMPOS, P. C. Do the Brazilian sardine commercial landings respond to local ocean circulation? **PLoS ONE**, v. 12, n. 5, p. 1–19, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176808

GRAMMER, G. L.; BROWN-PETERSON, N. J.; PETERSON, M. S.; COMYNS, B. H. Life history of silver perch bairdiella chrysoura (Lacepède, 1803) in North-Central Gulf of Mexico Estuaries. **Gulf of Mexico Science**, v. 27, n. 1, p. 62–73, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.18785/goms.2701.07

GREER WALKER, M. G.; WITTHAMES, P. R.; DE LOS SANTOS, I. B. Is the fecundity of the atlantic mackerel (*Scomber scombrus*: Scombridae) determinate? **Sarsia**, v. 79, n. 1, p. 13–26, 1994. Disponível em: https://doi.org/10.1080/00364827.1994.10413543

GRIER, H. J. Cellular Organization of the Testis and Spermatogenesis in Fishes. **Oxford University Press**, v. 21, n. 2, p. 345–357, 1981. Disponível em: http://www.jstor.org/stable/3882638

GRIER, H. J. Comparative organization of Sertoli cells including the Sertoli cell barrier. **The Sertoli Cell**, p. 703–739, 1993.

GRIER, H. J. The germinal epithelium: its dual role in establishing male reproductive classes and understanding the basis for indeterminate egg production in female fishes. *In*: 2002, **Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute**. p. 537–552. Disponível em: http://aquaticcommons.org/id/eprint/13529

GRIER, H. J.; LINTON, J. R. Ultrastructural identification of the Sertoli cell in the testis of the northern pike, Esox lucius. **The American journal of anatomy**, United States, v. 149, n. 2, p. 283–288, 1977. Disponível em: https://doi.org/10.1002/aja.1001490211

GRIER, H. J.; URIBE-ARANZÁBAL, M. C. The testis and spermatogenesis in teleosts. *In*: JAMIESON, B. G. M. (org.). **Reproductive biology and phylogeny of fishes (agnathans and bony fishes)**. Boca Raton: CRC Press, 2009. v. 8p. 119–142. *E-book*. Disponível em: https://doi.org/10.1201/9781482280609

GURAYA, S. S. **The cell and molecular biology of fish oogenesis**. Karger Medical and Scientific Publishers, 1986. v. 18

HASLOB, H.; RABADE-UBEROS, S.; SABORIDO-REY, F. Seasonal variability of fecundity and spawning dynamics of Baltic sprat. **Fisheries Research**, v. 138, p. 99–109, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fishres.2012.08.002

HELFMAN, G.; COLLETTE, B. B.; FACEY, D. E.; BOWEN, B. W. **The diversity of fishes: biology, evolution, and ecology**. John Wiley & Sons, 2009.

HISLOP, J. R. G. The breeding and growth of whiting, Merlangius merlangus in captivity. **ICES Journal of Marine Science**, v. 36, n. 2, p. 119–127, 1975. Disponível em: https://doi.org/10.1093/icesjms/36.2.119

HIXON, M. a; JOHNSON, D. W.; SOGARD, S. M. Structure in Fishery Populations. **ICES Journal of Marine Science**, v. 71, n. 1914, p. 2171–2185, 2014.

HJORT, J. Fluctuations in the great fisheries of Northen Europe. **Rapports et Procés-Verbaux**, v. 20, p. 1–228, 1914.

HOGGARTH, D. D. **Stock assessment for fishery management: a framework guide to the stock assessment tools of the fisheries management and science programme**. Food & Agriculture Org., 2006.

HOLDEN, M. J.; RAITT, D. F. S. **Manual of Fisheries Science Part 2: Methods of Resource Investigation and Their Application**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1974. *E-book*. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=Hq5XygAACAAJ

HUNTER, J.; GOLDBERG, S. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, Engraulis mordax. **Fishery Bulletin**, v. 77, n. 3, p. 641–652, 1980.

HUNTER, J.; MACEWICZ, B. Measurement of Spawning Frequency in Multiple Spawning Fishes. **NOAA Tech. Rep. NMFS**, v. 36, 1985 a.

HUNTER, J. R. Fecundity, spawning, and maturity of female Dover sole *Microstomus pacificus*, with an evaluation of assumptions and precision. **Fish. Bull.(Wash. DC)**, v. 90, p. 101–128, 1992.

HUNTER, J. R.; MACEWICZ, B. J. Rates of Atresia in the Ovary of Captive and Wild Northern Anchovy; Engraulis Mordax. **Fishery Bulletin**, v. 83, n. 2, p. 119–136, 1985 b.

IBAMA. **Relatório da reunião do sub-comitê científico - comitê de gestão do uso sustentável da sardinha-verdadeira**. Brasília. 2008. Disponível em: http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/245180/245180.pdf%0Ahttps://hdl.handle.net/20.500.12380/245180%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2011.03.003%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.gr.2017.08.001%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2014.12.

IBAMA. **Relatório da reunião do subcomitê científico - comitê de gestão do uso sustentável da sardinha-verdadeira**. CEPSUL/ICMBio – Itajaí/SC. 2009.

IP/APTA/SAA/SP. **Estatística Pesqueira Marinha e Estuarina do Estado de São Paulo. Consulta On-line. Programa de Monitoramento da Atividade Pesqueira Marinha e Estuarina do Estado de São Paulo. Instituto de Pesca (IP), Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA)**. 2021.

ISAAC-NAHUM, V. J.; VAZZOLER, A. E. A. D. M. Biologia reprodutiva de *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) (Teleostei, Sciaenidae): 1. Fator de condição como indicador do período de desova. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 32, n. 1, p. 63–69, 1983. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0373-55241983000100006

ISAAC-NAHUM, V. J.; VAZZOLER, A. E. A. D. M.; ZANETTI-PRAD, M. Estudos Sobre Estrutura, Ciclo De Vida e Comportamento de *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1979), Na Área Entre 22°S E 28°S, Brasil. v. 32, n. 1, p. 1–16, 1983.

ISAAC-NAHUM, V. J.; CARDOSO, R. de D.; SERVO, G.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. del B. Aspects of the spawning biology of the Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), (Clupeidae). **Journal of Fish Biology**, v. 32, n. 3, p. 383–396, 1988.

JABLONSKI, S. **Modelos não paramétricos e sistemas especialistas na avaliação da influência de fatores ambientais sobre recursos pesqueiros: O caso da sardinha verdadeira (*Sardinella brasiliensis*)**. Tese de Doutorado. Programa de Planejamento Energético, Universidade Federal. 2003.

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.

JABLONSKI, S.; LEGEY, L. F. L. Towards the development of an environmental rule-based model for predicting recruitment in Brazilian sardine *Sardinella brasiliensis*. **African Journal of Marine Science**, v. 27, n. 3, p. 539–547, 2005. Disponível em: https://doi.org/10.2989/18142320509504114

JENSEN, A. L. Simulation of relations among fish life history parameters with a bioenergetics-based population model. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 55, n. 2, p. 353–357, 1998.

JONES, W. A. **The Santa Barbara Basin Fish Assemblage in the Last Two Millennia Inferred from Otoliths in Sediment Cores**. 2016. - University of California, San Diego, 2016.

JORDÁN, F. Keystone species and food webs. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1524, p. 1733–1741, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0335

JØRGENSEN, C.; ERNANDE, B.; FIKSEN, Ø.; DIECKMANN, U. The logic of skipped spawning in fish. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 63, n. 1, p. 200–211, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1139/f05-210

KALTENBERG, A. M.; BENOIT-BIRD, K. J. Diel behavior of sardine and anchovy schools in the California Current System. **Marine Ecology Progress Series**, v. 394, p. 247–262, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.3354/meps08252

KAMPEL, M.; LORENZZETTI, J. A.; SILVA JR, C. L. Observação por satélite de ressurgências na costa S-SE brasileira. **VII COLACMAR**, v. 22, p. 38–40, 1997.

KJEBSU, O. S.; KLUNGSOYR, J.; KRYVI, H.; WHITTHAMES, P. R.; WALKER, M. G. Fecundity, atresia, and egg size of captive Atlantic cod.pdf. **Can. J. Fish. Aquat. Sci**, v. 48, p. 2333–2343, 1991.

KJESBU, O. S.; JAKOBSEN, T.; FOGARTY, M. J.; MEGREY, B. A.; MOKSNESS, E. Applied fish reproductive biology: contribution of individual reproductive potential to recruitment and fisheries management. *In*: **Fish reproductive biology: implications for assessment and management**. Wiley-Blackwell Oxford, UK, 2009. p. 293–332.

KNAPP, J. M.; ARANDA, G.; MEDINA, A.; LUTCAVAGE, M. Comparative assessment of the reproductive status of female Atlantic bluefin tuna from the Gulf of Mexico and the Mediterranean Sea. **PLoS ONE**, v. 9, n. 6, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098233

KOSLOW, J. A. Fecundity and the stock-recruitment relationship. **Canadian Journal of**

Fisheries and Aquatic Sciences, v. 49, n. 2, p. 210–217, 1992. Disponível em: https://doi.org/10.1139/f92-025

KRAUS, G.; TOMKIEWICZ, J.; KÖSTER, F. W. Egg production of Baltic cod (*Gadus morhua*) in relation to variable sex ratio, maturity, and fecundity. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 59, n. 12, p. 1908–1920, 2002.

KUMAR, R.; JOY, K. P. Melanins as biomarkers of ovarian follicular atresia in the catfish Heteropneustes fossilis: biochemical and histochemical characterization, seasonal variation and hormone effects. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 41, n. 3, p. 761–772, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10695-015-0044-y

KURITA, Y.; MEIER, S.; KJESBU, O. S. Oocyte growth and fecundity regulation by atresia of Atlantic herring (*Clupea harengus*) in relation to body condition throughout the maturation cycle. **Journal of Sea Research**, v. 49, n. 3, p. 203–219, 2003. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S1385-1101(03)00004-2

LAMBERT, Y. Why should we closely monitor fecundity in marine fish populations? **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science**, v. 41, p. 93–106, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.2960/J.v41.m628

LAMBERT, Y.; YARAGINA, N.; KRAUS, G.; MARTEINSSDOTTIR, G.; WRIGHT, P. J. Using environmental and biological indices as proxies for egg and larval production of marine fish. **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science**, v. 33, p. 115–159, 2003.

LIERMANN, M.; HILBORN, R. Depensation: evidence, models and implications. **Fish and Fisheries**, v. 2, p. 33–58, 2001.

LOPES, C. L. Variação Espaço-Temporal do Ictioplâncton e Condições Oceanográficas na Região de Cabo Frio (RJ). **Dados**, p. 226, 2006.

LOWERRE-BARBIERI, S. K. Reproduction in relation to conservation and exploitation of marine fishes. *In*: **Reproductive biology and phylogeny of fishes (Agnathans and bony fishes)**. p. 371–394.

LOWERRE-BARBIERI, S. K.; BROWN-PETERSON, N. J.; MURUA, H.; TOMKIEWICZ, J.; WYANSKI, D. M.; SABORIDO-REY, F. Emerging issues and methodological advances in fisheries reproductive biology. **Marine and Coastal Fisheries**, v. 3, n. 1, p. 32–51, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1080/19425120.2011.555725

LUBZENS, E.; YOUNG, G.; BOBE, J.; CERDÀ, J. Oogenesis in teleosts: how fish eggs are formed. **General and comparative endocrinology**, v. 165, n. 3, p. 367–389, 2010.

MACEWICZ, B. J.; CASTRO-GONZÁLEZ, J. J.; COTERO-ALTAMIRANO, C. E.; HUNTER, J. R. Adult reproductive parameters of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) during 1994. **California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports**, v. 37, p. 140–151, 1996.

MACKENZIE, K. The effect of Eimeria sp. infection on the condition of blue whiting, *Micromesistius poutassou* (Risso). **Journal of Fish Diseases**, v. 4, n. 6, p. 473–486, 1981. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1981.tb01160.x

MALONGWENI, N. **Temporal variation in infection of male sardine (*Sardinops sagax*) by a coccidian testicular parasite (*Eimeria sardinae*)**. 2016. Universidade da Cidade do Cabo, África do Sul, 2016.

MARSHALL, C. T. *et al.* Developing alternative indices of reproductive potential for use in fisheries management: Case studies for stocks spanning in information gradient. **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science**, v. 33, p. 161–190, 2003. Disponível em: https://doi.org/10.2960/J.v33.a8

MARTÍ, L. **A Descarga da Sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) no sul e sudeste do Brasil e suas relações com a temperatura superficial do mar e eventos de El Niño e La Niña**. 2012. Universidade Federal de Itajubá, 2012.

MATSUURA, Y. A study of surface currents in the spawning area of brazilian sardine. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, n. 24, p. 31–44, 1975.

MATSUURA, Y. O ciclo de vida da Sardinha-verdadeira: introdução à oceanografia pesqueira. **Publicação Especial do Instituto Oceanografico**, São Paulo, v. 4, p. 146, 1977.

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, p. 29–35, 1996. Disponível em: https://doi.org/10.2989/025776196784158554

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.

MATTEI, X.; SIAU, Y.; THIAW, O. T.; THIAM, D. **Peculiarities in the organization of testis of *Ophidian sp.* (Pisces Teleostei). Evidence for two types of spermatogenesis in teleost fish**. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1993.tb01167.x

MAZZONI, T. S. **Formação do epitélio germinativo e diferenciação das estruturas gonadais: uma análise comparativa entre os grupos mais basais (Ostariophysi) e mais derivados(AtherinomorphaePercomorpha) dentro de Teleostei**. 2013. - UNICAMP, 2013.

MCBRIDE, R. S.; SOMARAKIS, S.; FITZHUGH, G. R.; ALBERT, A.; YARAGINA, N. A.; WUENSCHEL, M. J.; ALONSO-FERNÁNDEZ, A.; BASILONE, G. Energy acquisition and allocation to egg production in relation to fish reproductive strategies. **Fish and Fisheries**, v. 16, n. 1, p. 23–57, 2015.

MCMILLAN, D. B. **Fish histology: female reproductive systems**. Springer Science & Business Media, 2007.

MESQUITA, S. F. P. de. **Influência da variabilidade ambiental marinha na captura da sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) no sul do Brasil**. 2013. Universidade Federal de Santa Maria, 2013.

MICROSOFT CORPORATION. **Microsoft Excel**. Disponível em: https://office.microsoft.com/excel

MIETHE, T.; DYTHAM, C.; DIECKMANN, U.; PITCHFORD, J. W. Marine reserves and the evolutionary effects of fishing on size at maturation. **ICES Journal of Marine Science**, v.

67, n. 3, p. 412–425, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp248

MILITELLI, M. I.; MACCHI, G. J. Spawning and fecundity of king weakfish, Macrodon ancylodon, in the Río de la Plata estuary, Argentina-Uruguay. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 84, n. 2, p. 443–447, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1017/S0025315404009427h

MIRANDA, A. C. L.; BAZZOLI, N.; RIZZO, E.; SATO, Y. Ovarian follicular atresia in two teleost species: A histological and ultrastructural study. **Tissue and Cell**, v. 31, n. 5, p. 480–488, 1999. Disponível em: https://doi.org/10.1054/tice.1999.0045

MIRANDA, L. B. de. Análise de massas d'água da plataforma continental e da região oceânica adjacente: Cabo de São Tomé (RJ) e a Ilha de São Sebastião (SP). **Tese de Livre Docência. Instituto Oceanográfico da USP, São Paulo**, 1982.

MOLNAR, K. Studies on coccidia of Hungarian pond fishes. *In*: 1979, **Proceedings of the International Symposium'Coccidia and further prospects of their control**. p. 179–183.

MORAES, L. E. de S. **Ecologia espacial da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis* Steindachner 1879): padrões relacionados à variabilidade atmosférica e oceânica no Atlântico Sudoeste**. 2012. - INPE, 2012.

MORGAN, M. J.; BRATTEY, J. Effect of changes in reproductive potential on perceived productivity of three Northwest Atlantic cod (*Gadus morhua*) stocks. **ICES Journal of Marine Science**, v. 62, n. 1, p. 65–74, 2005. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2004.10.003

MPA. Boletim Estatístico Da Pesca E Aquicultura. p. 1–60, 2011. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/estatistica/est_2011_bol__bra.pdf%0Ahttp://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf

MUIÑO, R.; CARRERA, P.; IGLESIAS, M. The characterization of sardine (*Sardina pilchardus* Walbaum) schools off the Spanish-Atlantic coast. **ICES Journal of Marine Science**, v. 60, n. 6, p. 1361–1372, 2003. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S1054-3139(03)00140-1

MUNCH, S. B.; CONOVER, D. O. Accounting for local physiological adaptation in bioenergetic models: Testing hypotheses for growth rate evolution by virtual transplant experiments. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 59, n. 2, p. 393–403, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1139/f02-013

MURUA, H.; KRAUS, G.; SABORIDO-REY, F.; WITTHAMES, P.; THORSEN, A.; JUNQUERA, S. Procedures to estimate fecundity of marine fish species from field samples in relation to reproductive strategy. **Journal of Northwest Atlantic fishery science**, v. 33, p. 33–54, 2003.

MURUA, H.; LUCIO, P.; SANTURTÚN, M.; MOTOS, L. Seasonal variation in egg production and batch fecundity of European hake Merluccius merluccius (L.) in the Bay of Biscay. **Journal of Fish Biology**, v. 69, n. 5, p. 1304–1316, 2006.

MURUA, H.; SABORIDO-REY, F. Female reproductive strategies of marine fish species of

the North Atlantic. **J. Northw. Atl. Fish. Sci**, v. 33, 2003.

MUSTAĆ, B.; SINOVČIĆ, G. Reproduction, length-weight relationship and condition of sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), in the eastern Middle Adriatic Sea (Croatia). **Periodicum Biologorum**, v. 112, n. 2, p. 133–138, 2010.

NETO, A. O. **A Sardinha como insumo da indústria de conservas de pescado brasileira**. ABIA - Associação Brasileira da Indústria de Alimentos, 2013. Disponível em: https://sitefiespstorage.blob.core.windows.net/uploads/2013/12/Insumos-e-Indústria_Abraão-Oliveira.pdf

NUNES, C.; SILVA, A.; MARQUES, V.; GANIAS, K. ntegrating fish size, condition, and population demography in the estimation of Atlantic sardine annualfecundity. **Ciencias Marinas**, v. 37, n. 4B, p. 565–584, 2011.

ODENSE, P. H.; LOGAN, V. H. Prevalence and Morphology of Eimeria gadi (Fiebiger, 1913) in haddock. **Journal of protozoology**, v. 23, n. 4, p. 564–571, 1976.

OLSEN, E. M.; HEINO, M.; LILLY, G. R.; MORGAN, M. J.; BRATTEY, J.; ERNANDE, B.; DIECKMANN, U. Maturation trends indicative of rapid evolution preceded the collapse of northern cod. **Nature**, v. 428, n. 6986, p. 932–935, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1038/nature02430

ÖZER, A.; ÖZTÜRK, T.; YURAKHNO, V.; KORNYYCHUK, Y. M. First report of *Eimeria sardinae* (Apicomplexa: Coccidia) from the Turkish coast of the Black Sea. **Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 31, p. 153, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.12714/egejfas.2014.31.3.06

PAES, E. T.; MORAES, L. E. de S. A new hypothesis on the influence of the El Niño/La Niña upon the biological productivity, ecology and fisheries of the Southern Brazilian Bight. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 2, n. 2, p. 94–102, 2007.

PAIVA, M. P.; FALCÃO, A. P. da C. Estrutura de cardumes da sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), no estado do Rio de Janeiro (Brasil). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, n. 2, p. 85–92, 2002.

PALMA, E. D.; MATANO, R. P. Disentangling the upwelling mechanisms of the South Brazil Bight. **Continental Shelf Research**, v. 29, n. 11–12, p. 1525–1534, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.csr.2009.04.002

PARRISH, R. H.; SERRA, R.; GRANT, W. S. The Monotypic Sardines, Sardina and Sardinops: their taxonomy, distribuition, stock structure, and zoogeography. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, v. 46, n. Thompson, p. 2019–2036, 1921.

PAVLOV, D. A.; EMEL'YANOVA, N. G.; NOVIKOV, G. G. Reproductive Dynamics. *In*: **Fish Reproductive Biology: Implications for Assessment and Management**. Chichester, UK: Wiley-Blackwell, 2009. p. 48–90. Disponível em: https://doi.org/10.1002/9781444312133.ch2

PEREIRA, Á. A. F.; TENUTA-FILHO, A. Avaliação de condições de consumo da sardinha *Sardinella brasiliensis*. **Food Science and Technology**, v. 25, n. 4, p. 720–725, 2005.

PETERMANN, A. **Avaliação dos ciclos de reprodução e recrutamento das principais espécies componentes da pesca de cerco no sudeste e sul do Brasil como estratégia de gestão multiespecífica**. 2015. Universidade Vale do Itajaí, 2015.

PINAYA, W. H. D. **Variablidade climática marinha na plataforma sudeste brasileiera e sua relação com a pesca da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*)**. 2008. Universidade Federal do Paraná, 2008.

PINTO, J. S. Parasitic castration in males of *Sardina pilchardus* (Walb.) due to testicular infestation by the coccidia *Eimeria sardinae* (Thélohan). **Rev. Fac. Cienc. Univ. Lisb. Ser. C.–1926.–5.–P**, p. 209–224, 1956.

PITCHER, T. J. Functions of shoaling behaviour in teleosts. *In*: **The behaviour of teleost fishes**. Chapman e Hall, Londres: Springer, 1993. p. 363–439.

PLAZA, G.; CLARAMUNT, G.; HERRERA, G. An intra-annual analysis of intermediate fecundity, batch fecundity and oocyte size of ripening ovaries of Pacific sardine *Sardinops sagax* in northern Chile. **Fisheries Science**, v. 68, n. 1, p. 95–103, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2002.00394.x

QUAGIO-GRASSIOTTO, I.; WILDNER, D. D.; ISHIBA, R. Gametogênese de peixes: aspectos relevantes para o manejo reprodutivo Gametogenesis in Fish: relevant aspects for the reproductive management. v. 37, n. 2, p. 181–191, 2013.

R CORE TEAM. **R Foundation for Statistical Computing**. Vienna, Austria. 2020. Disponível em: https://www.r-project.org/

RASBAND, W. S. **ImajeJ**. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. 1997. Disponível em: https://imagej.nih.gov/ij/

REED, C.; MACKENZIE, K.; VAN DER LINGEN, C. D. Parasites of South African sardines, *Sardinops sagax*,and an assessment of their potential as biological tags. **Bulletin of the European Association of Fish Pathologists**, v. 32, n. 2, p. 41–48, 2012.

REZNICK, D. A.; BRYGA, H.; ENDLER, J. A. Experimentally induced life-history evolution in a natural population: Discovery Service for Concordia University Library. **Nature Letters**, v. 346, n. July, p. 357–359, 1990.

RIBEIRO, F. N. D. **Padrões das circulações atmosférica e oceânica na região de ressurgência costeira de Cabo Frio**. 2010. Universidade de São Paulo, 2010.

RICKER, W. E. Stock and recruitment. **Journal of the Fisheries Board of Canada**, v. 11, n. 5, p. 559–623, 1954.

RIDEOUT, R. M.; TOMKIEWICZ, J. Skipped spawning in fishes: More common than you might think. **Marine and Coastal Fisheries**, v. 3, n. 1, p. 176–189, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1080/19425120.2011.556943

ROSE, K. A.; COWAN, J. H.; WINEMILLER, K. O.; MYERS, R. A.; HILBORN, R. Compensatory density dependence in fish populations: Importance, controversy, understanding and prognosis. **Fish and Fisheries**, v. 2, n. 4, p. 293–327, 2001. Disponível em: https://doi.org/10.1046/j.1467-2960.2001.00056.x

ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; SACCARDO, S. A. Distribuição e abundância da sardinha e da anchoita na Região Sudeste do Brasil: outubro-novembro de 1988. **Publicação Especial do Instituto Oceanográfico**, v. 8, p. 45, 1991.

ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. del B. Estudo das variações da relação peso total/comprimento total em função do ciclo reprodutivo e comportamento de *Sardinella brasiliensis* da costa do Brasil entre 23º S e 28º S. **Boletim do Instituto Oceonográfico, São Paulo**, v. 26, p. 131–180, 1977.

ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. del B.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; ALVES-DOS-SANTOS, D. **Características dos cardumes e aspectos biológicos da sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis* capturada em cruzeiro de pesca exploratória na Região Sudeste-Sul (23°S-29°S), verão 2008**.

ROTHSCHILD, B. J.; FOGARTY, M. J. Spawning-stock biomass: a source of error in recruitment/stock relationships and management advice. **ICES Journal of Marine Science**, v. 45, n. 2, p. 131–135, 1989.

SABER, S.; GOMEZ VIVES, M. J.; BAEZ, J. C.; GODOY, D.; MACIAS, D. Estimating batch fecundity of the mediterranean albacore. A comparison between quantification of postvitellogenetic follicles and postovulatory follicles. **Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT**, v. 66, n. 5, p. 1919–1930, 2011.

SABORIDO-REY, F.; JUNQUERA, S. Spawning biomass variation in Atlantic cod (*Gadus morhua*) in Flemish Cap in relation to changes in growth and maturation. **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science**, v. 25, p. 83–90, 1999. Disponível em: https://doi.org/10.2960/J.v25.a7

SACCARDO, S. A. Biologia y disponibilidad de sardina (*Sardinella brasiliensis*, Steindachner, 1879) en la costa sudeste-sul del Brasil. **FAO Fisheries Report**, v. 291, n. 2, p. 449–464, 1983.

SACCARDO, S. A.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D.; CERGOLE, M. C.; BITTENCOURT, M. M. Age and growth of the southeastern Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis* 1981-1983. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 36, n. 1–2, p. 17–35, 1988.

SADOVY, Y. The threat of fishing to highly fecund fishes. **Journal of Fish Biology**, v. 59, n. SUPPL. A, p. 90–108, 2001. Disponível em: https://doi.org/10.1006/jfbi.2001.1760

SAIDAPUR, S. K. Follicular Atresia in the Ovaries of Nonmammalian Vertebrates. **International Review of Cytology**, v. 54, n. C, p. 225–244, 1978. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0074-7696(08)60169-2

SAMBA, O.; DIOUF, K.; FALL, M.; NDIAYE, P.; PANFILI, J. Long term changes in life history traits and catches of the round sardinella, *Sardinella aurita* (Clupeidae), along the Senegal coast, West Africa. **Regional Studies in Marine Science**, v. 42, p. 101621, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101621

SAMOILYS, M. A.; ROELOFS, A. Defining the reproductive biology of a large serranid, Plectropomus leopardus. **CRC Reef Research Center**, n. 07, p. 36, 2000.

SANTOS, R. A. dos. Comprimento de primeira maturação sexual. *In*: **Relatório da reunião**

do sub-comitê científico - comitê de gestão do uso sustentável da sardinha-verdadeira.

SCHERLE, W. A simple method for volumetry of organs in quantitative stereology. **Mikroskopie**, v. 26, p. 57–60, 1970.

SCHULZ, R. W.; DE FRANÇA, L. R.; LAREYRE, J. J.; LEGAC, F.; CHIARINI-GARCIA, H.; NOBREGA, R. H.; MIURA, T. Spermatogenesis in fish. **General and Comparative Endocrinology**, v. 165, n. 3, p. 390–411, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2009.02.013

SCHWARTZLOSE, R. A. *et al.* Worldwide large-scale fluctuations of sardine and anchovy populations. **African Journal of Marine Science**, n. 21, p. 289–347, 1999.

SCHWINGEL, P. R.; OCCHIALINI, D. S. Descrição e dinâmica da frota de traineiras do porto de Itajaí, Santa Catarina, entre 1997 e 1999. **Dinâmica das frotas pesqueiras comerciais da região sudeste-sul do Brasil. Instituto Oceanográfico, Série documentos Revizee: Score Sul, São Paulo**, p. 218–247, 2007.

SENARAT, S.; JIRAUNGKOORSKUL, W.; KETTRATAD, J. Testicular structure and spermatogenesis of short mackerel, *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851) in upper Gulf of Thailand. **Asia-Pacific Journal of Molecular Biology and Biotechnology**, v. 26, n. 2, p. 30–43, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.35118/apjmbb.2018.026.2.04

SENEVIRATNE, S. I.; DONAT, M. G.; MUELLER, B.; ALEXANDER, L. V. No pause in the increase of hot temperature extremes. **Nature Climate Change**, v. 4, n. 3, p. 161–163, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1038/nclimate2145

SHAH, T. H.; CHAKRABORTY, S. K.; KUMAR, T.; SADAWARTE, R. K. Observations on the fecundity of *Sardinella longiceps* from Ratnagiri waters off west coast of India. **J. Exp. Zool. India**, v. 21, n. 1, p. 237–240, 2018.

SHEPHERD, J. G. A Versatile New Stock-Recruitment Relationship for Fisheries, and the Construction of Sustainable Yield Curves. **ICES Journal of Marine Science**, v. 40, n. 1, p. 67–75, 1982. Disponível em: https://doi.org/10.1093/icesjms/40.1.67

SHERMAN, K.; ADAMS, S. **Sustainable development of the World's large marine ecosystems during climate change: a commemorative volume to advance sustainable development on the occasion of the presentation of the 2010 Göteborg Award**. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, 2010.

SILVA, A.; SANTOS, M. B.; CANECO, B.; PESTANA, G.; PORTEIRO, C.; CARRERA, P.; STRATOUDAKIS, Y. Temporal and geographic variability of sardine maturity at length in the northeastern Atlantic and the western Mediterranean. **ICES Journal of Marine Science**, v. 63, n. 4, p. 663–676, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2006.01.005

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research**. New York: W.H. Freeman & Company, 1981. Disponível em: https://doi.org/10.2307/2343822

SOUTO, C. N.; FARIA, T. M. De; OLIVEIRA, H. F. De; ROSA, M.; ALINE, L.; SILVA, S.; APARECIDA, M.; CAMPOS, F. Visão geral sobre reprodução de peixes teleósteos : da

anatomia à sinalização molecular Overview on reproduction of teleosteal fish: from anatomy to molecular signaling Introducción a la reproducción de peces telesetones : de la anatomía a la señalización. **Pubvet**, p. 1175–1187, 2017.

SOUZA, G. M. de. **Biologia reprodutiva de sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) no litoral do Rio de Janeiro entre 2012-2014**. 2015. - Faculdades Integradas Maria Thereza, 2015. Disponível em: http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/245180/245180.pdf%0Ahttps://hdl.handle.net/20.500.12380/245180%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2011.03.003%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.gr.2017.08.001%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2014.12

SSEMPA, N. N. **The occurrence of a testicular coccidian *Eimeria sardinae* (Thélohan, 1820)(Reichenow, 1921) in southern Africa sardine *Sardinops sagax* (Jenyns, 1842).** 2013. Universidade da Cidade do Cabo, 2013.

STRAMMA, L.; PETERSON, R. G. The south atlantic current. **Journal of Physical Oceanography**, v. 20, n. 6, p. 846–859, 1990.

STRÜSSMANN, C. A.; CONOVER, D. O.; SOMOZA, G. M.; MIRANDA, L. A. Implications of climate change for the reproductive capacity and survival of New World silversides (family Atherinopsidae). **Journal of Fish Biology**, v. 77, n. 8, p. 1818–1834, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02780.x

SUDEPE. **Resumo: relatório do sub-grupo de biologia pesqueira**. Itajaí - Santa Catarina. 1984.

SUDEPE, C. R. Relatório anual PIEBS- Programa integrado de estudos biológicos sobre sardinha *Sardinella brasiliensis*. 1982.

SUNDBERG, M. D. An introduction to stereological analysis: morphometric techniques for beginning biologists. *In*: **Proceedings of the 6º Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education (ABLE)**. Canada: University of Newfoundland, 1992. v. 3p. 51–72.

SUNDBY, S.; KRISTIANSEN, T. The principles of buoyancy in marine fish eggs and their vertical distributions across the world oceans. **PloS one**, v. 10, n. 10, p. e0138821, 2015.

SUNYE, 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.

SWARTZMAN, G.; BERTRAND, A.; GUTIÉRREZ, M.; BERTRAND, S.; VASQUEZ, L. The relationship of anchovy and sardine to water masses in the Peruvian Humboldt Current System from 1983 to 2005. **Progress in Oceanography**, v. 79, n. 2–4, p. 228–237, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.021

TACON, A. G. J.; METIAN, M. Fishing for feed or fishing for food: increasing global competition for small pelagic forage fish. **Ambio**, p. 294–302, 2009.

TOMKIEWICZ, J.; MORGAN, M. J.; BURNETT, J.; SABORIDO-REY, F. Available information for estimating reproductive potential of Northwest Atlantic groundfish stocks. **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science**, v. 33, p. 1–21, 2003. Disponível em: https://doi.org/10.2960/J.v33.a1

TORREJON-MAGALLANES, J. **sizeMat: an R package to estimate size at sexual maturity**.

TRIPPEL, E. A. Age at maturity as a stress indicator in fisheries. **BioScience**, v. 45, n. 11, p. 759–771, 1995. Disponível em: https://doi.org/10.2307/1312628

TRIPPEL, E. A.; KJESBU, O. S.; SOLEMDAL, P. Effects of adult age and size structure on reproductive output in marine fishes. *In*: **Early life history and recruitment in fish populations**. Springer, 1997. p. 31–62.

TSIKLIRAS, A. C.; ANTONOPOULOU, E. Reproductive biology of round sardinella (*Sardinella aurita*) in the north-eastern Mediterranean. **Scientia Marina**, v. 70, n. 2, p. 281–290, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.3989/scimar.2006.70n2281

TYLER, C. R.; SUMPTER, J. P. Oocyte growth and development in teleosts. **Reviews in fish biology and fisheries**, v. 6, n. 3, p. 287–318, 1996.

UENO, F.; MESQUITA, J. X.; PALUDO, M. L. B. Catálogo das redes de arrasto e cerco utilizadas pela frota industrial nas regiões Norte, Sudeste e Sul do Brasil. **SUDEPE/PDP, Doc. Téc**, 1980.

UNIVALI/EMCT/LEMA. **Estatística Pesqueira de Santa Catarina. Consulta On-line. Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira do Estado de Santa Catarina. Laboratório de Estudos Marinhos Aplicados (LEMA), da Escola do Mar, Ciência e Tecnologia (EMCT) da Universidade do Vale**. 2021. Disponível em: http://pmap-sc.acad.univali.br/. Acesso em: 9 abr. 2021.

UPTON, S. J. **Taxonomy of North American fish Eimeriidae**. US Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration. 1984. v. 11

URBATZKA, R.; ROCHA, M. J.; ROCHA, E. Regulation of ovarian development and function in teleosts. *In*: **Hormones and reproduction of vertebrates**. Elsevier, 2011. p. 65–82.

URIBE, M. C.; GRIER, H. J.; MEJÍA-ROA, V. Comparative testicular structure and spermatogenesis in bony fishes. **Spermatogenesis**, v. 4, n. 3, p. e983400, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.4161/21565562.2014.983400

VALDEBENITO, I. I.; GALLEGOS, P. C.; EFFER, B. R. Gamete quality in fish: Evaluation parameters and determining factors. **Zygote**, v. 23, n. 2, p. 177–197, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1017/S0967199413000506

VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; SCHWINGEL, P. R. *Sardinella brasiliensis* Steindachner 1879 at the Southeastern Brazilian Bight (2013-2014). *In*: VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. (org.). **Growth in fisheries resources from the Southwestern Atlantic**. São Paulo: IOUSP, 2019. p. 50–53. *E-book*. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Aline_Giombelli-Da-Silva/publication/338127344_Haemulopsis_corvinaeformis_Steindachner_1868_at_a_subtropical_coastal_tidal_flat_the_Araca_bay/links/5e011ad7299bf10bc3741a2a/Haemulopsis-corvinaeformis-Steindachner-1868-

VAZZOLER, A. E. A. de M. Sobre a primeira maturação sexual e destruição de peixes

imaturos. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 12, n. 2, p. 5–38, 1962.

VAZZOLER, A. E. A. de M. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. **Maringá: Eduem**, v. 169, 1996.

VAZZOLER, A. E. A. de M.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; BRAGA, F. M. de S. Estudos sobre estrutura, ciclo de vida e comportamento de *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) na área entre 22ºS e 28ºS, Brasil: 4. Crescimento: aspectos quantitativos. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 35, n. 1, p. 53–63, 1987. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s0373-55241987000100007

VAZZOLER, A. E. A. de M.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. del B. *Sardinella brasiliensis*: tipo de desova, fecundidade, e potencial reprodutivo relativo. I. Área entre 23°40' e 24°20'S, Brasil. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 25, p. 131–155, 1976.

VILLEGAS-RÍOS, D.; ALONSO-FERNÁNDEZ, A.; DOMÍNGUEZ-PETIT, R.; SABORIDO-REY, F. Energy allocation and reproductive investment in a temperate protogynous hermaphrodite, the ballan wrasse Labrus bergylta. **Journal of Sea Research**, v. 86, p. 76–85, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.seares.2013.11.010

VINCENT, A. C. J.; GILES, B. G. Correlates of reproductive success in a wild population of Hippocampus whitei. **Journal of fish biology**, v. 63, n. 2, p. 344–355, 2003.

VISCHER, N.; NATASE, S. **ObjecJ**. University of Amsterdam, 2020. Disponível em: https://sils.fnwi.uva.nl/bcb/objectj/

WALLACE, R. A.; SELMAN, K. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. **American zoologist**, v. 21, n. 2, p. 325–343, 1981.

WEIBEL, E. Stereological methods. Practical methods for biological morphometry. **Academic Press**, v. 1, p. 9–62, 1979.

WEIBEL, E. R.; GOMEZ, D. M. A principle for counting tissue structures on random sections. **Journal of applied physiology**, v. 17, n. 2, p. 343–348, 1962.

WEIBEL, E. R.; KISTLER, G. S.; SCHERLE, W. F. Practical stereological methods for morphometric cytology. **The Journal of cell biology**, v. 30, n. 1, p. 23–38, 1966.

WEST, G. Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. **Marine and Freshwater Research**, v. 41, n. 2, p. 199–222, 1990.

WILLIAMS, M. A. Practical methods in electron microscopy. *In*: GLAUERT, A. (org.). **Practical methods in electron microscopy**. Amsterdam/NY: North-Holland Publishing Company, 1977. p. 234.

WITTHAMES, P. R.; GREER WALKER, M. Determinacy of fecundity and oocyte atresia in sole (Solea solea) from the Channel, the North Sea and the Irish Sea . **Aquatic Living Resources**, v. 8, n. 1, p. 91–109, 1995. Disponível em: https://doi.org/10.1051/alr:1995007

WORMS EDITORIAL BOARD. **World Register of Marine Species**. 2020. Disponível em: https://doi.org/10.14284/170. Acesso em: 17 nov. 2020.

YONEDA, M.; WRIGHT, P. J. Temporal and spatial variation in reproductive investment of Atlantic cod *Gadus morhua* in the northern North Sea and Scottish west coast. **Marine Ecology Progress Series**, v. 276, p. 237–248, 2004.

ZAMARRO, J. Batch fecundity and spawning frequency of yellowtail flounder (*Limanda ferruginea*) on the Grand Bank. **Northwest Atlantic Fisheries Organization Scientific Council Studies**, v. 15, p. 43–51, 1991. Disponível em: http://archive.nafo.int/open/studies/s15/zamarro.pdf

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. Pearson Education India, 1999.

7 Apêndices

A. Termos e definições

Tabela 7-1 Definições de termos (originais e traduzidos) que foram utilizados ao longo deste documento.

Termo traduzido	Termo original	Definição
Desenvolvimento ovocitário assincrônico	*Asynchronous oocyte development*	Ovócitos são recrutados também durante a época de desova (*de novo vitelogenesis*), resultando numa sobreposição no tamanho das coortes dos ovócitos
Desenvolvimento ovocitário grupo-sincrônico	*Group-synchronous oocyte development*	Uma parcela dos ovócitos é recrutada para a época de desova, resultando num hiato no tamanho das coortes dos ovócitos
Desenvolvimento ovocitário sincrônico	*Synchronous oocyte development*	Todos os ovócitos são recrutados para a época de desova de uma vez, resultando no único evento reprodutivo da fêmea
Desova em lotes	*Batch spawn*	A ovulação e postura ocorrem mais de uma vez durante a época de desova
Desova total	*Total spawn*	A ovulação e postura ocorrem somente uma vez durante a época de desova
Estratégia reprodutiva	*Reproductive traits*	características genéticas que levam à reprodução de uma espécie (ao contrário das táticas)
Fecundidade de lote	*Batch fecundity*	O número de ovócitos liberados em um único evento de desova
Fecundidade determinada	*Determinate fecundity*	Medição anual (espécies iteróparas) ou total (espécies semélparas) da fecundidade potencial é estabelecida no início da época de desova
Fecundidade indeterminada	*Indeterminate fecundity*	A medição anual da fecundidade potencial não é estabelecida no início da época de desova. Os ovócitos continuam a ser recrutados durante a época de desova, com chances de serem desovados ainda nesta época
Fecundidade potencial	*Potential fecundity*	Número de ovócitos que irão ser desovados durante a época de desova
Fecundidade relativa	*Potential relative*	Número de ovócitos a serem desovados a época reprodutiva dividido pelo peso do corpo da fêmea, a fim de corrigir diferenças causadas pelo tamanho do peixe
Potencial reprodutivo	*Reproductive potential*	Uma medida da produção de uma população. Geralmente descrita em modelos de pesca como biomassa da população madura. Ou o número de ovócitos produzidos por um indivíduo ou população
Tática reprodutiva	*Reproductive tactic*	características fenotípicas que levam à reprodução de uma espécie (ao contrário das estratégias)

B. Resultados da variação temporal das classes de comprimento

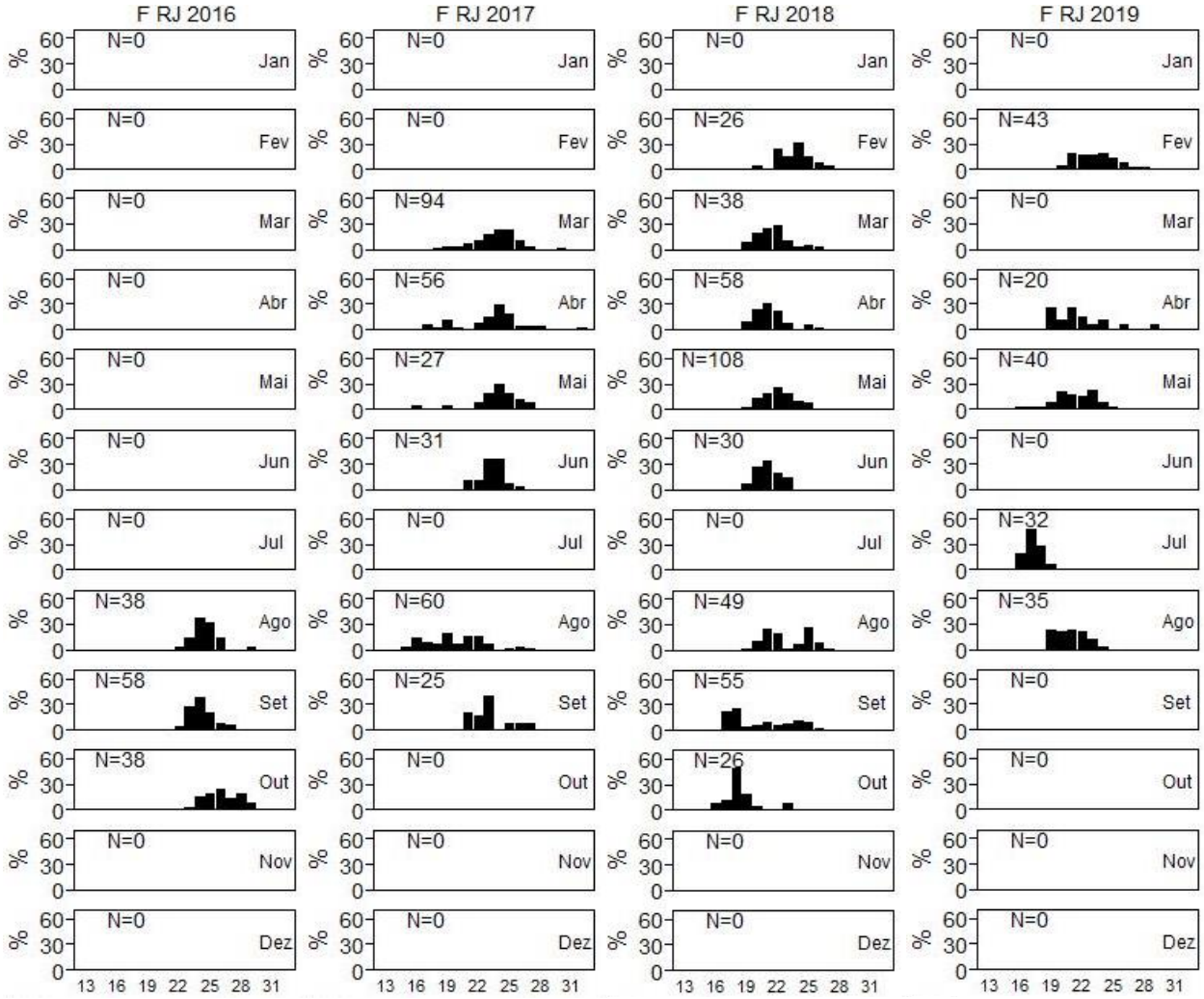


Figura 7-1 Frequência mensais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima das colunas de gráficos, siglas indicando o sexo fêmea (F), local Rio de Janeiro (RJ) e o ano (2016-2019) das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico encontram-se informações como o mês de amostragem e o número de indivíduos considerados (N).

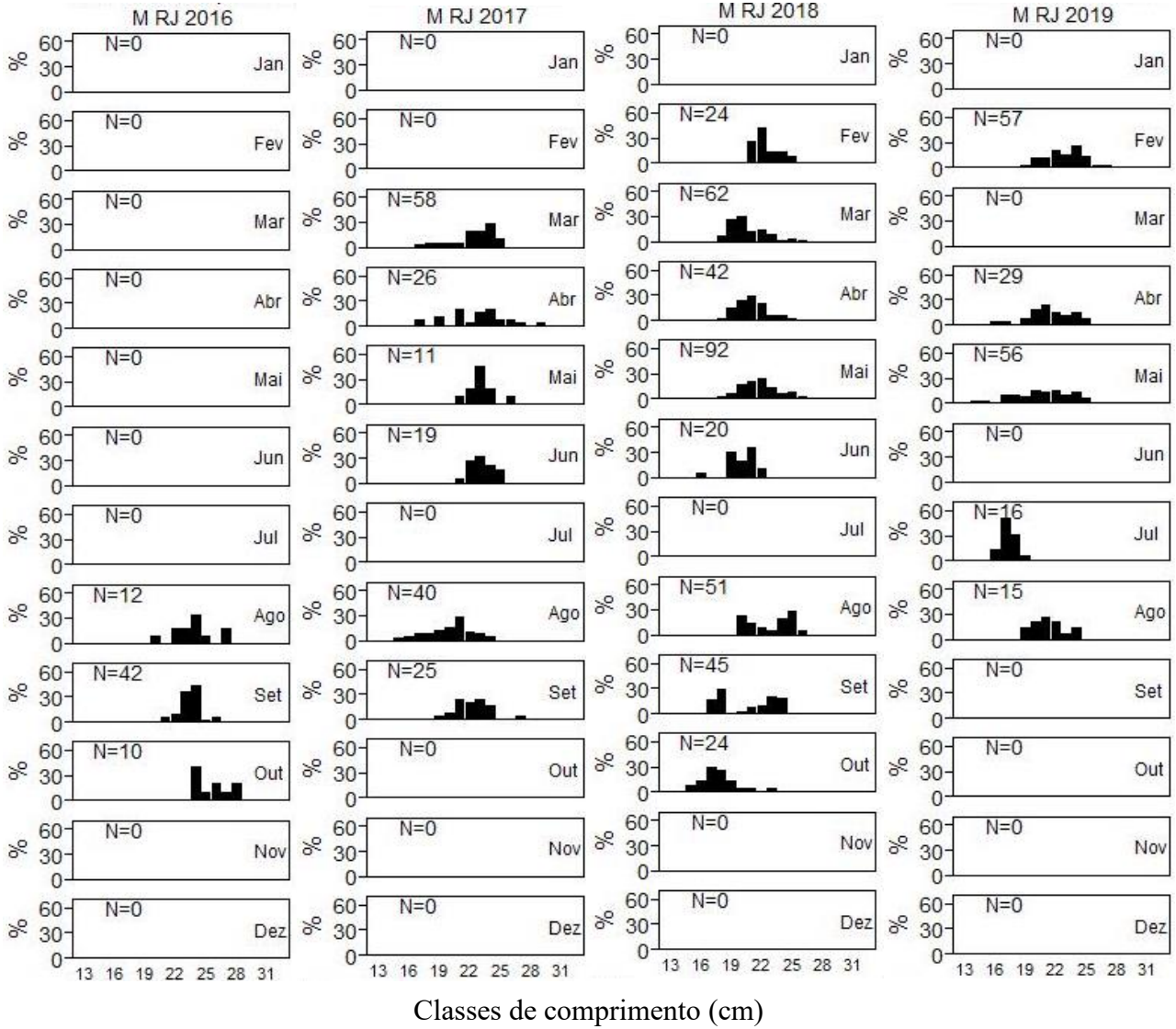


Figura 7-2 Frequência mensais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima das colunas de gráficos, siglas indicando o sexo macho (M), local Rio de Janeiro (RJ) e o ano (2016-2019) das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico encontram-se informações como o mês de amostragem e o número de indivíduos considerados (N).

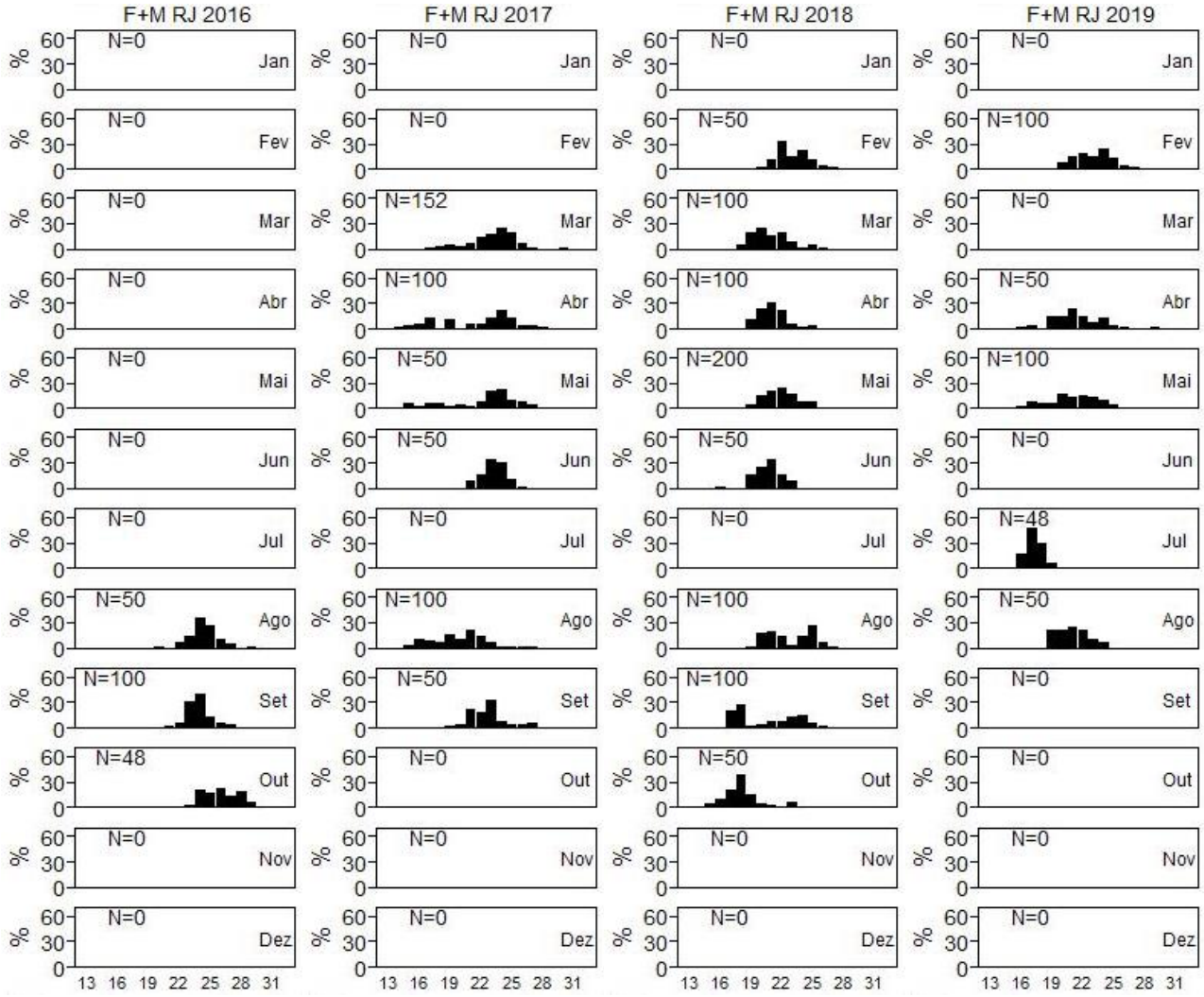


Figura 7-3 Frequência mensais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima das colunas de gráficos, siglas indicando ambos sexos fêmea e macho (F+M), local Rio de Janeiro (RJ) e o ano (2016-2019) das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico encontram-se informações como o mês de amostragem e o número de indivíduos considerados (N).

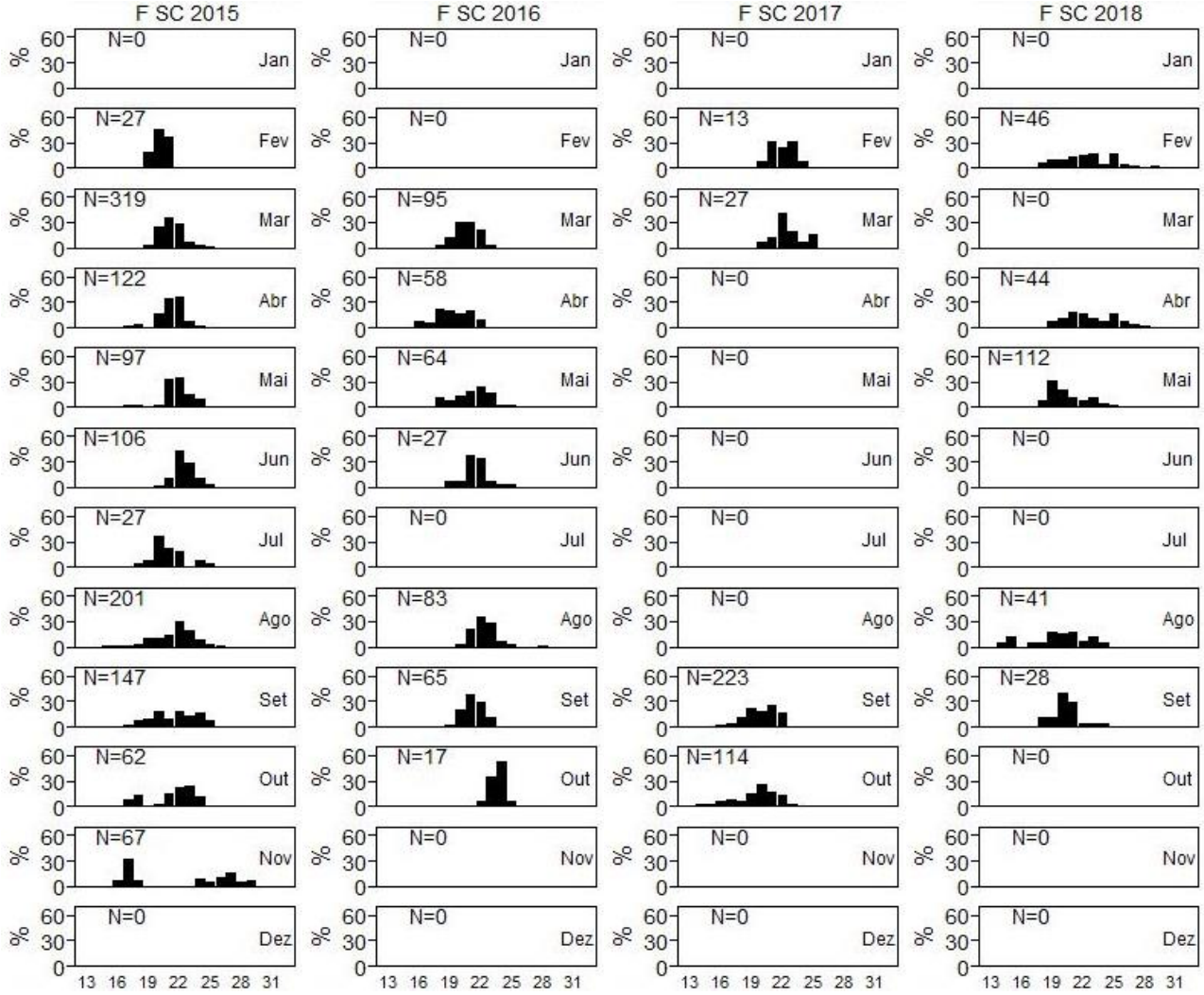


Figura 7-4 Frequência mensais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima das colunas de gráficos, siglas indicando o sexo fêmea (F), local Santa Catarina (SC) e o ano (2015-2018) das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico encontram-se informações como o mês de amostragem e o número de indivíduos considerados (N).

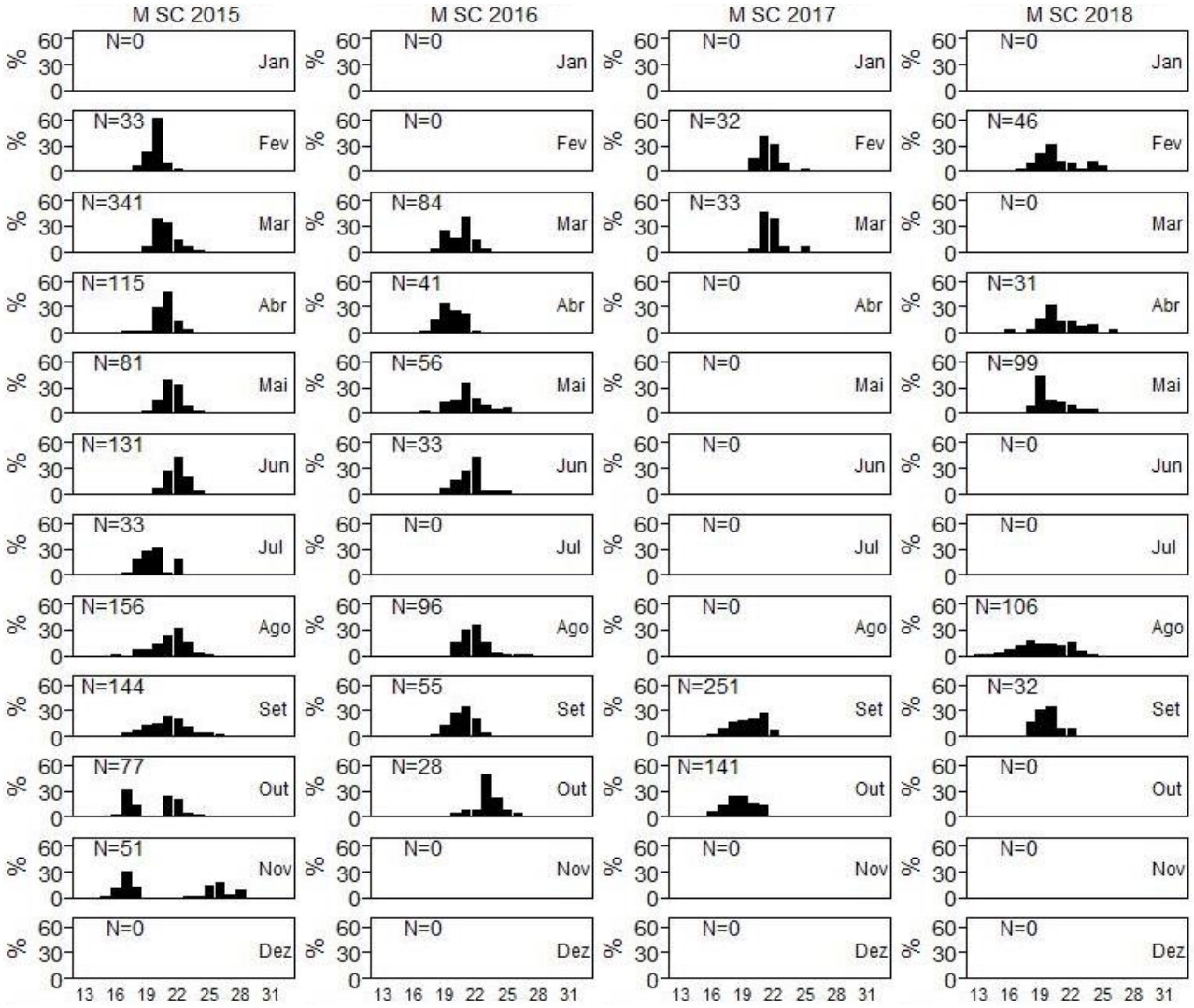


Figura 7-5 Frequência mensais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima das colunas de gráficos, siglas indicando o sexo macho (M), local Santa Catarina (SC) e o ano (2015-2018) das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico encontram-se informações como o mês de amostragem e o número de indivíduos considerados (N).

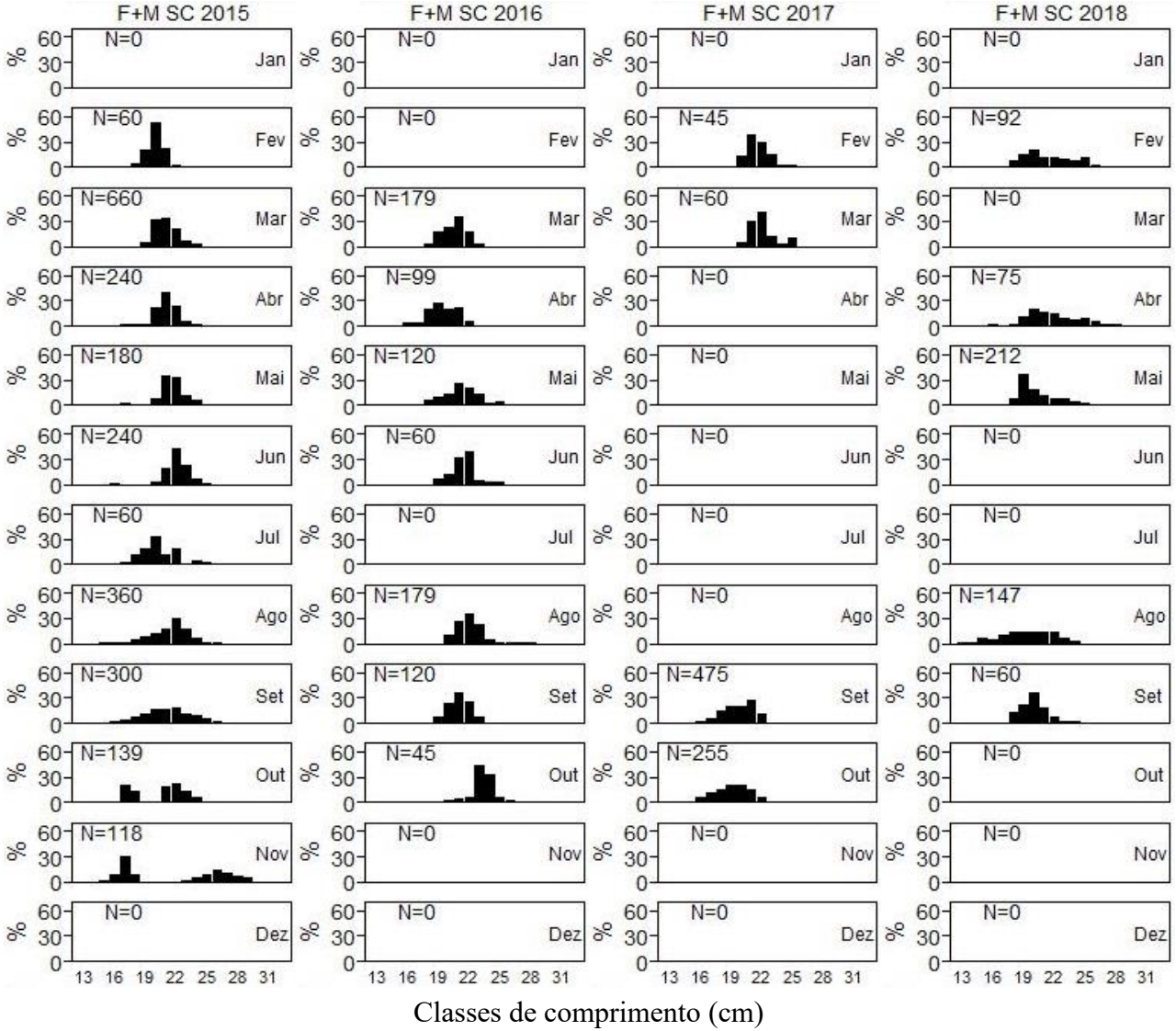


Figura 7-6 Frequência mensais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima das colunas de gráficos, siglas indicando ambos sexos fêmea e macho (F+M), local Santa Catarina (SC) e o ano (2015-2018) das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico encontram-se informações como o mês de amostragem e o número de indivíduos considerados (N).

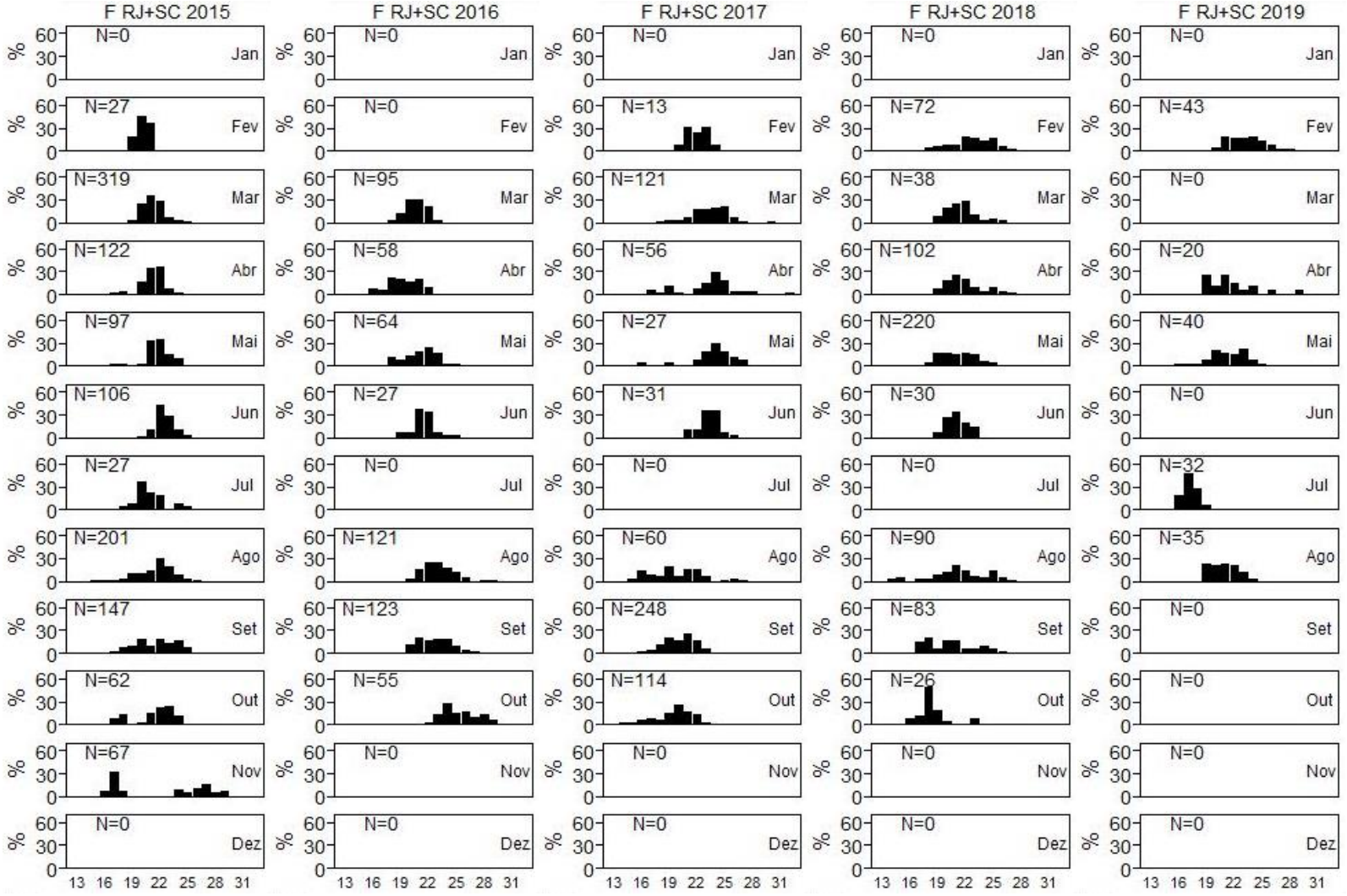


Figura 7-7 Frequência mensais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima das colunas de gráficos, siglas indicando o sexo fêmea (F), local Rio de Janeiro e Santa Catarina (RJ+SC) e o ano (2015-2019) das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico encontram-se informações como o mês de amostragem e o número de indivíduos considerados (N).

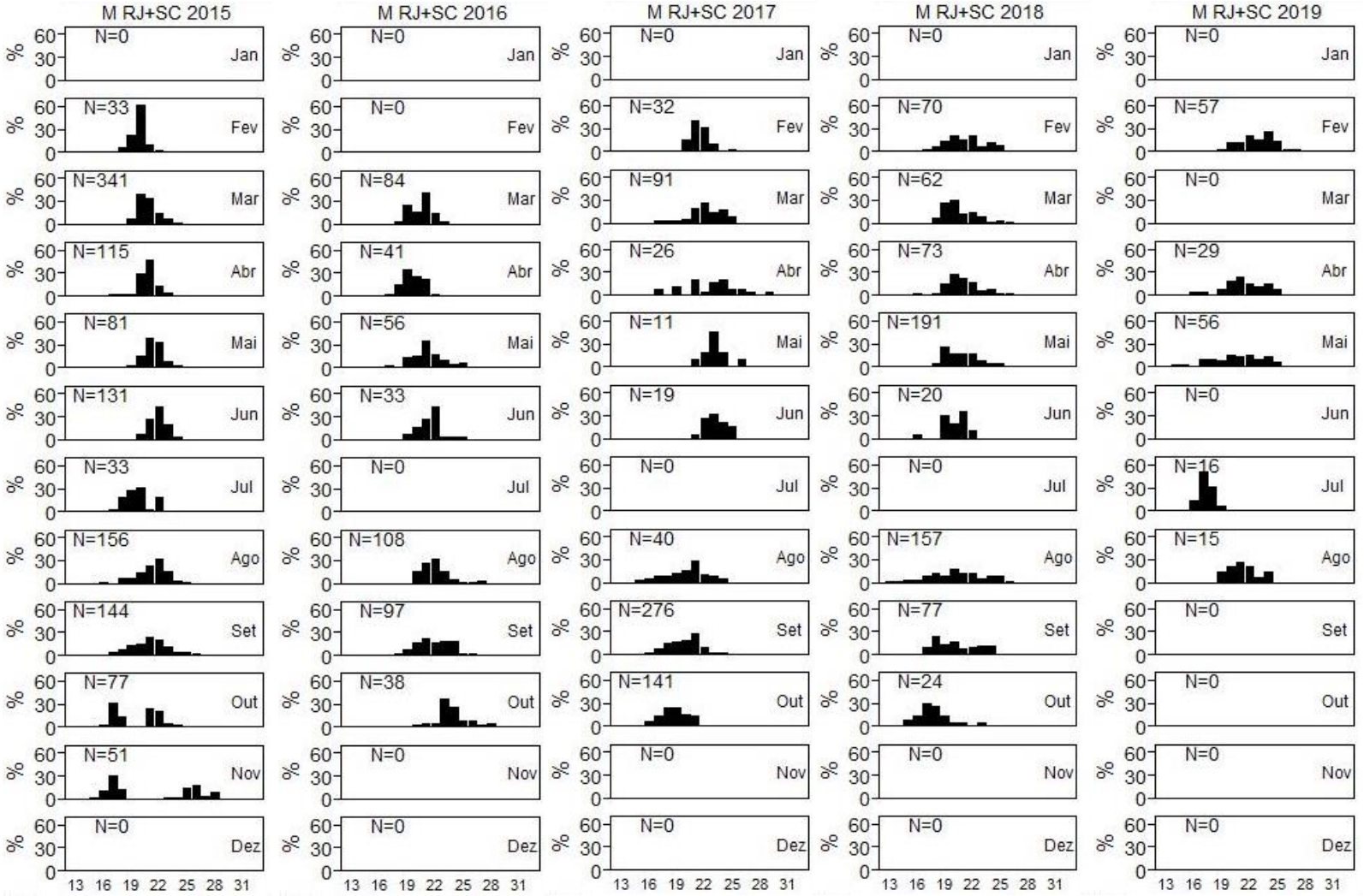


Figura 7-8 Frequência mensais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima das colunas de gráficos, siglas indicando o sexo macho (M), local Rio de Janeiro e Santa Catarina (RJ+SC) e o ano (2015-2019) das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico encontram-se informações como o mês de amostragem e o número de indivíduos considerados (N).

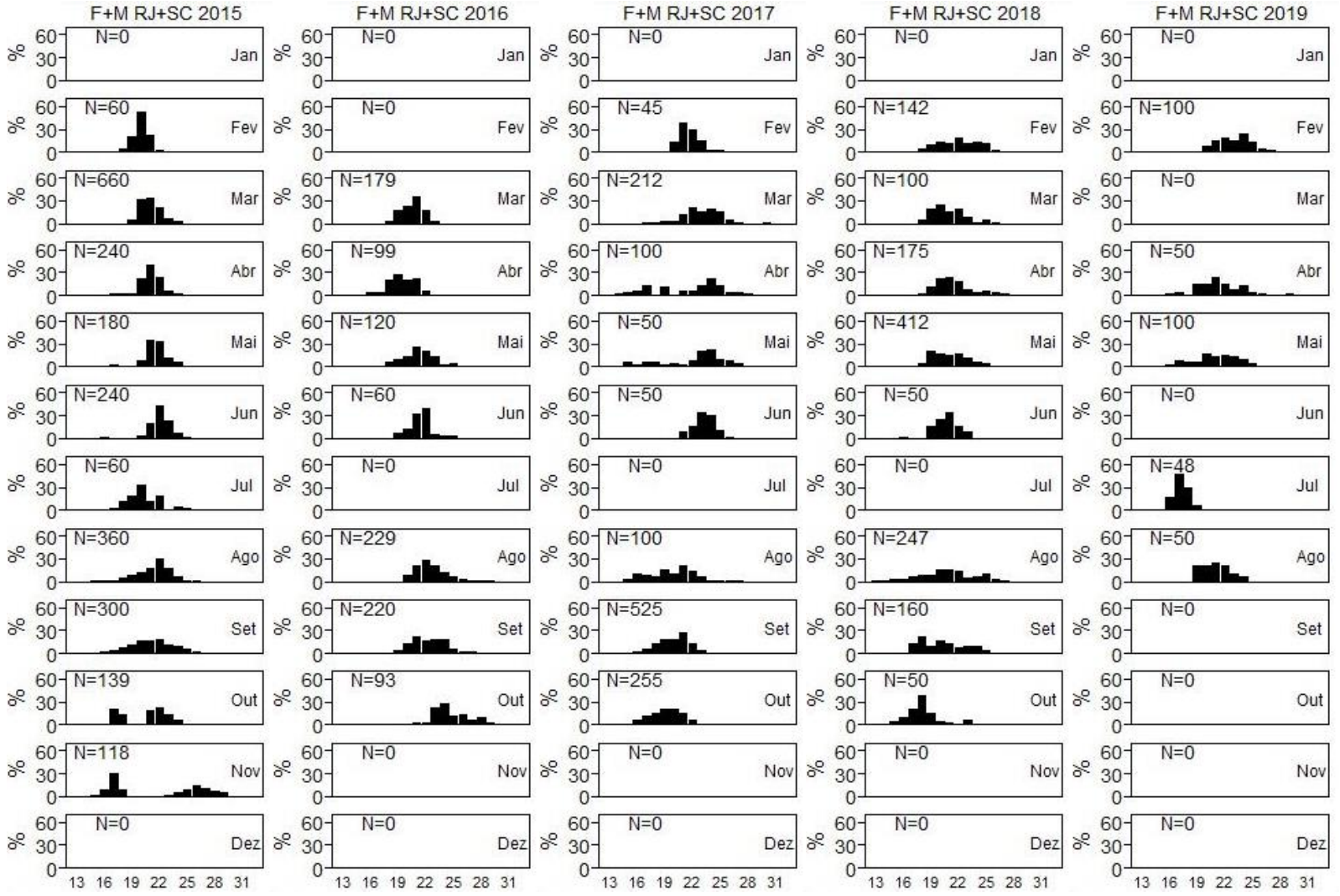


Figura 7-9 Frequência mensais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima das colunas de gráficos, siglas indicando ambos sexos fêmea e macho (F+M), local Rio de Janeiro e Santa Catarina (RJ+SC) e o ano (2015-2019) das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico encontram-se informações como o mês de amostragem e o número de indivíduos considerados (N).

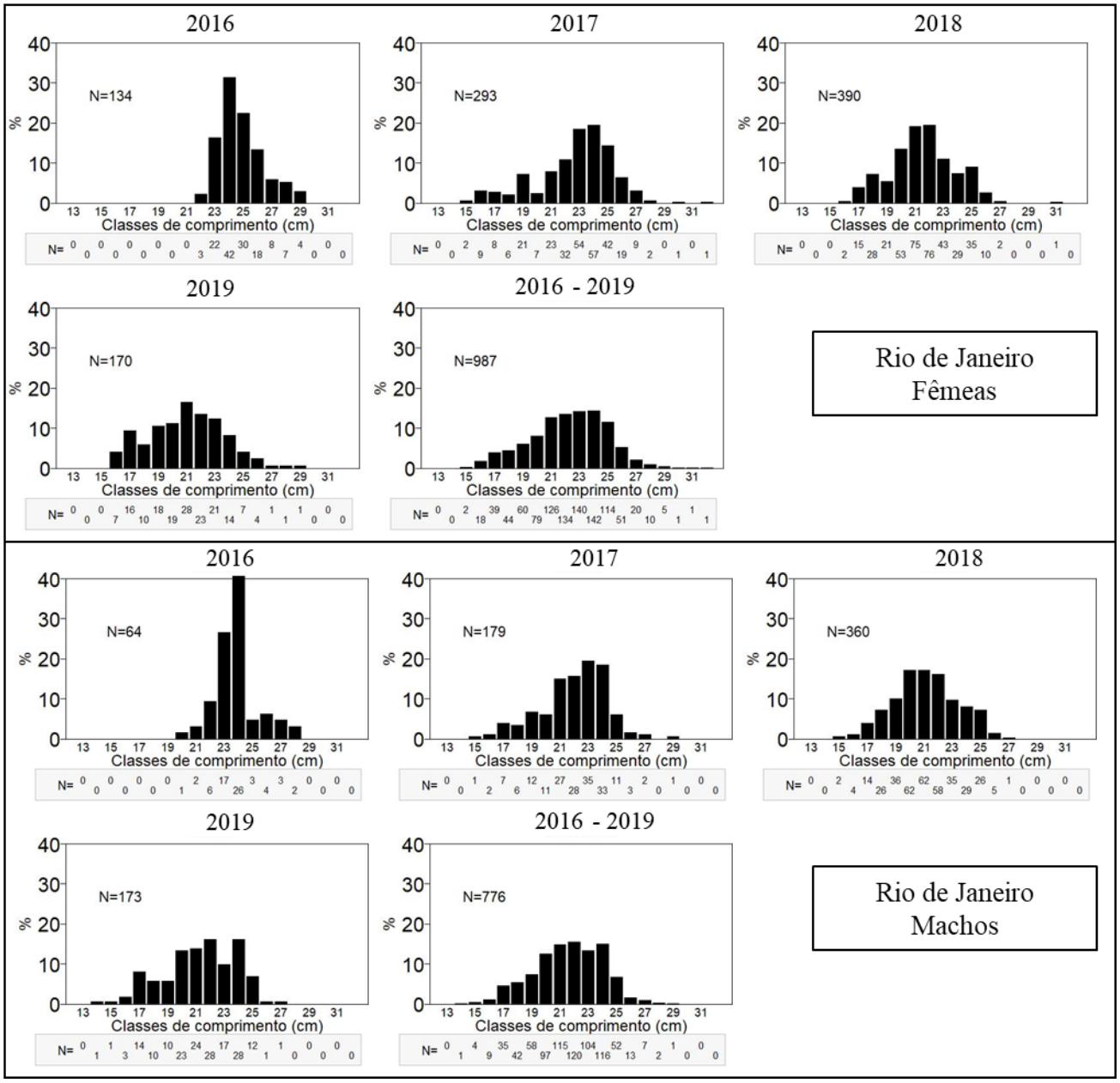


Figura 7-10 Frequência anuais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima de cada gráfico, o ano de amostragem. Na caixa, o local e o sexo das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico, o número de indivíduos considerados (N).

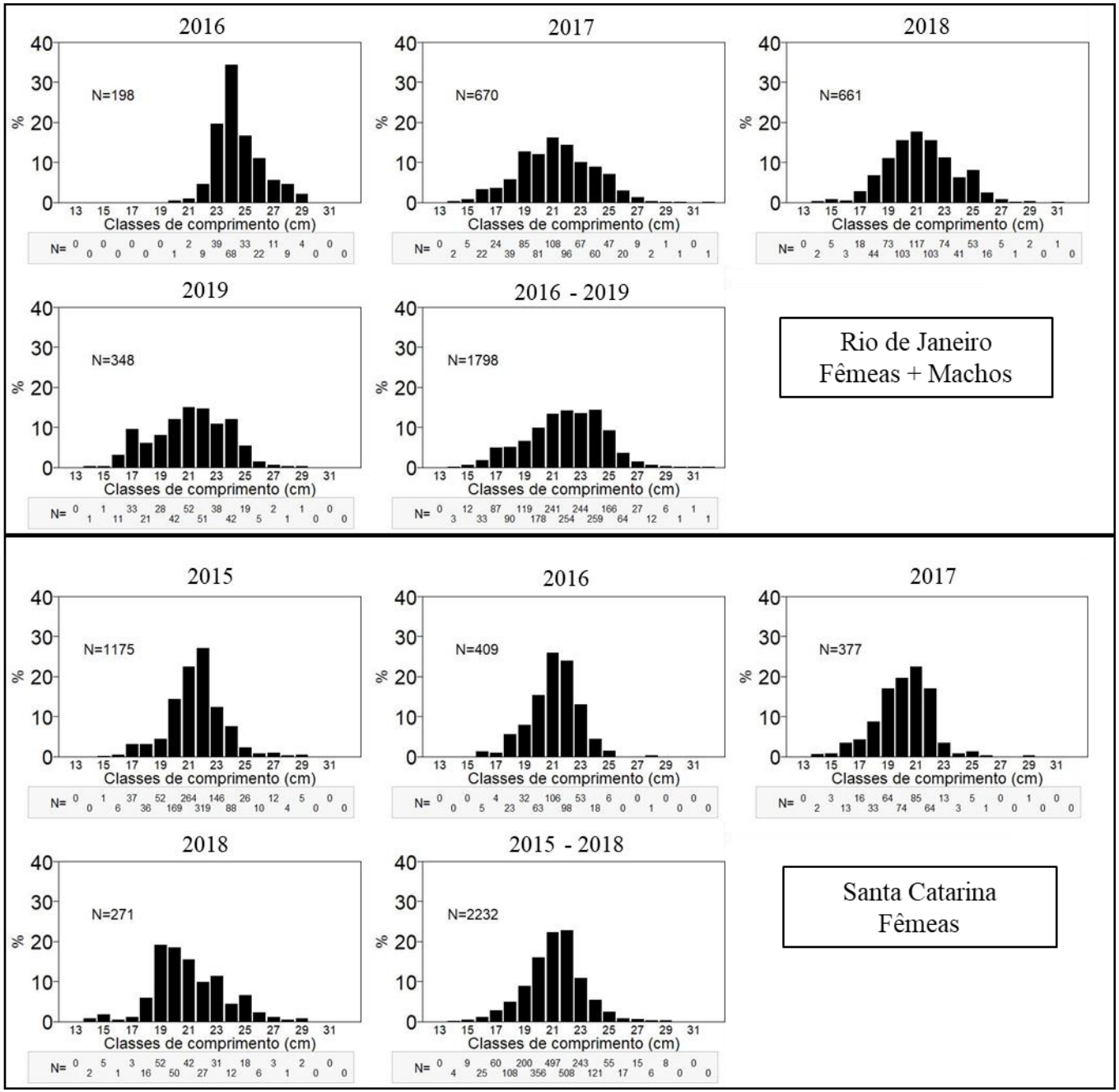


Figura 7-11 Frequência anuais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima de cada gráfico, o ano de amostragem. Na caixa, o local e o sexo das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico, o número de indivíduos considerados (N).

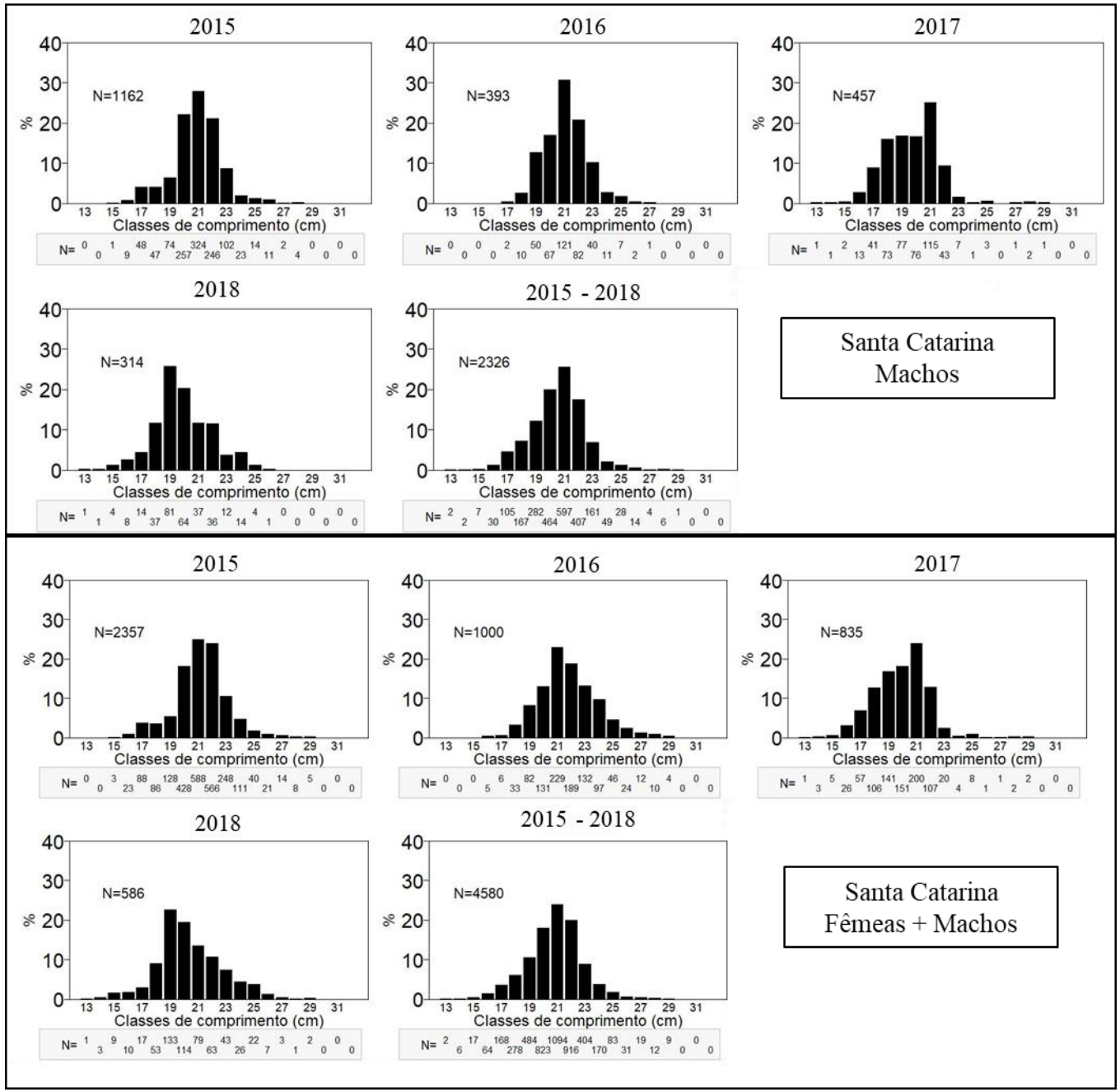


Figura 7-12 Frequência anuais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima de cada gráfico, o ano de amostragem. Na caixa, o local e o sexo das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico, o número de indivíduos considerados (N).

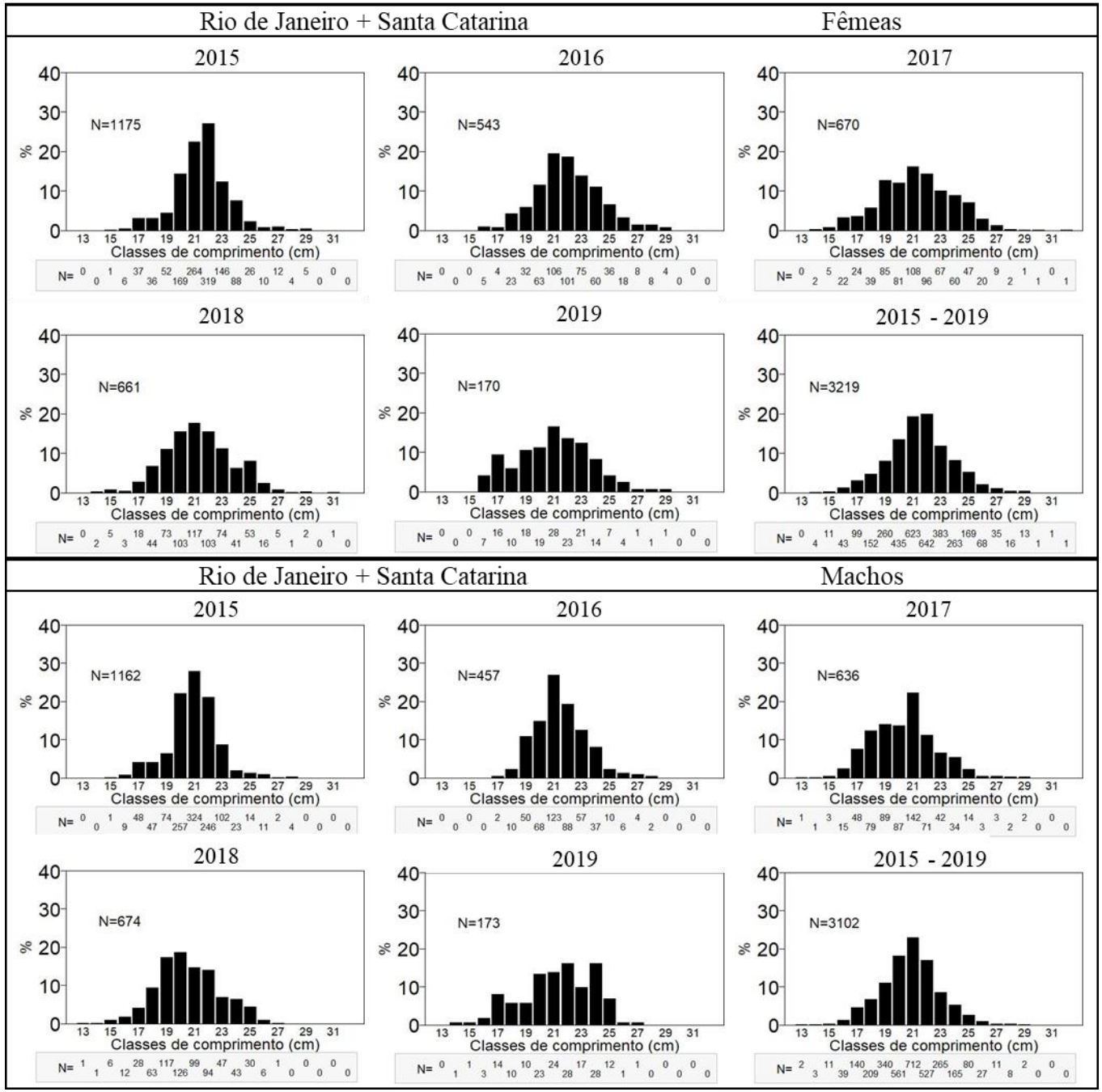


Figura 7-13 Frequência anuais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima de cada gráfico, o ano de amostragem. Na caixa, o local e o sexo das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico, o número de indivíduos considerados (N).

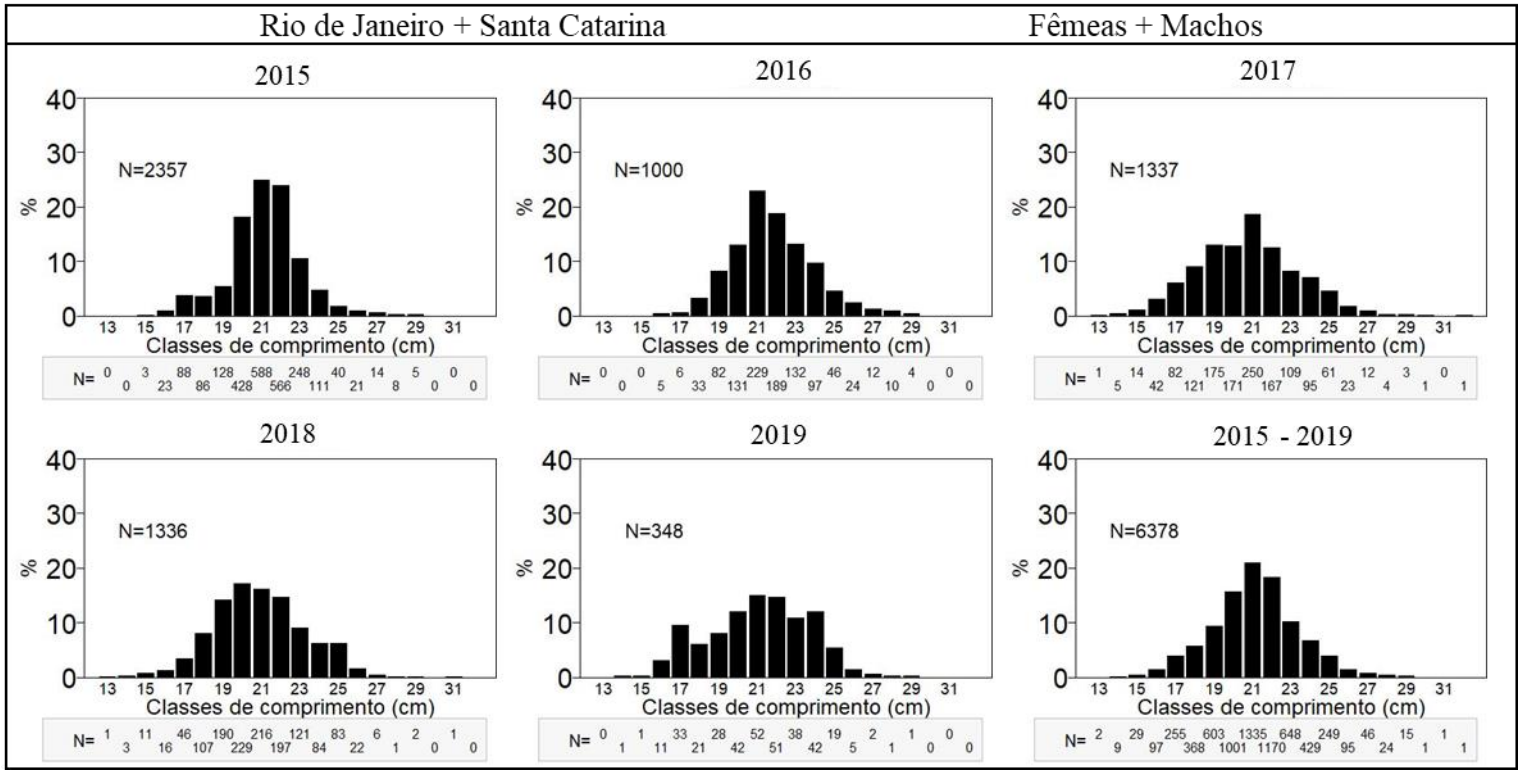


Figura 7-14 Frequência anuais das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis*. Acima de cada gráfico, o ano de amostragem. Na caixa, o local e o sexo das sardinhas amostradas. Dentro de cada gráfico, o número de indivíduos considerados (N).

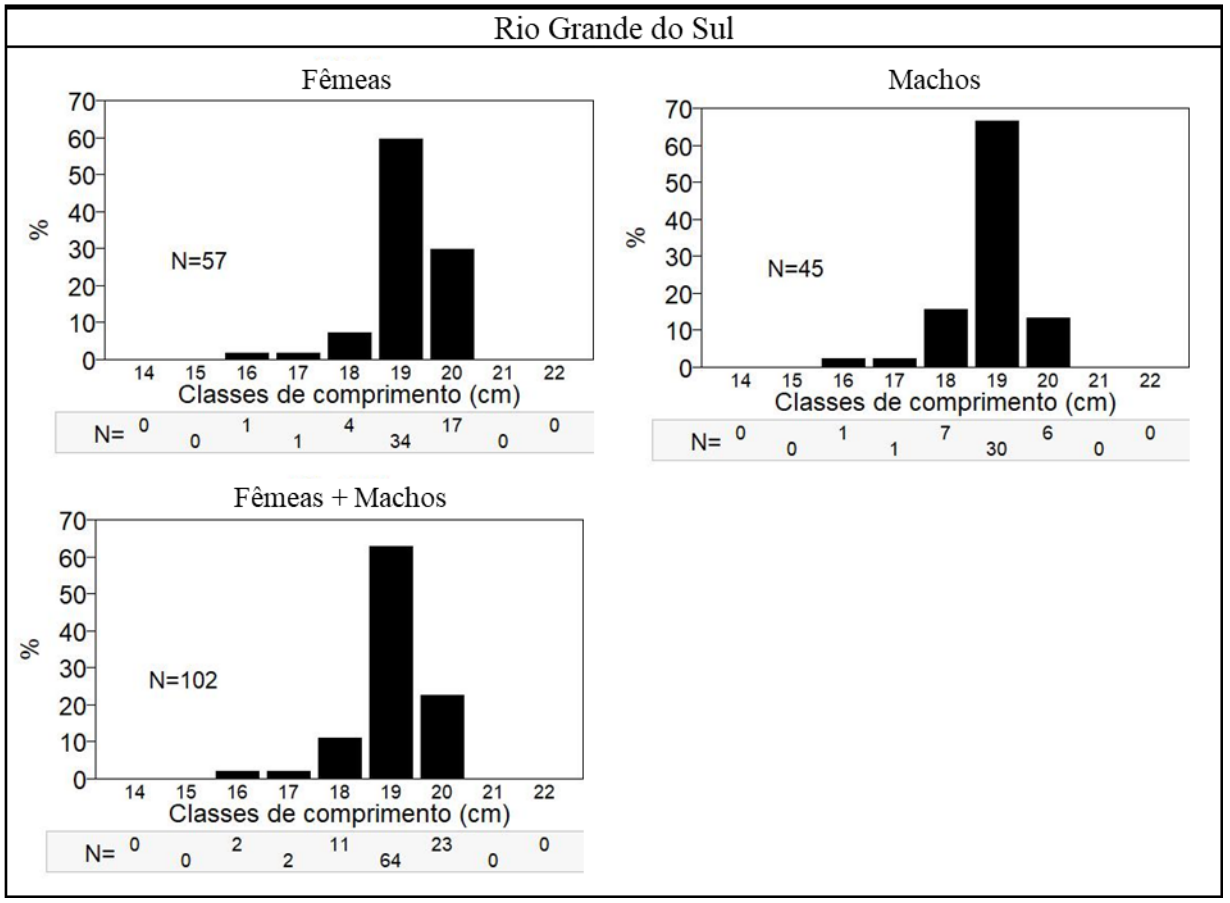


Figura 7-15 Frequência das classes de comprimento da *Sardinella brasiliensis* amostradas no Rio Grande do Sul. Acima de cada gráfico, o sexo considerado. Dentro de cada gráfico, o número de indivíduos considerados (N).

C. Resultados das relações entre peso e comprimento

Tabela 7-2 Resultados referentes à relação peso total X comprimento para cada ano (2016-2019) e sexo da sardinha-verdadeira amostrada no Rio de Janeiro. Na célula mais à esquerda e em cima, o sexo (Fêmea, Macho ou F+M), local de amostragem (RJ). Na mesma linha, o ano de amostragem. Mês: meses amostrados; N: número de indivíduos; 'a' e 'b' e 'erro': coeficientes da reta; r²: coeficiente de determinação.

RJ F	2015-2019					2016					2017					2018					2019				
Mês	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²
Total	983	-5,06	3,12		9,60E-01	133	-4,91	3,06	2,28E-33	8,92E-01	271	-5,2	3,17	2,10E-117	9,58E-01	385	-5,07	3,13	5,45E-171	9,60E-01	166	-5,34	3,21	7,57E-78	9,62E-01
Fev	69	-4,17	2,85	3,94E-16	8,89E-01											26	-5,15	3,15	4,27E-07	8,81E-01	43	-4,01	2,8	4,82E-12	9,16E-01
Mar	131	-3,97	2,78	1,62E-30	8,97E-01						94	-3,91	2,77	7,84E-18	8,63E-01	37	-4,1	2,82	4,97E-10	9,04E-01					
Abr	133	-5,83	3,36	2,58E-56	9,49E-01						55	-5,73	3,33	1,63E-26	9,63E-01	58	-6,64	3,63	2,68E-19	9,02E-01	20	-4,74	2,99	3,94E-08	9,46E-01
Mai	155	-5,24	3,18	1,51E-61	9,47E-01						10	-3,97	2,8	5,08E-03	9,06E-01	107	-4,91	3,08	5,07E-37	9,34E-01	38	-5,15	3,14	9,91E-16	9,48E-01
Jun	60	-5,08	3,14	7,44E-23	9,42E-01						31	-4,02	2,8	1,39E-05	8,21E-01	29	-5,51	3,28	1,89E-13	9,57E-01					
Jul	31	-4,58	2,94	1,56E-09	8,98E-01																31	-4,58	2,94	1,56E-09	8,98E-01
Ago	176	-5,09	3,12	5,09E-86	9,68E-01	37	-4,38	2,89	1,56E-07	8,45E-01	57	-5,08	3,12	1,69E-29	9,69E-01	48	-4,93	3,09	1,64E-27	9,80E-01	34	-5,69	3,3	7,76E-16	9,55E-01
Set	136	-4,91	3,07	1,79E-68	9,71E-01	58	-5,75	3,32	1,01E-12	8,37E-01	24	-4,65	3,01	2,20E-09	9,47E-01	54	-5,34	3,22	3,39E-39	9,89E-01					
Out	64	-4,23	2,86	4,67E-46	9,92E-01	38	-2,98	2,48	1,35E-07	8,98E-01						26	-4,4	2,92	1,37E-13	9,72E-01					
RJ M	2015-2019					2016					2017					2018					2019				
Mês	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²
Total	775	-4,55	2,96	8,55E-282	9,45E-01	62	-4,37	2,89	1,15E-16	9,06E-01	168	-4,81	3,04	9,68E-76	9,63E-01	354	-4,66	3	2,85E-133	9,47E-01	170	-4,44	2,91	1,15E-57	9,36E-01
Fev	81	-4,17	2,84	1,07E-22	9,16E-01											24	-3,76	2,71	1,85E-03	7,43E-01	57	-4,27	2,87	7,44E-23	9,56E-01
Mar	119	-4,19	2,84	1,88E-45	9,52E-01						58	-4,85	3,05	5,99E-28	9,67E-01	61	-3,64	2,66	2,46E-17	9,23E-01					
Abr	95	-5,35	3,2	8,60E-39	9,47E-01						25	-5,31	3,19	3,64E-13	9,71E-01	41	-6,14	3,47	1,57E-12	8,88E-01	29	-5,04	3,08	6,87E-17	9,78E-01
Mai	151	-3,98	2,78	2,14E-35	8,94E-01						6	2,09	0,867	7,26E-01	5,77E-02	91	-4,41	2,92	3,68E-23	8,96E-01	54	-3,42	2,58	3,24E-12	8,93E-01
Jun	36	-4,96	3,09	8,45E-19	9,72E-01						19	-3,71	2,7	1,88E-04	8,75E-01	17	-5,55	3,29	2,30E-09	9,71E-01					
Jul	16	-4,55	2,94	1,41E-03	7,95E-01																16	-4,55	2,94	1,41E-03	7,95E-01
Ago	114	-4,89	3,07	5,47E-50	9,59E-01	12	-5,22	3,15	7,92E-07	9,77E-01	37	-4,53	2,95	4,21E-24	9,86E-01	51	-4,6	2,99	2,09E-19	9,47E-01	14	-4,91	3,05	7,18E-06	9,45E-01
Set	108	-4,53	2,95	1,24E-43	9,55E-01	40	-3,86	2,73	1,46E-05	7,66E-01	23	-4,19	2,85	5,01E-05	8,46E-01	45	-5,06	3,13	2,64E-28	9,83E-01					
Out	34	-3,84	2,73	2,87E-25	9,93E-01	10	-3,34	2,57	6,82E-03	9,11E-01						24	-3,96	2,77	1,94E-12	9,73E-01					
RJ F+ M	2015-2019					2016					2017					2018					2019				
Mês	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²
Total	1762	-4,85	3,05		9,55E-01	195	-4,85	3,04	1,92E-52	9,05E-01	442	-5,08	3,13	3,32E-195	9,60E-01	739	-4,86	3,06	7,88E-301	9,54E-01	337	-4,91	3,06	1,12E-132	9,49E-01
Fev	150	-4,25	2,87	1,24E-38	9,07E-01											50	-4,34	2,89	6,98E-10	8,44E-01	100	-4,24	2,87	6,38E-32	9,34E-01
Mar	250	-4,27	2,87	7,47E-81	9,36E-01						152	-4,54	2,96	1,29E-44	9,20E-01	98	-3,94	2,77	4,77E-28	9,21E-01					
Abr	231	-5,58	3,28	2,60E-95	9,48E-01						83	-5,42	3,23	2,19E-40	9,66E-01	99	-6,42	3,56	6,00E-31	8,96E-01	49	-4,92	3,05	2,33E-23	9,64E-01
Mai	307	-4,57	2,97	1,14E-90	9,19E-01						16	-5,09	3,14	1,05E-04	8,89E-01	198	-4,67	3	7,95E-58	9,16E-01	93	-3,96	2,76	1,89E-24	9,08E-01
Jun	96	-5,05	3,13	2,25E-42	9,59E-01						50	-3,93	2,77	5,52E-09	8,39E-01	46	-5,48	3,27	2,06E-24	9,70E-01					
Jul	47	-4,55	2,94	4,71E-11	8,50E-01																47	-4,55	2,94	4,71E-11	8,50E-01
Ago	290	-5,03	3,11	2,11E-134	9,64E-01	49	-4,8	3,02	8,73E-15	9,15E-01	94	-4,92	3,07	2,41E-50	9,73E-01	99	-4,77	3,04	3,28E-44	9,63E-01	48	-5,41	3,21	4,59E-21	9,52E-01
Set	244	-4,77	3,03	5,03E-112	9,65E-01	98	-5,15	3,13	6,90E-19	8,29E-01	47	-4,58	2,98	1,42E-13	9,10E-01	99	-5,22	3,18	4,43E-67	9,86E-01					
Out	98	-4,14	2,83	2,65E-72	9,92E-01	48	-3,29	2,57	1,54E-09	8,89E-01						50	-4,13	2,83	1,02E-25	9,73E-01					

Tabela 7-3 Resultados referentes à relação peso total X comprimento para cada ano (2015-2018) e sexo da sardinha-verdadeira amostrada em Santa Catarina. Na célula mais à esquerda e em cima, o sexo (Fêmea, Macho ou F+M), local de amostragem (SC). Na mesma linha, o ano de amostragem. Mês: meses amostrados; N: número de indivíduos; 'a' e 'b' e 'erro': coeficientes da reta; r²: coeficiente de determinação.

SC F	2015-2019					2015					2016					2017					2018				
Mês	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²
Total	2229	-5,2	3,13		8,5E-01	1174	-5,27	3,15	4,3E-302	8,8E-01	409	-5,65	3,28	4,7E-123	9,0E-01	376	-4,94	3,06	4,6E-58	7,8E-01	270	-5,67	3,29	1,1E-48	8,0E-01
Fev	86	-4,76	3,01	9,2E-31	9,4E-01	27	-0,896	1,73	3,8E-01	5,2E-01						13	-5,47	3,23	7,9E-03	7,6E-01	46	-4,42	2,91	4,0E-22	9,7E-01
Mar	441	-4,57	2,93	2,2E-90	8,6E-01	319	-4,01	2,75	8,4E-55	8,4E-01	95	-6,44	3,55	3,5E-28	8,8E-01	27	-4,2	2,83	5,7E-10	9,4E-01					
Abr	224	-5,42	3,2	3,9E-29	7,1E-01	122	-5,48	3,21	1,0E-05	3,6E-01	58	-6,12	3,44	4,1E-30	9,6E-01						44	-4,77	3	4,4E-17	9,5E-01
Mai	272	-5,61	3,26	5,4E-102	9,3E-01	97	-5,84	3,33	4,1E-38	9,4E-01	64	-6,8	3,65	4,5E-27	9,4E-01						111	-5,39	3,2	1,6E-47	9,5E-01
Jun	133	-4,47	2,9	4,3E-23	8,2E-01	106	-5,15	3,11	5,3E-29	8,9E-01	27	-6,05	3,43	3,1E-07	8,5E-01										
Jul	27	-5,24	3,14	1,0E-11	9,5E-01	27	-5,24	3,14	1,0E-11	9,5E-01															
Ago	325	-5,76	3,31	5,7E-54	7,8E-01	201	-5,14	3,11	7,6E-90	9,6E-01	83	-4,61	2,94	8,7E-10	7,0E-01						41	-6,18	3,43	9,4E-05	5,7E-01
Set	461	-5,12	3,11	3,0E-80	8,0E-01	146	-5,66	3,28	5,9E-63	9,5E-01	65	-5,32	3,17	4,5E-12	8,0E-01	222	-4,78	3	2,1E-21	6,4E-01	28	-2,6	2,28	2,1E-02	6,2E-01
Out	193	-4,78	3	2,7E-55	9,1E-01	62	-6,28	3,47	1,1E-36	9,8E-01	17	-5,55	3,23	2,8E-02	5,7E-01	114	-5,29	3,19	5,7E-35	9,0E-01					
Nov	67	-5,41	3,18	4,8E-55	9,9E-01	67	-5,41	3,18	4,8E-55	9,9E-01															
SC M	2015-2019					2015					2016					2017					2018				
Mês	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²
Total	2322	-5,16	3,12		7,7E-01	1161	-5,33	3,17		9,4E-01	393	-4,93	3,04	1,0E-85	8,6E-01	456	-4,1	2,78	4,0E-46	7,0E-01	312	-6,69	3,62	1,1E-30	5,9E-01
Fev	110	-4,6	2,95	1,3E-30	9,0E-01	33	-3,41	2,54	8,9E-06	8,2E-01						31	-5,01	3,08	1,7E-08	8,8E-01	46	-4,4	2,9	2,6E-17	9,4E-01
Mar	458	-4,16	2,79	2,7E-67	8,0E-01	341	-3,46	2,56	7,3E-46	8,1E-01	84	-6,22	3,48	9,6E-30	9,2E-01	33	-5,09	3,09	8,7E-03	4,7E-01					
Abr	187	-5,01	3,06	3,8E-61	9,2E-01	115	-4,35	2,84	6,5E-29	8,9E-01	41	-5,68	3,28	4,1E-16	9,3E-01						31	-5,51	3,23	2,3E-13	9,5E-01
Mai	234	-5,25	3,14	4,6E-69	9,0E-01	81	-4,44	2,88	3,3E-09	6,9E-01	56	-6,54	3,57	6,1E-21	9,2E-01						97	-4,92	3,04	4,5E-38	9,4E-01
Jun	163	-4,86	3,02	2,2E-31	8,3E-01	130	-4,59	2,93	3,2E-25	8,4E-01	33	-6,3	3,5	1,0E-10	9,0E-01										
Jul	33	-6,66	3,61	7,1E-14	9,3E-01	33	-6,66	3,61	7,1E-14	9,3E-01															
Ago	358	-6,66	3,59	4,3E-38	6,2E-01	156	-4,94	3,05	2,5E-58	9,4E-01	96	-1,63	1,97	7,0E-03	5,3E-01						106	-6,93	3,66	6,7E-08	4,4E-01
Set	482	-4,51	2,91	8,3E-91	8,4E-01	144	-5,47	3,22	1,1E-63	9,5E-01	55	-4,76	2,99	5,5E-10	8,0E-01	251	-4,03	2,75	6,8E-31	7,5E-01	32	-5,67	3,31	3,0E-12	9,3E-01
Out	246	-4,86	3,02	6,9E-37	7,6E-01	77	-6,47	3,53	1,6E-46	9,8E-01	28	-5,65	3,27	7,5E-07	8,4E-01	141	-4,31	2,85	4,8E-10	5,5E-01					
Nov	51	-5,47	3,2	2,4E-45	9,9E-01	51	-5,47	3,2	2,4E-45	9,9E-01															
SC F+M	2015-2019					2015					2016					2017					2018				
Mês	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²
Total	4563	-5,21	3,13		8,2E-01	2346	-5,31	3,16		9,1E-01	802	-5,35	3,18	1,6E-207	8,8E-01	833	-4,49	2,91	3,9E-102	7,4E-01	582	-6,27	3,48	3,4E-74	6,9E-01
Fev	196	-4,81	3,02	5,1E-64	9,3E-01	60	-3,04	2,42	7,8E-06	7,1E-01						44	-5,26	3,16	7,6E-10	8,4E-01	92	-4,46	2,92	6,7E-41	9,6E-01
Mar	899	-4,49	2,9	2,3E-161	8,3E-01	660	-3,88	2,7	2,3E-106	8,3E-01	179	-6,38	3,53	3,7E-56	9,0E-01	60	-5,04	3,09	3,2E-07	6,8E-01					
Abr	414	-5,3	3,16	1,4E-66	7,8E-01	240	-4,98	3,05	4,0E-17	5,5E-01	99	-5,97	3,39	1,5E-46	9,5E-01						75	-5,11	3,1	6,6E-32	9,5E-01
Mai	508	-5,5	3,23	6,9E-175	9,2E-01	180	-5,49	3,22	7,0E-49	8,9E-01	120	-6,7	3,62	9,6E-48	9,3E-01						208	-5,27	3,16	6,1E-85	9,5E-01
Jun	299	-4,99	3,07	7,1E-69	8,7E-01	239	-5,13	3,11	3,4E-72	9,1E-01	60	-6,18	3,47	2,7E-16	8,7E-01										
Jul	60	-6,14	3,44	4,1E-26	9,4E-01	60	-6,14	3,44	4,1E-26	9,4E-01															
Ago	686	-6,29	3,48	2,3E-84	6,8E-01	360	-4,95	3,05	5,5E-132	9,4E-01	179	-3,31	2,52	1,0E-11	6,3E-01						147	-6,69	3,58	1,9E-11	4,8E-01
Set	944	-4,81	3,01	3,5E-169	8,2E-01	290	-5,59	3,26	8,1E-127	9,5E-01	120	-5,13	3,11	4,8E-23	8,2E-01	474	-4,34	2,85	5,3E-49	6,9E-01	60	-3,93	2,72	1,0E-08	7,7E-01
Out	439	-4,88	3,03	2,8E-84	8,3E-01	139	-6,35	3,49	8,1E-86	9,8E-01	45	-5,39	3,18	5,5E-08	7,8E-01	255	-4,91	3,06	7,6E-33	7,2E-01					
Nov	118	-5,44	3,19	3,4E-100	9,9E-01	118	-5,44	3,19	3,4E-100	9,9E-01															

Tabela 7-4 Resultados referentes à relação peso total X comprimento para cada ano (2015-2019) e sexo da sardinha-verdadeira amostrada no Rio de Janeiro e em Santa Catarina. Na célula mais à esquerda e em cima, o sexo (Fêmea, Macho ou F+M), local de amostragem (RJ+SC). Na mesma linha, o ano de amostragem. Mês: meses amostrados; N: número de indivíduos; 'a' e 'b' e 'erro': coeficientes da reta; r²: coeficiente de determinação.

RJ+SC F	2015-2019				2015					2016					2017					2018					2019				
Mês	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²
Total	3212	-5,41	3,21		8,9E-01	1174	-5,27	3,15	4,E-302	8,8E-01	542	-5,79	3,33	3,E-220	9,5E-01	647	-5,57	3,28	3,E-187	9,0E-01	655	-5,52	3,26	2,E-151	8,6E-01	166	-5,34	3,21	8,E-78	9,6E-01
Fev	155	-5,06	3,12	6,E-52	9,3E-01	27	-0,90	1,73	4,E-01	5,2E-01						13	-5,47	3,23	8,E-03	7,6E-01	72	-4,57	2,96	2,E-29	9,6E-01	43	-4,01	2,8	5,E-12	9,2E-01
Mar	572	-5,48	3,24	1,E-150	8,9E-01	319	-4,01	2,75	8,E-55	8,4E-01	95	-6,44	3,55	4,E-28	8,8E-01	121	-4,41	2,92	2,E-25	8,7E-01	37	-4,10	2,82	5,E-10	9,0E-01					
Abr	357	-5,94	3,38	1,E-70	8,1E-01	122	-5,48	3,21	1,E-05	3,6E-01	58	-6,12	3,44	4,E-30	9,6E-01	55	-5,73	3,33	2,E-26	9,6E-01	102	-5,00	3,08	4,E-30	9,1E-01	20	-4,74	2,99	4,E-08	9,5E-01
Mai	427	-6,00	3,4	2,E-146	9,2E-01	97	-5,84	3,33	4,E-38	9,4E-01	64	-6,80	3,65	5,E-27	9,4E-01	10	-3,97	2,8	5,E-03	9,1E-01	218	-5,97	3,41	3,E-85	9,4E-01	38	-5,15	3,14	1,E-15	9,5E-01
Jun	193	-4,79	3,02	8,E-30	7,9E-01	106	-5,15	3,11	5,E-29	8,9E-01	27	-6,05	3,43	3,E-07	8,5E-01	31	-4,02	2,8	1,E-05	8,2E-01	29	-5,51	3,28	2,E-13	9,6E-01					
Jul	58	-4,12	2,78	1,E-29	9,7E-01	27	-5,24	3,14	1,E-11	9,5E-01																31	-4,58	2,94	2,E-09	9,0E-01
Ago	501	-5,50	3,24	7,E-106	8,4E-01	201	-5,14	3,11	8,E-90	9,6E-01	120	-5,50	3,23	3,E-25	8,4E-01	57	-5,08	3,12	2,E-29	9,7E-01	89	-6,88	3,69	2,E-15	7,4E-01	34	-5,69	3,3	8,E-16	9,6E-01
Set	597	-5,40	3,21	2,E-144	8,7E-01	146	-5,66	3,28	6,E-63	9,5E-01	123	-6,24	3,47	1,E-49	9,4E-01	246	-5,54	3,25	1,E-35	7,4E-01	82	-5,07	3,12	6,E-32	9,4E-01					
Out	257	-4,85	3,03	2,E-93	9,4E-01	62	-6,28	3,47	1,E-36	9,8E-01	55	-5,98	3,38	6,E-15	8,8E-01	114	-5,29	3,19	6,E-35	9,0E-01	26	-4,40	2,92	1,E-13	9,7E-01					
Nov	67	-5,41	3,18	5,E-55	9,9E-01	67	-5,41	3,18	5,E-55	9,9E-01																				

RJ+SC M	2015-2019				2015					2016					2017					2018					2019				
Mês	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²
Total	3097	-5,27	3,16		8,2E-01	1161	-5,33	3,17		9,4E-01	455	-5,33	3,18	2,E-128	9,0E-01	624	-4,88	3,04	4,E-113	8,2E-01	666	-6,19	3,48	3,E-94	7,2E-01	170	-4,44	2,91	1,E-57	9,4E-01
Fev	191	-5,30	3,19	4,E-64	9,2E-01	33	-3,41	2,54	9,E-06	8,2E-01						31	-5,01	3,08	2,E-08	8,8E-01	70	-4,60	2,97	6,E-23	9,3E-01	57	-4,27	2,87	7,E-23	9,6E-01
Mar	577	-4,64	2,96	5,E-107	8,3E-01	341	-3,46	2,56	7,E-46	8,1E-01	84	-6,22	3,48	1,E-29	9,2E-01	91	-5,19	3,15	5,E-20	8,5E-01	61	-3,64	2,66	2,E-17	9,2E-01					
Abr	282	-5,58	3,26	6,E-101	9,3E-01	115	-4,35	2,84	6,E-29	8,9E-01	41	-5,68	3,28	4,E-16	9,3E-01	25	-5,31	3,19	4,E-13	9,7E-01	72	-5,81	3,35	9,E-23	9,0E-01	29	-5,04	3,08	7,E-17	9,8E-01
Mai	385	-5,04	3,09	2,E-86	8,6E-01	81	-4,44	2,88	3,E-09	6,9E-01	56	-6,54	3,57	6,E-21	9,2E-01	6	2,09	0,867	7,E-01	5,8E-02	188	-5,90	3,38	6,E-60	9,1E-01	54	-3,42	2,58	3,E-12	8,9E-01
Jun	199	-4,78	3	5,E-39	8,4E-01	130	-4,59	2,93	3,E-25	8,4E-01	33	-6,30	3,5	1,E-10	9,0E-01	19	-3,71	2,7	2,E-04	8,7E-01	17	-5,55	3,29	2,E-09	9,7E-01					
Jul	49	-4,09	2,76	2,E-11	8,7E-01	33	-6,66	3,61	7,E-14	9,3E-01																16	-4,55	2,94	1,E-03	7,9E-01
Ago	472	-6,54	3,56	2,E-59	6,8E-01	156	-4,94	3,05	2,E-58	9,4E-01	108	-3,37	2,53	5,E-09	6,8E-01	37	-4,53	2,95	4,E-24	9,9E-01	157	-7,91	4,01	3,E-20	6,3E-01	14	-4,91	3,05	7,E-06	9,4E-01
Set	590	-4,92	3,05	2,E-140	8,7E-01	144	-5,47	3,22	1,E-63	9,5E-01	95	-5,91	3,37	7,E-34	9,2E-01	274	-4,53	2,92	4,E-41	7,8E-01	77	-5,31	3,2	2,E-39	9,7E-01					
Out	280	-4,66	2,96	5,E-46	8,0E-01	77	-6,47	3,53	2,E-46	9,8E-01	38	-5,81	3,32	2,E-12	9,1E-01	141	-4,31	2,85	5,E-10	5,5E-01	24	-3,96	2,77	2,E-12	9,7E-01					
Nov	51	-5,47	3,2	2,E-45	9,9E-01	51	-5,47	3,2	2,E-45	9,9E-01																				

RJ+SC F+M	2015-2019				2015					2016					2017					2018					2019				
Mês	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²	N	a	b	erro	r²
Total	6325	-5,37	3,2		8,6E-01	2346	-5,31	3,16		9,1E-01	997	-5,68	3,29		9,3E-01	1275	-5,30	3,18	4,E-304	8,7E-01	1321	-5,90	3,38	5,E-228	7,9E-01	337	-4,91	3,06	1,E-132	9,5E-01
Fev	346	-5,24	3,17	2,E-118	9,3E-01	60	-3,04	2,42	8,E-06	7,1E-01						44	-5,26	3,16	8,E-10	8,4E-01	142	-4,56	2,96	7,E-54	9,5E-01	100	-4,24	2,87	6,E-32	9,3E-01
Mar	1149	-5,19	3,14	2,E-269	8,7E-01	660	-3,88	2,7	2,E-106	8,3E-01	179	-6,38	3,53	4,E-56	9,0E-01	212	-5,05	3,11	6,E-49	8,7E-01	98	-3,94	2,77	5,E-28	9,2E-01					
Abr	645	-5,76	3,32	7,E-151	8,6E-01	240	-4,98	3,05	4,E-17	5,5E-01	99	-5,97	3,39	1,E-46	9,5E-01	83	-5,42	3,23	2,E-40	9,7E-01	174	-5,30	3,18	4,E-53	9,1E-01	49	-4,92	3,05	2,E-23	9,6E-01
Mai	815	-5,57	3,27	2,E-231	9,0E-01	180	-5,49	3,22	7,E-49	8,9E-01	120	-6,70	3,62	1,E-47	9,3E-01	16	-5,09	3,14	1,E-04	8,9E-01	406	-5,95	3,4	7,E-144	9,3E-01	93	-3,96	2,76	2,E-24	9,1E-01
Jun	395	-5,08	3,1	2,E-79	8,4E-01	239	-5,13	3,11	3,E-72	9,1E-01	60	-6,18	3,47	3,E-16	8,7E-01	50	-3,93	2,77	6,E-09	8,4E-01	46	-5,48	3,27	2,E-24	9,7E-01					
Jul	107	-4,11	2,78	1,E-35	9,3E-01	60	-6,14	3,44	4,E-26	9,4E-01																47	-4,55	2,94	5,E-11	8,5E-01
Ago	976	-6,02	3,4	2,E-147	7,5E-01	360	-4,95	3,05	6,E-132	9,4E-01	228	-4,90	3,03	7,E-36	7,9E-01	94	-4,92	3,07	2,E-50	9,7E-01	246	-7,61	3,92	2,E-34	6,8E-01	48	-5,41	3,21	5,E-21	9,5E-01
Set	1188	-5,18	3,13	6,E-286	8,7E-01	290	-5,59	3,26	8,E-127	9,5E-01	218	-6,09	3,43	2,E-84	9,4E-01	521	-5,00	3,07	3,E-74	7,6E-01	159	-5,17	3,15	5,E-68	9,5E-01					
Out	537	-4,86	3,03	1,E-130	8,8E-01	139	-6,35	3,49	8,E-86	9,8E-01	93	-6,19	3,45	5,E-30	9,1E-01	255	-4,91	3,06	8,E-33	7,2E-01	50	-4,13	2,83	1,E-25	9,7E-01					
Nov	118	-5,44	3,19	3,E-100	9,9E-01	118	-5,44	3,19	3,E-100	9,9E-01																				

D. Resultados da análise do fator de condição

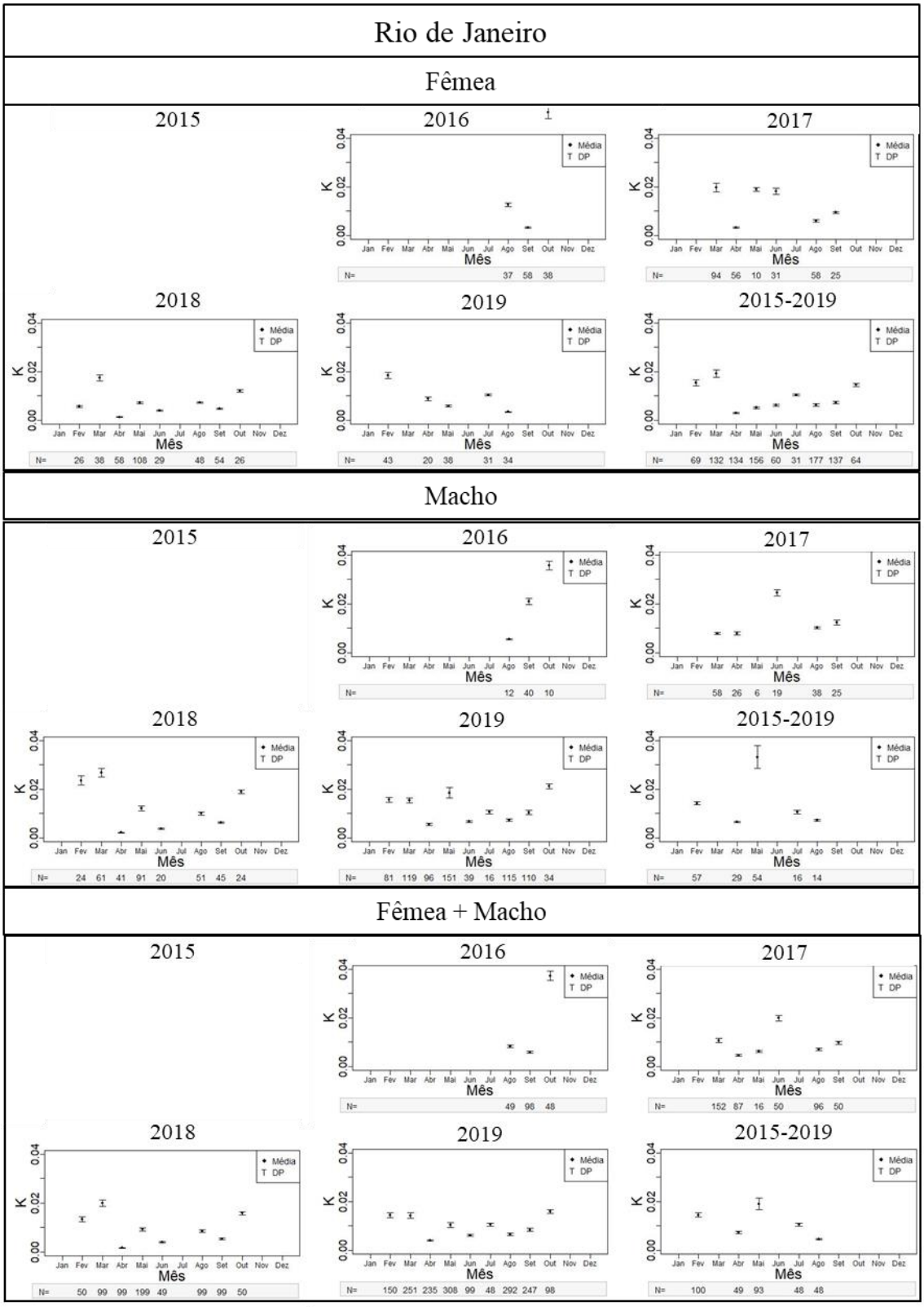


Figura 7-16 Análise de fator de condição mensal da *Sardinella brasiliensis* para cada sexo, amostrada no Rio de Janeiro. Acima de cada gráfico, o ano de amostragem (2016-2019). Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza com o número de indivíduos considerados a cada mês.

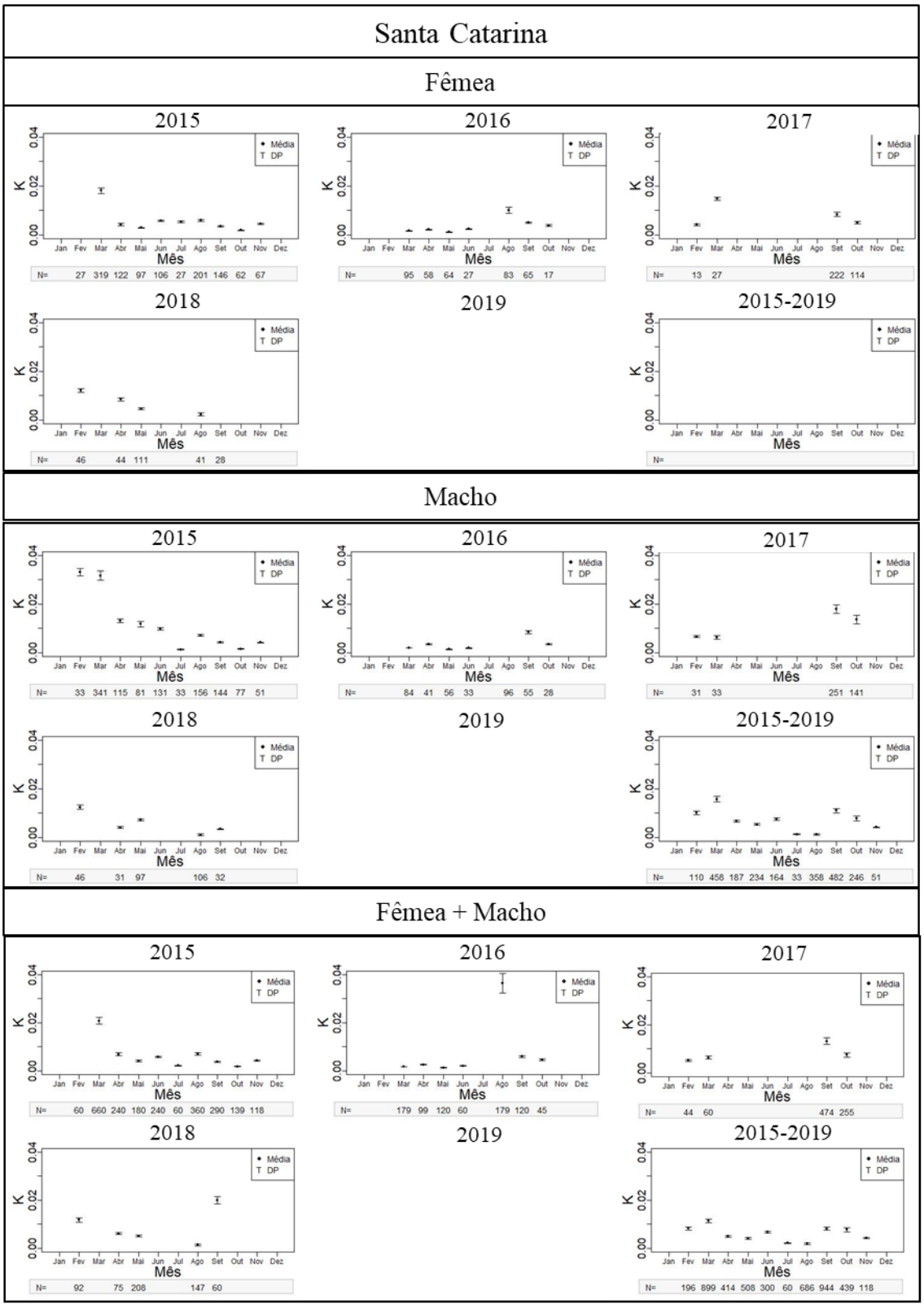


Figura 7-17 Análise de fator de condição mensal da *Sardinella brasiliensis* para cada sexo, amostrada em Santa Catarina. Acima de cada gráfico, o ano de amostragem (2015-2018). Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza com o número de indivíduos considerados a cada mês.

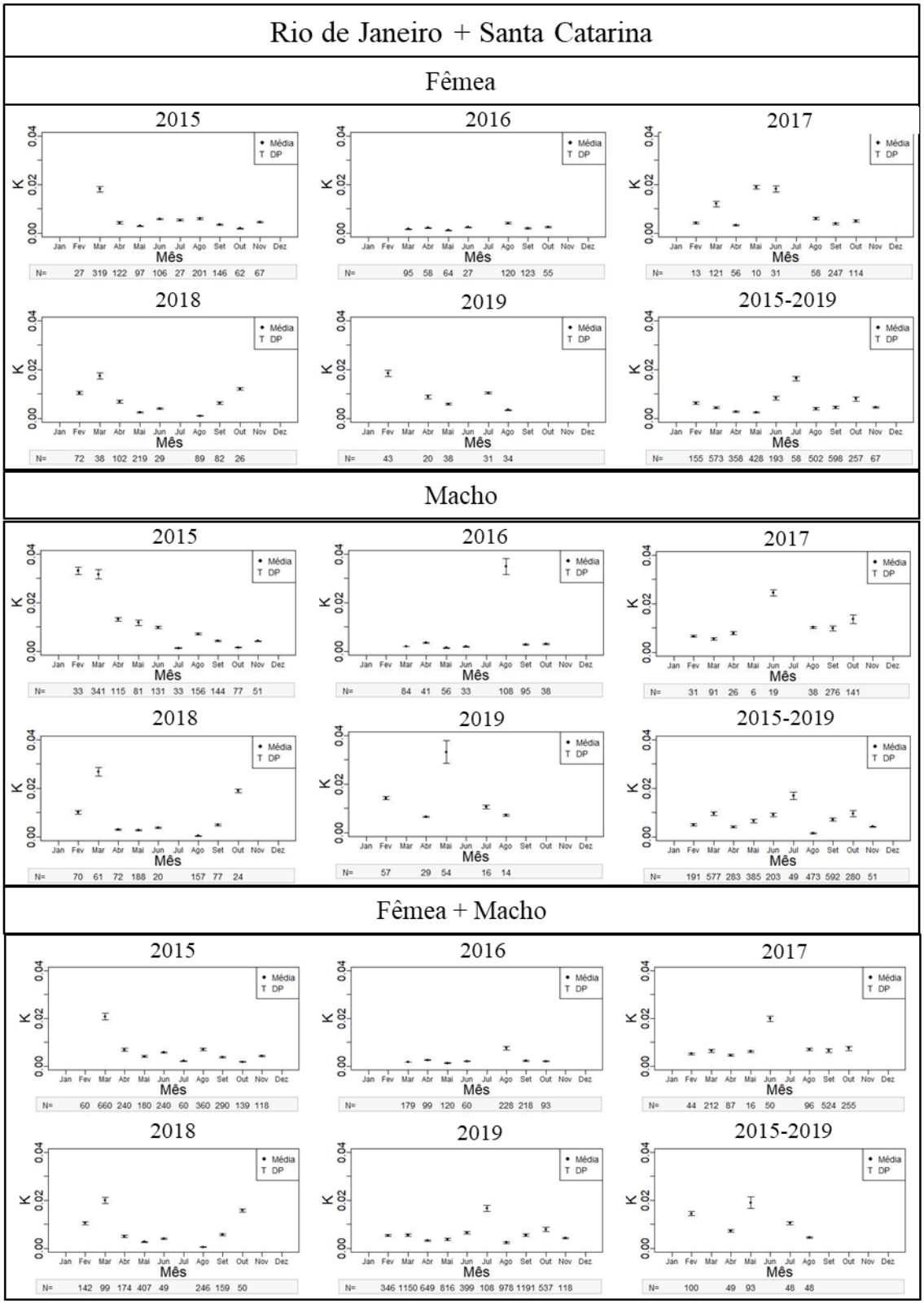


Figura 7-18 Análise de fator de condição mensal da *Sardinella brasiliensis* para cada sexo, amostrada no Rio de Janeiro e em Santa Catarina. Acima de cada gráfico, o ano de amostragem (2015-2019). Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza com o número de indivíduos considerados a cada mês.

E. Resultados da análise de comprimento total X comprimento padrão

Tabela 7-5 Resultados referentes à análise do comprimento total pelo comprimento padrão para cada ano de amostragem da *Sardinella brasiliensis* no Rio de Janeiro (2016-2019). Na célula acima, o sexo (Fêmea, Macho ou F+M). Nas células à esquerda, o ano de amostragem (2016-2019). N: número de indivíduos observados; 'a' e 'b' e 'erro': coeficientes da reta; r^2 :coeficiente de determinação da reta.

Período	F					M					F+M				
	N	a	b	erro	r^2	N	a	b	erro	r^2	N	a	b	erro	r^2
2016-2019	1015	0,509	1,19	0,000356	0,960465335	798	0,751	1,17	0,0000513	0,9438936	1848	0,608	1,18	1,3E-08	0,957731209
2016	134	1,63	1,13	0,0355	0,878485693	64	-1,27	1,27	0,335	0,859782521	198	0,797	1,17	0,207	0,882528625
2017	293	1,23	1,17	0,0000502	0,949864199	179	0,722	1,19	0,0324	0,959991966	502	0,752	1,19	0,000113	0,962894803
2018	390	0,302	1,19	0,134	0,967985982	360	0,953	1,15	0,000441	0,943238697	750	0,635	1,17	0,000145	0,956299147
2019	170	0,434	1,19	0,0788	0,977794463	173	0,994	1,16	0,00868	0,947813783	348	0,751	1,17	0,000644	0,963686537

F. Resultados da análise de proporção sexual para cada mês, ano e localidade

Tabela 7-6 Resultados referentes à análise da proporção sexual considerando o número total de indivíduos de *Sardinella brasiliensis* por cada ano. Nas células acima, o ano (2015 a 2019), e na célula mais à esquerda, o local de amostragem (Rio de Janeiro, Santa Catarina ou ambos). N: o número de indivíduos considerados; 'm': o número de machos; 'f': o número de fêmeas; χ^2: o valor de qui-quadrado.

RJ	2015				2016				2017				2018				2019				2016-2019			
Mês	N	m	f	χ^2	N	m	f	χ^2	N	m	f	χ^2	N	m	f	χ^2	N	m	f	χ^2	N	m	f	χ^2
Total					198	64	134	12,499	469	175	289	5,401	745	357	388	0,173	347	173	169	0,067	1809	791	1008	1,309
Fev													50	24	26	0,160	100	57	43	1,960	150	81	69	0,640
ar									152	58	94	5,609	99	62	37	6,377					251	120	131	0,192
Abr									85	25	55	8,651	100	42	58	2,560	50	29	20	4,000	235	96	133	1,740
Mai									37	11	26	16,435	199	92	107	0,568	100	56	40	4,000	336	159	173	0,089
Jun									50	19	31	5,760	47	17	30	7,651					97	36	61	6,643
Jul																	47	16	31	10,186	47	16	31	10,186
Ago					50	12	38	27,040	98	39	59	4,165	100	51	49	0,040	50	15	35	16,000	298	117	181	4,612
Set					100	42	58	2,560	47	23	24	0,045	100	45	55	1,000					247	110	137	1,195
Out					48	10	38	34,028					50	24	26	0,160					98	34	64	9,371
SC	2015				2016				2017				2018				2019				2015-2018			
Mês	N	m	f	χ^2	n	m	f	χ^2	N	m	f	χ^2	N	m	f	χ^2	N	m	f	χ^2	N	m	f	χ^2
Total	2356	1161	1175	0,001	802	393	409	0,040	835	457	377	0,941	585	314	271	0,540					4578	2325	2232	0,062
Fev	60	33	27	1,000					45	32	13	17,827	92	46	46						197	111	86	1,610
Mar	660	341	319	0,111	179	84	95	0,378	60	33	27	1,000									899	458	441	0,036
Abr	240	115	122	0,028	99	41	58	2,949					75	31	44	3,004					414	187	224	0,674
Mai	180	81	97	0,605	120	56	64	0,444					211	99	112	0,380					511	236	273	0,469
Jun	239	130	106	1,276	60	33	27	1,000													299	163	133	1,218
Jul	60	33	27	1,000																	60	33	27	1,000
Ago	360	156	201	1,361	179	96	83	0,527					147	106	41	19,552					686	358	325	0,275
Set	300	144	147	0,040	120	55	65	0,694	475	251	223	0,373	60	32	28	0,444					955	482	463	0,092
Out	139	77	62	1,165	45	28	17	5,975	255	141	114	1,121									439	246	193	1,458
Nov	118	51	67	1,839																	118	51	67	1,839
RJ+SC	2015				2016				2017				2018				2019				2015-2019			
Mês	N	m	f	χ^2	N	m	f	χ^2	N	m	f	χ^2	N	m	f	χ^2	N	m	f	χ^2	N	m	f	χ^2
Total	2356	1161	1175	0,001	1000	457	543	0,740	1304	632	666	0,046	1330	671	659	0,008	347	173	169	0,067	6387	3116	3240	0,021
Fev	60	33	27	1,000					45	32	13	17,827	142	70	72	0,020	100	57	43	1,960	347	192	155	1,137
Mar	660	341	319	0,111	179	84	95	0,378	212	91	121	2,002	99	62	37	6,377					1150	578	572	0,003
Abr	240	115	122	0,028	99	41	58	2,949	85	25	55	8,651	175	73	102	2,746	50	29	20	4,000	649	283	357	1,003
Mai	180	81	97	0,605	120	56	64	0,444	37	11	26	16,435	410	191	219	0,466	100	56	40	4,000	847	395	446	0,282
Jun	239	130	106	1,276	60	33	27	1,000	50	19	31	5,760	47	17	30	7,651					396	199	194	0,041
Jul	60	33	27	1,000													47	16	31	10,186	107	49	58	0,707
Ago	360	156	201	1,361	229	108	121	0,322	98	39	59	4,165	247	157	90	7,358	50	15	35	16,000	984	475	506	0,081
Set	300	144	147	0,040	220	97	123	1,397	522	274	247	0,288	160	77	83	0,141					1202	592	600	0,000
Out	139	77	62	1,165	93	38	55	3,341	255	141	114	1,121	50	24	26	0,160					537	280	257	0,183
Nov	118	51	67	1,839																	118	51	67	1,839

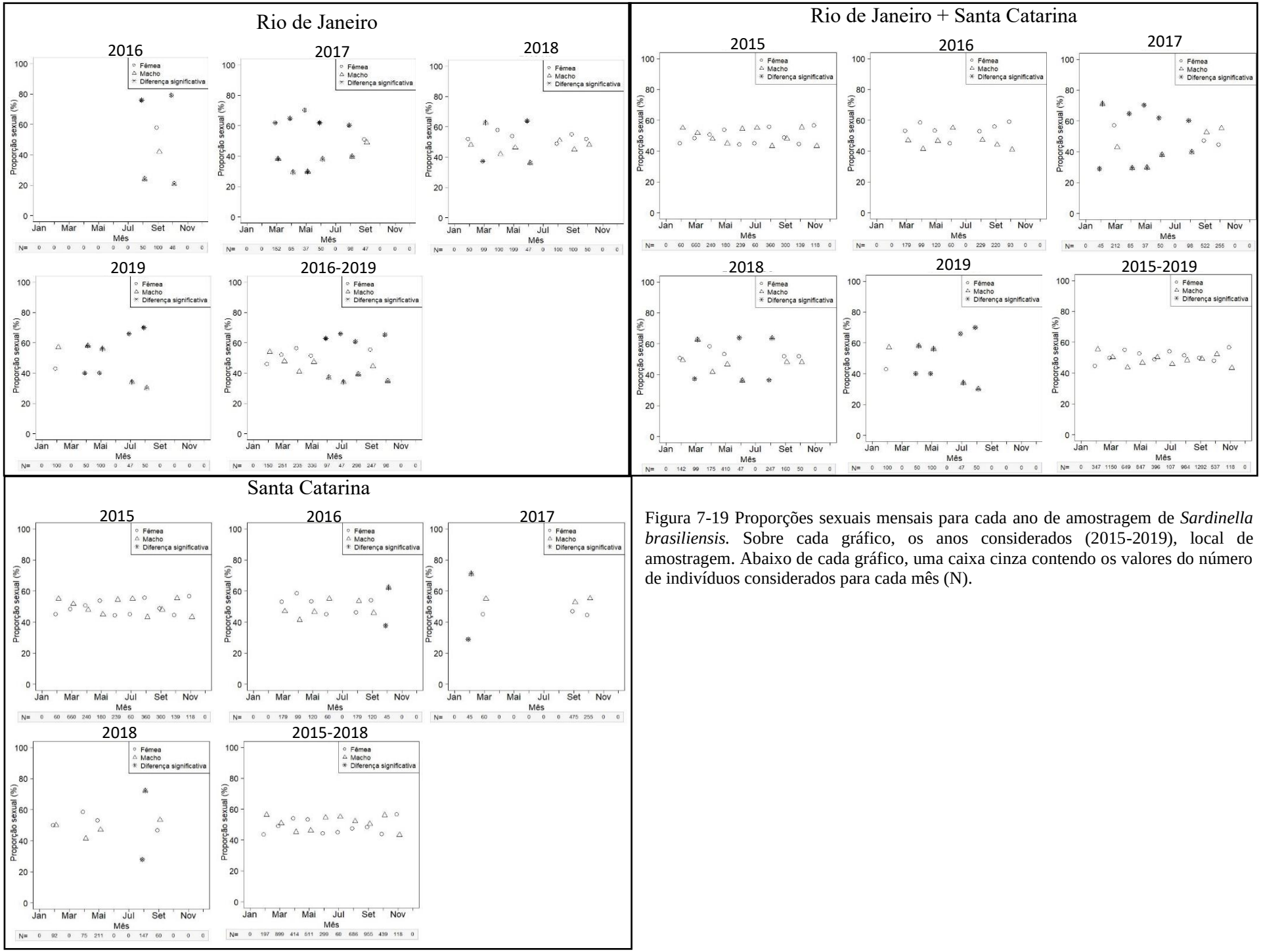


Figura 7-19 Proporções sexuais mensais para cada ano de amostragem de *Sardinella brasiliensis.* Sobre cada gráfico, os anos considerados (2015-2019), local de amostragem. Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza contendo os valores do número de indivíduos considerados para cada mês (N).

G. Resultados da análise de proporção sexual para cada estádio de maturidade

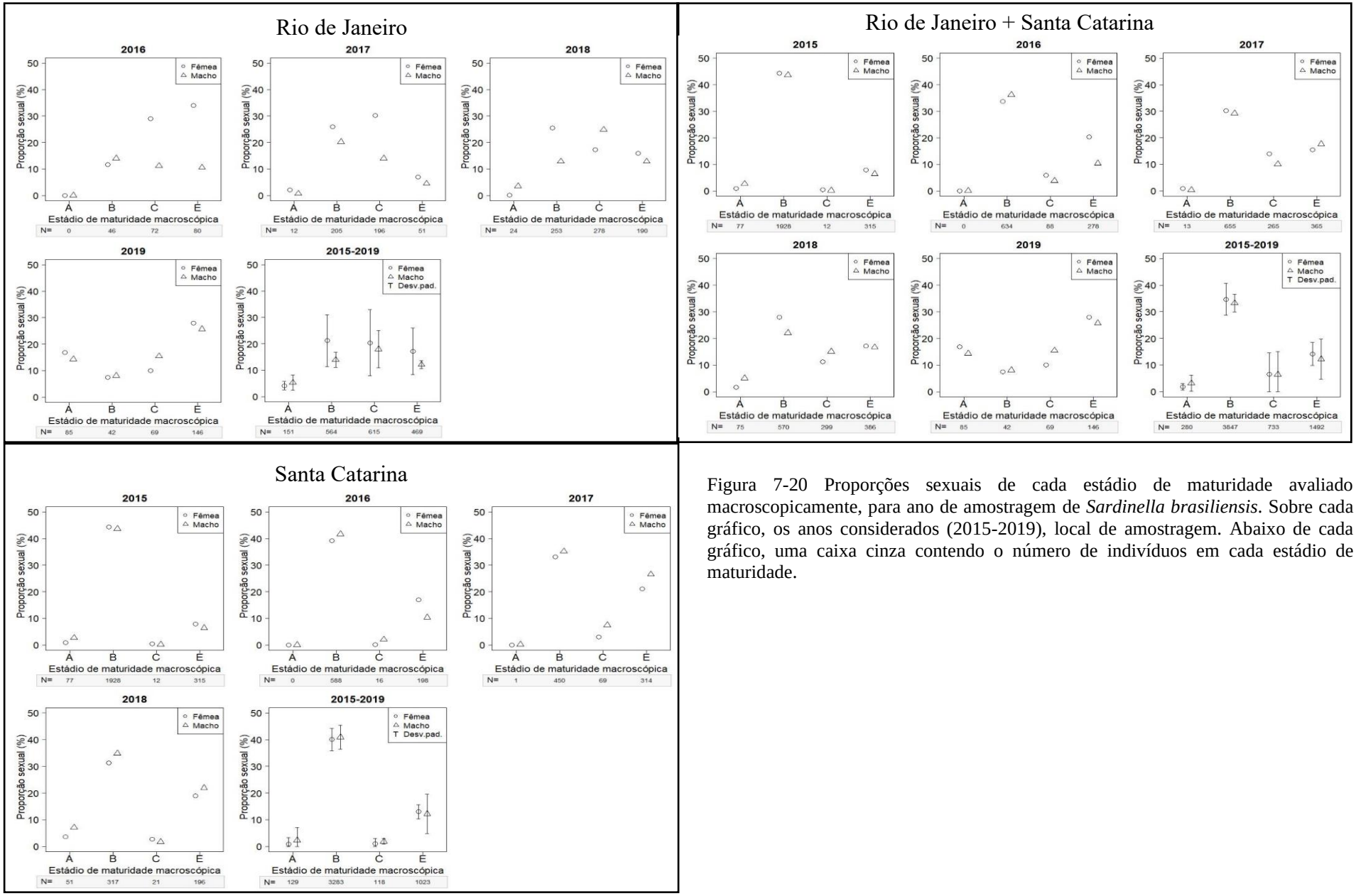
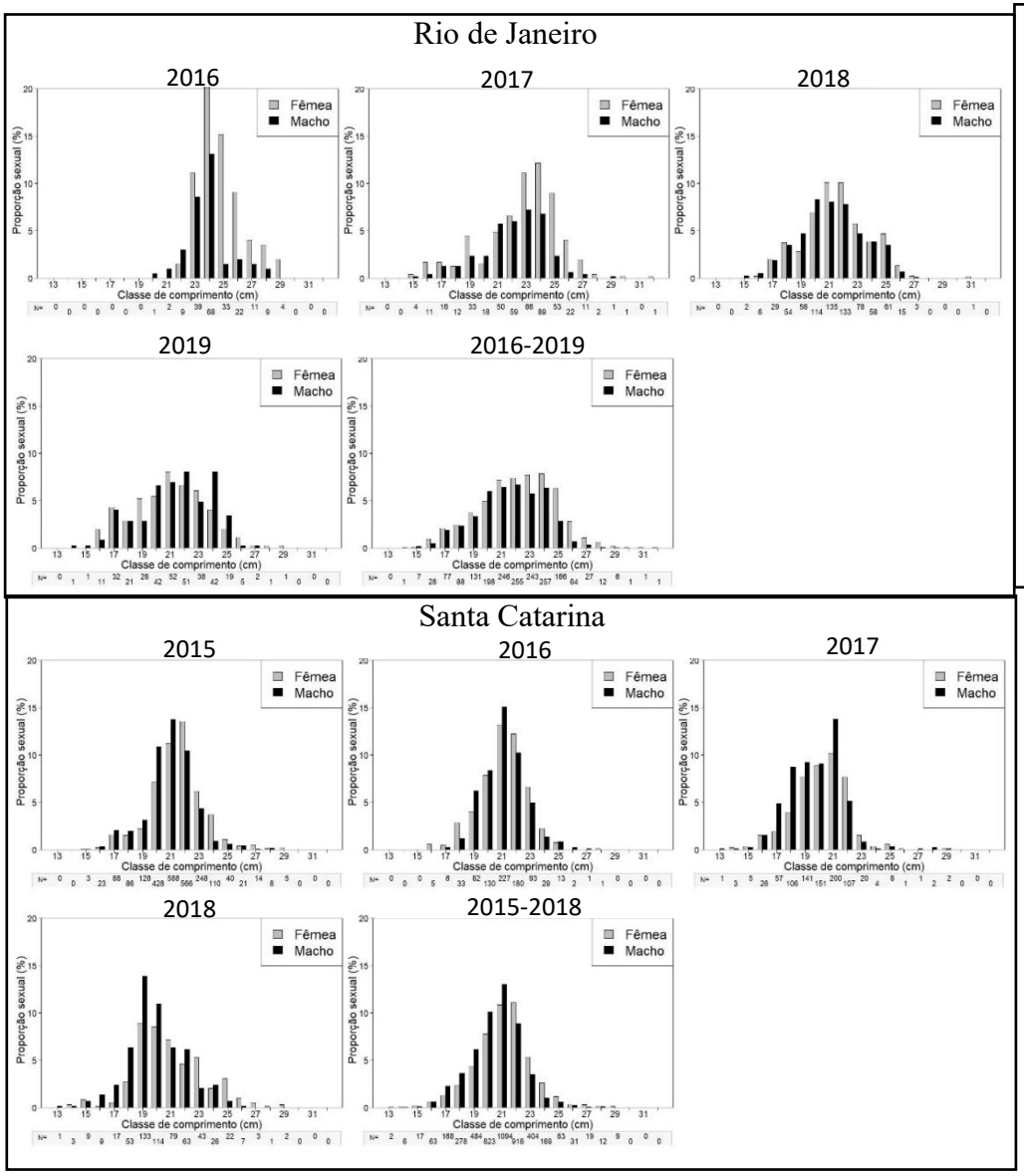


Figura 7-20 Proporções sexuais de cada estádio de maturidade avaliado macroscopicamente, para ano de amostragem de *Sardinella brasiliensis*. Sobre cada gráfico, os anos considerados (2015-2019), local de amostragem. Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza contendo o número de indivíduos em cada estádio de maturidade.

H. Resultados da análise de proporção sexual para cada classe de comprimento



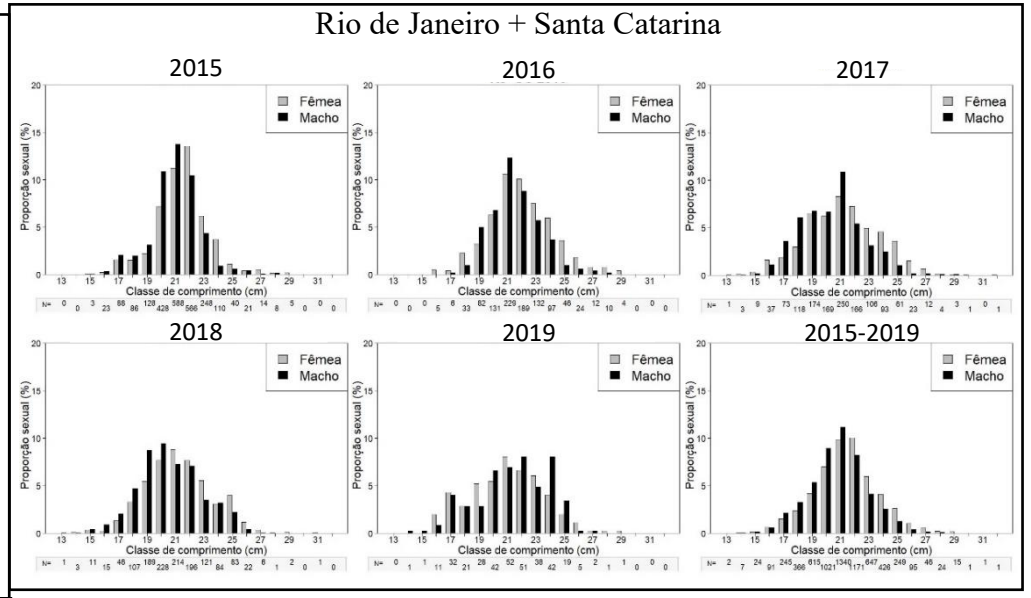


Figura 7-21 Proporções sexuais mensais para cada classe de comprimento (a cada cm), para cada ano de amostragem de *Sardinella brasiliensis*. Sobre cada gráfico, os anos considerados (2015-2019), local de amostragem. Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza contendo os valores do número de indivíduos considerados para cada mês (N).

I. Resultados da análise temporal dos estádios de maturidade macroscópicos

- **Os gráficos a seguir consideram o número de indivíduos total como 100%**

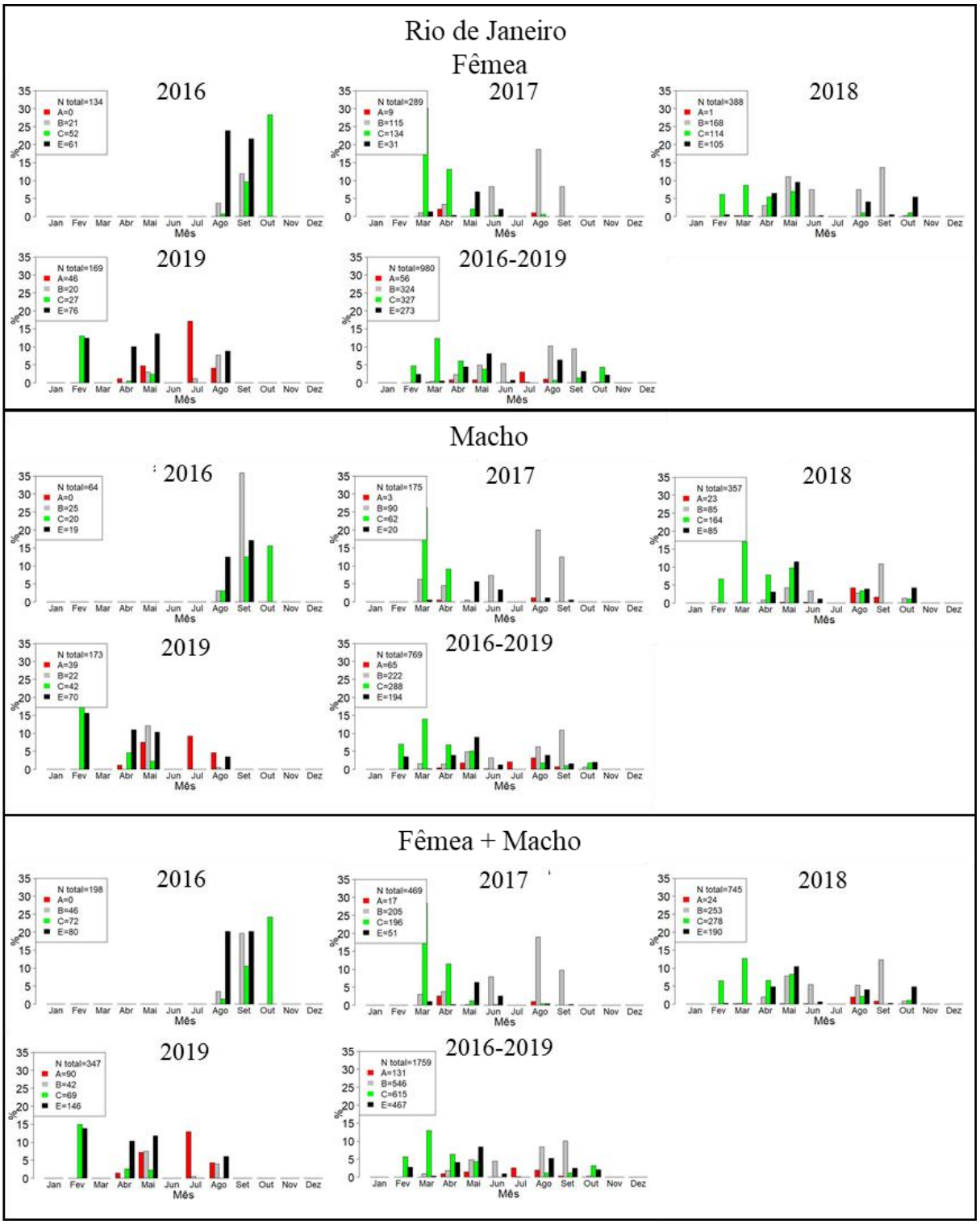


Figura 7-22 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal da *Sardinella brasiliensis* amostrada no Rio de Janeiro, considerando o número anual de indivíduos como o número total (100%). Sobre cada gráfico, os anos considerados (2016 a 2019). Cada caixa representa a análise para cada sexo, e agrupados. Dentro de cada legenda, o número de indivíduos de cada estádio de maturidade, assim como o número total de indivíduos (Ntotal).

Figura 7-23 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal da *Sardinella brasiliensis* amostrada em Santa Catarina, considerando o número anual de indivíduos como o número total (100%). Sobre cada gráfico, os anos considerados (2015 a 2018). Cada caixa representa a análise para cada sexo, e agrupados. Dentro de cada legenda, o número de indivíduos de cada estádio de maturidade, assim como o número total de indivíduos (Ntotal).

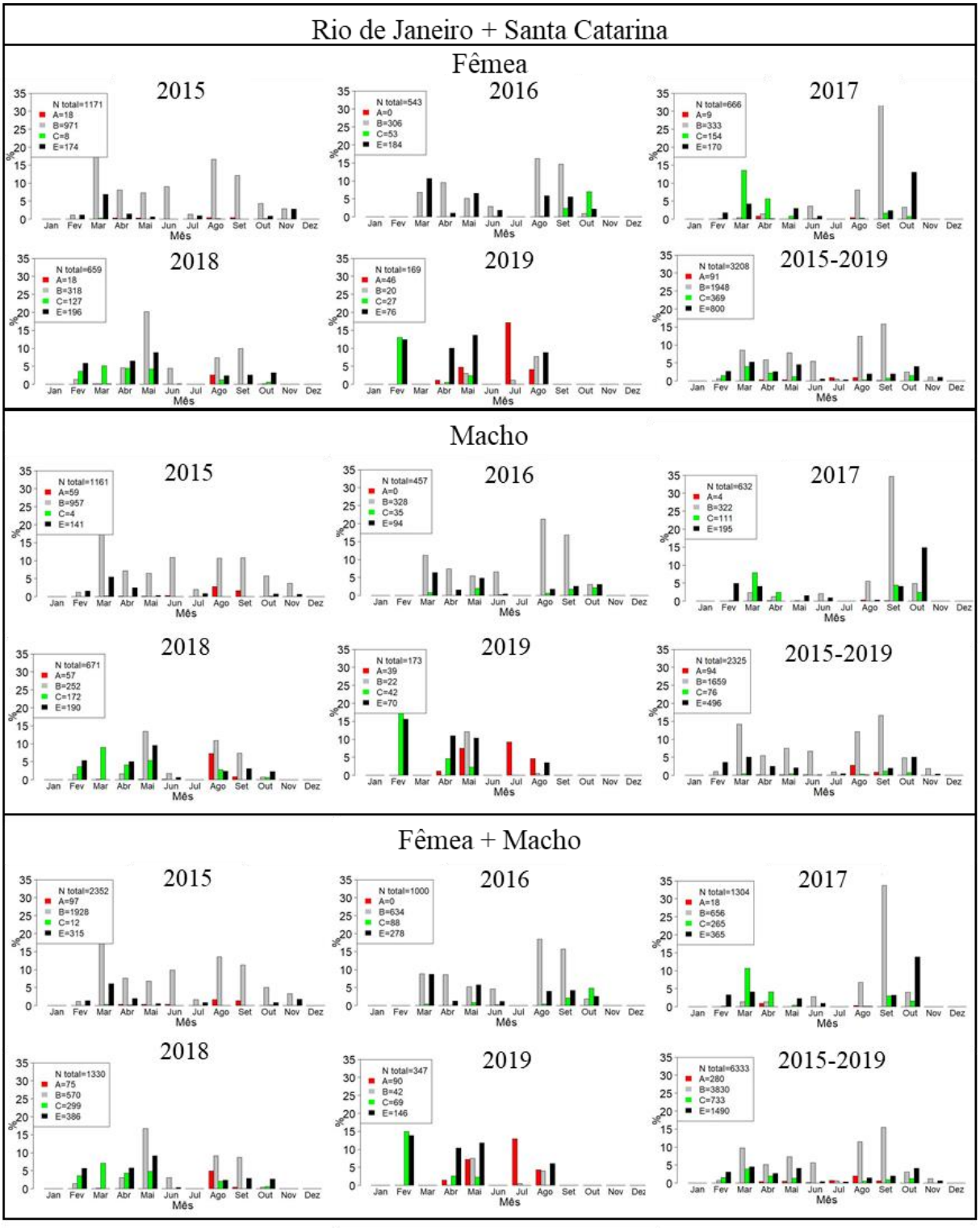


Figura 7-24 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal da *Sardinella brasiliensis* amostrada no Rio de Janeiro e em Santa Catarina, considerando o número anual de indivíduos como o número total (100%). Sobre cada gráfico, os anos considerados (2015 a 2019). Cada caixa representa a análise para cada sexo, e agrupados. Dentro de cada legenda, o número de indivíduos de cada estádio de maturidade, assim como o número total de indivíduos (Ntotal).

- **Os gráficos a seguir consideram o número de indivíduos em cada EM como 100%**

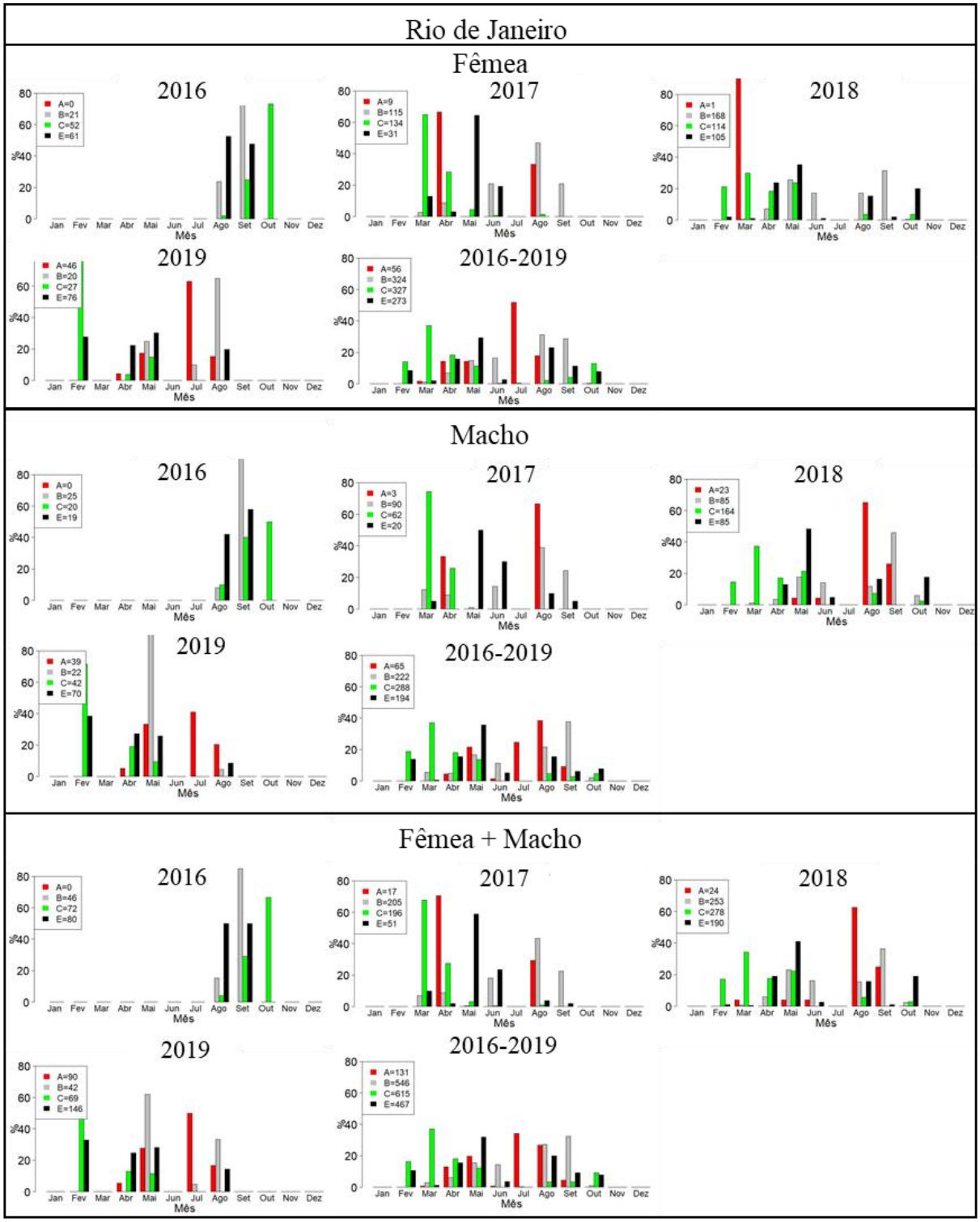


Figura 7-25 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal da *Sardinella brasiliensis* amostrada no Rio de Janeiro, considerando o número de indivíduos em cada estádio de maturidade avaliado macroscopicamente como o número total (100%). Sobre cada gráfico, os anos considerados (2016 a 2019). Cada caixa representa a análise para cada sexo, e agrupados. Dentro de cada legenda, o número de indivíduos em cada estádio de maturidade.

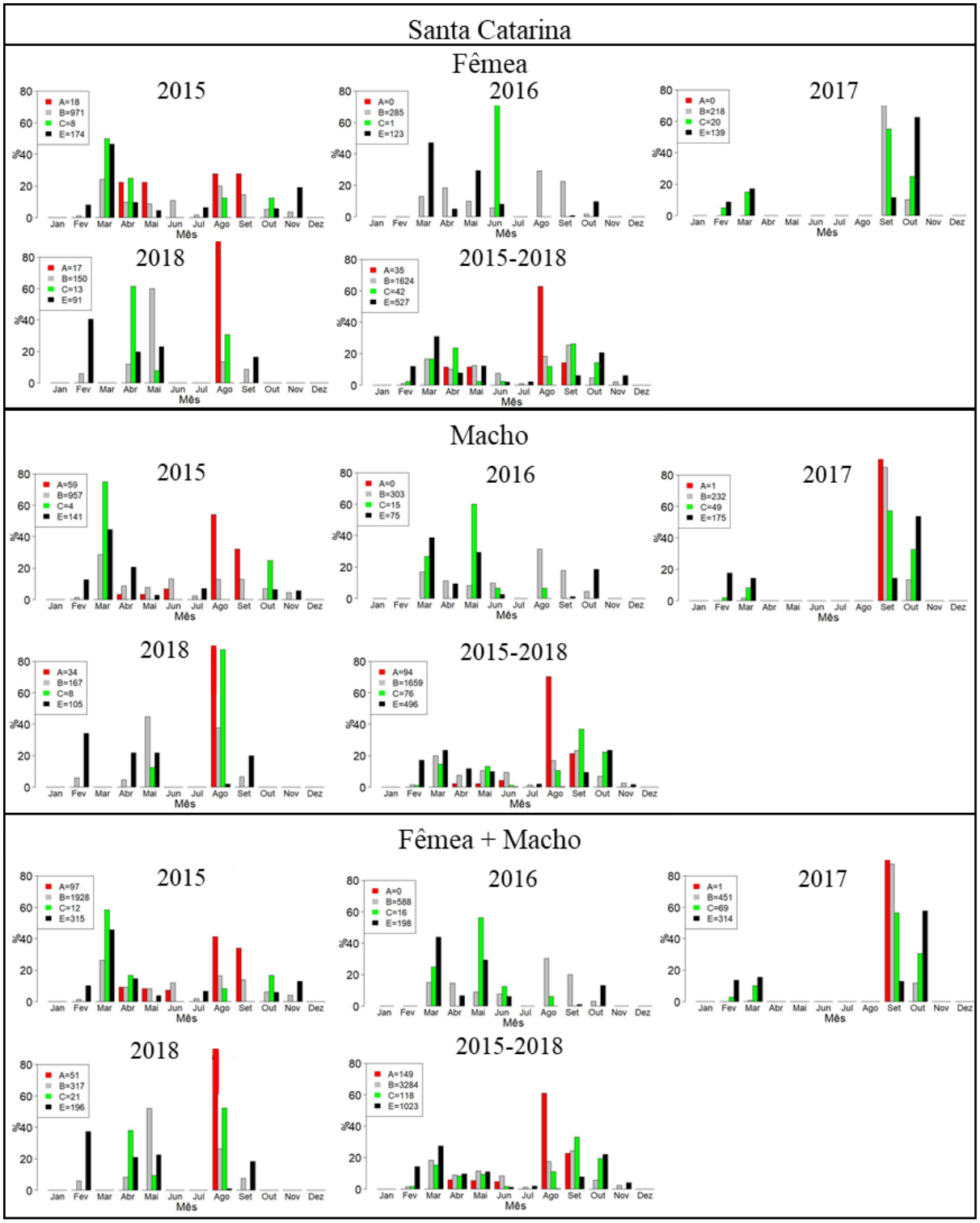


Figura 7-26 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal da *Sardinella brasiliensis* amostrada em Santa Catarina, considerando o número de indivíduos em cada estádio de maturidade avaliado macroscopicamente como o número total (100%). Sobre cada gráfico, os anos considerados (2015 a 2018). Cada caixa representa a análise para cada sexo, e agrupados. Dentro de cada legenda, o número de indivíduos em cada estádio de maturidade.

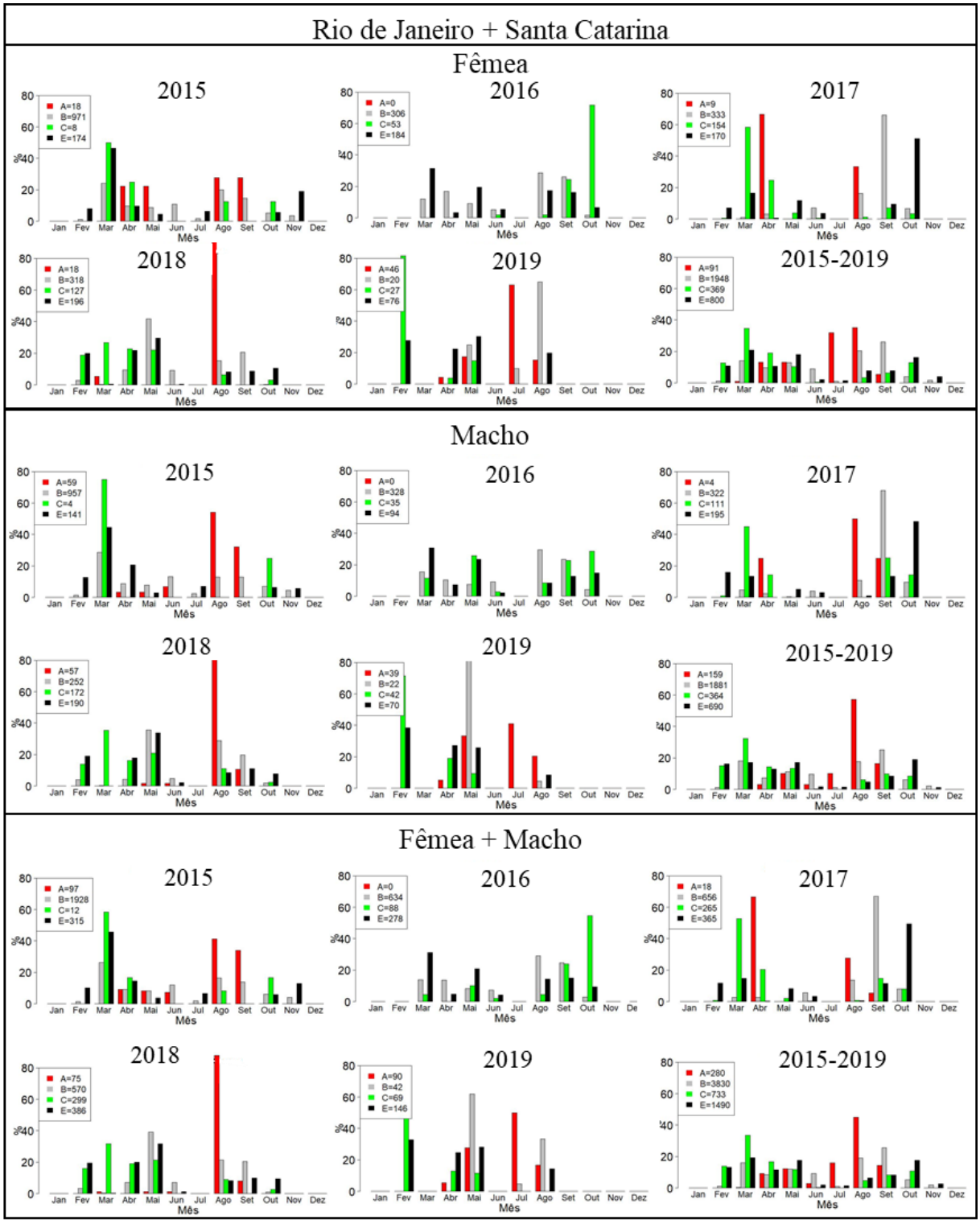


Figura 7-27 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal da *Sardinella brasiliensis* amostrada no Rio de Janeiro e em Santa Catarina, considerando o número de indivíduos em cada estádio de maturidade avaliado macroscopicamente como o número total (100%). Sobre cada gráfico, os anos considerados (2015 a 2019). Cada caixa representa a análise para cada sexo, e agrupados. Dentro de cada legenda, o número de indivíduos em cada estádio de maturidade.

- **Os gráficos a seguir consideram o número de espécimes em cada mês como 100%**

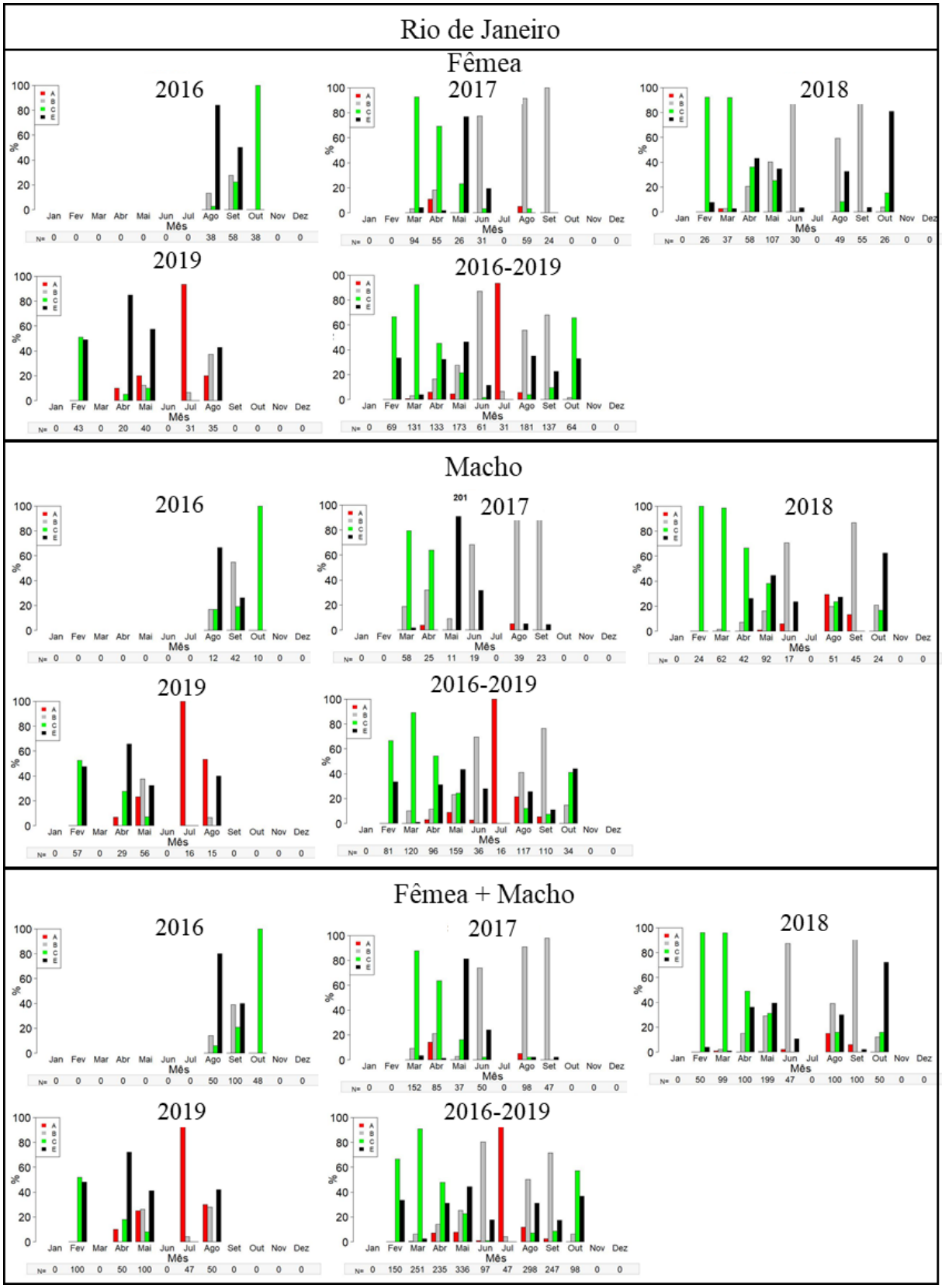


Figura 7-28 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal da *Sardinella brasiliensis* amostrada no Rio de Janeiro, considerando o número de indivíduos em cada mês como o número total (100%). Sobre cada gráfico, os anos considerados (2016 a 2019). Cada caixa representa a análise para cada sexo, e agrupados. Dentro de cada legenda, o número de indivíduos em cada estádio de maturidade.

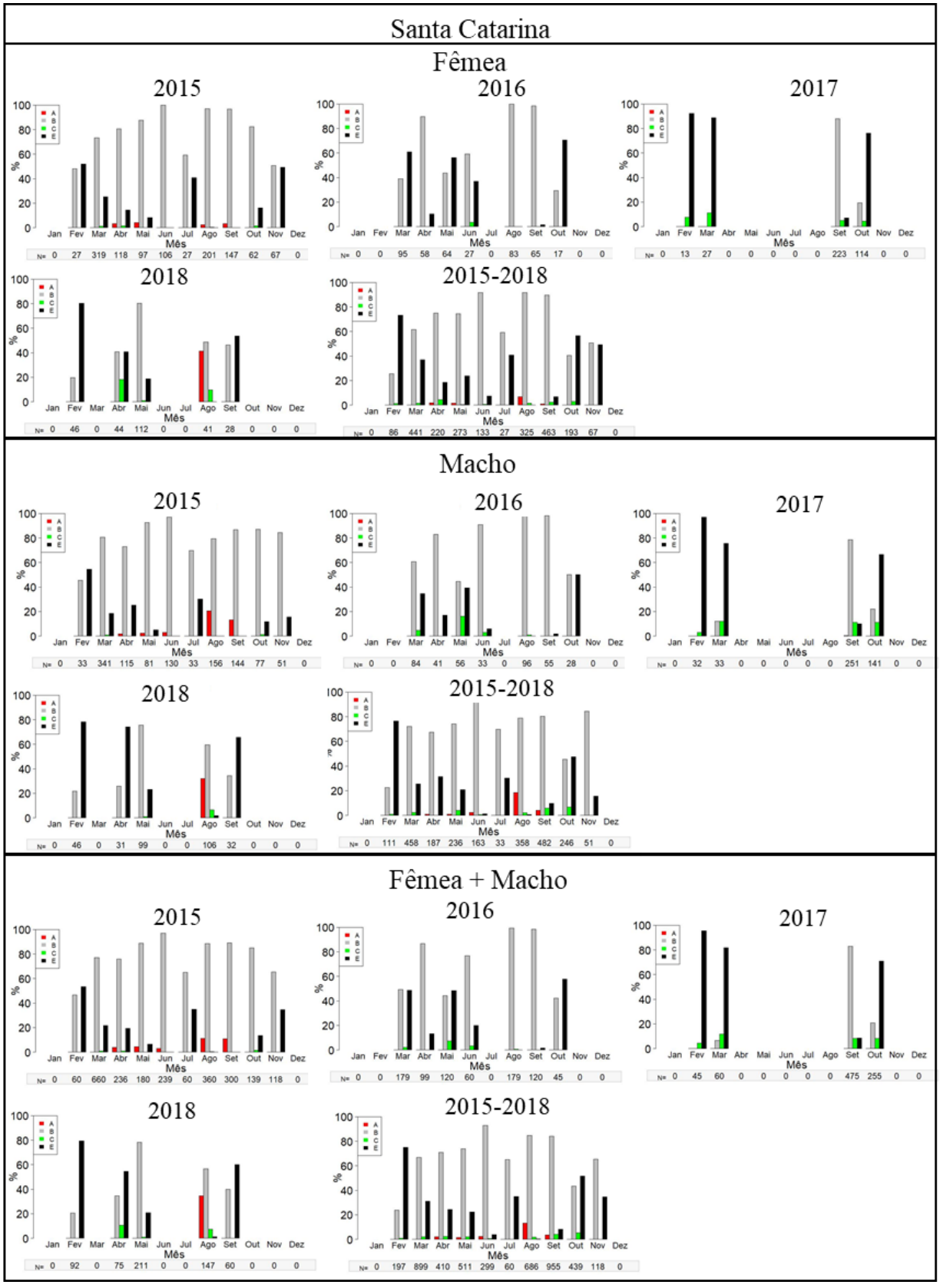


Figura 7-29 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal da *Sardinella brasiliensis* amostrada em Santa Catarina, considerando o número de indivíduos em cada mês como o número total (100%). Sobre cada gráfico, os anos considerados (2015 a 2018). Cada caixa representa a análise para cada sexo, e agrupados. Dentro de cada legenda, o número de indivíduos em cada estádio de maturidade.

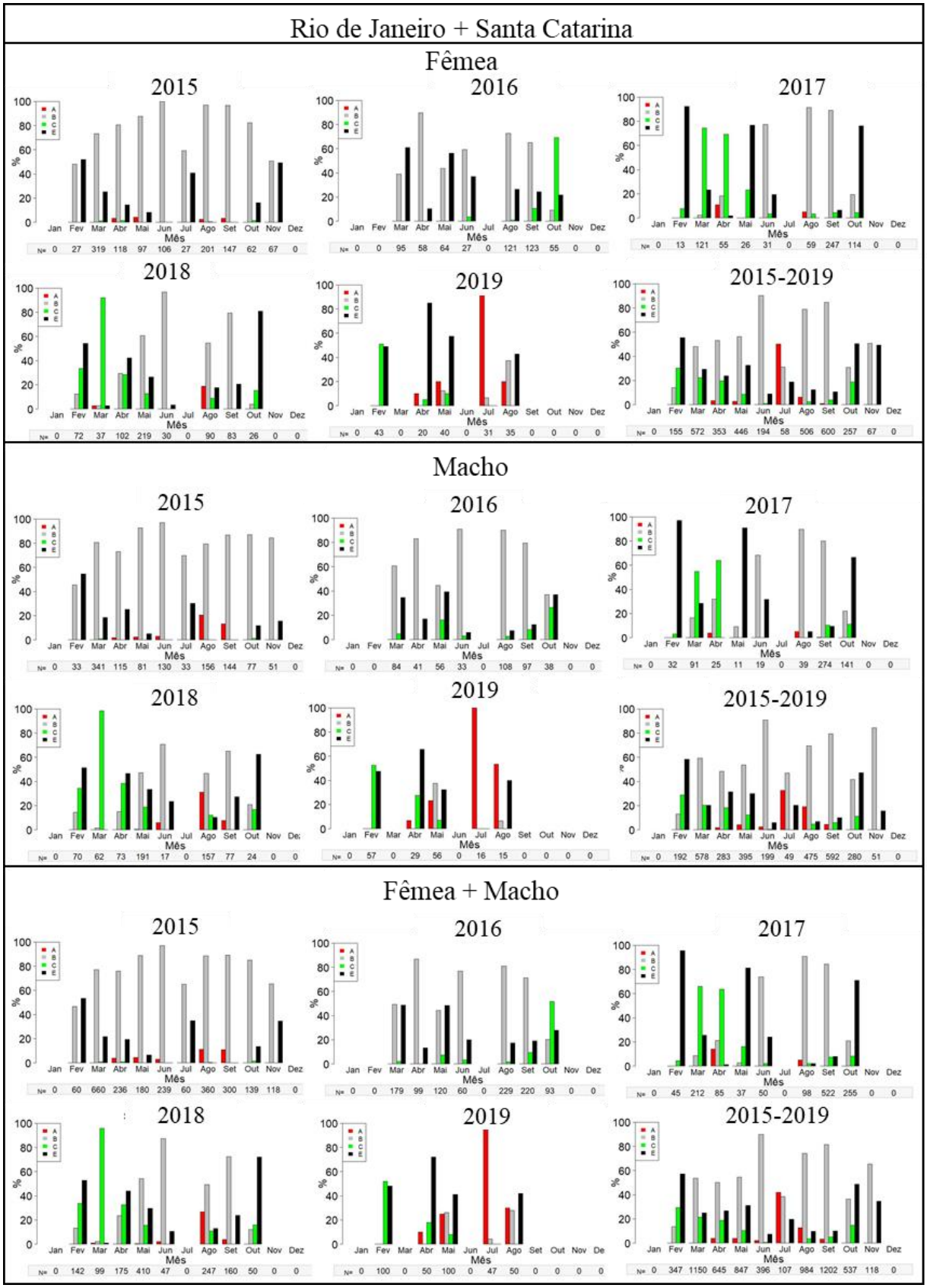


Figura 7-30 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal da *Sardinella brasiliensis* amostrada no Rio de Janeiro e em Santa Catarina, considerando o número de indivíduos em cada mês como o número total (100%). Sobre cada gráfico, os anos considerados (2015 a 2019). Cada caixa representa a análise para cada sexo, e agrupados. Dentro de cada legenda, o número de indivíduos em cada estádio de maturidade.

J. Resultados da Relação gonadossomática (RGS)

Tabela 7-7 Resultados referentes à análise da relação gonadossomática (RGS) para os indivíduos capturados no Rio de Janeiro (RJ). Nas células acima, o ano de amostragem (2016 a 2019). Na célula mais à esquerda o mês de referência e o sexo considerado (F, M, F+M). N: número de espécimes; sd: desvio-padrão

RJ F	2016-2019			2016			2017			2018			2019		
meses	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd
Total	955	1,994	1,798	133	2,129	1,828	271	2,191	sd	385	1,809	1,541	166	1,994	2,051
Fev	69	4,345	1,780							26	3,728	1,432	43	4,718	1,879
Mar	131	3,680	1,531				94	3,699	1,537	37	3,631	1,535			
Abr	133	2,130	1,630				55	2,721	2,123	58	1,618	0,963	20	1,989	1,015
Mai	155	1,552	1,454				10	2,394	1,815	107	1,468	1,531	38	1,566	1,038
Jun	60	0,707	0,467				31	0,664	0,528	29	0,753	0,397			
Jul	31	0,458	0,281										31	0,458	0,281
Ago	176	0,765	0,605	37	0,724	0,319	57	0,544	0,384	48	1,296	0,809	34	0,430	0,198
Set	136	1,190	1,104	58	1,624	1,447	24	0,864	0,311	54	0,869	0,671			
Out	64	3,837	1,336	38	4,266	1,239				26	3,210	1,240			
RJ M	2016-2019			2016			2017			2018			2019		
meses	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd
Total	754	2,197	2,081	62	1,719	1,676	168	1,879	1,995	354	2,340	2,203	170	2,386	1,986
Fev	81	4,730	1,584							24	5,234	1,513	57	4,517	1,577
Mar	119	4,579	1,869				58	3,749	1,608	61	5,369	1,765			
Abr	95	2,296	1,375				25	2,619	1,982	41	2,098	1,165	29	2,299	0,943
Mai	151	1,249	1,100				6	0,612	0,321	91	1,200	1,206	54	1,401	0,933
Jun	36	0,245	0,117				19	0,246	0,117	17	0,245	0,120			
Jul	16	0,243	0,205										16	0,243	0,205
Ago	114	0,841	1,106	12	0,444	0,408	37	0,283	0,219	51	1,531	1,340	14	0,142	0,127
Set	108	0,878	0,935	40	1,383	1,201	23	0,607	0,757	45	0,566	0,436			
Out	34	3,475	1,487	10	4,589	0,877				24	3,011	1,452			
RJ M	2016-2019			2016			2017			2018			2019		
meses	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd
Total	1713	2,079	1,930	195	1,998	1,787	442	2,058	1,962	739	2,064	1,905	337	2,186	2,025
Fev	150	4,553	1,682							50	4,451	1,643	100	4,604	1,707
Mar	250	4,108	1,756				152	3,718	1,559	98	4,713	1,876			
Abr	231	2,172	1,537				83	2,595	2,088	99	1,817	1,072	49	2,172	0,975
Mai	307	1,398	1,299				16	1,726	1,675	198	1,345	1,394	93	1,453	0,982
Jun	96	0,534	0,437				50	0,505	0,467	46	0,565	0,406			
Jul	47	0,385	0,275										47	0,385	0,275
Ago	290	0,795	0,837	49	0,656	0,360	94	0,441	0,352	99	1,417	1,115	48	0,346	0,222
Set	244	1,052	1,042	98	1,526	1,351	47	0,738	0,582	99	0,731	0,593			
Out	98	3,711	1,393	48	4,333	1,172				50	3,115	1,336			

Tabela 7-8 Resultados referentes à análise da relação gonadossomática (RGS) para os indivíduos capturados em Santa Catarina (SC). Nas células acima, o ano de amostragem (2016 a 2019). Na célula mais à esquerda o mês de referência e o sexo considerado (F, M, F+M). N: número de espécimes; sd: desvio-padrão

SC F	2016-2019			2015			2016			2017			2018		
meses	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd
Total	2229	1,252	1,696	1174	0,773	0,721	409	1,036	1,153	376	2,479	2,736	270	1,956	2,332
Fev	86	3,529	3,101	27	1,760	1,127				13	4,496	2,058	46	4,293	3,682
Mar	441	1,424	1,615	319	0,886	0,676	95	1,845	1,288	27	6,295	1,931			
Abr	224	1,149	1,641	122	0,865	1,216	58	0,351	0,494				44	2,987	2,222
Mai	272	0,963	1,001	97	0,610	0,450	64	1,527	1,467				111	0,948	0,873
Jun	133	0,625	0,562	106	0,555	0,110	27	0,899	1,206						
Jul	27	1,135	0,961	27	1,135	0,961									
Ago	325	0,613	0,428	201	0,636	0,260	83	0,461	0,198				41	0,811	0,987
Set	461	0,896	1,292	146	0,594	0,259	65	0,535	0,253	222	1,041	1,690	28	2,171	1,379
Out	193	2,898	2,656	62	0,865	1,066	17	1,940	1,353	114	4,146	2,671			
Nov	67	0,818	0,977	67	0,818	0,977									
SC M	2016-2019			2015			2016			2017			2018		
meses	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd
Total	2322	1,243	1,872	1161	0,611	0,704	393	0,975	1,112	456	2,771	3,093	312	1,697	1,877
Fev	110	3,724	2,369	33	1,168	0,637				31	5,247	1,169	46	4,533	2,311
Mar	458	1,424	1,511	341	0,861	0,722	84	2,101	1,137	33	5,512	1,380			
Abr	187	1,059	1,136	115	0,974	1,138	41	0,520	0,519				31	2,089	1,091
Mai	234	0,921	1,078	81	0,313	0,279	56	1,647	1,136				97	1,009	1,179
Jun	163	0,223	0,148	130	0,206	0,131	33	0,290	0,188						
Jul	33	0,904	0,942	33	0,904	0,942									
Ago	358	0,418	0,696	156	0,320	0,334	96	0,157	0,103				106	0,798	1,118
Set	482	0,797	0,804	144	0,381	0,343	55	0,251	0,220	251	0,964	0,732	32	2,303	1,093
Out	246	3,170	3,648	77	0,625	0,811	28	1,954	0,758	141	4,802	4,034			
Nov	51	0,593	0,584	51	0,593	0,584									
SC F+M	2016-2019			2015			2016			2017			2018		
meses	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd
Total	4563	1,244	1,786	2346	0,689	0,717	802	1,006	1,133	833	2,637	2,938	582	1,817	2,102
Fev	196	3,638	2,709	60	1,434	0,932				44	5,025	1,502	92	4,413	3,059
Mar	899	1,424	1,562	660	0,873	0,700	179	1,965	1,223	60	5,865	1,682			
Abr	414	1,100	1,430	240	0,907	1,174	99	0,421	0,509				75	2,616	1,884
Mai	508	0,940	1,036	180	0,470	0,409	120	1,583	1,319				208	0,976	1,025
Jun	299	0,400	0,439	239	0,359	0,214	60	0,564	0,868						
Jul	60	1,008	0,949	60	1,008	0,949									
Ago	686	0,509	0,591	360	0,494	0,335	179	0,298	0,216				147	0,802	1,080
Set	944	0,845	1,071	290	0,488	0,321	120	0,405	0,277	474	0,999	1,273	60	2,241	1,226
Out	439	3,050	3,248	139	0,732	0,937	45	1,949	1,009	255	4,509	3,500			
Nov	118	0,720	0,835	118	0,720	0,835									

Tabela 7-9 Resultados referentes à análise da relação gonadossomática (RGS) para os indivíduos capturados no Rio de Janeiro e em Santa Catarina (RJ+SC). Nas células acima, o ano de amostragem (2016 a 2019). Na célula mais à esquerda o mês de referência e o sexo considerado (F, M, F+M). N: número de espécimes; sd: desvio-padrão

RJ+SC F	2016-2019			2015			2016			2017			2018			2019		
meses	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd
Total	3184	1,475	1,760	1174	0,773	0,721	542	1,304	1,428	647	2,358	2,435	655	1,870	1,907	166	1,994	2,051
Fev	155	3,892	2,621	27	1,760	1,127				13	4,496	2,058	72	4,089	3,064	43	4,718	1,879
Mar	572	1,941	1,856	319	0,886	0,676	95	1,845	1,288	121	4,279	1,954	37	3,631	1,535			
Abr	357	1,515	1,702	122	0,865	1,216	58	0,351	0,494	55	2,721	2,123	102	2,209	1,758	20	1,989	1,015
Mai	427	1,177	1,217	97	0,610	0,450	64	1,527	1,467	10	2,394	1,815	218	1,203	1,264	38	1,566	1,038
Jun	193	0,650	0,534	106	0,555	0,110	27	0,899	1,206	31	0,664	0,528	29	0,753	0,397			
Jul	58	0,773	0,761	27	1,135	0,961										31	0,458	0,281
Ago	501	0,666	0,502	201	0,636	0,260	120	0,542	0,270	57	0,544	0,384	89	1,072	0,923	34	0,430	0,198
Set	597	0,963	1,257	146	0,594	0,259	123	1,048	1,145	246	1,024	1,609	82	1,313	1,147			
Out	257	3,132	2,428	62	0,865	1,066	55	3,547	1,665	114	4,146	2,671	26	3,210	1,240			
Nov	67	0,818	0,977	67	0,818	0,977												
RJ+SC M	2016-2019			2015			2016			2017			2018			2019		
meses	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd
Total	3076	1,477	1,968	1161	0,611	0,704	455	1,076	1,229	624	2,531	2,865	666	2,039	2,080	170	2,386	1,986
Fev	191	4,151	2,127	33	1,168	0,637				31	5,247	1,169	70	4,773	2,088	57	4,517	1,577
Mar	577	2,074	2,040	341	0,861	0,722	84	2,101	1,137	91	4,388	1,744	61	5,369	1,765			
Abr	282	1,476	1,352	115	0,974	1,138	41	0,520	0,519	25	2,619	1,982	72	2,095	1,126	29	2,299	0,943
Mai	385	1,049	1,097	81	0,313	0,279	56	1,647	1,136	6	0,612	0,321	188	1,101	1,193	54	1,401	0,933
Jun	199	0,227	0,143	130	0,206	0,131	33	0,290	0,188	19	0,246	0,117	17	0,245	0,120			
Jul	49	0,688	0,838	33	0,904	0,942										16	0,243	0,205
Ago	472	0,520	0,833	156	0,320	0,334	108	0,189	0,186	37	0,283	0,219	157	1,036	1,239	14	0,142	0,127
Set	590	0,812	0,830	144	0,381	0,343	95	0,728	0,971	274	0,934	0,739	77	1,288	1,157			
Out	280	3,207	3,458	77	0,625	0,811	38	2,647	1,410	141	4,802	4,034	24	3,011	1,452			
Nov	51	0,593	0,584	51	0,593	0,584												
RJ+SC F+M	2016-2019			2015			2016			2017			2018			2019		
meses	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd	N	RGS	sd
Total	6276	1,472	1,864	2346	0,689	0,717	997	1,200	1,345	1275	2,436	2,654	1321	1,955	1,997	337	2,186	2,025
Fev	346	4,035	2,361	60	1,434	0,932				44	5,025	1,502	142	4,426	2,641	100	4,604	1,707
Mar	1149	2,008	1,951	660	0,873	0,700	179	1,965	1,223	212	4,326	1,863	98	4,713	1,876			
Abr	645	1,484	1,555	240	0,907	1,174	99	0,421	0,509	83	2,595	2,088	174	2,161	1,525	49	2,172	0,975
Mai	815	1,112	1,163	180	0,470	0,409	120	1,583	1,319	16	1,726	1,675	406	1,156	1,231	93	1,453	0,982
Jun	395	0,432	0,441	239	0,359	0,214	60	0,564	0,868	50	0,505	0,467	46	0,565	0,406			
Jul	107	0,734	0,794	60	1,008	0,949										47	0,385	0,275
Ago	976	0,594	0,686	360	0,494	0,335	228	0,375	0,293	94	0,441	0,352	246	1,049	1,133	48	0,346	0,222
Set	1188	0,888	1,068	290	0,488	0,321	218	0,909	1,082	521	0,976	1,228	159	1,301	1,148			
Out	537	3,171	3,007	139	0,732	0,937	93	3,179	1,620	255	4,509	3,500	50	3,115	1,336			
Nov	118	0,720	0,835	118	0,720	0,835												

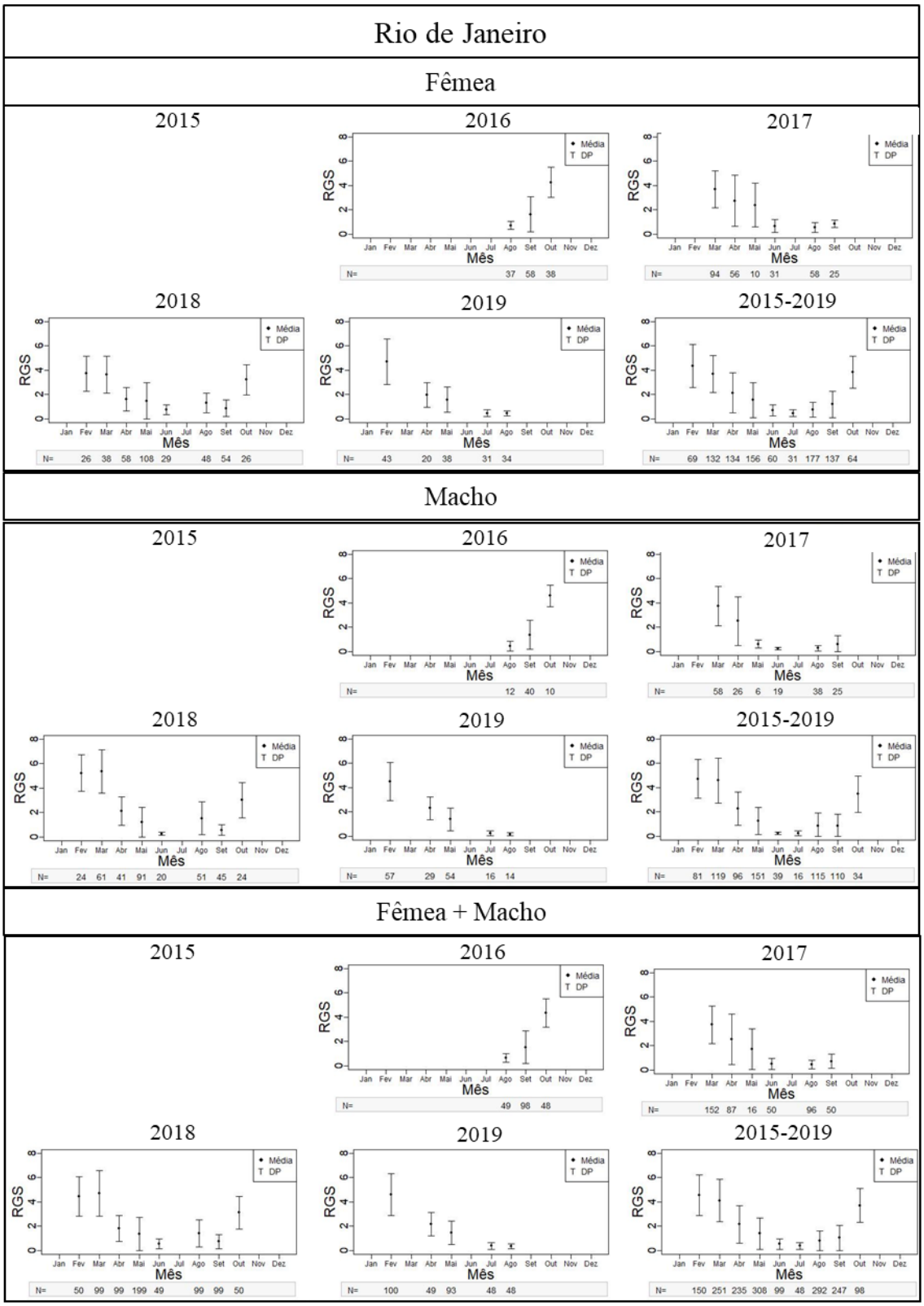


Figura 7-31 Relação gonadossomática (RGS) mensal da *S. brasiliensis* amostrada no Rio de Janeiro (RJ), do sexo fêmea (F), para cada ano de coleta (2016-2019). Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza contendo o número amostral considerado para cada mês (N).

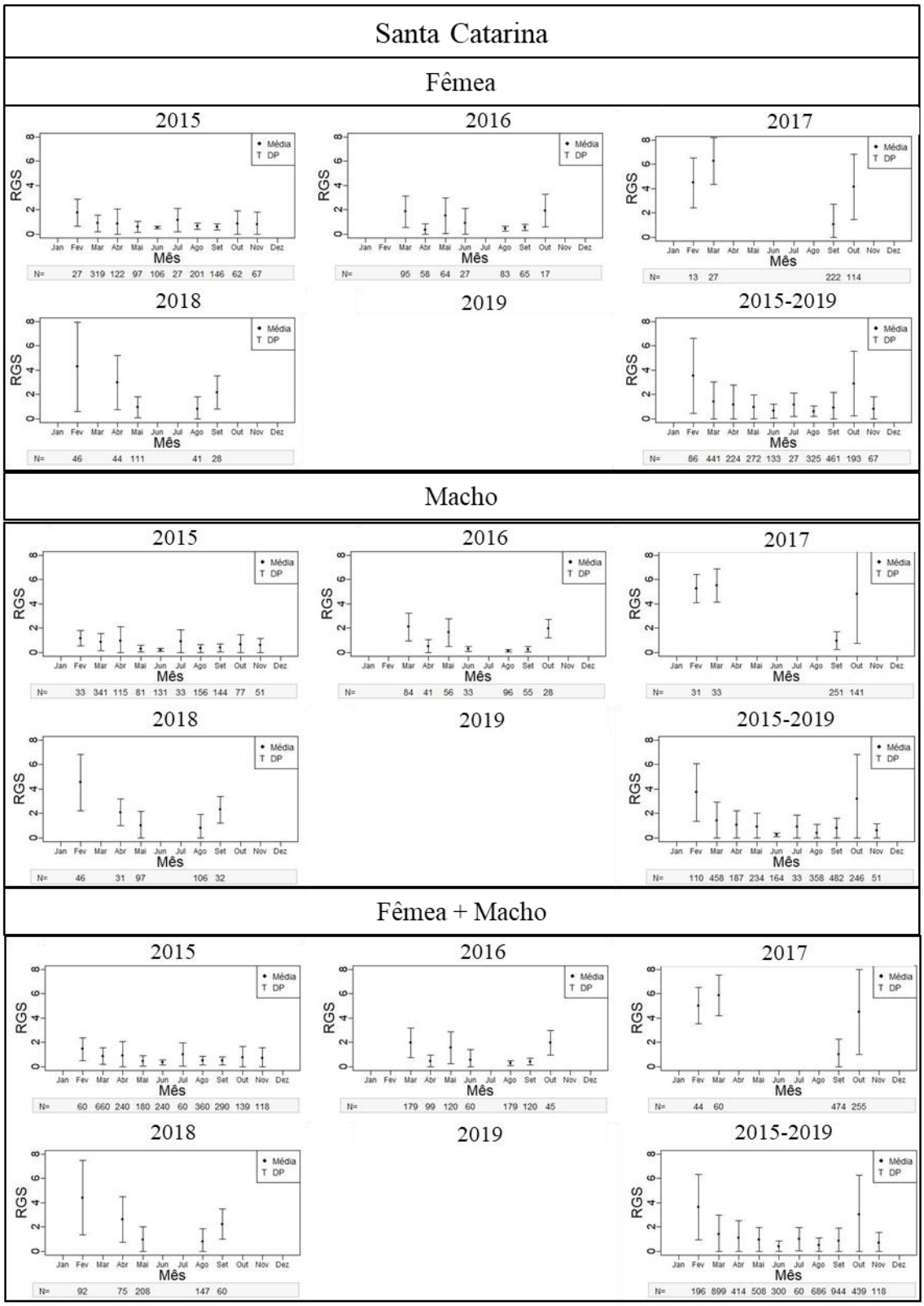


Figura 7-32 Relação gonadossomática (RGS) mensal da *S. brasiliensis* amostrada em Santa Catarina (SC), do sexo fêmea (F), para cada ano de coleta (2015-2018). Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza contendo o número amostral considerado para cada mês (N).

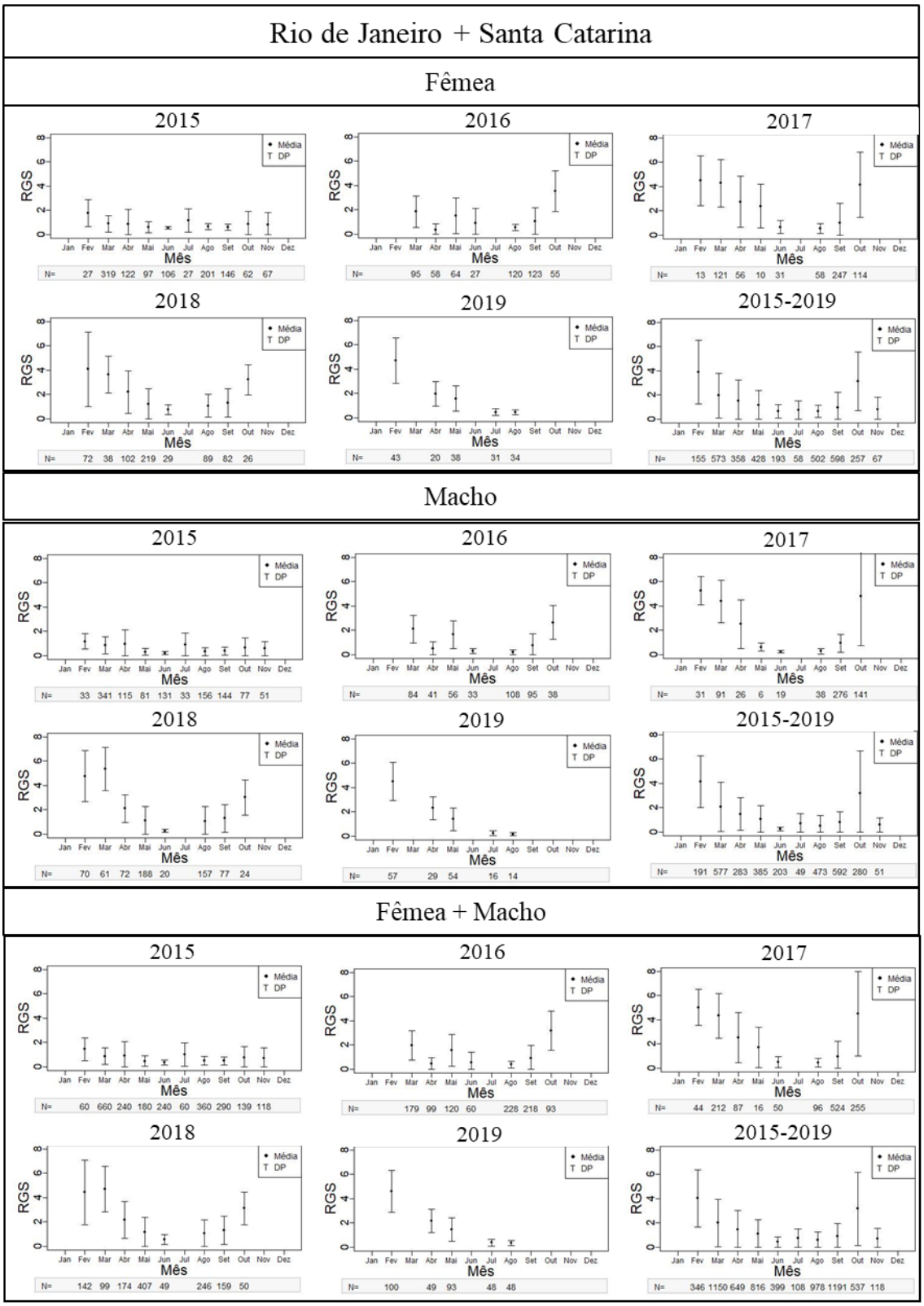


Figura 7-33 Relação gonadossomática (RGS) mensal da *S. brasiliensis* amostrada No Rio de Janeiro e em Santa Catarina (RJ+SC), dos sexos fêmea e macho (F+M), para cada ano de coleta (2015-2019). Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza contendo o número amostral considerado para cada mês (N).

K. Resultados da análise de comprimento médio de primeira maturação (L_{50}) com dados macroscópicos

Tabela 7-10 Resultados referentes à análise do comprimento médio de início da primeira maturação (L_{50}). Nas células acima, o ano de amostragem (2017 a 2019) e na célula mais à esquerda o local de amostragem (Rio de Janeiro) e o sexo. 'A' e "B': coeficientes da equação; r^2: o coeficiente de determinação. Os valores 'original' mostram os valores médios calculados, e os valores '*bootstrap*' mostram os valores recalculados após 1000 reanálises.

Rio de Janeiro		2017		2018		2019		2016-2019	
	valores	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*
Fêmeas	A	-12.8289	-13.0493	2.6433	2.8065	-29.0166	-29.7352	-15.1236	-15.1664
	B	0.8003	0.8135	0.1536	0.1358	1.4813	1.523	0.8799	0.8831
	L_{50}	16.0302	16.065	-17.2135	-14.5893	19.5888	19.5935	17.1881	17.1911
	r^2	0.4573	-	0.0087	-	0.7448	-	0.4556	-
		2017		2018		2019		2016-2019	
	valores	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*
Machos	A	-9.1503	-9.4469	-5.2057	-5.2106	-27.9005	-28.7039	-11.7735	-11.8478
	B	0.6407	0.6561	0.3796	0.378	1.4279	1.4667	0.689	0.6927
	L_{50}	14.2808	14.3933	13.7131	13.6773	19.5401	19.551	17.0876	17.1034
	r^2	0.2551	-	0.103	-	0.7383	-	0.3423	-
		2017		2018		2019		2016-2019	
	valores	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*
F+M	A	-13.5082	-13.7168	-4.8559	-4.9304	-28.8461	-29.3545	-13.7941	-13.8706
	B	0.8331	0.8452	0.3958	0.3968	1.4733	1.4984	0.7983	0.8036
	L_{50}	16.215	16.2295	12.2673	12.3136	19.5796	19.5823	17.279	17.2851
	r^2	0.4647	-	0.0911	-	0.7545	-	0.4227	-

Tabela 7-11 Resultados referentes à análise do comprimento médio de início da primeira maturação (L_{50}). Nas células acima, o ano de amostragem (2015 a 2018) e na célula mais à esquerda o local de amostragem (Santa Catarina) e o sexo. 'A' e "B': coeficientes da equação; r^2: o coeficiente de determinação. Os valores 'original' mostram os valores médios calculados, e os valores '*bootstrap*' mostram os valores recalculados após 1000 reanálises.

Santa Catarina		2015		2017		2018		2015-2018	
	valores	original	*bootstrap*			original	*bootstrap*	original	*bootstrap*
Fêmeas	A	-15.9195	-16.0292			-24.5357	-25.4132	-13.8181	-13.9472
	B	0.9973	1.0026			1.3968	1.4452	0.9084	0.9147
	L_{50}	15.9632	15.9823			17.566	17.6045	15.2118	15.237
	r^2	0.3488	-			0.5752	-	0.3389	-
Machos		2015		2017		2018		2015-2018	
	valores	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*
	A	-9.5864	-9.5798	-8.2	-7.3609	-8.9314	-8.9101	-7.7293	-7.6022
	B	0.6101	0.6091	0.7628	0.6985	0.5656	0.5672	0.5413	0.5348
	L_{50}	15.7134	15.7096	10.75	11.5761	15.7906	15.7648	14.2804	14.237
	r^2	0.1591	-	0.1586	-	0.1997	-	0.1369	-
F+M		2015		2017		2018		2015-2018	
	valores	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*
	A	-12.582	-12.6114	-7.8621	-7.1749	-12.6841	-12.8975	-10.3646	-10.3821
	B	0.7716	0.7726	0.7737	0.725	0.7679	0.7778	0.6864	0.6867
	L_{50}	16.3053	16.3218	10.1616	10.7818	16.5172	16.5373	15.1005	15.1131
	r^2	0.2662	-	0.1562	-	0.3267	-	0.2208	-

Tabela 7-12 Resultados referentes à análise do comprimento médio de início da primeira maturação (L_{50}). Nas células acima, o ano de amostragem (2017 a 2019) e na célula mais à esquerda o local de amostragem (Rio de Janeiro e Santa Catarina) e o sexo. 'A' e "B': coeficientes da equação; r^2: o coeficiente de determinação. Os valores 'original' mostram os valores médios calculados, e os valores '*bootstrap*' mostram os valores recalculados após 1000 reanálises.

RJ+SC		2015		2017		2018		2019		2015-2019	
	valores	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*
Fêmeas	A	-15.9195	-16.0292	-9.9322	-10.1288	-16.836	-17.0149	-29.0166	-29.7352	-14.1085	-14.1663
	B	0.9973	1.0026	0.727	0.7358	1.0412	1.0489	1.4813	1.523	0.8822	0.8838
	L_{50}	15.9632	15.9823	13.6617	13.7507	16.17	16.1803	19.5888	19.5935	15.9933	15.9988
	r^2	0.3488	-	0.2561	-	0.4377	-	0.7448	-	0.3559	-
	valores	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*
Machos	A	-9.5864	-9.5798	-5.7161	-6.1249	-7.2563	-7.2757	-27.9005	-28.7039	-8.9825	-8.9533
	B	0.6101	0.6091	0.5525	0.5696	0.4798	0.4808	1.4279	1.4667	0.589	0.5876
	L_{50}	15.7134	15.7096	10.3461	10.6881	15.1228	15.1288	19.5401	19.551	15.2498	15.2312
	r^2	0.1591	-	0.1115	-	0.1614	-	0.7383	-	0.1862	-
	valores	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*
F+M	A	-12.582	-12.6114	-10.072	-10.1601	-9.7532	-9.8689	-28.8461	-29.3545	-11.602	-11.6276
	B	0.7716	0.7726	0.7422	0.7494	0.6268	0.6313	1.4733	1.4984	0.7295	0.7307
	L_{50}	16.3053	16.3218	13.5712	13.5505	15.5615	15.5757	19.5796	19.5823	15.904	15.913
	r^2	0.2662	-	0.2355	-	0.2359	-	0.7545	-	0.2772	-

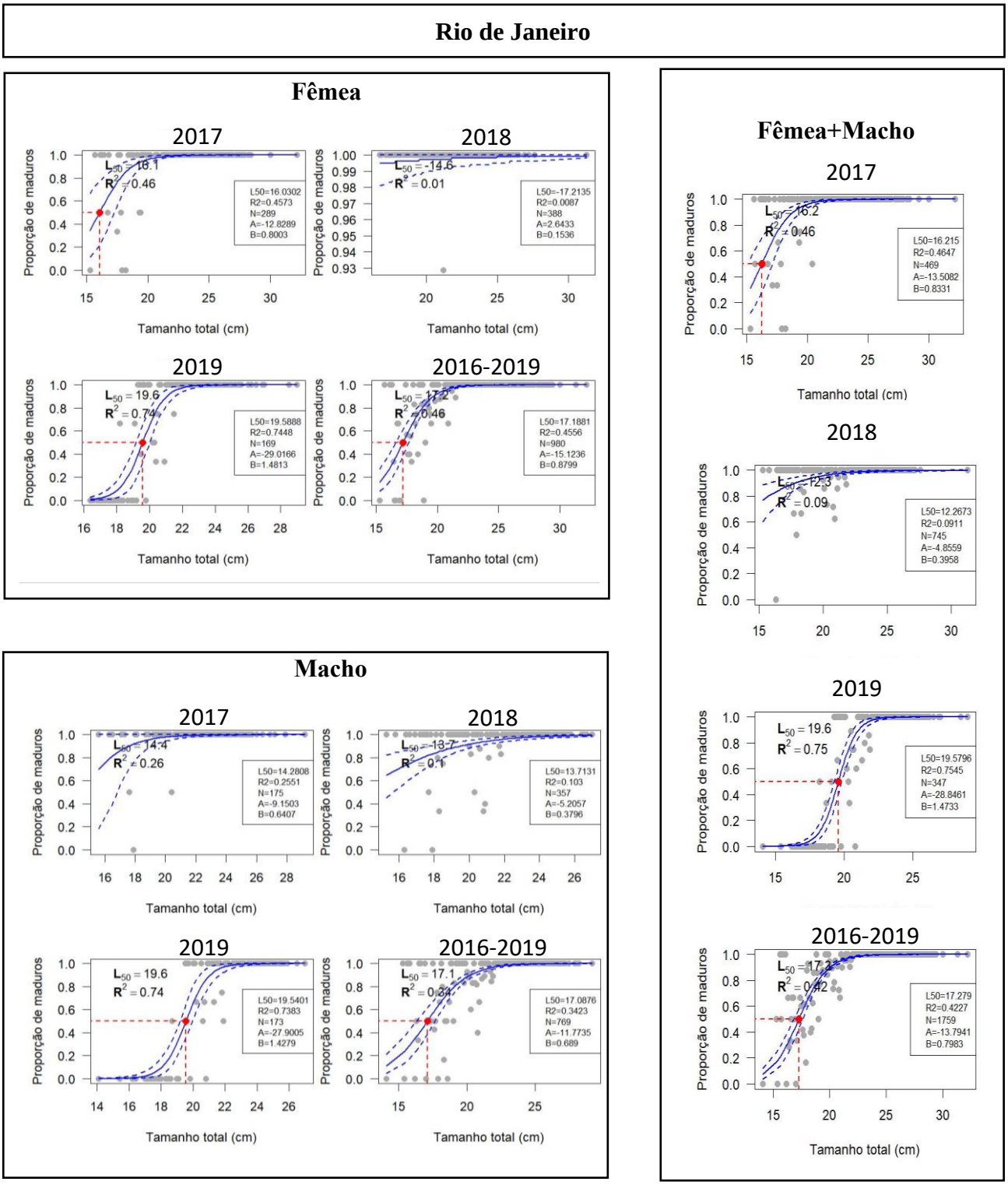


Figura 7-34 Comprimento médio de início de primeira maturação (L_{50}) da *Sardinella brasiliensis* amostrada no Rio de Janeiro. Sobre cada gráfico, os anos considerados. Em cada caixa, o sexo. Dentro do gráfico, uma caixa contendo as informações geradas pela análise: L_{50} é o comprimento médio de primeira maturação, r^2o coeficiente de determinação da curva, N o número de indivíduos usados na análise, e A e B os coeficientes da curva.

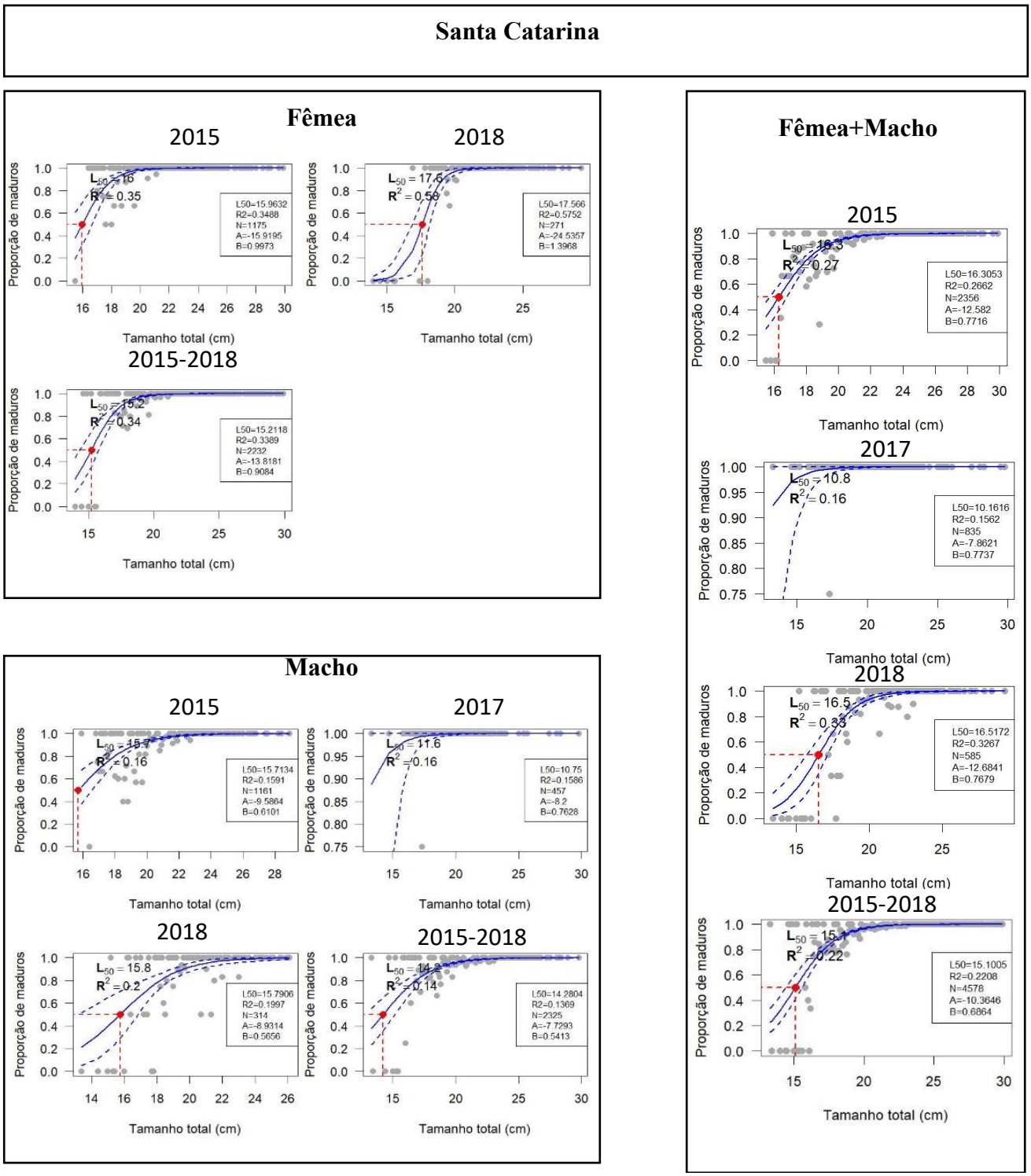


Figura 7-35 Comprimento médio de início de primeira maturação (L_{50}) da *Sardinella brasiliensis* amostrada em Santa Catarina. Sobre cada gráfico, os anos considerados. Em cada caixa, o sexo. Dentro do gráfico, uma caixa contendo as informações geradas pela análise: L_{50} é o comprimento médio de primeira maturação, r^2o coeficiente de determinação da curva, N o número de indivíduos usados na análise, e A e B os coeficientes da curva.

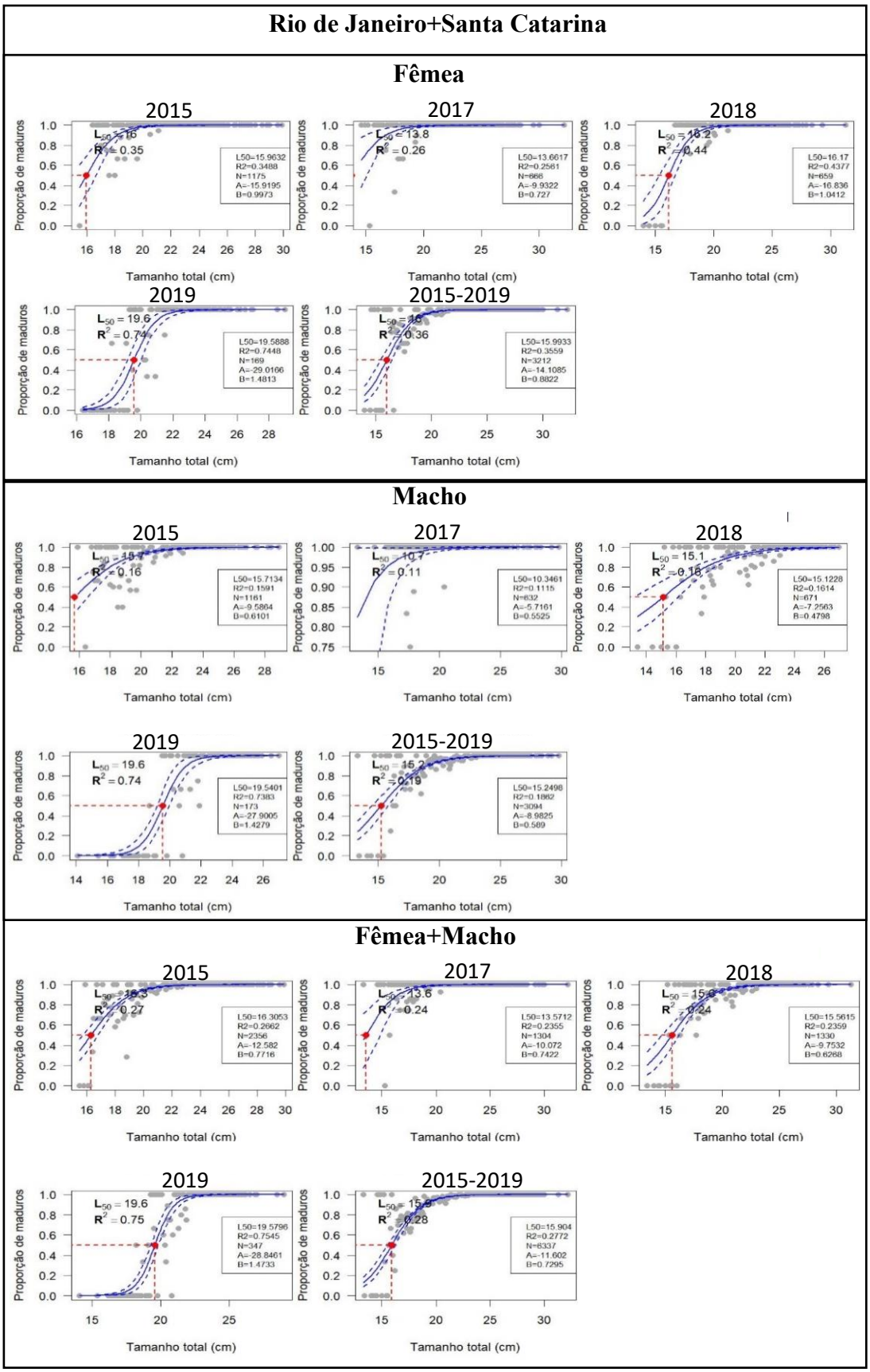


Figura 7-36 Comprimento médio de início de primeira maturação (L_{50}) da *Sardinella brasiliensis* amostrada no Rio de Janeiro e em Santa Catarina. Sobre cada gráfico, os anos considerados. Em cada caixa, o sexo. Dentro do gráfico, uma caixa contendo as informações geradas pela análise: L_{50} é o comprimento médio de primeira maturação, r^2o coeficiente de determinação da curva, N o número de indivíduos usados na análise, e A e B os coeficientes da curva.

L. Resultados da variação temporal dos estádios de maturidade microscópicos

Análise com número total de indivíduos como 100%

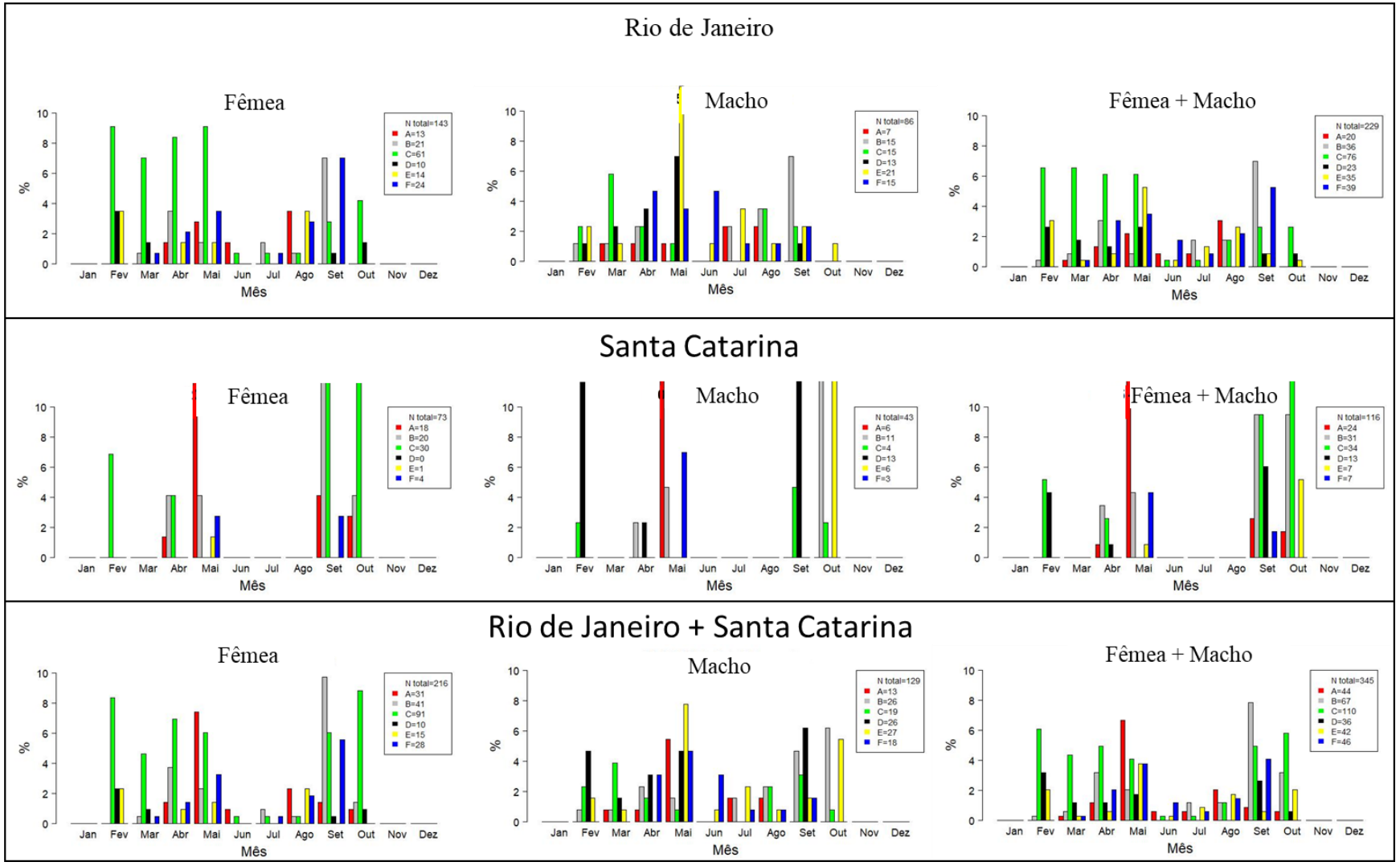


Figura 7-37 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal avaliados microscopicamente da *Sardinella brasiliensis*, considerando o número total de indivíduos como 100%, em todos os anos de coleta (2015-2019). Em cada caixa, o local de amostragem. Acima de cada gráfico, o sexo dos espécimes considerados (fêmea, macho, ambos sexos). Na legenda, o número de indivíduos considerados em cada estádio de maturidade, assim como o total (Ntotal).

Análise com número de indivíduos em cada estádio de maturidade como 100%

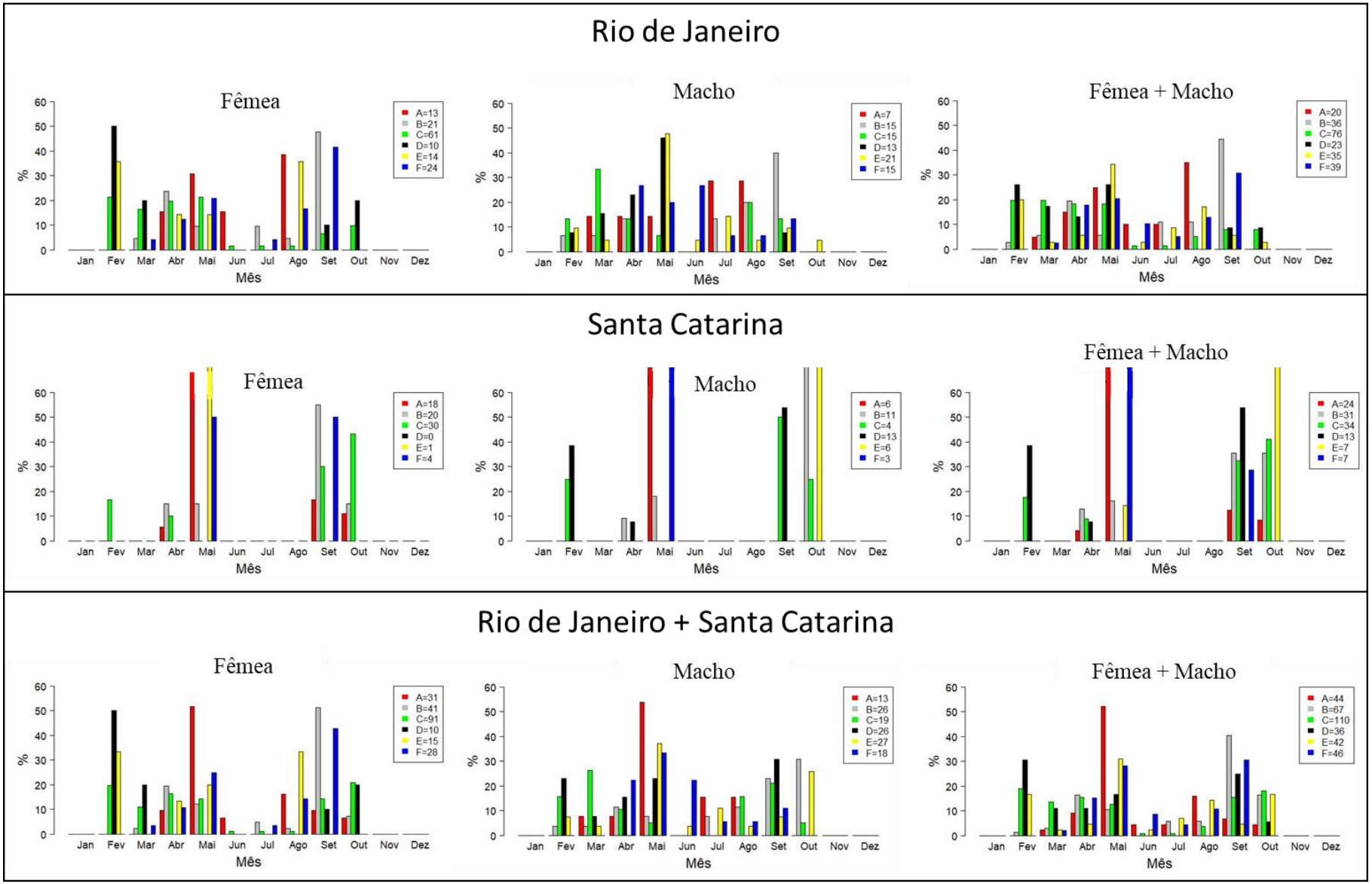


Figura 7-38 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal avaliados microscopicamente da *Sardinella brasiliensis*, considerando o número de indivíduos em cada estádio de maturidade como 100%, em todos os anos de coleta (2015-2019). Em cada caixa, o local de amostragem. Acima de cada gráfico, o sexo dos espécimes considerados (fêmea, macho, ambos sexos). Na legenda, o número de indivíduos considerados em cada estádio de maturidade, assim como o total (Ntotal).

Análise com número de indivíduos em cada mês como 100%

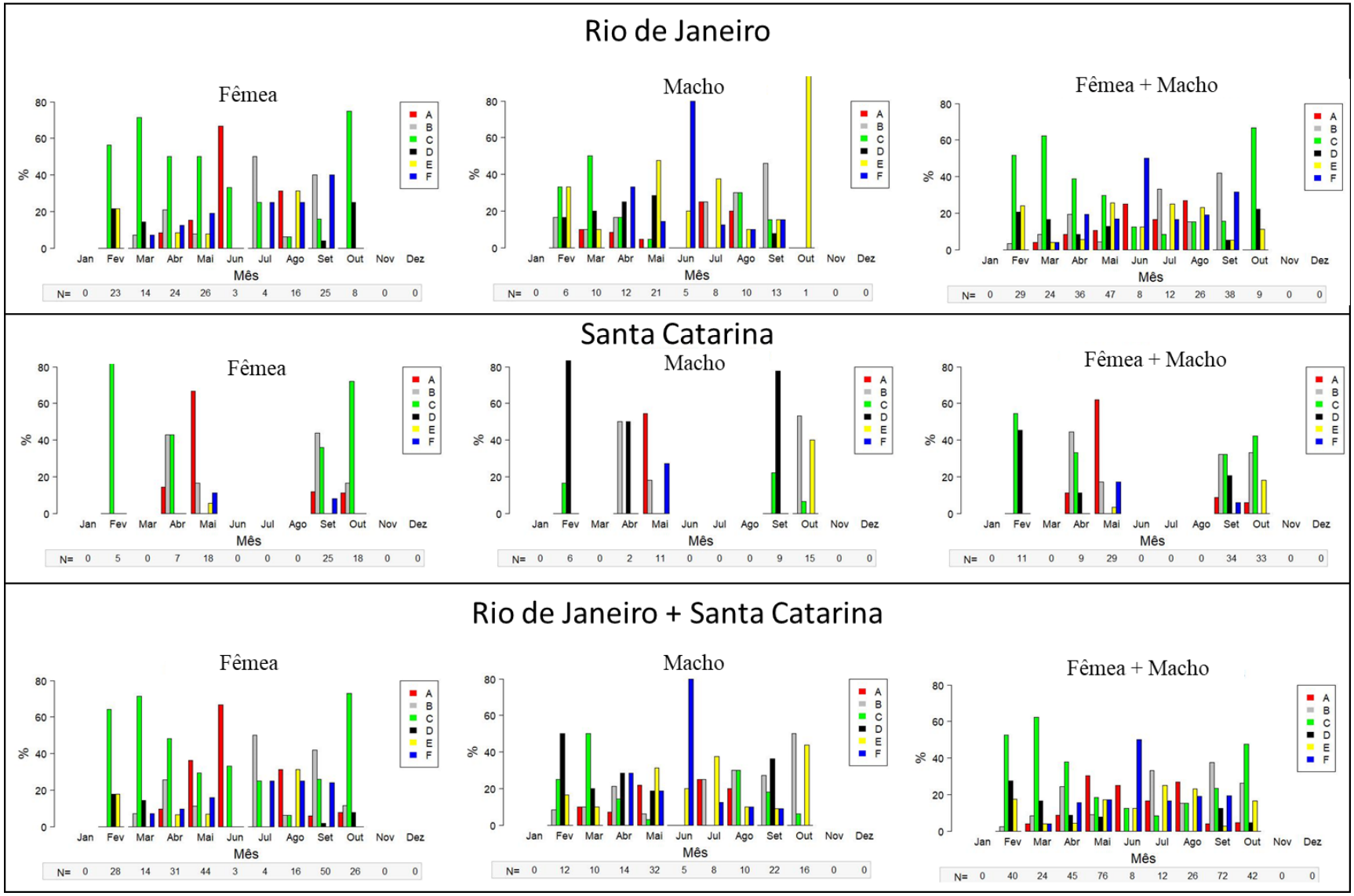


Figura 7-39 Variação temporal da frequência de estádios de maturidade gonadal avaliados microscopicamente da *Sardinella brasiliensis*, considerando o número de indivíduos em cada mês como 100%. em todos os anos de coleta (2015-2019). Em cada caixa, o local de amostragem. Acima de cada gráfico, o sexo dos espécimes considerados (fêmea, macho, ambos sexos). Abaixo de cada gráfico, uma caixa cinza contendo o número de indivíduos considerados em cada mês.

M. Resultados da análise de tamanho médio de primeira maturação (L_{50}) com dados microscópicos

Tabela 7-13 Resultados referentes à análise do comprimento médio de início de primeira maturação (L_{50}) com os estádios de maturidade avaliados microscopicamente da *Sardinella brasiliensis*. Nas células acima, o ano de amostragem (2017 a 2019) e na célula mais à esquerda o local de amostragem, Rio de Janeiro (RJ), e o sexo (fêmea, macho ou F+M). 'A' e "B': coeficientes da equação; L_{50}: comprimento médio de início de primeira maturação; r^2: coeficiente de determinação da curva. Os valores 'original' mostram os valores médios calculados, e os valores *bootstrap* mostram os valores recalculados após 1000 reanálises.

	Rio de Janeiro	2017-2019		2017		2018		2019	
Fêmeas	valores	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*
	A	-6.1793	-6.0095	-15.2229	-17.9111	-0.7683	-0.8844	-7.9971	-8.2677
	B	0.3982	0.3944	0.8335	0.9654	0.1405	0.1506	0.4825	0.4858
	L_{50}	15.5191	15.3725	18.2629	18.4774	5.4672	6.7034	16.5729	16.7625
	r^2	0.1576	-	0.5386	-	0.0201	-	0.1827	-
		2017-2019		2017		2018		2019	
Machos	valores	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*
	A	-6.9139	-7.0436	-5.3221	-5.5808	-3.353	-2.8061	-43.5749	-49.9412
	B	0.4491	0.4552	0.3577	0.3812	0.2642	0.2344	2.5666	2.9238
	L_{50}	15.395	15.4127	14.8779	15.0813	12.6906	15.0253	16.9779	17.0338
	r^2	0.1891	-	0.1535	-	0.0381	-	0.6812	-
		2017-2019		2017		2018		2019	
F+M	valores	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*
	A	-6.0403	-5.9869	-7.6627	-7.8607	-1.2263	-1.2593	-8.7074	-9.1194
	B	0.3975	0.396	0.4693	0.481	0.1633	0.1636	0.5378	0.5496
	L_{50}	15.1954	15.1729	16.3288	16.29	7.5111	8.1326	16.1897	16.3632
	r^2	0.1593	-	0.2735	-	0.0241	-	0.245	-

Tabela 7-14 Resultados referentes à análise do comprimento médio de início de primeira maturação (L_{50}) com os estádios de maturidade avaliados microscopicamente da *Sardinella brasiliensis*. Nas células acima, o ano de amostragem (2017 a 2019) e na célula mais à esquerda o local de amostragem, Santa Catarina (SC), e o sexo (fêmea, macho ou F+M). 'A' e "B': coeficientes da equação; L_{50}: comprimento médio de início de primeira maturação; r^2: coeficiente de determinação da curva. Os valores 'original' mostram os valores médios calculados, e os valores *bootstrap* mostram os valores recalculados após 1000 reanálises.

	Santa Catarina	2017-2019		2017		2018	
	valores	Original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*
Fêmeas	A	-11.5772	-12.0027	-16.1022	-17.7442	-22.6492	-24.8366
	B	0.6386	0.6609	0.9523	1.0341	1.13	1.2421
	L_{50}	18.1303	18.1399	16.9089	17.0221	20.0443	20.0279
	r^2	0.2387	-	0.3578	-	0.4803	-
		2017-2019				2018	
		original	*bootstrap*			original	*bootstrap*
Machos	A	1.0523	1.273			-8.7983	-9.4103
	B	0.0307	0,0186			0.4582	0.4892
	L_{50}	-34.2815	15.8346			19.2039	19.3141
	r^2	7e-04	-			0.1126	-
		2017-2019		2017		2018	
		original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*
F+M	A	-5.0182	-5.1365	-7.7208	-7.8876	-16.2618	-17.0153
	B	0.3195	0.3293	0.5438	0.5501	0.82	0.8553
	L_{50}	15.7065	15.7311	14.1982	14.2587	19.8312	19.8323
	r^2	0.0877	-	0.1595	-	0.3388	-

Tabela 7-15 Resultados referentes à análise do comprimento médio de início de primeira maturação (L_{50}) com os estádios de maturidade avaliados microscopicamente da *Sardinella brasiliensis*. Nas células acima, o ano de amostragem (2017 a 2019) e na célula mais à esquerda o local de amostragem, Rio de Janeiro e Santa Catarina (RJ+SC), e o sexo (fêmea, macho ou F+M). 'A' e "B': coeficientes da equação; L_{50}: comprimento médio de início de primeira maturação; r^2: coeficiente de determinação da curva. Os valores 'original' mostram os valores médios calculados, e os valores *bootstrap* mostram os valores recalculados após 1000 reanálises.

RJ + SC		2015-2019		2017		2018		2019	
	valores	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*
Fêmeas	A	-8.6342	-8.7982	-14.4197	-15.0797	-7.2776	-7.2965	-7.9971	-8.2677
	B	0.504	0.5112	0.8419	0.8741	0.4148	0.4198	0.4825	0.4858
	L_{50}	17.1322	17.1661	17.1274	17.1147	17.5461	17.4771	16.5729	16.7625
	r^2	0.2338	-	0.3893	-	0.1688	-	0.1827	-
		2015-2019		2017		2018		2019	
		original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*
Machos	A	-4.3568	-4.3723	0.4071	0.1828	-11.168	-11.847	-43.5749	-49.9412
	B	0.3197	0.3206	0.1207	0.1288	0.605	0.6357	2.5666	2.9238
	L_{50}	13.6299	13.6784	-3.3739	4.0876	18.4582	18.5178	16.9779	17.0338
	r^2	0.1129	-	0,0164	-	0.2443	-	0.6812	-
		2015-2019		2017		2018		2019	
		original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*	original	*bootstrap*
F+M	A	-6.3544	-6.2976	-6.173	-6.2618	-8.1854	-8.3423	-8.7074	-9.1194
	B	0.402	0.4026	0.4284	0.4363	0.4591	0.4686	0.5378	0.5496
	L_{50}	15.8052	15.7734	14.4086	14.4526	17.8308	17.8427	16.1897	16.3632
	r^2	0.1708	-	0.1742	-	0.1875	-	0.245	-

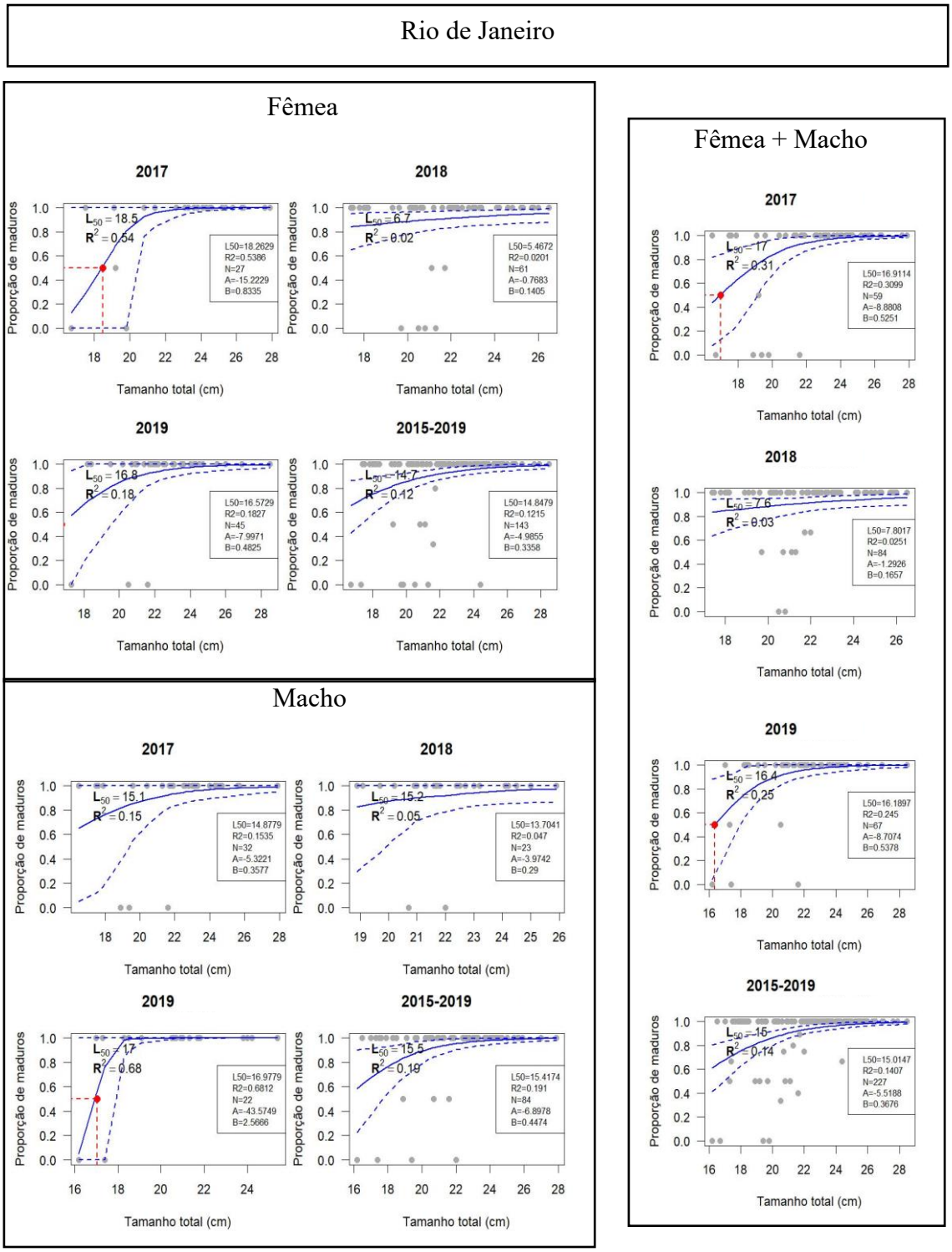


Figura 7-40 Comprimento médio de início de primeira maturação (L_{50}) da *Sardinella brasiliensis* com os estádios de maturidade avaliados microscopicamente. Sobre cada gráfico, os anos considerados (2016 a 2019), o sexo (Fêmea, Macho ou Fêmea + Macho) e local de amostragem (Rio de Janeiro). Dentro do gráfico, uma caixa contendo as informações geradas pela análise: $L_{50:}$ o comprimento médio de início de primeira maturação; R2: coeficiente de determinação da curva; N: número de indivíduos; A e B: os coeficientes da curva.

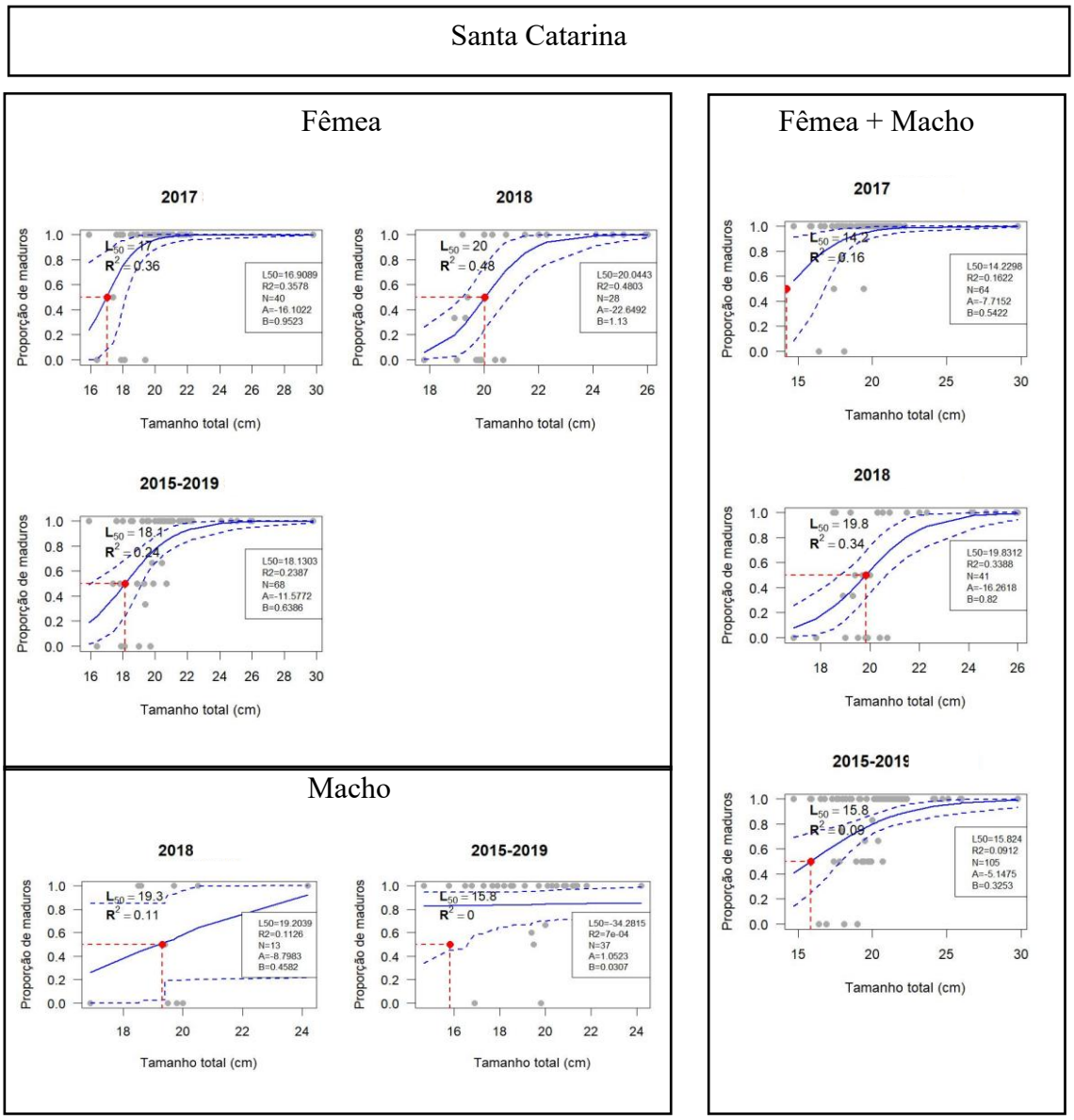


Figura 7-41 Comprimento médio de início de primeira maturação (L_{50}) da *Sardinella brasiliensis* com os estádios de maturidade avaliados microscopicamente. Sobre cada gráfico, os anos considerados (2015 a 2018), o sexo (Fêmea, Macho ou Fêmea + Macho) e local de amostragem (Santa Cataria). Dentro do gráfico, uma caixa contendo as informações geradas pela análise: $L_{50:}$ o comprimento médio de início de primeira maturação; R2: coeficiente de determinação da curva; N: número de indivíduos; A e B: os coeficientes da curva.

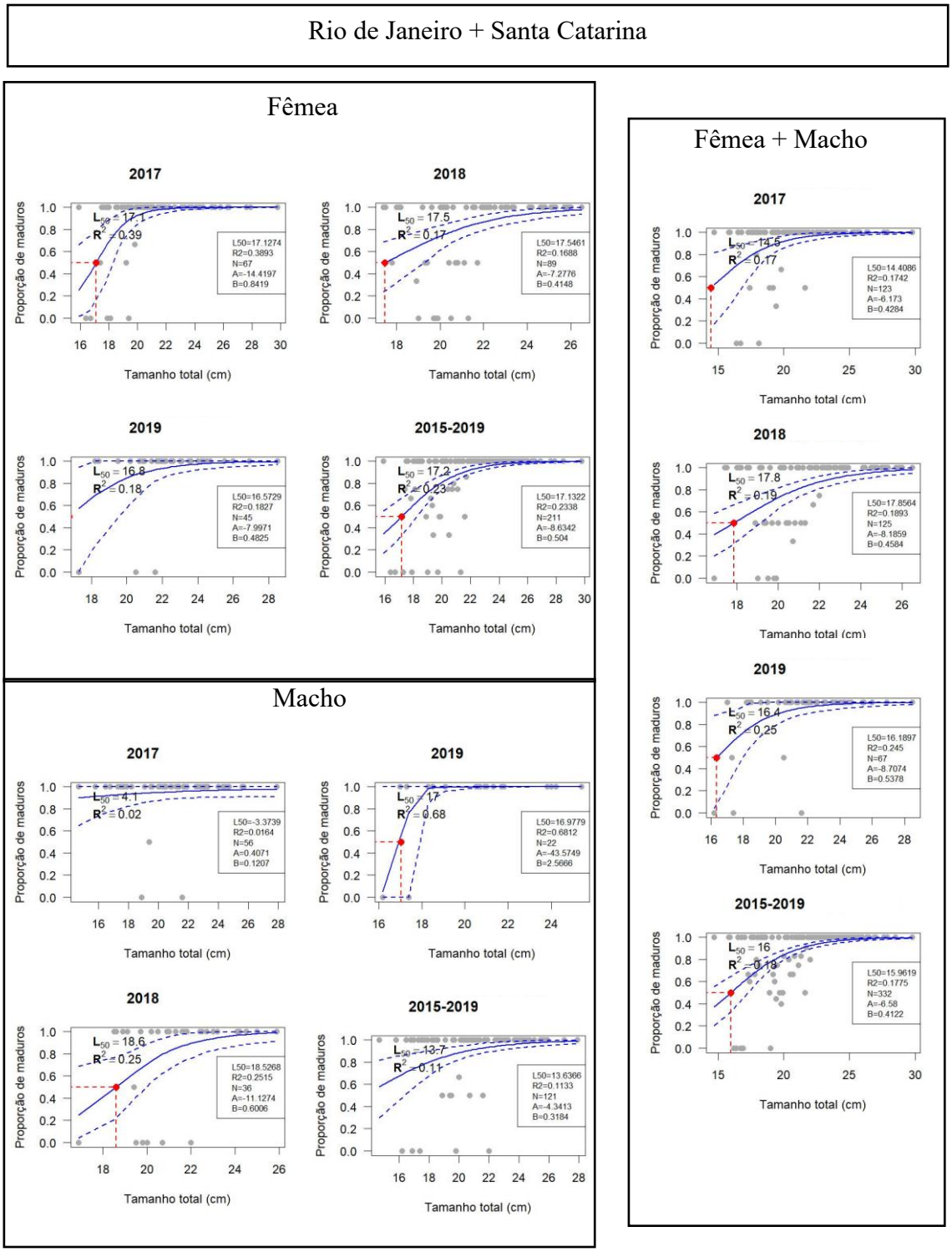


Figura 7-42 Comprimento médio de início de primeira maturação (L_{50}) da *Sardinella brasiliensis* com os estádios de maturidade avaliados microscopicamente. Sobre cada gráfico, os anos considerados (2015 a 2019), o sexo (Fêmea, Macho ou Fêmea + Macho) e local de amostragem (Rio de Janeiro + Santa Catarina). Dentro do gráfico, uma caixa contendo as informações geradas pela análise: $L_{50:}$ o comprimento médio de início de primeira maturação; R2: coeficiente de determinação da curva; N: número de indivíduos; A e B: os coeficientes da curva.

N. Tabela comparativa de alguns resultados obtidos neste e em outros trabalhos sobre a reprodução da sardinha-verdadeira

Tabela 7-16 Tabela comparativa com resultados obtidos neste e em outros estudos da *Sardinella brasiliensis*. Informações com "variável" são não identificadas com precisão, ou longas demais para serem escritas aqui, vide o trabalho original para mais informações. Lt: comprimento total médio; Wt: peso total médio; b: coeficiente alométrico; L_{50}: comprimento médio de início de primeira maturação; F=:fêmeas; M: machos; F+M: sexos agrupados. O símbolo '≅' significa uma aproximação feita por nós com dados limitados, vide o trabalho original para mais informações. Continua.

Bibliografia	Data de coleta	Local de coleta	Tipo de coleta	Lt (cm)	Wt (g)	b (peso X comprimento)	L_{50} ovócito (μm)	L_{50} (cm)	Proporção sexual
Vazzoler, 1962	1958-1959	SP	Comercial	17,84				17	Mais fêmeas. Maior diferença em julho, porém notados em outros meses
Vazzoler e Rossi-Wongtschowski, 1976	1963-1965	SP	Comercial	≅ 20,4		≅ 2,4	< 168,74		
Rossi-Wongtschowski, 1977	1970-1972	RJ, SP, PR e SC	Comercial, artesanal e científico	16,4		≅ 3,2			
SUDEPE, 1982	1981-1982	RJ, SP, PR, SC				3,14	< 240	16,7	
Isaac-nahum *et al.* (1983)	1978-79	22°-28°S					70-140		
Brasília, 1985	1983-84	RJ a SC	Variável	16-19				16,8	Mais fêmeas. A frequência aumenta para animais maiores
Isaac-Nahum *et al.* (1988)	1981-1982	RJ, SP, SC	Comercial	19,12	67,36				
Saccardo *et al.* (1988)	1981-83	22°-28°S							
Cergole e Valentini, 1994	1977-87	RJ, SP, SC	Comercial	18,47	54	≅ 3,25		16,8	
Cergole *et al.* (2002)	1993-1997	Variável	Comercial e científico			3,26			
Cergole e Rossi-Wongtschowski, 2005	Variável	SC	Comercial	≅18,5		3,11		15,5	
Paiva e Falcão, 2002	1999-2000	Angra dos Reis, RJ	Comercial	19,15	64,62			18,2 (M) - 19,2 (F)	Mais fêmeas. Maior diferença no inverno, com mais fêmeas
Dias, 2008b				18,4-21,2					

Tabela 7-16. Continuação. Tabela comparativa com resultados obtidos neste e em outros estudos da *Sardinella brasiliensis*. Informações com "variável" são não identificadas com precisão, ou longas demais para serem escritas aqui, vide o trabalho original para mais informações. Lt: comprimento total médio; Wt: peso total médio; b: coeficiente alométrico; L_{50}: comprimento médio de início de primeira maturação; F=:fêmeas; M: machos; F+M: sexos agrupados. O símbolo '≅' significa uma aproximação feita por nós com dados limitados, vide o trabalho original para mais informações.

Dias, 2008c				18,1-19					
Rossi-Wongtschowski *et al.* (2008)	2008	23°-27°29'S	Científico (arrastos com rede-de-meia-água)	13,22 (bimodal em 8 e 17)		3,34			
Santos, 2008	2002-2008	SC	Comercial	20,36 (F)-16,66(M)				16,91 (F) - 16,75 (M)	
Bustamante e Santos, 2009	2008-2009	Itajaí e Navegantes, SC	Comercial	20,4	75				
IBAMA, 2009	2008	Sudeste-Sul	Variável	22 (cerco) – 11,4 (rede-de-meia-água)		3,27			
Evangelista, 2010	2008-2010	Sudeste-Sul	Comercial e Científico (arrastos com rede-de-meia-água)	15 (científico) - 21 (comercial)		3,15		16,1 (M)-13,8 (F) e 15,7 (F+M)	Variável pelo tipo de coleta
Cergole e Dias-Neto, 2011	Variável	Variável	Variável	≅ 17-20				16-17	
Cipullo, 2015	1959-1961	ES, RJ, SP e SC	Científica e comercial (arrastos com rede-de-meia-água e cerco)	17,5-19		2,8		17,1-20,4 (F) 17,5-19,5 (M)	
Petermann, 2015	2000-13	20°-29°	Comercial	20				19,1 (F) - 18,2 (M)	
Souza, 2015	2012-2014	RJ	Comercial			≅ 3,4		20,2 (M) - 20,4 (F)	Mais fêmeas. Maior diferença em julho, porém notados em outros meses
Presente trabalho	2015-2019	RJ, SC	Comercial	21,47	88,47	≅ 3,18	103,4	16	

Tabela 7-17 Tabela comparativa com os resultados de fecundidade de sardinhas. O termo *ovary-free* significa que o cálculo de fecundidade relativa utilizou o peso do peixe diminuído do peso da gônada.

Espécie	Bibliografia	Local	Número amostral	Tipo de cálculo de fecundidade	Fecundidade por fêmea ($x10^3$ ovócitos)	Fecundidade relativa (ovócitos/g)
Sardinella aurita	Tsikliras e Antonopoulou, 2006	Mar mediterrâneo	1847	Volumetria	21	445
	Samba *et al.* (2021)	Senegal		Gravimetria	80-176	293-654
Sardina pilchardus	Ganias *et al.* (2004)	Mar mediterrâneo	222	Gravimetria	6,7-7,1 (para uma fêmea com 20g)	317-364 (*ovary-freee*)
	Nunes *et al.* (2011)	Portugal	343	Gravimetria		330-460
Sardinella longiceps	Deshmukh *et al.* (2010)	Índia	8	Volumetria	45-75	
	Shah *et al.* (2018)	Índia	24	Gravimetria	26,9-77,9	508-942
Sardinops sagax	Macewicz *et al.* (1996)	Califórnia	583	Gravimetria	24,3	294
	Plaza *et al.* (2002)	Chile	843	Gravimetria	28-102	
Sardinella brasiliensis	Isaac-Nahum *et al.* (1988)	Brasil	23	Gravimetria	23,3	356
			16	Estequiometria	30,5	430
	Dias, 2008b	Brasil			38,2	
	Dias, 2008c	Brasil	3	Gravimetria	16,6	79
	Evangelista, 2010	Brasil	7	Gravimetria	17,33	
	Presente trabalho	Brasil	35	Estereometria	25	252