

A Nossa
Universidade

Colégio dos Jesuítas
Rua dos Ferreiros - 9000-082, Funchal

Tel: +351 291 209400
Fax: +351 291 209410
Email: gabinetedareitoria@uma.pt

TD

Estrutura Populacional do Chicharro,
Trachurus picturatus do Atlântico Nordeste
Joana Patrícia Reis Vasconcelos

Estrutura Populacional do Chicharro, *Trachurus picturatus* do Atlântico Nordeste

TESE DE DOUTORAMENTO

Joana Patrícia Reis Vasconcelos
DOUTORAMENTO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS


UNIVERSIDADE da MADEIRA
A Nossa Universidade
www.uma.pt

setembro | 2016



agência regional para o
desenvolvimento da investigação
tecnológica e inovação

Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região



agência regional para o
desenvolvimento da investigação
tecnológica e inovação

Os melhores RUMOS para os Cidadãos da Região



DIMENSÕES: 45 X 29,7 cm

PAPEL: COUCHÊ MATE 350 GRAMAS

IMPRESSÃO: 4 CORES (CMYK)

ACABAMENTO: LAMINAÇÃO MATE

NOTA*

Caso a lombada tenha um tamanho inferior a 2 cm de largura, o logótipo institucional da UMA terá de rodar 90°, para que não perca a sua legibilidade/identidade.

Caso a lombada tenha menos de 1,5 cm até 0,7 cm de largura o layout da mesma passa a ser aquele que consta no lado direito da folha.

**Estrutura Populacional do Chicharro,
Trachurus picturatus do Atlântico Nordeste**

TESE DE DOUTORAMENTO

Joana Patrícia Reis Vasconcelos

DOUTORAMENTO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ORIENTADOR

Manfred Kaufmann

CO-ORIENTADOR

Leonel Serrano Gordo

Este trabalho foi desenvolvido na Direção de Serviços de Investigação da Direção Regional de Pescas no âmbito do Programa Nacional de Recolha de Dados da Pesca (Programa Mínimo), com a colaboração das Faculdades de Ciências da Universidade de Lisboa e do Porto e da Faculdade de Biologia da Universidade de Las Palmas de Gran Canaria, com o apoio do Applied Marine Ecology and Fisheries group do i-UNAT.

A elaboração desta dissertação teve o apoio da ARDITI - Agência Regional para o Desenvolvimento da Investigação, Tecnologia e Inovação, através do Programa RUMOS (Bolsa de Doutoramento).

“At length everything is brought to its utmost limit of growth by nature, the creatress and perfectress. This is reached when what is poured into its vital veins is no more than what drains away. Here the growing-time of everything must halt. Here nature checks the increase of her own strength”

Lucretius in Modern World

Resumo

Esta dissertação abordou duas temáticas principais: a identificação da estrutura do *stock* de chicharro, *Trachurus picturatus* (Bowdich, 1825), no sul do Atlântico nordeste e o estudo dos parâmetros de história de vida para a população da Madeira. A estrutura do *stock* de chicharro ainda é desconhecida e para identificar as unidades populacionais, foram selecionadas três áreas, Madeira, Portugal continental e Canárias, e utilizadas várias metodologias: morfologia do contorno do otólito, morfologia do corpo e análise parasitológica. Na primeira, foram analisados 100 otólitos por área, tendo os resultados da análise aos descritores elípticos de Fourier normalizados (NEFDs) revelado diferenças significativas entre as três áreas (classificação geral de 86.3%). Relativamente à morfologia do peixe, a atribuição de espécimes às localizações geográficas em estudo foi classificada corretamente em 80.7% das amostras ($K = 0.67$). Estes resultados juntamente com o padrão de infecção dos parasitas *Anisakis* spp., *Rhadinorhynchus* sp. e *Nybelinia* sp. confirmaram a distinção de 3 unidades populacionais no sul do Atlântico nordeste. Nos parâmetros de história de vida, a idade foi determinada a partir de 1405 espécimes, colhidos entre 2009 e 2010. A verificação das leituras foi efetuada segundo a análise do incremento marginal e a evolução mensal do tipo de bordo. Os resultados mostraram a existência de dois anéis por ano, tendo sido atribuídos sete grupos de idade (0-6). Não se verificaram diferenças significativas entre sexos nos comprimentos médios à idade e nas curvas de crescimento de von Bertalanffy. Os parâmetros de crescimento estimados foram: $L_{\infty} = 27.98$ cm, $k = 0.266$ ano⁻¹ e $t_0 = -2.713$ ano. A relação peso-comprimento estimada para todos os indivíduos foi de $W_t = 0.00411L_t^{3.230}$. A época de desova estendeu-se de janeiro a abril. A espécie atinge a maturidade sexual no primeiro ano com comprimentos de 17.06 e 17.04 cm para fêmeas e machos respetivamente.

Palavras-chave

Trachurus picturatus; Atlântico nordeste; Identificação de *stocks*; Morfologia da forma do corpo e do otólito; Parasitas; Idade, crescimento e fecundidade.

Abstract

This thesis addressed two main themes: the identification of the stock structure of blue jack mackerel, *Trachurus picturatus* (Bowdich, 1825), in the South Atlantic Northeast and the study of life history parameters for the Madeira population. The stock structure of blue jack mackerel is still unknown, and to identify the populational units, three areas were selected, Madeira, mainland Portugal and the Canary Islands, and used different methodologies: otolith morphometry, body shape morphometry and parasitological analysis. For the first methodology, 100 otoliths were analysed by area, and the results of the analysis made to elliptical Fourier descriptors (NEFDs) shown significant differences among the three areas (overall rating of 86.3%). Regarding the body shape morphometry, assigning specimens to the geographic locations under study were correctly classified in 80.7% of the samples ($K = 0.67$). These results along with the pattern of infection of the parasites *Anisakis* spp., *Rhadinorhynchus* sp. and *Nybelinia* sp. pointed to the existence of 3 stocks in the South Atlantic Northeast. In life history parameters, age was determined on 1405 specimens collected between 2009 and 2010. Otolith reading verification was performed according to marginal increment analysis and monthly analysis of otoliths edge type. The results confirmed the presence of two rings per year, being allocated seven age groups (0-6). There was no significant differences between sexes in mean lengths-at-age and in the von Bertalanffy growth curves. The growth parameters estimated were: $L_{\infty} = 27.98$ cm, $k = 0.266$ year⁻¹ and $t_0 = -2.713$ year. The length-weight relationships for sexes combined was $W_t = 0.00411L_t^{3.230}$. The spawning season extended from January to April. The species reaches sexual maturity in the first year (0.69 year, females and males) with total length of 17.06 cm for females and 17.04 cm for males.

Keywords

Trachurus picturatus; Atlantic northeast; Stock identification; Body shape and otolith morphometry; Parasites; Age, growth and fecundity.

Agradecimentos

Ao concluir este estudo, não posso deixar de expressar o meu sincero agradecimento a todas as pessoas que para ele contribuíram.

Um grande obrigada:

- Ao Prof. Doutor Manfred Kaufmann por se ter prontificado a orientar esta tese e por ter confiado no meu trabalho;
- Um especial agradecimento ao Prof. Leonel Serrano Gordo, por ter aceite a orientação deste trabalho e pelos seus inestimáveis conselhos e ensinamentos, sempre ministrados com simpatia, disponibilidade e interesse; quero, ainda, agradecer a maneira como sempre me recebeu na FCUL e por toda a logística de obtenção e transporte do material biológico referente a Peniche;
- Ao Dr. João Delgado, Diretor de Serviços de Investigação da Direção Regional de Pescas, que me apoiou, incentivou e disponibilizou todos os meios, bem como material biológico, necessários à concretização deste trabalho;
- Ao Prof. Doutor José Antonio González (Solea) pela sua preciosa ajuda na obtenção das amostras referentes a Canárias, disponibilidade, receção e ajuda imprescindível nos trabalhos práticos efetuados na Universidade de Las Palmas de Gran Canaria, além da sua amizade;
- À Prof.^a Doutora Aurélia Saraiva, pela sua recetividade na FCUP e incalculável ajuda no capítulo dos parasitas;
- À Dr.^a Graça Faria, por todos os ensinamentos relativos à reprodução do chicharro, ao infinito apoio e amizade;
- À Dr.^a Adriana Alves, à Dr.^a Sara Reis e à Dr.^a Ana Rita, pelas suas preciosas sugestões, bom humor e infinita disponibilidade;
- Aos técnicos do laboratório da Direção de Serviços de Investigação e em especial ao José Luís, Fernando e Filipe pela ajuda nas amostragens;
- À Dr.^a Rita Freitas e Doutora Margarida Hermida pelas indispensáveis ajudas nas análises estatísticas;
- À Doutora Ana Rita Vieira e Doutora Vera Sequeira pelo tempo e ajuda dispensada na análise da morfologia do corpo do peixe;
- À Dr.^a Antonieta Amorim, por ter cedido os mapas das zonas de pesca e áreas amostradas;

- À Fernanda Mota e ao Paulo Mota pela infindável amizade, por me receberem em sua casa sempre com muito carinho e pelo apoio na logística e transporte de peixe de Lisboa;
- À Dr.^a Andreia Reis, pelas suas preciosas e valiosas contribuições na edição gráfica da tese;
- Ao Dr. Marco Gonçalves, pela sua contribuição na revisão da tese e na edição gráfica da apresentação PowerPoint.

Quero manifestar um agradecimento especial à minha família por terem estado sempre presentes quando precisei e por terem sempre apoiado as minhas decisões, tornando-as possíveis.

E por último, agradeço a todas as pessoas, que não estão aqui citadas, mas que de uma forma ou de outra, contribuíram para este trabalho.

Abreviaturas

ϕ'	Índice de performance do crescimento
A	Abundância média (parasitas); Ovócito atrético (reprodução)
APE	Erro Percentual Médio
b	Coefficiente de alometria (crescimento); constante da curva logística (ogivas de maturação)
B/R	Biomassa por recruta
CA	Ovócito no estado de alvéolo cortical
cg	Centigrama
cm	Centímetro
D	Índice de Precisão
DSI	Direção de Serviços de Investigação
DSIAP	Direção de Serviços de Infraestruturas de Apoio à Pesca
DRP	Direção Regional de Pescas
F	Fêmea; Mortalidade por pesca
FA	Fator de ampliação (FA1; FA2; FA3)
g	Gramma
gl	Graus de liberdade ($gli = ni-p$; $gly = n-p$; $glx = \text{somatório de } gli$)
GVM	Ovócito com migração da vesícula germinal
GVBD	Ovócito com rompimento da vesícula germinal
I	Intensidade média (parasitas)
IGS	Índice gonadossomático
IHS	Índice hepatossomático
IMR	Incremento marginal relativo
k	Constante de crescimento (ano^{-1}); Fator de condição de Fulton (reprodução)
kg	Quilograma

Abreviaturas (continuação)

L	Classe de comprimento
L_{∞}	Comprimento assintótico (cm)
L_c	Comprimento total do peixe à data da captura
L_i	Comprimento total do peixe na altura da formação da zona anual de crescimento i
LF	Comprimento furcal
Lm_{50}	Comprimento médio à primeira maturação (cm)
LO	Comprimento total do otólito (mm)
L_t	Comprimento médio à idade t (cm)
LT	Comprimento total
m	Metro
M	Macho; Mortalidade natural
mm	Milímetro
M€	Mil euros
n	Número de otólitos com idade nominal a ; Número de indivíduos
n_{conc}	Número de leituras concordantes atribuídas aos otólitos com idade nominal a
OM	Maturação do ovócito
P	Percentagem de indivíduos maduros (reprodução); Prevalência (parasitas)
PG	Crescimento primário
POF	Folículo pós-ovulatório
q	Constante
r	Número de leituras repetidas realizadas em cada indivíduo j ($j = 1, 2, \dots, n$)
R_i	Sucessivas distâncias entre o <i>focus</i> e o bordo externo dos anéis translúcidos (R_1, R_2, \dots, R_i)
R_c	Raio do otólito à data da captura

Abreviaturas (continuação)

R_i	Raio da zona anual de crescimento i
r_n	Raio da última zona anual de crescimento
r_{n-1}	Raio da penúltima zona anual de crescimento
RO	Raio do otólito (mm)
SC1	Espermatócito primário
SC2	Espermatócito secundário
SD	Desvio padrão
SE	Erro padrão
SG1	Espermatogónia primária
SG2	Espermatogónia secundária
SOP	Soma dos Produtos, ou seja, quociente entre a captura em peso estimada e a captura em peso real (desembarcada)
SQR	Soma dos quadrados dos resíduos ($SQR_i = SQR$ de cada curva i ; $SQR_y = SQR$ total; $SQR_x =$ Somatório de SQR_i)
ST	Espermatídio
SZ	Espermatozoide
t	Idade do indivíduo (ano)
T	Grupo de idade (ano)
t_0	Idade teórica à qual o comprimento é zero (crescimento em comprimento) ou peso é zero (crescimento em peso) (ano)
T_c	idade na primeira captura (ano)
T_r	idade no recrutamento (ano)
t	Tonelada
Tm_{50}	Idade média à primeira maturação (ano)
V	Coefficiente de variação

Abreviaturas (continuação)

VTG1 Vitelogénico primário

VTG2 Vitelogénico secundário

VTG3 Vitelogénico terciário

WE Peso eviscerado (g)

W_f Peso do fígado (g)

W_G Peso da gónada (g)

W_t Peso total médio à idade t (g)

WT Peso total do peixe (g)

W_∞ Peso assintótico (g)

X_{ij} Idade média atribuída na leitura i do indivíduo j (ano)

X_j Idade média das R leituras efetuadas para o indivíduo j (ano)

Y/R Produção por recruta (captura em peso, por recruta)

Z Mortalidade total (ano)

Lista de Figuras

FIGURA 1 – ILUSTRAÇÃO CIENTÍFICA DE UM ESPÉCIME DE CHICHARRO, <i>TRACHURUS PICTURATUS</i> (BOWDICH, 1825), CAPTURADO NA ILHA DA MADEIRA (FONTE: DSI/DRP).....	4
FIGURA 2 – MAPA DA DISTRIBUIÇÃO MUNDIAL DO CHICHARRO, <i>TRACHURUS PICTURATUS</i> (BOWDICH, 1825) (AQUAMAPS, 2013).....	5
FIGURA 3 – MAPA DA ILHA DA MADEIRA COM INDICAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DE ALGUMAS ZONAS DE PESCA (MANCHAS CINZENTAS) DO <i>T. PICTURATUS</i> , DE ACORDO COM OS DADOS DISPONÍVEIS PARA 2009 – 2010 (FONTE: DSI/DRP).	6
FIGURA 4 – DESEMBARQUES ANUAIS DE CHICHARRO, <i>T. PICTURATUS</i> , NA ILHA DA MADEIRA ENTRE 1978 E 2015, EM QUANTIDADE (TONELADAS) E EM VALOR ECONÓMICO (MIL EUROS) (FONTE: DSIAP/DRP).	7
FIGURA 5 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS ÁREAS DE AMOSTRAGEM NO ATLÂNTICO NORDESTE (FONTE: DSI/DRP). 15	
FIGURA 6 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE REFERÊNCIA ANATÓMICOS (<i>LANDMARKS</i>) UTILIZADOS NA MORFOLOGIA DA FORMA DO CORPO DO CHICHARRO. FOTO DE UMA FÊMEA AMOSTRADA DA MADEIRA COM 27 CM DE COMPRIMENTO TOTAL.....	23
FIGURA 7 – ORDENAÇÃO BIDIMENSIONAL DE ESPÉCIMES DE CHICHARRO DOS TRÊS LOCAIS COM BASE NA ANÁLISE DE VARIÁVEIS CANÓNICAS (<i>CVA</i>). LEGENDA: AZUL (1) = CANÁRIAS; VERDE (2) = PENICHE; VERMELHO (3) = MADEIRA. OS NÚMEROS REPRESENTAM AS CLASSES CENTRÓIDES.....	26
FIGURA 8 – OTÓLITO DE CHICHARRO DA MADEIRA: (A) LADO DISTAL (ESPÉCIME COM 19.2 CM LT) E (B) CONTORNO. 33	
FIGURA 9 – RESULTADOS DA ANÁLISE DA FUNÇÃO DISCRIMINANTE PARA SEXOS COMBINADOS DE PENICHE (1, AZUL), MADEIRA (2, VERDE) E CANÁRIAS (3, VERMELHO), BASEADA NOS DESCRITORES DE FOURIER NORMALIZADOS DAS PRIMEIRAS 20 HARMÓNICAS. OS NÚMEROS REPRESENTAM AS CLASSES CENTRÓIDES.	36
FIGURA 10 – REGISTO FOTOGRÁFICO DAS ESPÉCIES DE PARASITAS SELECIONADAS COMO MARCADORES BIOLÓGICOS NA DISTINÇÃO DO <i>STOCK</i> DE CHICHARRO NO ATLÂNTICO NORDESTE: A) <i>NYBELINIA</i> SP. (CESTODA) (AMPLIAÇÃO TOTAL DE 32X); B) <i>RHADINORHYNCUS</i> SP. (ACANTHOCEPHALA) (AMPLIAÇÃO TOTAL DE 20X); E C) <i>ANISAKIS</i> SPP. (NEMATODA) (AMPLIAÇÃO TOTAL DE 16X).....	48
FIGURA 11 – VISTA DAS FACES EXTERNA (A) E INTERNA (B) DE UM PAR DE OTÓLITOS <i>SAGITTA</i> ESQUERDO DE <i>T. PICTURATUS</i> , COM UMA AMPLIAÇÃO TOTAL DE 16X.	72
FIGURA 12 – OTÓLITOS <i>SAGITTA</i> DE <i>TRACHURUS PICTURATUS</i> REPRESENTATIVOS DAS IDADES 0 A 7 ANOS, COM UMA AMPLIAÇÃO TOTAL DE 20X. INDIVÍDUOS COM 16.8, 19.3, 20.4, 21.4, 24, 27.8, 33.5 E 36.4 CM DE COMPRIMENTO TOTAL RESPECTIVAMENTE. AS SETAS INDICAM OS LIMITES DOS 2 <i>ANNULI</i> QUE SE FORMAM ANUALMENTE. NO <i>ROSTRUM</i> OS 2 <i>ANNULI</i> CONVERGEM (NA GRANDE MAIORIA DOS OTÓLITOS) EM APENAS UMA MARCA, ENQUANTO NA PARTE POSTERIOR DO OTÓLITO SÃO VISÍVEIS OS 2 <i>ANNULI</i> FORMADOS ANUALMENTE.....	73
FIGURA 13 – PERCENTAGEM DE CONCORDÂNCIA EM CADA IDADE NOMINAL A OBTIDA PARA CADA REGIÃO EM ESTUDO E PARA O ANO DE 2015.	74
FIGURA 14 – RELAÇÕES PESO-COMPRIMENTO ESTIMADAS PARA SEXOS COMBINADOS DE <i>T. PICTURATUS</i> AMOSTRADOS NAS TRÊS REGIÕES EM ESTUDO E PARA O ANO DE 2015.....	83
FIGURA 15 – MEDIÇÕES EFETUADAS EM CADA OTÓLITO ESQUERDO DE <i>T. PICTURATUS</i> . LEGENDA: <i>RO</i> = RAIOS DO OTÓLITO (DISTÂNCIA QUE VAI DESDE O CENTRO DO NÚCLEO AO BORDO POSTERIOR); <i>Ri</i> = DISTÂNCIA DO BORDO EXTERNO DE CADA ANEL TRANSLÚCIDO AO CENTRO DO NÚCLEO MEDIDO NO MESMO EIXO DE <i>RO</i> (AMPLIAÇÃO TOTAL DE 20X).....	116

FIGURA 16 – PERCENTAGEM DE CONCORDÂNCIA EM CADA IDADE NOMINAL A OBTIDA PARA CADA ANO (2009 E 2010).	123
FIGURA 17 – PERCENTAGEM MENSAL DO VALOR MÉDIO DE INCREMENTO MARGINAL RELATIVO (<i>IMR</i>) E RESPECTIVOS LIMITES DE 95% DE CONFIANÇA OBTIDOS PARA O TOTAL DE INDIVÍDUOS DE <i>T. PICTURATUS</i> REFERENTES AOS ANOS DE 2009 E 2010.	131
FIGURA 18 – EVOLUÇÃO MENSAL DO TIPO DE BORDO, OPACO (<i>O</i>) VS. TRANSLÚCIDO (<i>T</i>), OBTIDO PARA FÊMEAS, MACHOS E TOTAL DE INDIVÍDUOS DE <i>T. PICTURATUS</i> AMOSTRADOS ENTRE 2009 E 2010 (ANO MÉDIO).	132
FIGURA 19 – RELAÇÃO ENTRE O COMPRIMENTO TOTAL DO CORPO (<i>LT</i> EM MM) E O RAIOS DO OTÓLITO (<i>RO</i> EM MM) ESTIMADA PARA FÊMEAS, MACHOS E PARA O TOTAL DE INDIVÍDUOS DE <i>T. PICTURATUS</i> , ATRAVÉS DE REGRESSÃO POTENCIAL.....	133
FIGURA 20 – RELAÇÃO ENTRE O RAIOS DO OTÓLITO (<i>RO</i> EM MM) E O COMPRIMENTO TOTAL DO CORPO (<i>LT</i> EM MM) ESTIMADA PARA FÊMEAS, MACHOS E PARA O TOTAL DE INDIVÍDUOS DE <i>T. PICTURATUS</i> , ATRAVÉS DE REGRESSÃO POTENCIAL.....	134
FIGURA 21 – CURVAS DE CRESCIMENTO DE VON BERTALANFFY ESTIMADAS PARA O TOTAL DE INDIVÍDUOS DE <i>T. PICTURATUS</i> ATRAVÉS DOS COMPRIMENTOS MÉDIOS À IDADE PONDERADOS RESULTANTES DA APLICAÇÃO DAS CHAVES IDADE-COMPRIMENTO ÀS CAPTURAS ANUAIS E RETROCALCULADOS PELAS EQUAÇÕES HIPÓTESE 1 E FRASER-LEE.	139
FIGURA 22 – RELAÇÃO PESO-COMPRIMENTO ESTIMADA PARA SEXOS COMBINADOS DE <i>T. PICTURATUS</i> AMOSTRADOS ENTRE 2009 – 2010.	140
FIGURA 23 – PROPORÇÃO DE FÊMEAS E MACHOS NAS CAPTURAS MENSAIS DE <i>T. PICTURATUS</i> PARA OS ANOS 2009, 2010 E ANO MÉDIO (2009 – 2010).	162
FIGURA 24 – PROPORÇÃO DE FÊMEAS E MACHOS, POR CLASSE DE COMPRIMENTO, DE <i>T. PICTURATUS</i> PARA OS ANOS 2009, 2010 E ANO MÉDIO (2009 – 2010).	163
FIGURA 25 – PROPORÇÃO DE FÊMEAS E MACHOS, POR GRUPO DE IDADE, DE <i>T. PICTURATUS</i> PARA OS ANOS 2009, 2010 E ANO MÉDIO (2009 – 2010).	164
FIGURA 26 – VISTA GERAL DE OVÁRIOS DE <i>TRACHURUS PICTURATUS</i> . OVÓCITOS EM DIFERENTES FASES DE DESENVOLVIMENTO: A), B) E C) CAPAZES DE SE REPRODUZIR; D) SUBFASE DE REPRODUÇÃO ATIVA. LEGENDA: <i>PG</i> = OVÓCITO EM CRESCIMENTO PRIMÁRIO; <i>CA</i> = OVÓCITO NA FASE DE ALVÉOLO CORTICAL; <i>VTG1</i> = OVÓCITO VITELOGÊNICO PRIMÁRIO; <i>VTG2</i> = OVÓCITO VITELOGÊNICO SECUNDÁRIO; <i>VTG3</i> = OVÓCITO VITELOGÊNICO TERCIÁRIO; <i>GVM</i> = OVÓCITO COM MIGRAÇÃO DA VESÍCULA GERMINAL; <i>GVBD</i> = OVÓCITO COM ROMPIMENTO DA VESÍCULA GERMINAL; <i>POF</i> = COMPLEXO FOLÍCULO PÓS-OVULATÓRIO; <i>A</i> = OVÓCITO ATRÉTICO.	165
FIGURA 27 – VARIAÇÃO MENSAL DAS PERCENTAGENS DOS DIFERENTES ESTADOS DE MATURAÇÃO, PARA FÊMEAS E MACHOS DE <i>T. PICTURATUS</i> DOS ANOS 2009 – 2010.	166
FIGURA 28 – EVOLUÇÃO MENSAL DO ÍNDICE GONADOSSOMÁTICO (<i>IGS</i>) PARA FÊMEAS E MACHOS DE <i>T. PICTURATUS</i> DA MADEIRA AMOSTRADOS EM 2009 – 2010.....	168
FIGURA 29 – EVOLUÇÃO MENSAL DO ÍNDICE HEPATOSSOMÁTICO (<i>IHS</i>), PARA FÊMEAS E MACHOS DE <i>T. PICTURATUS</i> DA MADEIRA AMOSTRADOS EM 2009 – 2010.....	169
FIGURA 30 – EVOLUÇÃO MENSAL DO FATOR DE CONDIÇÃO FULTON (<i>K</i>) ESTIMADO PARA FÊMEAS E MACHOS DE <i>T. PICTURATUS</i> CAPTURADO NAS ÁGUAS DA MADEIRA NO PERÍODO DE 2009 – 2010.	170
FIGURA 31 – OGIVAS DE MATURAÇÃO SEXUAL EM FUNÇÃO DAS CLASSES DE COMPRIMENTO TOTAL (CM) ESTIMADAS PARA FÊMEAS E MACHOS DE <i>T. PICTURATUS</i> DA MADEIRA PARA O ANO MÉDIO (2009 – 2010).	172

FIGURA 32 – OGIVAS DE MATURAÇÃO EM FUNÇÃO DO GRUPO DE IDADE (ANO) ESTIMADAS PARA FÊMEAS E MACHOS DE <i>T. PICTURATUS</i> DA MADEIRA PARA O ANO MÉDIO (2009 – 2010).	173
FIGURA 33 – DISTRIBUIÇÃO DAS FREQUÊNCIAS DE TAMANHO DOS OVÓCITOS (EM MICRONS) PRESENTES EM OVÁRIOS DE <i>T. PICTURATUS</i> NO ESTADO DE DESENVOLVIMENTO (ESTADO II).	175
FIGURA 34 – DISTRIBUIÇÃO DAS FREQUÊNCIAS DE TAMANHOS DOS OVÓCITOS DE <i>T. PICTURATUS</i> POR CLASSES DE DIÂMETRO DE 20 μ M, AO LONGO DO PERÍODO DE DESOVA.	176
FIGURA 35 – VARIAÇÃO MENSAL DO NÚMERO MÉDIO DE OVÓCITOS NO ESTADO DE ALVÉOLO CORTICAL (A) E OVÓCITOS VITELOGÉNICOS (B) E ERRO PADRÃO DE <i>T. PICTURATUS</i> DA MADEIRA.	177
FIGURA 36 – VARIAÇÃO MENSAL DO DIÂMETRO MÉDIO E ERRO PADRÃO DOS OVÓCITOS NO ESTADO DE ALVÉOLO CORTICAL (A) E VITELOGÉNICOS (B) AO LONGO DA ÉPOCA DE DESOVA DE <i>T. PICTURATUS</i> DA MADEIRA.	178
FIGURA 37 – VARIAÇÃO MENSAL DA INTENSIDADE MÉDIA RELATIVA DA A-ATRESIA E ERRO PADRÃO DURANTE O PERÍODO DE DESOVA PARA O <i>T. PICTURATUS</i> DAS ÁGUAS DA MADEIRA.	179
FIGURA 38 – COMPOSIÇÕES DE COMPRIMENTOS ANUAIS (2009 – 2010), EM NÚMERO E EM PESO, DAS CAPTURAS DE <i>T. PICTURATUS</i> COM INDICAÇÃO DA SUA COMPOSIÇÃO SEXUAL.	199
FIGURA 39 – COMPOSIÇÕES DE COMPRIMENTOS ANUAIS (2011 – 2015), EM NÚMERO, DAS CAPTURAS DE <i>T. PICTURATUS</i> UTILIZADAS PARA CÁLCULO DA MORTALIDADE TOTAL.	200
FIGURA 40 – COMPOSIÇÕES DE IDADES ANUAIS (2009 – 2010), EM NÚMERO, DAS CAPTURAS DE <i>T. PICTURATUS</i> COM INDICAÇÃO DA SUA COMPOSIÇÃO SEXUAL.	201
FIGURA 41 – COMPOSIÇÕES DE IDADES ANUAIS (2011 – 2015), EM NÚMERO, DAS CAPTURAS DE <i>T. PICTURATUS</i> PARA O TOTAL DE INDIVÍDUOS (SEM INDICAÇÃO DA SUA COMPOSIÇÃO SEXUAL).	202
FIGURA 42 – COMPOSIÇÕES DE JUVENIS E ADULTOS POR CLASSE DE COMPRIMENTO E POR GRUPO DE IDADE DAS CAPTURAS DE <i>T. PICTURATUS</i> REFERENTES AOS ANOS DE 2009 E 2010.	204
FIGURA 43 – TAXAS DE EXPLORAÇÃO (E) ESTIMADAS ENTRE 2009 E 2015.	206
FIGURA 44 – CURVA BIDIMENSIONAL DA PRODUÇÃO (CAPTURA) E BIOMASSA POR RECRUTA PARA <i>TRACHURUS PICTURATUS</i> . OS PARÂMETROS UTILIZADOS: $W_{\infty} = 753.34$ G; $K = 0.16$ ANO ⁻¹ ; $T_c = 0.8$ ANO; $T_0 = -2.56$ ANO; $M = 0.34$ ANO ⁻¹ . A CURVA DESCENDENTE MOSTRA O DECLÍNIO DE BIOMASSA POR RECRUTA (B/R) COM O AUMENTO DA MORTALIDADE POR PESCA (F).	207

Lista de Tabelas

- TABELA 1 – MATERIAL BIOLÓGICO UTILIZADO NA CARATERIZAÇÃO DA DIVERSIDADE, PREVALÊNCIA E INTENSIDADE PARASÍTICA, MORFOLOGIA DO PEIXE E OTÓLITO E IDADE E CRESCIMENTO DE *T. PICTURATUS* DO ARQUIPÉLAGO DA MADEIRA. LEGENDA: *N* = NÚMERO DE INDIVÍDUOS; *F* = FÊMEAS; *I* = INDETERMINADO; *M* = MACHOS; *LT* = COMPRIMENTO TOTAL (CM); *WT* = PESO TOTAL (G); *INDIVÍDUOS AMOSTRADOS APENAS PARA A MORFOLOGIA DO PEIXE.....16
- TABELA 2 – MATERIAL BIOLÓGICO UTILIZADO NA CARATERIZAÇÃO DA DIVERSIDADE, PREVALÊNCIA E INTENSIDADE PARASÍTICA, MORFOLOGIA DO PEIXE E OTÓLITO E IDADE E CRESCIMENTO DE *T. PICTURATUS* DE PORTUGAL CONTINENTAL (PENICHE). LEGENDA: *N* = NÚMERO DE INDIVÍDUOS; *F* = FÊMEAS; *M* = MACHOS; *LT* = COMPRIMENTO TOTAL (CM); *WT* = PESO TOTAL (G).16
- TABELA 3 – MATERIAL BIOLÓGICO UTILIZADO NA CARATERIZAÇÃO DA DIVERSIDADE, PREVALÊNCIA E INTENSIDADE PARASÍTICA, MORFOLOGIA DO PEIXE E OTÓLITO E IDADE E CRESCIMENTO *T. PICTURATUS* PRESENTE NAS ÁGUAS DAS ILHAS CANÁRIAS. LEGENDA: *N* = NÚMERO DE INDIVÍDUOS; *F* = FÊMEAS; *I* = INDETERMINADO; *M* = MACHOS; *LT* = COMPRIMENTO TOTAL (CM); *WT* = PESO TOTAL (G).17
- TABELA 4 – MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO *JACKKNIFED* DA ANÁLISE DISCRIMINANTE REALIZADA EM INDIVÍDUOS DE *T. PICTURATUS* DAS TRÊS ÁREAS EM ESTUDO DO ATLÂNTICO NORDESTE. AS PERCENTAGENS APRESENTADAS NAS LINHAS REPRESENTAM A CLASSIFICAÇÃO PARA AS ÁREAS INDICADAS NAS COLUNAS (CLASSIFICAÇÃO CORRETA EM NEGRITO). SUCESSO DE CLASSIFICAÇÃO GERAL: 80.7%, COHEN'S *K* = 0.67.25
- TABELA 5 – MATRIZ DE SUCESSO DA CLASSIFICAÇÃO (%) DA ANÁLISE DISCRIMINANTE ENTRE AS TRÊS ÁREAS AMOSTRADAS, TAL COMO REVELADO PELA ORDENAÇÃO MDS DA MÉDIA DOS DESCRITORES DE FOURIER POR ÁREA. AS PERCENTAGENS APRESENTADAS NAS LINHAS REPRESENTAM A CLASSIFICAÇÃO PARA AS ÁREAS INDICADAS NAS COLUNAS (CLASSIFICAÇÃO CORRETA EM NEGRITO). SUCESSO DE CLASSIFICAÇÃO GERAL: 86.3%.35
- TABELA 6 – PREVALÊNCIA (*P*), INTENSIDADE MÉDIA (*I*) E ABUNDÂNCIA MÉDIA (*A*) DAS ESPÉCIES DE PARASITAS SELECIONADAS COMO MARCADORES BIOLÓGICOS EM *T. PICTURATUS* CAPTURADO NAS ÁGUAS DO ARQUIPÉLAGO DA MADEIRA, PENICHE E CANÁRIAS, EM 2015. GAMAS INDICADAS ENTRE PARÊNTESES. 49
- TABELA 7 – PREVALÊNCIA (*P*), INTENSIDADE MÉDIA (*I*) E ABUNDÂNCIA MÉDIA (*A*) DA INFEÇÃO PARASÍTICA EM *T. PICTURATUS* CAPTURADO NAS ÁGUAS DO ARQUIPÉLAGO DA MADEIRA EM 2015, POR CLASSE DE COMPRIMENTO. LEGENDA: *LT* = CLASSE DE COMPRIMENTO (CM); *N* = NÚMERO DE INDIVÍDUOS EXAMINADOS. GAMAS INDICADAS ENTRE PARÊNTESES.49
- TABELA 8 – PREVALÊNCIA (*P*), INTENSIDADE MÉDIA (*I*) E ABUNDÂNCIA MÉDIA (*A*) DA INFEÇÃO PARASÍTICA EM *T. PICTURATUS* CAPTURADO EM PORTUGAL CONTINENTAL (PENICHE), POR CLASSE DE COMPRIMENTO. LEGENDA: *LT* = CLASSE DE COMPRIMENTO (CM); *N* = NÚMERO DE INDIVÍDUOS EXAMINADOS. GAMAS INDICADAS ENTRE PARÊNTESES.....50
- TABELA 9 – PREVALÊNCIA (*P*), INTENSIDADE MÉDIA (*I*) E ABUNDÂNCIA MÉDIA (*A*) DA INFEÇÃO PARASÍTICA EM *T. PICTURATUS* CAPTURADO NAS ILHAS CANÁRIAS EM 2015, POR CLASSE DE COMPRIMENTO. LEGENDA: *LT* = CLASSE DE COMPRIMENTO (CM); *N* = NÚMERO DE INDIVÍDUOS EXAMINADOS. GAMAS INDICADAS ENTRE PARÊNTESES.50
- TABELA 10 – NÍVEIS SAZONAIS DE PREVALÊNCIA (*P*), INTENSIDADE MÉDIA (*I*) E ABUNDÂNCIA MÉDIA (*A*) DAS ESPÉCIES DE PARASITAS SELECIONADAS COMO MARCADORES BIOLÓGICOS EM *T. PICTURATUS* CAPTURADO NAS ÁGUAS DO ARQUIPÉLAGO DA MADEIRA, PENICHE E CANÁRIAS EM 2015. GAMAS INDICADAS ENTRE PARÊNTESES.51
- TABELA 11 – ATRIBUIÇÃO DOS GRUPOS DE IDADE. LEGENDA: *O* = OPACO; *T* = TRANSLÚCIDO; *N* = NÚMERO DE ZONAS TRANSLÚCIDAS COMPLETAS OU EM FORMAÇÃO.66

TABELA 12 – COMPARAÇÃO DOS GRUPOS DE IDADE ESTIMADOS EM CADA UMA DAS TRÊS LEITURAS EFETUADAS PELO MESMO LEITOR PARA OS TRÊS LOCAIS EM ESTUDO E REFERENTES A 2015 (EM ITÁLICO ESTÃO REPRESENTADAS AS IDADES COINCIDENTES ENTRE LEITURAS).	76
TABELA 13 – DIFERENÇA EM ANOS ENTRE OS GRUPOS DE IDADE ESTIMADOS NAS TRÊS LEITURAS EFETUADAS PELO MESMO LEITOR, PARA OS TRÊS LOCAIS EM ESTUDO, OU SEJA, NO CASO DA MADEIRA, NA 1ª LEITURA A IDADE FOI ESTIMADA EM MAIS UM ANO DO QUE NA 2ª LEITURA EM 2 (1%) DOS CASOS. LEGENDA: N = NÚMERO DE INDIVÍDUOS.	77
TABELA 14 – VALORES PERCENTUAIS DE ERRO PERCENTUAL MÉDIO (APE), VARIAÇÃO (V) E PRECISÃO (D) ESTIMADOS A PARTIR DAS 3 LEITURAS EFETUADAS NOS OTÓLITOS DE CADA REGIÃO REFERENTES AO ANO DE 2015...78	78
TABELA 15 – VALORES PERCENTUAIS DE ERRO PERCENTUAL MÉDIO (APE), VARIAÇÃO (V) E PRECISÃO (D) ESTIMADOS POR GRUPO DE IDADE A PARTIR DAS 3 LEITURAS EFETUADAS NOS OTÓLITOS DE CADA REGIÃO.....78	78
TABELA 16 – CHAVES IDADE-COMPRIMENTO RESULTANTE DA LEITURA DIRETA DOS OTÓLITOS DE TODOS OS INDIVÍDUOS DE <i>T. PICTURATUS</i> DA MADEIRA, PORTUGAL CONTINENTAL E CANÁRIAS AMOSTRADOS NO ANO DE 2015. LEGENDA: LT = CLASSE DE COMPRIMENTO (CM); T = TOTAL.	80
TABELA 17 – COMPRIMENTOS MÉDIOS À IDADE ESTIMADOS, PARA FÊMEAS (F), MACHOS (M) E TOTAL (T) DE <i>T. PICTURATUS</i> , DA MADEIRA, PENICHE E CANÁRIAS PARA O ANO DE 2015. LEGENDA: GI = GRUPO DE IDADE (ANO); F DP = DESVIO PADRÃO FÊMEAS; M DP = DESVIO PADRÃO MACHOS; T DP = DESVIO PADRÃO TOTAL.....	81
TABELA 18 – VALORES DOS PARÂMETROS DA EQUAÇÃO PESO-COMPRIMENTO ESTIMADOS PARA FÊMEAS (F), MACHOS (M) E PARA TOTAL DE INDIVÍDUOS (T) (E RESPECTIVOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO, r^2) DE <i>T. PICTURATUS</i> AMOSTRADO EM 2015 NA MADEIRA, PENICHE E CANÁRIAS E VALORES OBSERVADOS E TESTADOS DE T-STUDENT UTILIZADOS PARA TESTAR A ISOMETRIA NO CRESCIMENTO. LEGENDA: N = NÚMERO DE INDIVÍDUOS; Q = CONSTANTE; B = COEFICIENTE DE ALOMETRIA.	82
TABELA 19 – MATERIAL BIOLÓGICO UTILIZADO NA AVALIAÇÃO DA IDADE, CRESCIMENTO, REPRODUÇÃO, FECUNDIDADE E ESTRUTURA DAS CAPTURAS DE <i>T. PICTURATUS</i> DO ARQUIPÉLAGO DA MADEIRA. DA AMOSTRAGEM BIOLÓGICA SÃO RETIRADOS TODOS OS PARÂMETROS NECESSÁRIOS ÀS ANÁLISES BIOLÓGICAS POSTERIORES. LEGENDA: N = NÚMERO DE AMOSTRAS; F = FÊMEAS; M = MACHOS; I = INDETERMINADO; LT = COMPRIMENTO TOTAL (CM); WT = PESO TOTAL (G).	98
TABELA 20 – MATERIAL BIOLÓGICO UTILIZADO NA AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA DAS CAPTURAS DE <i>T. PICTURATUS</i> DO ARQUIPÉLAGO DA MADEIRA. DA AMOSTRAGEM ESTATÍSTICA FORAM ANOTADOS O COMPRIMENTO TOTAL E O PESO DA AMOSTRA. LEGENDA: N = NÚMERO DE INDIVÍDUOS; LT = COMPRIMENTO TOTAL (CM); WT = PESO TOTAL DA AMOSTRA (KG). ESTES DADOS FORAM FORNECIDOS PELA DSIAP	100
TABELA 21 – COMPARAÇÃO DOS GRUPOS DE IDADE ESTIMADOS EM CADA UMA DAS TRÊS LEITURAS EFETUADAS PELO MESMO LEITOR PARA OS DOIS ANOS EM ESTUDO 2009 – 2010 (EM ITÁLICO ESTÃO REPRESENTADAS AS IDADES COINCIDENTES ENTRE LEITURAS).	124
TABELA 22 – DIFERENÇA EM ANOS ENTRE OS GRUPOS DE IDADE ESTIMADOS NAS TRÊS LEITURAS EFETUADAS PELO MESMO LEITOR, PARA OS DOIS ANOS EM ESTUDO, OU SEJA, NA 1ª LEITURA A IDADE FOI ESTIMADA EM MAIS UM ANO DO QUE NA 2ª LEITURA EM 55 (4.06%) DOS CASOS. LEGENDA: N = NÚMERO DE INDIVÍDUOS.	124
TABELA 23 – VALORES PERCENTUAIS DE ERRO PERCENTUAL MÉDIO (APE), VARIAÇÃO (V) E PRECISÃO (D) ESTIMADOS A PARTIR DAS 3 LEITURAS EFETUADAS NOS OTÓLITOS DE CADA ANO.	125
TABELA 24 – VALORES PERCENTUAIS DE ERRO PERCENTUAL MÉDIO (APE), VARIAÇÃO (V) E PRECISÃO (D) ESTIMADOS POR GRUPO DE IDADE A PARTIR DAS 3 LEITURAS EFETUADAS NOS OTÓLITOS DE CADA ANO.....	126
TABELA 25 – CHAVE IDADE-COMPRIMENTO RESULTANTE DA LEITURA DIRETA DOS OTÓLITOS DE TODOS OS INDIVÍDUOS DE <i>T. PICTURATUS</i> AMOSTRADOS NO ANO DE 2009. LEGENDA: LT = CLASSE DE COMPRIMENTO (CM). 127	127

TABELA 26 – CHAVE IDADE–COMPRIMENTO RESULTANTE DA LEITURA DIRETA DOS OTÓLITOS DE TODOS OS INDIVÍDUOS DE <i>T. PICTURATUS</i> AMOSTRADOS NO ANO DE 2010. LEGENDA: <i>LT</i> = CLASSE DE COMPRIMENTO TOTAL (CM).	128
TABELA 27 – COMPRIMENTOS MÉDIOS À IDADE (<i>LT</i>) ESTIMADOS PARA FÊMEAS (<i>F</i>), MACHOS (<i>M</i>) E TOTAL (<i>T</i>) DE <i>T. PICTURATUS</i> , ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DAS CHAVES IDADE–COMPRIMENTO ÀS RESPECTIVAS CAPTURAS ANUAIS DE 2009 E 2010. LEGENDA: <i>LT</i> = COMPRIMENTO TOTAL (CM); <i>N</i> = NÚMERO DE INDIVÍDUOS.	129
TABELA 28 – COMPRIMENTOS MÉDIOS À IDADE RETROCALCULADOS ATRAVÉS DA HIPÓTESE 1, PARA SEXOS COMBINADOS DE <i>T. PICTURATUS</i> (2009 – 2010).	135
TABELA 29 – COMPRIMENTOS MÉDIOS À IDADE RETROCALCULADOS ATRAVÉS DA EQUAÇÃO DE FRASER-LEE, POR GRUPO DE IDADE OBSERVADO, PARA SEXOS COMBINADOS DE <i>T. PICTURATUS</i> (2009 – 2010).	136
TABELA 30 – PARÂMETROS DE CRESCIMENTO DE VON BERTALANFFY, COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2) E ÍNDICES DE PERFORMANCE DO CRESCIMENTO (ϕ') CALCULADOS COM BASE NOS COMPRIMENTOS MÉDIOS À IDADE RESULTANTES DA APLICAÇÃO DAS CHAVES IDADE–COMPRIMENTO ÀS CAPTURAS ANUAIS, PARA FÊMEAS (<i>F</i>), MACHOS (<i>M</i>) E PARA O TOTAL (<i>T</i>) DE <i>T. PICTURATUS</i> REFERENTES AO ANO MÉDIO (2009 – 2010). LEGENDA: <i>N</i> = NÚMERO DE INDIVÍDUOS.	137
TABELA 31 – PARÂMETROS DE CRESCIMENTO DE VON BERTALANFFY, RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2) E ÍNDICES DE PERFORMANCE (ϕ') DETERMINADOS COM BASE NOS COMPRIMENTOS MÉDIOS À IDADE RETROCALCULADOS, SEGUNDO A HIPÓTESE 1 E EQUAÇÃO DE FRASER-LEE, A PARTIR DE 186 INDIVÍDUOS DE <i>T. PICTURATUS</i> REFERENTES AO ANO MÉDIO (2009 – 2010).	138
TABELA 32 – VALORES DOS PARÂMETROS DA EQUAÇÃO PESO-COMPRIMENTO ESTIMADOS PARA FÊMEAS (<i>F</i>), MACHOS (<i>M</i>) E PARA TOTAL DE INDIVÍDUOS (<i>T</i>) (E RESPECTIVOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO, R^2) DE <i>T. PICTURATUS</i> AMOSTRADO EM 2009 – 2010 E VALORES OBSERVADOS E TESTADOS DE <i>T</i> -STUDENT UTILIZADOS PARA TESTAR A ISOMETRIA NO CRESCIMENTO. LEGENDA: <i>N</i> = NÚMERO DE INDIVÍDUOS; <i>Q</i> = CONSTANTE; <i>B</i> = COEFICIENTE DE ALOMETRIA.	140
TABELA 33 – PARÂMETROS DE CRESCIMENTO EM PESO ESTIMADOS PARA FÊMEAS (<i>F</i>), MACHOS (<i>M</i>) E SEXOS COMBINADOS (<i>T</i>) DE <i>T. PICTURATUS</i> , PARA O ANO MÉDIO (2009 – 2010).	141
TABELA 34 – COMPRIMENTOS MÉDIOS À PRIMEIRA MATUREZAÇÃO (LM_{50}) OBTIDOS PARA FÊMEAS (<i>F</i>), MACHOS (<i>M</i>) E TOTAL (<i>T</i>) DE INDIVÍDUOS AMOSTRADOS NO PERÍODO 2009 A 2010.	171
TABELA 35 – IDADES MÉDIAS À PRIMEIRA MATUREZAÇÃO TM_{50} (ANO) OBTIDAS PARA FÊMEAS (<i>F</i>), MACHOS (<i>M</i>) E TOTAL (<i>T</i>) DE INDIVÍDUOS AMOSTRADOS ENTRE OS ANOS DE 2009 E 2010.	174
TABELA 36 – COMPRIMENTOS, IDADES E PESOS MÉDIOS CALCULADOS PARA AS CAPTURAS DE <i>T. PICTURATUS</i> REFERENTES AOS ANOS DE 2009 A 2015. LEGENDA: <i>F</i> = FÊMEAS; <i>M</i> = MACHOS; E <i>T</i> = TOTAL DE INDIVÍDUOS.	205
TABELA 37 – VALORES DA MORTALIDADE TOTAL (<i>Z</i>) E POR PESCA (<i>F</i>) E RESPECTIVAS TAXAS DE EXPLORAÇÃO (<i>E</i>) ESTIMADAS ENTRE 2009 E 2015 (MORTALIDADE NATURAL DE 0.34).	206

Lista de Anexos

ANEXO 1 – DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA E MICROSCÓPICA DAS FASES DO CICLO REPRODUTIVO PARA FÊMEAS DE <i>T. PICTURATUS</i> SEGUNDO BROWN-PETERSON <i>ET AL.</i> (2011). (<i>CA</i> = OVÓCITO NO ESTADO DE ALVÉOLO CORTICAL; <i>OM</i> = MATURAÇÃO DO OVÓCITO; <i>PG</i> = CRESCIMENTO PRIMÁRIO; <i>POF</i> = COMPLEXO FOLÍCULO PÓS- OVULATÓRIO; <i>VTG1</i> = VITELOGÉNICO PRIMÁRIO; <i>VTG2</i> = VITELOGÉNICO SECUNDÁRIO; <i>VTG3</i> = VITELOGÉNICO TERCIÁRIO); <i>GVM</i> = OVÓCITO COM MIGRAÇÃO DA VESÍCULA GERMINAL; <i>GVBD</i> = OVÓCITO COM ROMPIMENTO DA VESÍCULA GERMINAL).	249
ANEXO 2 – DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA E MICROSCÓPICA DAS FASES DO CICLO REPRODUTIVO PARA MACHOS DE <i>T. PICTURATUS</i> SEGUNDO DE BROWN-PETERSON <i>ET AL.</i> (2011). (<i>GE</i> = EPITÉLIO GERMINAL; <i>Sc1</i> = ESPERMATÓCITO PRIMÁRIO; <i>Sc2</i> = ESPERMATÓCITO SECUNDÁRIO; <i>Sg1</i> = ESPERMATOGÓNIA PRIMÁRIA; <i>Sg2</i> = ESPERMATOGÓNIA SECUNDARIA; <i>St</i> = ESPERMATÍDIO; <i>Sz</i> = ESPERMATOZOIDES).	250
ANEXO 3 – FAUNA PARASITOLÓGICA E RESPECTIVAS PREVALÊNCIAS OBTIDAS EM ESTUDOS EFETUADOS AO CHICHARRO, <i>T. PICTURATUS</i> , PRESENTE NA MADEIRA, AÇORES, CANÁRIAS, SAHARA OCIDENTAL E BANCOS METEOR E IRVING. LEGENDA: (A) COSTA <i>ET AL.</i> (2012); (B) COSTA <i>ET AL.</i> (2013); (C) GAEVSKAYA & KOVALEVA (1985); (D) HERMIDA <i>ET AL.</i> (2016).	251
ANEXO 4 – PREVALÊNCIAS (<i>P</i>), INTENSIDADES MÉDIAS (<i>I</i>) E ABUNDÂNCIAS MÉDIAS (<i>A</i>) OBTIDAS EM ESTUDOS EFETUADOS AO CHICHARRO, <i>T. PICTURATUS</i> , PRESENTE NA MADEIRA, PORTUGAL CONTINENTAL E CANÁRIAS.	252
ANEXO 5 – PREVALÊNCIAS (<i>P</i>) E INTENSIDADES MÉDIAS (<i>I</i>) OBTIDAS EM ESTUDOS EFETUADOS AO CHICHARRO, <i>T. PICTURATUS</i> , PRESENTE NOS BANCOS NOS AÇORES, METEOR E IRVING E NO SAHARA OCIDENTAL.	253
ANEXO 6 – CHAVE IDADE-COMPIMENTO OBTIDA PARA FÊMEAS A PARTIR DA LEITURA DIRETA DE OTÓLITOS DE <i>T. PICTURATUS</i> DA MADEIRA REFERENTES AO ANO DE 2015. LEGENDA: <i>LT</i> = CLASSE DE COMPRIMENTO TOTAL (CM).	254
ANEXO 7 – CHAVE IDADE-COMPIMENTO OBTIDA PARA MACHOS A PARTIR DA LEITURA DIRETA DE OTÓLITOS DE <i>T. PICTURATUS</i> DA MADEIRA DO ANO DE 2015. LEGENDA: <i>LT</i> = CLASSE DE COMPRIMENTO TOTAL (CM).	254
ANEXO 8 – CHAVE IDADE-COMPIMENTO OBTIDA PARA FÊMEAS A PARTIR DA LEITURA DIRETA DE OTÓLITOS DE <i>T. PICTURATUS</i> DE PORTUGAL CONTINENTAL REFERENTES AO ANO DE 2015. LEGENDA: <i>LT</i> = CLASSE DE COMPRIMENTO TOTAL (CM).	255
ANEXO 9 – CHAVE IDADE-COMPIMENTO OBTIDA PARA MACHOS A PARTIR DA LEITURA DIRETA DE OTÓLITOS DE <i>T. PICTURATUS</i> DE PORTUGAL CONTINENTAL DO ANO DE 2015. LEGENDA: <i>LT</i> = CLASSE DE COMPRIMENTO TOTAL (CM).	255
ANEXO 10 – CHAVE IDADE-COMPIMENTO OBTIDA PARA FÊMEAS A PARTIR DA LEITURA DIRETA DE OTÓLITOS DE <i>T. PICTURATUS</i> DE CANÁRIAS REFERENTES AO ANO DE 2015. LEGENDA: <i>LT</i> = CLASSE DE COMPRIMENTO TOTAL (CM).	256
ANEXO 11 – CHAVE IDADE-COMPIMENTO OBTIDA PARA MACHOS A PARTIR DA LEITURA DIRETA DE OTÓLITOS DE <i>T. PICTURATUS</i> DE CANÁRIAS DO ANO DE 2015. LEGENDA: <i>LT</i> = CLASSE DE COMPRIMENTO TOTAL (CM).	256
ANEXO 12 – COMPARAÇÃO DOS GRUPOS DE IDADE ESTIMADOS EM CADA UMA DAS TRÊS LEITURAS EFETUADAS PELO MESMO LEITOR PARA OS DADOS DE 2009 (EM ÍTÁLICO ESTÃO REPRESENTADAS AS IDADES COINCIDENTES ENTRE LEITURAS).	257
ANEXO 13 – COMPARAÇÃO DOS GRUPOS DE IDADE ESTIMADOS EM CADA UMA DAS TRÊS LEITURAS EFETUADAS PELO MESMO LEITOR PARA OS DADOS DE 2010 (EM ÍTÁLICO ESTÃO REPRESENTADAS AS IDADES COINCIDENTES ENTRE LEITURAS).	258

ANEXO 14 – DIFERENÇA EM ANOS ENTRE OS GRUPOS DE IDADE ESTIMADOS NAS TRÊS LEITURAS EFETUADAS PELO MESMO LEITOR, PARA O ANO DE 2009, OU SEJA, NA 1ª LEITURA A IDADE FOI ESTIMADA EM MAIS UM ANO DO QUE NA 2ª LEITURA EM 30 (3.36%) DOS CASOS. LEGENDA: N = NÚMERO DE INDIVÍDUOS.	258
ANEXO 15 – DIFERENÇA EM ANOS ENTRE OS GRUPOS DE IDADE ESTIMADOS NAS TRÊS LEITURAS EFETUADAS PELO MESMO LEITOR, PARA O ANO DE 2010, OU SEJA, NA 1ª LEITURA A IDADE FOI ESTIMADA EM MAIS UM ANO DO QUE NA 2ª LEITURA EM 17 (3.65%) DOS CASOS. LEGENDA: N = NÚMERO DE INDIVÍDUOS.	259
ANEXO 16 – CHAVE IDADE-COMPRI-MENTO OBTIDA PARA FÊMEAS A PARTIR DA LEITURA DIRETA DE OTÓLITOS DE <i>T. PICTURATUS</i> DA MADEIRA AMOSTRADOS EM 2009. LEGENDA: LT = CLASSE DE COMPRI-MENTO TOTAL (CM).	259
ANEXO 17 – CHAVE IDADE-COMPRI-MENTO OBTIDA PARA MACHOS A PARTIR DA LEITURA DIRETA DE OTÓLITOS DE <i>T. PICTURATUS</i> DA MADEIRA REFERENTES AO ANO DE 2009. LEGENDA: LT = CLASSE DE COMPRI-MENTO TOTAL (CM).	260
ANEXO 18 – CHAVE IDADE-COMPRI-MENTO OBTIDA PARA FÊMEAS A PARTIR DA LEITURA DIRETA DE OTÓLITOS DE <i>T. PICTURATUS</i> DA MADEIRA REFERENTES AO ANO 2010. LEGENDA: LT = CLASSE DE COMPRI-MENTO TOTAL (CM).	260
ANEXO 19 – CHAVE IDADE-COMPRI-MENTO OBTIDA PARA MACHOS A PARTIR DA LEITURA DIRETA DE OTÓLITOS DE <i>T. PICTURATUS</i> DA MADEIRA REFERENTES AO ANO DE 2010. LEGENDA: LT = CLASSE DE COMPRI-MENTO TOTAL (CM).	261
ANEXO 20 – VALORES DOS PARÂMETROS DA EQUAÇÃO PESO-COMPRI-MENTO ESTIMADOS PARA FÊMEAS (F), MACHOS (M) E TOTAL DE INDIVÍDUOS (T) (E RESPECTIVOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO, R^2) DE <i>T. PICTURATUS</i> DA MADEIRA AMOSTRADO EM 2009, 2010 E 2009 – 2010 E VALORES OBSERVADOS E TESTADOS DE T-STUDENT UTILIZADOS PARA TESTAR ISOMETRIA DO CRESCIMENTO ($H_0: B = 3$). LEGENDA: N = NÚMERO DE INDIVÍDUOS; Q = CONSTANTE; B = COEFICIENTE DE ALOMETRIA.	261
ANEXO 21 – COMPRI-MENTOS MÉDIOS À IDADE OBSERVADOS NO PRESENTE ESTUDO E POR OUTROS AUTORES, A PARTIR DA LEITURA DIRETA DE ESTRUTURAS CALCIFICADAS DE <i>T. PICTURATUS</i> . LEGENDA: * = DADOS REFERENTES AO ANO MÉDIO 2009 – 2010 (REFERENTES ÀS AMOSTRAS); ** = COMPRI-MENTO FURCAL (CM).	262
ANEXO 22 – COMPRI-MENTOS MÉDIOS À IDADE RETROCALCULADOS OBTIDOS NO PRESENTE ESTUDO E POR OUTROS AUTORES PARA <i>T. PICTURATUS</i> . LEGENDA: * = DADOS RESULTANTES DA APLICAÇÃO DA EQUAÇÃO DE FRASER-LEE.	263
ANEXO 23 – PARÂMETROS DE CRESCIMENTO DE VON BERTALANFFY, COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2) E ÍNDICES DE PERFORMANCE DE CRESCIMENTO (ϕ) ESTIMADOS COM BASE NA LEITURA DIRETA DE OTÓLITOS, NO PRESENTE ESTUDO E POR OUTROS AUTORES. LEGENDA: N = NÚMERO DE INDIVÍDUOS; LT = COMPRI-MENTO TOTAL (CM); LF = COMPRI-MENTO FURCAL (CM).	263
ANEXO 24 – PARÂMETROS DE CRESCIMENTO DE VON BERTALANFFY, COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2) E ÍNDICES DE PERFORMANCE DE CRESCIMENTO (ϕ) ESTIMADOS COM BASE NOS COMPRI-MENTOS MÉDIOS RETROCALCULADOS, NO PRESENTE ESTUDO E POR OUTROS AUTORES. LEGENDA: N = NÚMERO DE INDIVÍDUOS; * = DADOS RESULTANTES DOS COMPRI-MENTOS MÉDIOS À IDADE RETROCALCULADOS PELA EQUAÇÃO DE FRASER-LEE.	264
ANEXO 25 – VALORES DO FATOR DE CONDIÇÃO (Q) E DO COEFICIENTE DE ALOMETRIA (B) OBTIDOS POR OUTROS AUTORES PARA O <i>T. PICTURATUS</i> (E RESPECTIVOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO, R^2). LEGENDA: N = NÚMERO DE INDIVÍDUOS.	264
ANEXO 26 – PERCENTAGENS MENSIS DOS ÍNDICES GONADOSSOMÁTICO (IGS) E HEPATOSSOMÁTICO (IHS), ESTIMADOS POR SEXO E TOTAL DE INDIVÍDUOS DE <i>T. PICTURATUS</i> DA MADEIRA, PARA CADA ANO EM ESTUDO.	265
ANEXO 27 – COMPRI-MENTOS TOTAIS MÉDIOS À PRIMEIRA MATURAÇÃO (LM_{50}) OBTIDOS PARA FÊMEAS (F) E MACHOS (M) DE <i>T. PICTURATUS</i> , NO PRESENTE ESTUDO E POR OUTROS AUTORES. LEGENDA: * = COMPRI-MENTO FURCAL.	266

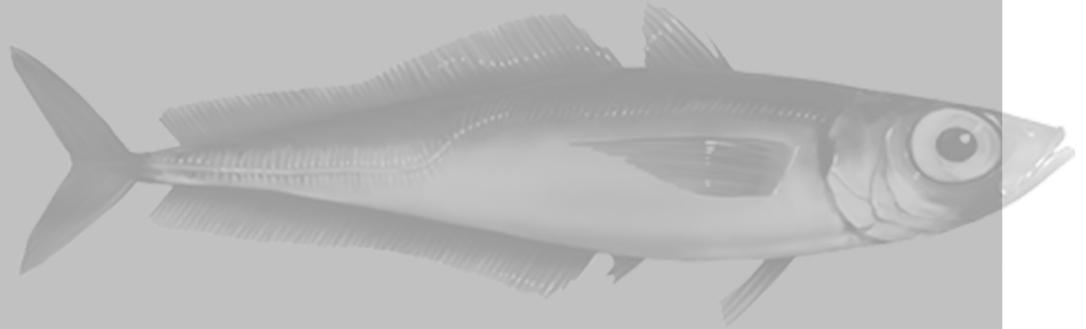
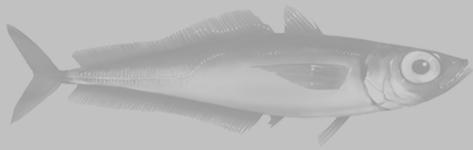
ANEXO 28 – IDADES MÉDIAS À PRIMEIRA MATURAÇÃO (TM_{50}) OBTIDOS PARA FÊMEAS (F) E MACHOS (M) DE <i>T. PICTURATUS</i> , NO PRESENTE ESTUDO E POR OUTROS AUTORES.	266
ANEXO 29 – DISTRIBUIÇÕES DAS FREQUÊNCIAS DE COMPRIMENTOS DE <i>T. PICTURATUS</i> DO ARQUIPÉLAGO DA MADEIRA REFERENTES ÀS AMOSTRAS DE 2009. LEGENDA: LT = COMPRIMENTO TOTAL (CM).....	267
ANEXO 30 – DISTRIBUIÇÕES DAS FREQUÊNCIAS DE COMPRIMENTOS DE <i>T. PICTURATUS</i> DO ARQUIPÉLAGO DA MADEIRA REFERENTES ÀS AMOSTRAS DE 2010. LEGENDA: LT = COMPRIMENTO TOTAL (CM).....	269
ANEXO 31 – COMPOSIÇÕES MENSAIS DAS CAPTURAS DO TOTAL DE INDIVÍDUOS DE CHICHARRO DA MADEIRA REFERENTES AO ANO DE 2009, ESTIMADAS ATRAVÉS DO PROCESSO DE AMPLIAÇÃO SIMPLES. LEGENDA: LT = COMPRIMENTO TOTAL (CM).	271
ANEXO 32 – COMPOSIÇÕES MENSAIS DAS CAPTURAS DO TOTAL DE INDIVÍDUOS DE CHICHARRO DA MADEIRA REFERENTES AO ANO DE 2010, ESTIMADAS ATRAVÉS DO PROCESSO DE AMPLIAÇÃO SIMPLES. LEGENDA: LT = COMPRIMENTO TOTAL (CM).	272
ANEXO 33 – COMPOSIÇÕES DE COMPRIMENTOS ANUAIS EM NÚMERO DE FÊMEAS (F), MACHOS (M) E TOTAL DE INDIVÍDUOS (T) DE CHICHARRO DA MADEIRA, ESTIMADAS ATRAVÉS DO PROCESSO DE AMPLIAÇÃO SIMPLES. LEGENDA: LT = COMPRIMENTO TOTAL (CM).....	273
ANEXO 34 – COMPOSIÇÕES DE COMPRIMENTOS ANUAIS EM PESO (AJUSTADAS PELO MÉTODO DE SOP) DE FÊMEAS (F), MACHOS (M) E TOTAL DE INDIVÍDUOS (T) DE CHICHARRO DA MADEIRA, ESTIMADAS ATRAVÉS DO PROCESSO DE AMPLIAÇÃO SIMPLES. LEGENDA: LT = COMPRIMENTO TOTAL (CM).....	274
ANEXO 35 – COMPOSIÇÕES DE COMPRIMENTOS ANUAIS EM NÚMERO DO TOTAL DE INDIVÍDUOS (T) DE CHICHARRO DA MADEIRA, ESTIMADAS ATRAVÉS DO PROCESSO DE AMPLIAÇÃO SIMPLES, ENTRE 2011 E 2015. LEGENDA: LT = COMPRIMENTO TOTAL (CM).	275
ANEXO 36 – COMPOSIÇÕES DE IDADES ANUAIS (2009 – 2010), EM NÚMERO E EM PESO, DAS CAPTURAS DE <i>T. PICTURATUS</i> DA MADEIRA COM INDICAÇÃO DA SUA COMPOSIÇÃO SEXUAL. LEGENDA: F = FÊMEAS; M = MACHOS.	276
ANEXO 37 – COMPOSIÇÕES DE IDADES ANUAIS (2011 – 2012), EM NÚMERO, DAS CAPTURAS DE <i>T. PICTURATUS</i> DA MADEIRA.....	277

Índice

RESUMO	III
PALAVRAS-CHAVE	III
ABSTRACT	IV
KEYWORDS	IV
AGRADECIMENTOS	V
ABREVIATURAS	VII
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE TABELAS	XIV
LISTA DE ANEXOS	XVII
1. O CHICHARRO (<i>TRACHURUS PICTURATUS</i> BOWDICH, 1825) NO ATLÂNTICO NORDESTE	1
PARTE I – IDENTIFICAÇÃO DE UNIDADES POPULACIONAIS	9
2. INTRODUÇÃO GERAL.....	11
3. MATERIAL BIOLÓGICO.....	15
4. MORFOLOGIA DO CORPO	19
4.1. Introdução	21
4.2. Material e Métodos.....	23
4.3. Resultados	25
4.4. Discussão.....	27
5. MORFOLOGIA DO OTÓLITO.....	29
5.1. Introdução.....	31
5.2. Material e Métodos.....	33
5.2.1. Análise da imagem e contorno.....	33
5.2.2. Análise estatística.....	34
5.3. Resultados	35
5.3.1. Análise da imagem e contorno.....	35
5.3.2. Análise canónica discriminante	35
5.4. Discussão.....	37
6. PARASITAS.....	39
6.1. Introdução.....	41
6.2. Material e Métodos.....	45
6.2.1. Seleção de parasitas como marcadores biológicos.....	45
6.2.2. Avaliação dos níveis de infecção parasítica (prevalência, intensidade média e abundância da infecção parasítica)	46
6.2.3. Análise estatística.....	46
6.3. Resultados	47
6.3.1. Avaliação dos níveis de infecção parasítica (prevalência, intensidade média e abundância da infecção parasítica)	47
6.3.2. Análise estatística.....	47
6.4. Discussão.....	54
7. IDADE E CRESCIMENTO.....	61
7.1. Introdução.....	63
7.2. Material e Métodos.....	65

7.2.1. Idade	65
7.2.1.1. Leitura direta de otólitos.....	65
7.2.2. Crescimento médio individual.....	69
7.3. Resultados.....	71
7.3.1. Idade	71
7.3.1.1. Leitura direta de otólitos.....	71
7.3.1. Crescimento médio individual.....	79
7.4. Discussão.....	84
8. CONCLUSÃO DA IDENTIFICAÇÃO DE UNIDADES POPULACIONAIS	87
PARTE II – BIOLOGIA E PESCA DO CHICHARRO, <i>TRACHURUS PICTURATUS</i>, NA MADEIRA.....	93
9. INTRODUÇÃO GERAL.....	95
10. MATERIAL BIOLÓGICO.....	97
A – BIOLOGIA	107
11. IDADE E CRESCIMENTO	109
11.1. Introdução.....	111
11.2. Material e Métodos.....	114
11.2.1. Idade	114
11.2.1.1. Leitura direta de otólitos.....	114
11.2.1.2. Retrocálculo	116
11.2.2. Crescimento médio individual.....	119
11.3. Resultados.....	122
11.3.1. Idade	122
11.3.1.1. Leitura direta de otólitos.....	122
11.3.1.2. Retrocálculo	131
11.3.2. Crescimento médio individual.....	136
11.4. Discussão.....	142
12. REPRODUÇÃO	151
12.1. Introdução.....	153
12.2. Material e Métodos.....	155
12.2.1. Proporção de sexos.....	155
12.2.2. Ciclo sexual.....	155
12.2.3. Ogiva de maturação sexual por comprimento e por idades	158
12.2.4. Tipo de Fecundidade	159
12.3. Resultados.....	161
12.3.1. Proporção de sexos	161
12.3.2. Ciclo sexual.....	161
12.3.3. Ogiva de maturação sexual por comprimento e por idades	171
12.3.4. Tipo de fecundidade.....	174
12.4. Discussão.....	180
B – PESCA.....	185
13. ESTADO DO RECURSO	187
13.1. Introdução.....	189
13.2. Material e Métodos.....	191

13.2.1. Composições de comprimentos e idades.....	191
13.2.2. Mortalidade.....	193
13.2.3. Aplicação do modelo de produção por recruta.....	195
13.3. Resultados.....	198
13.3.1. Composições de comprimentos e idades.....	198
13.3.2. Mortalidade.....	205
13.3.3. Aplicação do modelo de produção por recruta.....	207
13.4. Discussão.....	208
14. CONSIDERAÇÕES FINAIS	213
15. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	217
16. ANEXOS	247



O CHICHARRO
(*Trachurus picturatus* Bowdich, 1825)
NO ATLÂNTICO NORDESTE

1. O chicharro (*Trachurus picturatus* Bowdich, 1825) no Atlântico nordeste

O chicharro ou carapau-negrão, *Trachurus picturatus* (Bowdich, 1825) (Figura 1), pertence à Família Carangidae que é caracterizado por: 1) corpo muito variável quanto à forma, variando entre alongado e fusiforme a profunda e fortemente comprimido; 2) duas barbatanas dorsais que separam em pequenos juvenis, a primeira de altura moderada ou muito baixa, com 4 a 8 espinhos, a segunda barbatana dorsal com 1 espinho e 18 a 37 raios moles que se separa do resto da barbatana em tamanhos pequenos seguido por 1 espinho e 15 a 31 raios macios; 3) barbatana caudal bifurcada, com os lóbulos iguais na maioria das espécies; 4) escudos da linha lateral presentes e proeminentes, ou reduzidos em algumas espécies e ausente em alguns géneros (Smith-Vaniz, 1986; Smith-Vaniz & Berry, 1981).

Segundo Smith-Vaniz (1986) e Smith-Vaniz & Berry (1981), as características distintivas da espécie *Trachurus picturatus* são as seguintes:

- Corpo alongado e ligeiramente comprimido;
- Os olhos são grandes e apresentam umas pálpebras adiposas bem desenvolvidas;
- A mandíbula superior, moderadamente larga, estende-se para baixo da margem anterior do olho;
- Dentes pequenos, dispostos em uma única fila nas mandíbulas superior e inferior;
- No primeiro arco branquial estão presentes cerca de 14 a 17 espinhos branquiais superiores e 41 a 44 espinhos branquiais inferiores;
- Barbatana dorsal com 8 espinhos seguidos de 1 espinho e 30 a 35 raios moles;
- Barbatana anal com 2 espinhos separados da restante barbatana, seguidos de um espinho e 27 a 30 raios moles;
- Raio mole terminal das barbatanas dorsal e anal ligados por uma membrana ao resto da barbatana, mas afastado cerca de 50% dos outros raios;
- Barbatanas peitorais com cerca do comprimento da cabeça;
- Escamas moderadamente pequenas e cicloides (macias ao toque) que cobrem todo o corpo exceto numa pequena área atrás das barbatanas peitorais;
- Escamas da parte curva e das partes direitas da linha lateral mais largas e em forma de escudos;
- Estão presentes 52 a 58 escudos na parte curva da linha lateral enquanto na parte direita podem encontrar-se 39 a 46 escudos; o número total de escudos na linha lateral é de 93 a 100;
- a linha lateral acessória termina abaixo do 6º ao 10º raio mole da barbatana dorsal.

Smith-Vaniz (1986) e Smith-Vaniz & Berry (1981) referem, ainda, que o chicharro não apresenta marcas distintivas, exceto uma pequena mancha opercular de coloração preta, na margem, perto do ângulo superior. A parte superior da cabeça é fusca e com uma coloração que vai desde o preto ou cinzento ao verde azulado. Os 2/3 da parte inferior da cabeça e do corpo são frequentemente mais claros e de cor esbranquiçada ou prateada. Ainda segundo estes autores, o *Trachurus picturatus* pode chegar a atingir, pelo menos, 60 cm de comprimento.

Os peixes pelágicos do género *Trachurus* são importantes recursos pesqueiros comerciais, explorados por um número de países do Atlântico e do Mediterrâneo (FAO Fisheries Department, 1994).



Figura 1 – Ilustração científica de um espécime de chicharro, *Trachurus picturatus* (Bowdich, 1825), capturado na Ilha da Madeira (Fonte: DSI/DRP).

O chicharro é uma espécie pelágica que pode ser encontrada entre os 100 m e os 575 m de profundidade (Menezes & Giacomello, 2013; Menezes *et al.*, 2006). A sua ocorrência está frequentemente confinada às zonas neríticas das costas das ilhas, bancos e elevações submarinas (Smith-Vaniz, 1986; Smith-Vaniz & Berry, 1981; Lloris & Moreno, 1995). Menezes *et al.* (2006) referem que as áreas de plataforma parecem funcionar como zonas de viveiros ou de crescimento, enquanto os montes submarinos/bancos em alto mar são preferencialmente uma zona de alimentação, onde os peixes adultos predominam. *T. picturatus* habita em águas mais profundas que as outras espécies da família Carangidae e, tal como elas, desce a maiores profundidades durante o inverno (Benguria & Camiña, 1975).

Este pequeno pelágico encontra-se distribuído a leste do Atlântico desde a Baía de Biscaia até às ilhas Canárias, incluindo Açores, Madeira (Smith-Vaniz & Berry, 1981) e mar Mediterrâneo e, também, ao longo da costa noroeste Africana até à Mauritânia (Figura 2). Ocorre ainda no Atlântico

sudoeste, junto às ilhas Gouth e Tristão da Cunha (Smith-Vaniz, 1986; Shaboneyev & Ryazantseva, 1977), no Pacífico, na costa norte e sul da América, desde a Califórnia até Valparaíso, e ainda nos mares da China (Letaconnoux, 1951). Ao longo da sua distribuição, esta espécie é encontrada em cardumes de acordo com o tamanho (Smith-Vaniz, 1986; Benguria & Camiña, 1975; Bauchot & Pras, 1980; Smith-Vaniz & Berry, 1981).

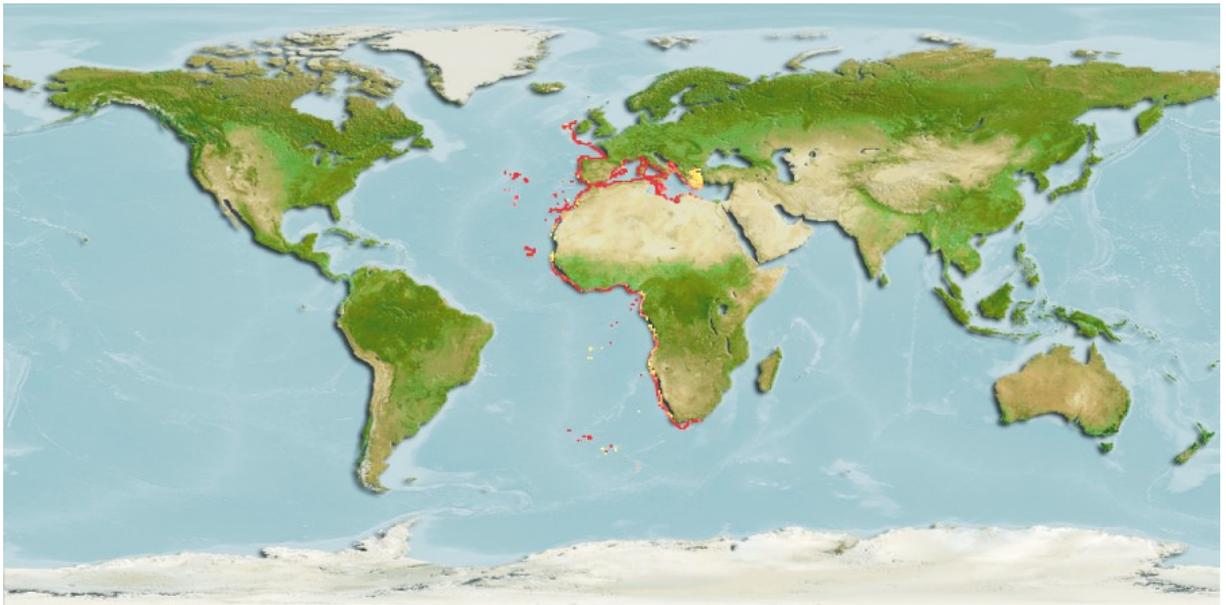


Figura 2 – Mapa da distribuição mundial do chicharro, *Trachurus picturatus* (Bowdich, 1825) (Aquamaps, 2013).

Nos arquipélagos dos Açores (Isidro, 1990a; Garcia *et al.*, 2015) e da Madeira (Jesus, 1992; Vasconcelos *et al.*, 2006), o chicharro é um importante recurso pesqueiro, sendo a principal espécie de peixe pelágico capturado na pesca artesanal, em termos económicos. Em águas continentais portuguesas, tanto o carapau-branco, *Trachurus trachurus* (Linnaeus, 1758), como o chicharro, *T. picturatus*, estão presentes, embora o primeiro seja mais abundante. As duas espécies têm poucas diferenças morfológicas e são muitas vezes capturadas em conjunto (Gonçalves *et al.*, 2013).

Nas águas do arquipélago da Madeira, o chicharro, é capturado a sul da Ilha da Madeira (Figura 3), juntamente com outros pequenos pelágicos como a cavala, *Scomber colias* (Gmelin, 1789), a sardinha, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) e a boga, *Boops boops* (Linnaeus, 1758). Estas espécies são localmente denominadas de “ruama” e são capturadas durante todo o ano, embora em menor quantidade durante os meses de inverno devido às condições climáticas adversas (Jesus, 1992).

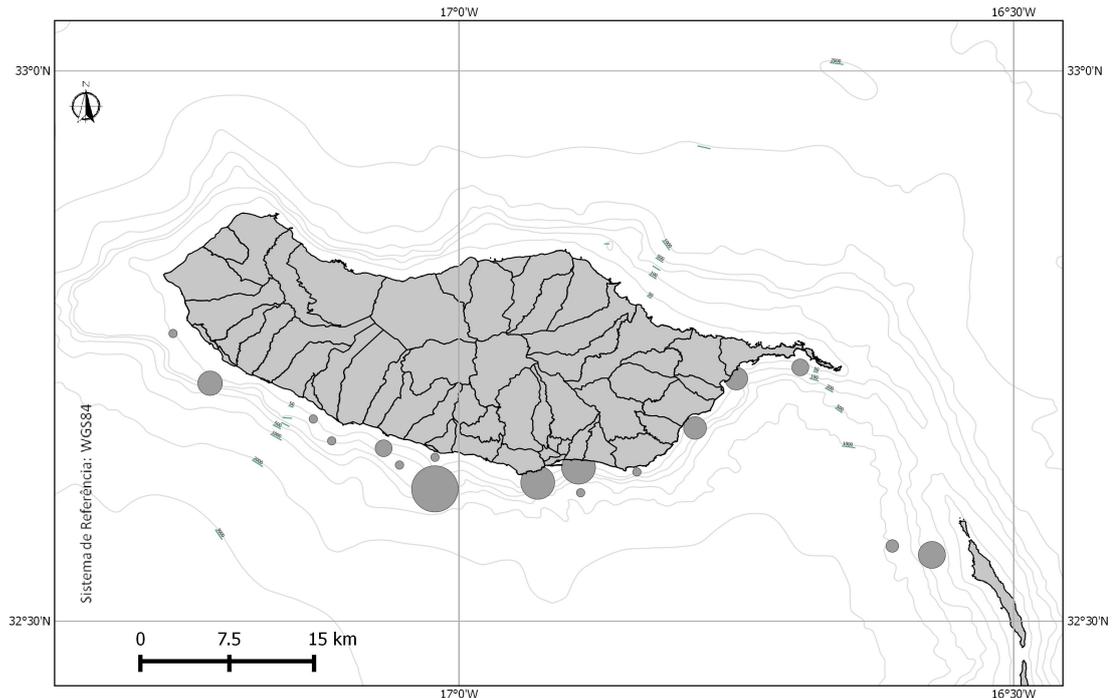


Figura 3 – Mapa da Ilha da Madeira com indicação da localização de algumas zonas de pesca (manchas cinzentas) do *T. picturatus*, de acordo com os dados disponíveis para 2009 – 2010 (Fonte: DSI/DRP).

Atualmente, o chicharro é capturado quase exclusivamente pela rede de cerco, juntamente com as espécies mencionadas anteriormente. No entanto, alguns pescadores utilizam artes de pesca do tipo artesanal, como a pesca à linha com anzol, denominada localmente de “gorazeira”, não sendo porém, significativas as capturas efetuadas por este tipo de arte. As redes de cerco introduzidas na Madeira em 1977, consistem de um anel de rede orlada, de um lado, por um cabo com flutuadores ou boias e, de outro lado, por um cabo que permite o afundamento da rede, denominado por cabo de prumos. Este tipo de pescaria ocorre durante a noite. O peixe é rodeado e atraído para a rede por uma fonte de iluminação denominada localmente por “candeio”. As redes possuem um comprimento médio de 500 metros e uma altura que vai até aos 120 metros (Jesus, 1992). A malhagem utilizada é de 16 mm, dimensões de acordo com as estipuladas por lei (Portaria no 1102-G/2000 de 22 de novembro de 2000). O tamanho mínimo de captura desta espécie em águas madeirenses é de 15 cm (Portaria nº 27/2001, de 15 de janeiro, com as alterações dadas pelas Portarias nº 402/2002, de 18 de abril, nº 1266/2004, de 1 de outubro, nº 82/2011, de 22 de fevereiro, nº 119/2014 de 3 de junho, nº 170/2014, de 22 de agosto e Reg. (CE) 302/2009 de 6 de abril).

A pescaria da “ruama” tem uma grande importância quando comparada com o total de pescado descarregado na Madeira tendo representado na última década, cerca de 15% e 9% do total de pescado desembarcado em peso e em valor económico, respetivamente. Em 2015 foram descarregadas cerca de 439 toneladas de chicharro com um valor económico associado de 344.81 mil euros (Figura 4), representando 7.8% do peso total de pescado descarregado em peso e 2.2% em relação ao valor económico.

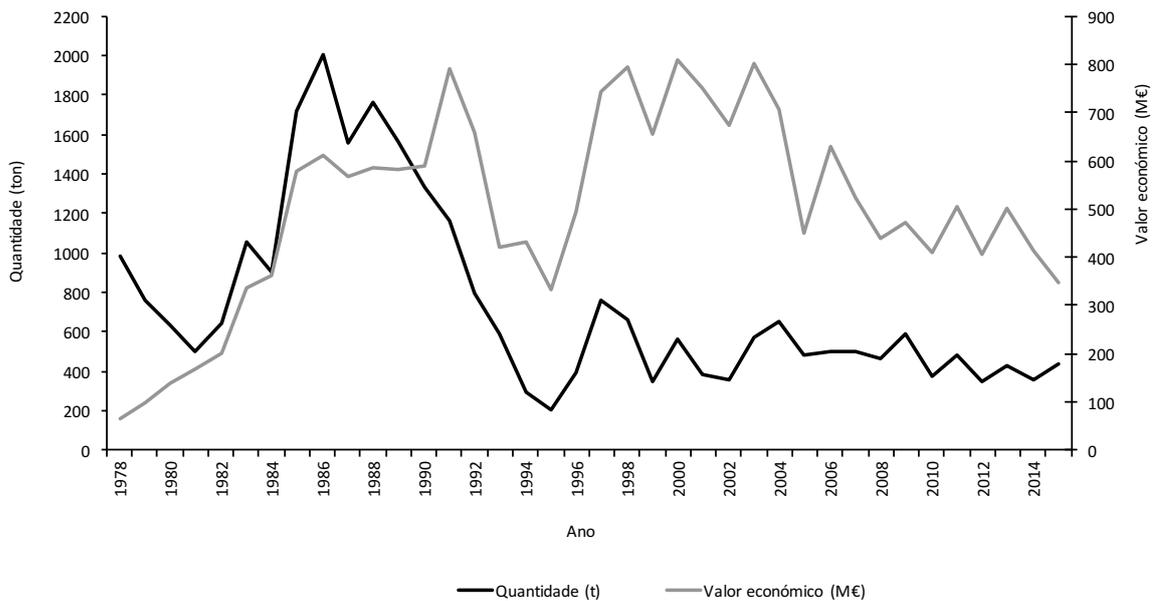


Figura 4 – Desembarques anuais de chicharro, *T. picturatus*, na Ilha da Madeira entre 1978 e 2015, em quantidade (toneladas) e em valor económico (mil euros) (Fonte: DSIAP/DRP).

O chicharro, historicamente associado a desembarques em Portugal Insular, começou a ser capturado e descarregado pela frota do cerco em Portugal continental a partir de 2006 (DGPA, 2007). É capturado juntamente com várias espécies de pequenos e médios pelágicos, nomeadamente a sardinha, a cavala, a sarda (*Scomber scombrus* Linnaeus, 1758), biqueirão (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758) e outros carapaus (*Trachurus* spp.), através da pesca de cerco. A maior parte das embarcações dirige a sua atividade à pesca da sardinha (Feijó, 2013) e operam com redes com uma malhagem de 18 mm, sendo usada uma malhagem mínima de 16 mm pelas embarcações mais pequenas (tucas ou rapas) (Portaria no 1102-G/2000 de 22 de novembro de 2000). Os portos de pesca com maior importância no cerco são Matosinhos a Norte, Sesimbra ao centro e Olhão a Sul (Feijó, 2013). Para além do cerco, ocorrem capturas desta espécie através da pescaria com redes de arrasto (Mendes *et al.*, 2004).

Os desembarques anuais do chicharro diminuíram de 2006 toneladas em 1986 para as 439 toneladas em 2015. Pelo contrário, o valor económico, embora com algumas oscilações, tem vindo a aumentar desde 1995, o que representa um rendimento importante para a economia local.

Apesar da importância do chicharro na região da Macaronésia, foram produzidos poucos trabalhos desta espécie no Atlântico nordeste, alguns deles na chamada literatura cinzenta.

A espécie foi parcialmente estudada nos Açores (Isidro, 1990a, 1990b; Garcia *et al.*, 2015), Madeira (Jesus, 1992; Faria & Vasconcelos, 2008; Vasconcelos *et al.*, 2006; Vasconcelos *et al.*, 2008; Costa *et al.*, 2012; Costa *et al.*, 2013), Canárias (Riviero, 2006; Shaboneyev & Ryazantseva, 1977; Jurado-Ruzafa & Santamaría, 2011; Jurado-Ruzafa & Santamaria, 2013; Bordes *et al.*, 1987; Costa *et al.*, 2013) e norte de Portugal continental (Hermida *et al.*, 2016).

Para gerir de forma eficaz a pesca de uma dada espécie é importante conhecer a estrutura do seu *stock* e de que forma estão distribuídas a mortalidade e o esforço de pesca (Grimes *et al.*, 1987). Uma falha no conhecimento da estrutura do *stock* de uma espécie explorada pode levar à sobrepesca e ao esgotamento dos *stocks* menos produtivos (Begg *et al.*, 1999). Atualmente são usados diferentes métodos para a identificação de *stocks* de peixes (Begg & Waldman, 1999), tendo sido implementados alguns deles neste estudo multidisciplinar.

A primeira parte deste trabalho pretende analisar a estrutura do *stock* de chicharro com base em amostras obtidas da Madeira, Portugal continental (Peniche) e Canárias referentes ao ano de 2015, segundo uma aproximação holística:

- Morfologia do corpo;
- Morfologia do otólito;
- Parasitas como marcadores biológicos;
- Comprimentos médios à idade e relação peso-comprimento.

A segunda parte lida com aspetos da biologia e da pesca do chicharro em águas da Madeira, para os anos de 2009 – 2010 e compreende as seguintes temáticas:

- Idade e crescimento;
- Reprodução, incluindo o tipo de fecundidade;
- Análise das capturas na Madeira ao longo dos anos;
- Estimativa da mortalidade;
- Avaliação preliminar do recurso.

PARTE

IDENTIFICAÇÃO DE UNIDADES POPULACIONAIS

2. Introdução geral

O conceito de *stock* é fundamental à gestão dos recursos pesqueiros, dado que constitui a unidade básica sobre a qual são aplicados os modelos de dinâmica populacional, tanto para saber o seu estado como para adotar medidas de gestão adequadas para garantir a sua sustentabilidade (Abaunza, 2008; Abaunza *et al.*, 2008b).

A determinação da identidade biológica de uma população de organismos marinhos, em relação às populações vizinhas de uma mesma espécie, é um pré-requisito vital para o estudo da biologia, dinâmica, interações e consequências ecológicas da exploração nessa população (MacKenzie & Abaunza, 1998). Isto é particularmente importante, dado o aumento da pesca global e do aumento de espécies alvo, que são exploradas comercialmente para acompanhar o aumento da procura (Pierce & Guerra, 1994; Evans & Grainger, 2002). As espécies marinhas consideradas em risco como resultado da sobrepesca, evidente no declínio verificado na biomassa e abundância, enfatizam a importância da compreensão da estrutura das populações ao longo da sua distribuição geográfica (McClelland & Melendy, 2007; Melendy *et al.*, 2005). Pelo mencionado até hoje por diversos trabalhos, antes que um *stock* possa ser gerido de forma eficiente e implementadas as políticas para a sua sustentabilidade futura, é necessário que o *stock* seja corretamente identificado (Oliva & Sánchez, 2005).

Existem muitas maneiras de definir *stock*, mas uma das definições mais comumente aceite é a de Ihssen *et al.* (1981) que consideram *stock* um grupo intraespecífico de indivíduos que acasalam aleatoriamente com integridade temporal ou espacial. Na realidade, o conceito de *stock* é paralelo ao conceito de “população” mais frequentemente utilizado pelos ecologistas teóricos, com a ressalva de que *stock* normalmente se refere a componentes de uma espécie que é explorada comercialmente por atividades de pesca (Shaklee & Currens, 2003).

A população ou *stock* como uma unidade tem uma série de indicadores estatísticos e/ou variáveis que resultam da soma de cada um dos indivíduos e que, portanto, não pode ser aplicada a nível individual. Estas características do grupo são a densidade, taxa de natalidade, mortalidade, imigração e emigração, a estrutura da população (idades composição, genética, etc.) e de distribuição dos indivíduos no espaço (Krebs, 1994).

As técnicas e métodos utilizados para obter informação sobre a estrutura populacional são de três tipos (Anon, 1993): (1) métodos naturais, incluindo análises merísticas e morfométricas, uso de parasitas como marcadores biológicos e estudos genéticos; (2) uso de marcadores artificiais ligados externa e internamente; e (3) estudo de parâmetros biológicos em relação aos ciclos de vida.

Podem ser encontradas listas detalhadas destes métodos em Templeman (1983), Anon (1996) e Ihssen *et al.* (1981).

Relativamente aos métodos naturais, os parasitas têm sido amplamente utilizados na identificação de *stocks* de peixes (MacKenzie, 2002; Williams *et al.*, 1992) desde 1939 (MacKenzie, 1998). A sua aplicação na identificação de populações do carapau está descrita nos estudos de Gaevskaya & Kovaleva (1980), Abaunza *et al.* (1995), MacKenzie *et al.* (2008) e Mattiucci *et al.* (2008), que consideram toda a fauna parasitária e espécies do género *Anisakis*, respetivamente. Relativamente à análise morfométrica, existem dois tipos: os métodos morfométricos com base na análise de pontos de referência anatómicos e os métodos morfométricos de análise da forma do contorno (Cadrin, 2005). Os caracteres morfológicos, como a forma do corpo e as contagens merísticas, têm sido e continuam a ser muito utilizados na identificação de *stocks* (Heincke, 1898; Silva, 2003; Turan, 2004; Villaluz & Maccrimmon, 1988; Haddon & Willis, 1995; Murta *et al.*, 2008b; Stransky *et al.*, 2008; Sequeira *et al.*, 2011).

Os marcadores artificiais, ligados externa e internamente, têm sido usados durante séculos para fins de identificação e obtenção de informações em peixes marinhos e de água doce (Jacobsen & Hansen, 2004). Comumente, os marcadores externos têm uma expectativa de vida mais curta que os marcadores internos. No entanto, para fins de recuperação, usualmente um marcador interno não é detetável, a menos que seja empregue uma marca secundária, que muitas vezes não é detetada pelos pescadores (McFarlane *et al.*, 1990).

Os vários parâmetros biológicos em relação aos ciclos de vida fornecem uma base para a discriminação de *stocks* (Jennings *et al.*, 2001), fundamental para a conservação e exploração racional dos recursos ictiológicos (Vasconcelos, 2006). Diferentes *stocks* apresentam histórias de vida características, embora estas sejam frequentemente respostas fenotípicas ao meio ambiente (Jennings *et al.*, 2001). A informação sobre a idade é a variável biológica mais influente na estimação da taxa de crescimento, taxa de mortalidade e da produtividade em peixes (Campana 2001), essenciais para entender a dinâmica populacional (Mouine-Oueslati *et al.*, 2015). Os aspetos da biologia reprodutiva, tais como a época de desova e a análise da evolução dos estados de maturação, juntamente com a estrutura etária são fundamentais para a determinação da idade à primeira maturação. Assim, integrando aspetos da morfometria, idade, crescimento e reprodução obtém-se informações biológicas importantes para a avaliação e gestão de *stocks* (Garcia *et al.*, 2015).

Para uma identificação segura de um *stock* devem ser usados diversos métodos, uma vez que métodos diferentes podem produzir resultados diferentes (Fournier *et al.*, 1984; Shaw *et al.*, 1999). O objetivo principal deste estudo multidisciplinar é identificar os *stocks* de chicharro, *T. picturatus*, ao

longo do sul do Atlântico nordeste (Madeira, Portugal continental e Ilhas Canárias) com base em métodos naturais e parâmetros de história de vida. Concretamente foram incluídos neste trabalho estudos sobre a morfometria do corpo de chicharro (Capítulo 4), sobre a análise do contorno do otólito (Capítulo 5) e sobre análise parasitológica (Capítulo 6). O estudo dos parâmetros biológicos foi desenvolvido no Capítulo 7. Finalmente, a análise conjunta e comparativa das diferentes técnicas utilizadas na identificação de *stock* do chicharro - a abordagem holística - foi efetuada no Capítulo 8.

1) Áreas de estudo

a) Arquipélago da Madeira

O arquipélago da Madeira está localizado a sudoeste do Continente (a cerca de 1000 km), entre os paralelos 30° 01' N e 33° 08' N e os meridianos 15° 51' O e 17° 16' O. Deste arquipélago fazem parte a Madeira, maior e principal ilha do arquipélago com uma área total de 736.75 km², o Porto Santo com 42.17 km², as Desertas (Deserta Grande, Bugio e Ilhéu Chão) com área total de 14.23 km² e as pequenas ilhas constituintes do arquipélago, as Selvagens (Selvagem Grande e Selvagem Pequena) com área total de 3.62 km² (Carvalho & Brandão, 1991; Prada, 2000; Prada *et al.*, 2003).

b) Portugal continental – Peniche

O território português tem uma área total de 92.090 km², sendo delimitado a norte e leste por Espanha e a sul e oeste pelo oceano Atlântico, compreendendo uma parte continental e duas regiões autónomas: os arquipélagos dos Açores e da Madeira (Digitalis Informática Lda, 2015).

Quanto à localização absoluta, Portugal continental está situado entre as latitude 36° 57' N (cabo de Santa Maria) e 42° 9' N (foz do rio Trancoso) e as longitudes 6° 12' O (foz da ribeira Castro) e 9° 30' O (cabo da Roca) (Geograficando, 2011).

c) Ilhas Canárias

As Canárias são uma comunidade autónoma espanhola constituída por sete ilhas de maiores dimensões, administrativamente organizadas em duas províncias, Las Palmas e Santa Cruz de Tenerife, com uma área total de 7.447 km². Da primeira província fazem parte as ilhas de Gran Canaria (1.560 km²), Fuerteventura (1.660 km²) e Lanzarote (846 km²). A província de Santa Cruz de

Tenerife inclui as ilhas de La Gomera (370 km²), Tenerife (2.034 km²), La Palma (708 km²) e El Hierro (269 km²) (Proyecto INDICE INTERREG IIIB).

O arquipélago das Canárias situa-se no Oceano Atlântico, em frente à costa noroeste da África, perto dos continentes da Europa e da África (104 km de Cape Juby, Marrocos) (González, 2016), entre os paralelos 27° 37' e 29° 25' de latitude Norte e 13° 20' e 18° 10' de longitude Oeste, 52 milhas marítimas a Oeste do litoral africano, sendo o ponto mais próximo de África a Punta de La Entallada (na costa Leste de Fuerteventura) (Proyecto INDICE INTERREG IIIB).

3. Material biológico

Os dados a utilizar neste estudo foram recolhidos em três áreas de estudo distintas, arquipélago da Madeira, Portugal continental e Ilhas Canárias (Figura 5).

Para o estudo de comparação entre as três localidades (forma do peixe, morfologia do otólitos, parasitas e idade e crescimento) foram amostrados, em 2015, 276 exemplares (137 fêmeas, 119 machos e 20 indeterminados) da Ilha da Madeira (Tabela 1), 180 exemplares (70 fêmeas e 110 machos) de Peniche (Tabela 2) e 220 exemplares (44 fêmeas, 48 machos e 128 indeterminados) das Ilhas Canárias (Tabela 3).

De cada indivíduo amostrado foi registado os comprimentos total (LT) e furcal (LF) em milímetros (mm) e os pesos total (WT) e eviscerado (WE) (com a aproximação ao centígrama – cg), e foram removidos (extração ventral) e armazenados os otólitos *sagitta*, em *ependorffs* devidamente etiquetados, tal como sugerido por Butler (1992). De cada indivíduo foi ainda determinado o sexo (fêmea, macho ou indeterminado), atribuído um estado de maturação sexual com base na escala macroscópica de Brown-Peterson *et al.* (2011) (Anexos 1 e 2) e removidos e pesados, em centígramas, as gónadas e o fígado. As vísceras foram removidas e armazenadas na congelação em sacos etiquetados para posterior análise.

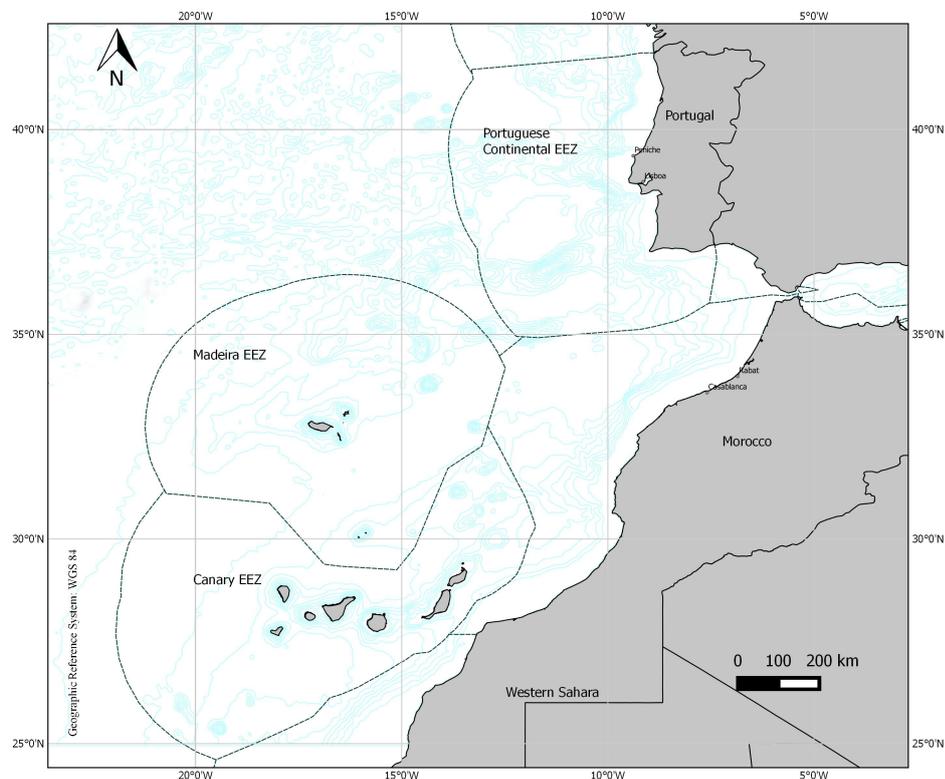


Figura 5 – Localização geográfica das áreas de amostragem no Atlântico nordeste (Fonte: DSI/DRP).

Tabela 1 – Material biológico utilizado na caracterização da diversidade, prevalência e intensidade parasítica, morfologia do peixe e otólito e idade e crescimento de *T. picturatus* do arquipélago da Madeira. Legenda: *n* = número de indivíduos; *F* = fêmeas; *I* = indeterminado; *M* = machos; *LT* = comprimento total (cm); *WT* = peso total (g); *indivíduos amostrados apenas para a morfologia do peixe.

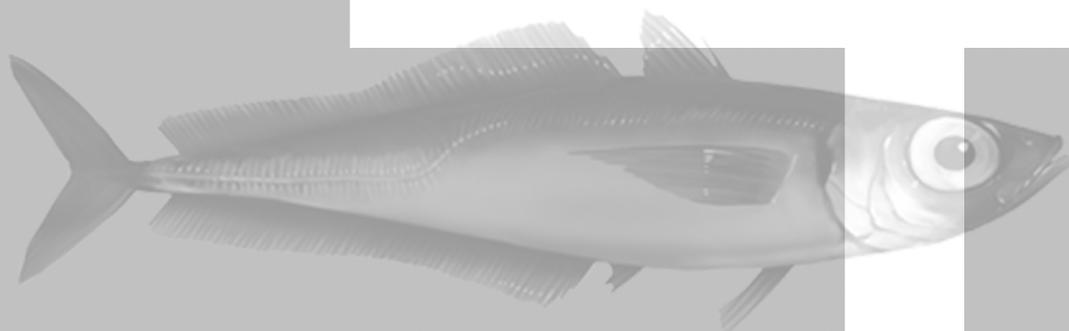
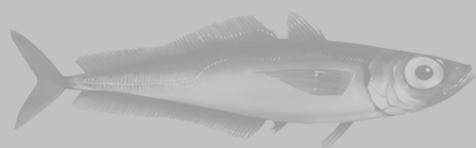
Ano	Mês	Data da amostra	n	Sexo			LT (cm)	WT (g)
				F	I	M		
2015	janeiro	29-01-2015	16	7		9	16.5 – 20.6	32.99 – 71.63
		12-03-2015	22	13		9		
	março	20-03-2015	10	7		3	17.2 – 27.8	40.86 – 190.53
		26-03-2015	5	4		1		
	abril	16-04-2015	18	8		10	18.1 – 24.8	48.59 – 134.58
		24-04-2015	10	4	1	5		
	maio	19-05-2015	10	5		5	19.1 – 22.8	57.8 – 105.54
	junho	04-06-2015	10	3	2	5	16.3 – 21.8	39.06 – 94.85
		19-06-2015	6	4		2		
	julho	16-07-2015	10	8		2	17.0 – 19.7	43.81 – 68.22
	agosto	06-08-2015	10	5		5	15.8 – 19.5	31.94 – 59.16
		28-08-2015	10	2	8			
	setembro	08-09-2015	20	12	1	7	15.3 – 24	28.19 – 114.26
	setembro	23-09-2015*	10	6		4	14.9 – 18.7	25.23 – 50.27
	outubro	7-10-2015	20	12		8	19.8 – 28.3	58.15 – 196.23
		14-10-2015	30	19		11	19.3 – 27.9	56.26 – 173.89
		21-10-2015*	10	5		5	15.3 – 20.4	26.23 – 62.2
28-10-2015*		10	4		6	16.9 – 23	34.31 – 93.33	
novembro	05-11-2015*	24	6		18	19.5 – 27	55.28 – 92.6	

Tabela 2 – Material biológico utilizado na caracterização da diversidade, prevalência e intensidade parasítica, morfologia do peixe e otólito e idade e crescimento de *T. picturatus* de Portugal continental (Peniche). Legenda: *n* = número de indivíduos; *F* = fêmeas; *M* = machos; *LT* = comprimento total (cm); *WT* = peso total (g).

Ano	Mês	Data da amostra	n	Sexo			LT (cm)	WT (g)
				F	I	M		
2015	março	01-03-2015	50	19	-	31	22.3 – 30.8	84.85 – 273.07
	maio	25-05-2015	34	19	-	15	28.0 – 37.1	182.09 – 471.53
	setembro	18-09-2015	50	19	-	31	22.8 – 31.1	102.7 – 225.29
	novembro	01-11-2015	46	13	-	33	26.5 – 35.0	172.26 – 364.81

Tabela 3 – Material biológico utilizado na caracterização da diversidade, prevalência e intensidade parasítica, morfologia do peixe e otólito e idade e crescimento *T. picturatus* presente nas águas das Ilhas Canárias. Legenda: *n* = número de indivíduos; *F* = fêmeas; *I* = indeterminado; *M* = machos; *LT* = comprimento total (cm); *WT* = peso total (g).

Ano	Mês	Data da amostra	n	Sexo			LT (cm)	WT (g)
				F	I	M		
2015	março	02-03-2015	30	3	26	1	14.5 – 21.4	21.53 – 79.91
		03-03-2015	31	2	27	2		
	abril	20-04-2015	29	10	3	16	18.0 – 23.4	45.17 – 108.95
		23-04-2015	30	15	6	9		
	outubro	04-10-2015	40	2	26	12	14.3 – 18.7	22.89 – 52.77
	dezembro	09-12-2015	60	12	40	8	15.9 – 18.5	31.37 – 49.06



MORFOLOGIA DO CORPO

4.1. Introdução

A potencial capacidade das populações em se adaptar e evoluir como entidades biológicas independentes em diferentes condições ambientais é restringida pela troca de indivíduos entre populações. Um grau suficiente de isolamento pode resultar numa diferenciação genética e fenotípica notável entre populações de peixe dentro de uma espécie, que pode ser reconhecível como uma base para a separação e gestão de populações distintas (Turan, 2004).

Diversos métodos são atualmente empregues na identificação das unidades populacionais de peixes (Templeman, 1983; Smith & Jamieson, 1986; Begg & Waldman, 1999; Ihssen *et al.*, 1981), sendo a análise da morfologia do corpo um dos mais utilizados (Heincke, 1898; Silva, 2003; Turan, 2004; Villaluz & Maccrimmon, 1988; Haddon & Willis, 1995; Murta *et al.*, 2008b; Stransky *et al.*, 2008; Sequeira *et al.*, 2011). Este método, que se baseia no estudo da variação da forma do corpo e na correlação com outras variáveis (Bookstein, 1991), tem sido objeto de diversas melhorias nos últimos anos, devido ao desenvolvimento de novos métodos e ferramentas para registar, descrever e analisar formas (Rohlf & Bookstein, 1990; Cadrin & Friedland, 1999; Marcus *et al.*, 1996).

As abordagens morfométricas tradicionais são baseadas em análises multivariadas de coleções arbitrárias de medidas de distâncias, rácios e ângulos que representam, normalmente, apenas uma parte da informação que pode ser obtida a partir das posições dos pontos de referência em que se baseiam estas medidas. Esses métodos não levam em conta as informações sobre as relações espaciais entre as variáveis medidas (Rohlf, 1999).

O relativamente novo campo da morfometria geométrica (Bookstein, 1991; Rohlf, 1999; Rohlf & Marcus, 1993), conjunto de novas técnicas utilizadas no estudo da forma de estruturas biológicas em que são utilizados marcos anatómicos (*landmarks*) (Rohlf & Marcus, 1993) ou contornos, tem demonstrado um rápido progresso nos últimos anos (Rohlf, 1998).

A morfometria geométrica inclui métodos para ambos os dados de contorno e *landmarks* (Adams *et al.*, 2004) e inclui uma ferramenta descritiva que mostra com maior pormenor e precisão as alterações e variações na forma do corpo com base em *landmarks* homólogos (Strauss & Bookstein, 1982). Uma das principais vantagens da morfometria geométrica relativamente aos métodos tradicionais é o processo através do qual se quantifica a variação entre formas – Distância de Procrustes (Rohlf, 1999). Outras vantagens incluem o desenvolvimento de métodos estatísticos especializados para o estudo de forma e o desenvolvimento de novas técnicas de representações gráficas dos resultados (Rohlf, 2002). Neste novo campo a representação quantitativa e a análise morfológica da forma usa coordenadas geométricas em vez de medições (Rychlik, 2006).

A preocupação da noção de forma na morfometria geométrica é o das posições relativas dos pontos marcados (correspondente a pontos de referência morfológicas) em imagens bidimensionais ou no atual espaço tridimensional dos organismos. A forma de uma configuração de pontos pode ser representada pelas coordenadas dos pontos após a remoção dos efeitos da variação da translação, rotação e escalamento (Rohlf, 1999, 2000).

A variação em tais caracteres foi assumida inicialmente como sendo apenas genética (Heincke, 1898; McQuinn, 1997), mas atualmente sabe-se que é influenciada pelas componentes ambientais e genéticas (Robinson & Wilson, 1996; Foote *et al.*, 1989; Cabral *et al.*, 2003). A forma do corpo de um peixe é definida por uma interação entre fatores genéticos e ambientais (Barlow, 1961; Swain & Foote, 1999), especialmente durante as fases iniciais de desenvolvimento. Embora as variações morfométricas, que ocorrem com o crescimento e que podem mudar entre os diferentes locais, possam ser influenciados pelas condições ambientais, elas podem ser tão úteis e valiosas na discriminação de unidades de *stock* como outros métodos genéticos (Cadrin, 2000; Swain & Foote, 1999; Abaunza *et al.*, 2008b).

A região sul do Atlântico nordeste situa-se na confluência de três áreas biogeográficas importantes (o Atlântico temperado frio, o Atlântico temperado quente e o Mediterrâneo) caracterizadas por diferentes características geomorfológicas e correntes padrão, que se esperam vir a refletir na diferenciação de populações (Sequeira *et al.*, 2011).

Não existe nenhum estudo sobre a análise da forma do corpo para distinção entre populações de chicharro presentes no Atlântico nordeste. Apenas existe um estudo sobre os endoparasitas e seleção de parasitas como marcadores biológicos presentes em chicharro da Madeira e Canárias (Costa *et al.*, 2013).

Dada a incerteza na delimitação das unidades de *stock* do chicharro no Atlântico nordeste, neste estudo analisou-se a variação geográfica da forma do corpo como parte de uma abordagem multidisciplinar para a identificação do *stock* desta espécie.

4.2. Material e Métodos

Para a análise da forma do corpo foram utilizados 100 indivíduos por local de amostragem, nomeadamente Madeira (14 a 27 cm LT), Portugal continental (22 a 33 cm LT) e Canárias (14 a 19 cm LT).

Foram definidos um total de 12 *landmarks*, que correspondem a pontos de inserção, pontos apicais ou de transição entre estruturas, maioritariamente distribuídos principalmente ao longo do contorno do corpo de peixe, de modo a ser significativa em termos sistemáticos (Figura 6) (Cadrin, 2000). Todos os peixes foram fotografados com o lado esquerdo para cima, com uma máquina fotográfica Canon EOS 700D equipada com uma objetiva EF-S 18-55mm, fixa num tripé de modo a estabilizar e a evitar a distorção da imagem. Cada ponto de referência foi então transformado numa coordenada cartesiana através do software tpsDig versão 2.10 (Rohlf, 2006).

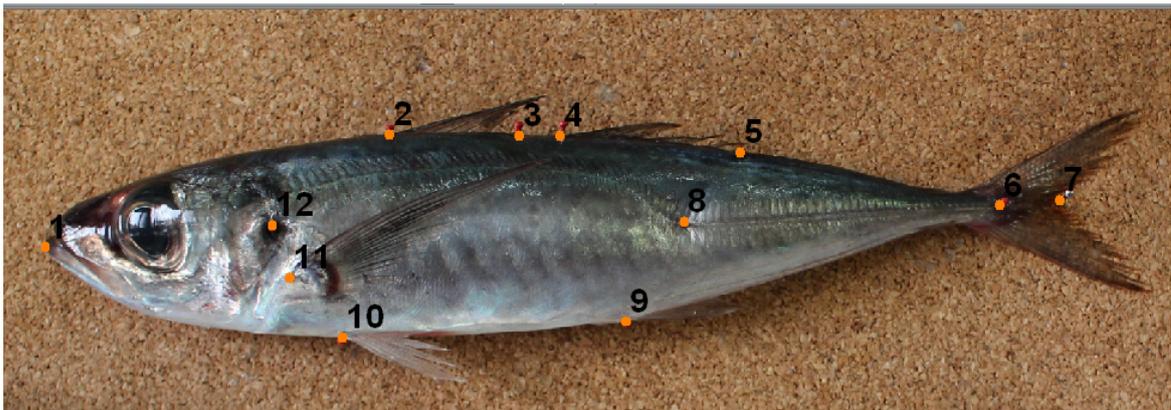


Figura 6 – Localização dos pontos de referência anatómicos (*landmarks*) utilizados na morfologia da forma do corpo do chicharro. Foto de uma fêmea amostrada da Madeira com 27 cm de comprimento total.

Para remover a variação não associada à forma, as configurações dos *landmarks* foram sujeitas a uma sobreposição Procrustes generalizada (Rohlf, 1990), em que se comparam formas (Rohlf, 1999; Chapman, 1990; Rohlf & Slice, 1990) através da sobreposição de vários exemplares a uma dada configuração referência com o intuito de se verificar as diferenças nas posições dos pontos de referência, definidas pela configuração de *landmarks*, segundo diversos critérios de otimização (Chapman, 1990; Rohlf & Slice, 1990). Os parâmetros de sobreposição são escolhidos de maneira a minimizar a soma de quadrados das distâncias entre pontos de cada configuração e os pontos correspondentes à referência (Chapman, 1990; Rohlf, 2003; Rohlf & Slice, 1990). A referência pode ser qualquer exemplar da amostra ou a configuração média (*consensus*) da amostra. Para cada

landmark, um residual de Procrustes é a diferença entre a posição do *landmark* dos exemplares e a posição do *landmark* homólogo do *consensus*. A matriz dos residuais de Procrustes é utilizada para qualquer procedimento estatístico (Chapman, 1990; Rohlf & Slice, 1990).

Desta forma, as configurações de *landmarks* foram centradas, padronizadas (escalamento da configuração de *landmarks* a partir do tamanho do centróide) e rodadas de modo a minimizar as distâncias Procrustes entre *landmarks* homólogos de todos os indivíduos (Rohlf & Slice, 1990). No entanto, uma vez que a composição de tamanho (isto é, estrutura de tamanhos ou número de espécimes pequenos, médios e grandes) foi diferente entre as amostras, foi realizada uma regressão multivariada (total) das coordenadas Procrustes no tamanho do centróide (Monteiro, 1999) para estimar e remover o efeito do tamanho na forma (alometria).

Para a detecção de diferenças morfométricas na forma do corpo do chicharro das três áreas em estudo e para se investigar se a forma do corpo pode ser utilizada na classificação das amostras em termos de área de origem, foi realizada uma análise de variáveis canônicas (CVA). O nível de significância foi fixado em 0.05 para todos os testes estatísticos utilizados. As comparações de pares de formas médias de chicharro dos diferentes locais foram baseadas em distâncias de Procrustes e foi utilizado um teste de permutação com 10.000 execuções para testar a hipótese nula da não existência de diferenças entre as amostras. Em seguida, realizou-se uma análise discriminante com as mesmas variáveis da forma usando o *software* SPSS 17.0 IBM Statistics Versão 23 (IBMCorp., 2015) e uma validação cruzada *jackknife* para calcular uma estimativa imparcial de sucesso de classificação. Neste procedimento, cada indivíduo foi atribuído ao grupo com o centróide mais próximo (Ripley, 1996) e foi calculada a proporção de indivíduos corretamente atribuídos. A eficácia discriminatória da análise foi também estimada através do parâmetro Cohen's Kappa (Cohen, 1960) que, de acordo com Titus *et al.* (1984), fornece resultados mais confiáveis.

4.3. Resultados

Para validar a separação das três áreas em estudo (Madeira, Peniche e Canárias) foi realizada uma análise discriminante destes grupos

A atribuição de espécimes de chicharro às localizações geográficas em estudo foi classificada corretamente em 80.7% do número total de amostras ($K = 0.67$) (Tabela 4). Na matriz de classificação, uma proporção de 30% de espécimes da Madeira foram classificados incorretamente, com 21% para Canárias e 9% para Peniche. Ocorreram igualmente erros de classificação, entre Canárias e as localidades Peniche e Madeira e entre Peniche e as localidades Canárias e Madeira. No entanto, a percentagem de indivíduos classificados incorretamente entre as referidas localidades foi baixa.

Nesta análise, Canárias e Peniche apresentaram a maior taxa de classificação correta (86%). A taxa de classificação obtida para a Madeira foi de 70%.

Tabela 4 – Matriz de classificação *jackknifed* da análise discriminante realizada em indivíduos de *T. picturatus* das três áreas em estudo do Atlântico nordeste. As percentagens apresentadas nas linhas representam a classificação para as áreas indicadas nas colunas (classificação correta em negrito). Sucesso de classificação geral: 80.7%, Cohen's $K = 0.67$.

	Canárias	Peniche	Madeira	Total
Canárias	86	5	9	100
Peniche	2	86	12	100
Madeira	21	9	70	100

A pontuação para as duas primeiras funções discriminantes (Figura 7) mostra uma separação entre as três áreas de estudo, apesar de se observar alguma sobreposição. Na Figura 7 a Madeira parece sobrepor-se com as localidades Peniche e Canárias. Enquanto Canárias e Peniche parecem estar bem diferenciadas entre si.

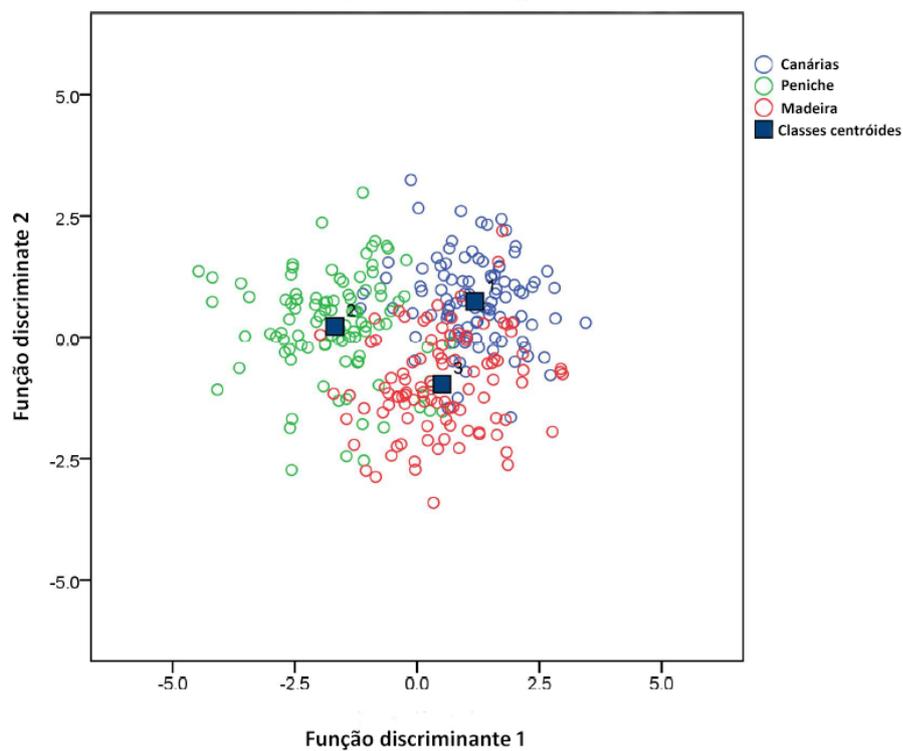


Figura 7 – Ordenação bidimensional de espécimes de chicharro dos três locais com base na análise de variáveis canônicas (CVA). Legenda: Azul (1) = Canárias; Verde (2) = Peniche; Vermelho (3) = Madeira. Os números representam as classes centróides.

4.4. Discussão

Os resultados obtidos neste trabalho mostram a existência de uma separação consistente entre as três regiões em estudo.

Na morfometria geométrica os efeitos da variação na localização, orientação e escala dos espécimes são eliminadas e as diferenças que permanecem representam a variação da forma e são expressas em relação a um conjunto de variáveis da forma (Rohlf, 2003). Rohlf (2003) verificou que o método de análise Procrustes generalizado produziu estimativas com o mínimo de erro e nenhum padrão de enviesamento.

Têm sido postas em prática outras abordagens para a identificação de *stocks*, com base nas características fenotípicas do corpo do peixe. Uma delas é a análise dos caracteres merísticos (Fournier, 1984; Turan, 2004; Haddon & Willis, 1995). No entanto, vários autores consideram esses caracteres menos úteis do que as morfométricas (Misra & Carscadden, 1987), provavelmente porque os primeiros são fixos num estágio inicial de desenvolvimento, e são altamente influenciados pelo meio ambiente nessa altura (Barlow, 1961; Ihssen *et al.*, 1981). Como resultado, os peixes do mesmo *stock*, mas nascidos em momentos diferentes, podem apresentar uma variabilidade dos caracteres merísticos tão elevadas quanto a variabilidade entre os *stocks* (Tremblay *et al.*, 1984).

A variação fenotípica entre *stocks* fornece uma das bases para a estrutura de *stocks*. Embora não forneça uma evidência direta de isolamento genético entre os grupos, pode indicar a separação prolongada de peixes (pós larvas) em diferentes regimes ambientais (Campana *et al.*, 1995a).

A forma do corpo pode ser sujeita a fortes pressões seletivas, que por sua vez podem produzir uma rápida divergência genética na morfologia entre grupos de peixe, antes de haver tempo para a acumulação de diferenças genéticas neutras entre os grupos (Swain & Foote, 1999), fazendo, assim, dos estudos morfométricos uma técnica muito valiosa.

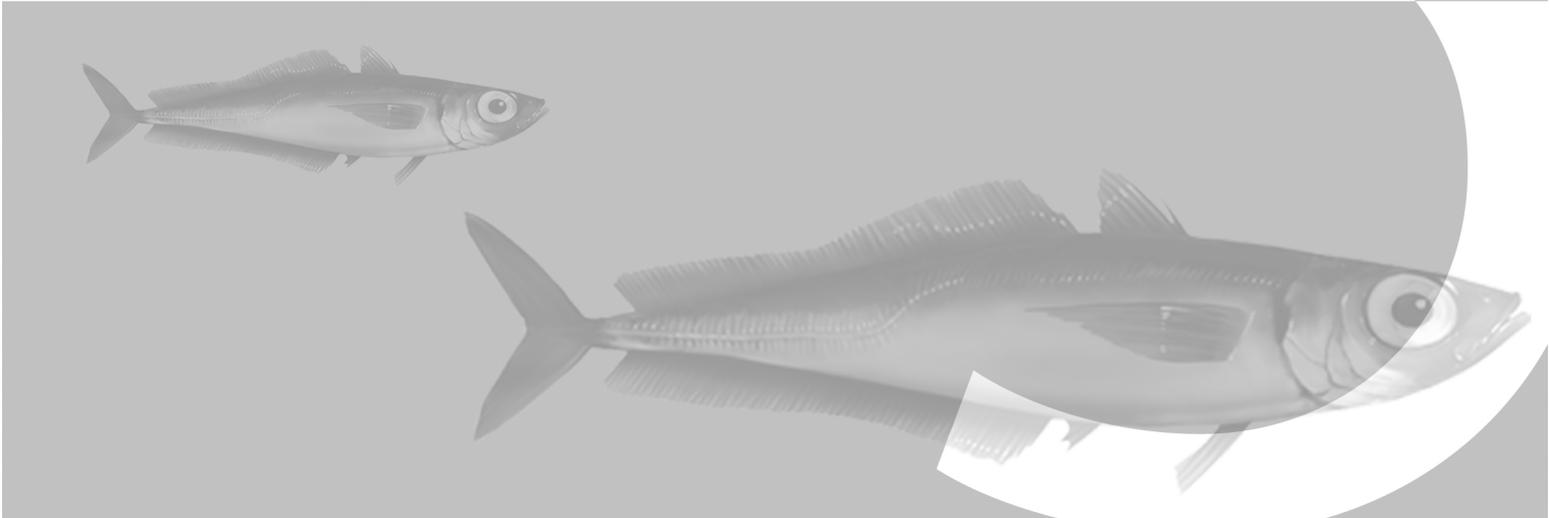
Os resultados obtidos com a análise da morfologia do corpo do peixe sugerem a sua utilidade como uma ferramenta de diferenciação de *stocks*. A análise discriminante canónica (CDA), efetuada com valores elevados de classificação de sucesso (80.7%) revelou diferenças entre as três áreas. No entanto, pode verificar-se alguma sobreposição principalmente entre a Madeira e Canárias. Segundo Sequeria *et al.* (2011), se os indivíduos migram ativamente para utilizar diferentes áreas, por exemplo para alimentação ou desova, podem ocorrer semelhanças fenotípicas entre esses mesmos indivíduos.

A delimitação definitiva das unidades populacionais de chicharro no Atlântico nordeste a serem consideradas na gestão e avaliação das pescas deve, obviamente, basear-se em mais de uma

metodologia, pelo que será complementada pelos resultados de outras abordagens efetuadas neste estudo multidisciplinar (realizadas com as mesmas amostras). De um modo geral, os resultados obtidos neste capítulo demonstraram a utilidade da análise morfométrica na distinção de *stocks* de chicharro no sul do Atlântico nordeste.

No entanto, os resultados obtidos no presente estudo sugerem que pode ocorrer uma pequena mistura de indivíduos de diferentes unidades populacionais, nomeadamente Madeira e Canárias. Isto implica que, para uma avaliação precisa do estado de cada *stock*, não devem ser definidos apenas os seus limites, mas também uma estimativa da mistura de peixes de diferentes unidades de *stock*, por local e época do ano em que a mistura dos *stocks* ocorre (Murta *et al.*, 2008a).

5



MORFOLOGIA DO OTÓLITO

5.1. Introdução

A estrutura populacional do chicharro presente no Atlântico nordeste é desconhecida. Existem várias definições do conceito de *stock* (por exemplo, Ihssen *et al.*, 1981), mas a sua aplicação final consiste em compreender a estrutura do *stock* de uma dada espécie, com a finalidade de avaliar e gerir adequadamente os recursos pesqueiros (Begg *et al.*, 1999a). Cada unidade populacional é identificada com base num número de características distintas que variam devido a fatores ambientais e genéticos.

Os estudos que utilizam as técnicas modernas de caracterização química dos otólitos, de medições entre anéis registados nos mesmos, morfometria e de contorno da forma do otólito têm contribuído significativamente na identificação dos *stocks*.

A forma do otólito tornou-se uma ferramenta eficaz na identificação de *stocks* de espécies de peixes. Esta técnica é mais fiável do que as que usam caracteres métricos externos, pois está menos sujeita à variação a curto prazo, causada por alterações na condição de alimentação ou desova (Castonguay *et al.*, 2005).

As formas dos otólitos demonstraram ser específicas de cada espécie (L'Abèe-Lund, 1988; Stransky & MacLellan, 2005) e, em muitos casos, a variação geográfica da forma dos otólitos pode estar relacionada com diferenças de *stock* (Stransky, 2005; Campana & Casselman, 1993; Begg & Brown, 2000; Stransky *et al.*, 2008; Farias *et al.*, 2009; Vieira *et al.*, 2014).

Vários fatores ambientais alteram a taxa de crescimento dos otólitos, que por sua vez podem modificar a sua forma. Além disso, diferentes genótipos podem induzir, igualmente, a diferenças na forma do otólito (Cardinale *et al.*, 2004). Desde que existam diferenças genéticas ou ambientais e as populações permaneçam parcialmente segregadas, a forma do otólito pode variar (Campana & Casselman, 1993), o que reforça a validade da análise da forma do otólito para a distinção de *stocks*.

A análise da forma do otólito tem sido aplicada com sucesso na identificação de *stocks* usando transformações de Fourier das coordenadas do contorno (Campana & Casselman, 1993; Friedland & Reddin, 1994; Bird *et al.*, 1986) e, mais recentemente, usando a análise elíptica de Fourier (Aguèra & Brophy, 2011; Tracey *et al.*, 2006; Mérigot *et al.*, 2007; Stransky *et al.*, 2008; Neves *et al.*, 2011; Vieira *et al.*, 2014). A utilização da análise elíptica de Fourier remove algumas das limitações da análise de Fourier convencional (divisões iguais durante o intervalo de amostragem, a dependência do sistema de coordenadas e a dificuldade de lidar com os contornos que se curvam em si para trás) (Lestrel, 1989). As funções elípticas de Fourier representam um poderoso método para descrever os contornos porque extrai eficientemente uma percentagem significativa de informação

biológica que é facilmente visualizada e difícil de quantificar com métodos convencionais (Lestrel, 1989, 1997).

A variação em pequena escala na forma dos otólitos do carapau, *T. trachurus*, ao longo da costa Portuguesa foi investigado por Murta *et al.* (1996). Ao excluir os efeitos causadores de confusão na comparação da forma dos otólitos entre áreas distantes, como o sexo, idade e grupos de idade, abriram o caminho para estudos de larga escala sobre a variação da forma dos otólitos e um possível uso para a identificação de *stocks*. Já Stransky *et al.* (2008) utilizaram a análise da forma de 1795 otólitos pertencentes a 21 áreas distintas para separação de *stock* do carapau no nordeste do Atlântico e Mediterrâneo.

Até à data não existe nenhum trabalho publicado sobre a forma do otólito de chicharro para distinção de *stocks*. Neste estudo, a variação geográfica da forma dos otólitos de chicharro foi investigada como parte de uma abordagem multidisciplinar para a discriminação do *stock* de chicharro, usando a análise elíptica de Fourier.

5.2. Material e Métodos

Para a avaliação da forma do otólito foi selecionada uma subamostra de 100 otólitos por região (Madeira, Peniche e Canárias) com comprimentos totais entre 17 e 36 cm, referentes ao ano de 2015.

5.2.1. Análise da imagem e contorno

Para a análise da imagem, os otólitos esquerdos inteiros das diferentes áreas foram colocados sobre um fundo negro e mergulhados num agente clareador (álcool a 70^o), posicionados com o *sulcus acusticus* virado para baixo e a região anterior para o lado direito (Figura 8). Para o registo das fotos com elevado contraste recorreu-se ao *software* Leica LAS X Core (Leica Microsystems, 2014) ligado a uma câmara digital Leica EC3 na Lupa MZ9.5. A ampliação da lupa foi ajustada ao tamanho dos otólitos.

A análise elíptica de Fourier de um contorno fechado (Lestrel, 1997, 1989) foi aplicada à projeção bidimensional do lado distal do otólito. Este método decompõe a forma irregular do contorno numa série de termos ortogonais – descritores elípticos de Fourier (EFDs) ou harmónicas (Lestrel, 1997, 1989). Cada harmónica produz quatro coeficientes que são utilizados como variáveis de entrada na estatística multivariada padrão, tais como a análise discriminante (Baylac & Frieb, 2005).

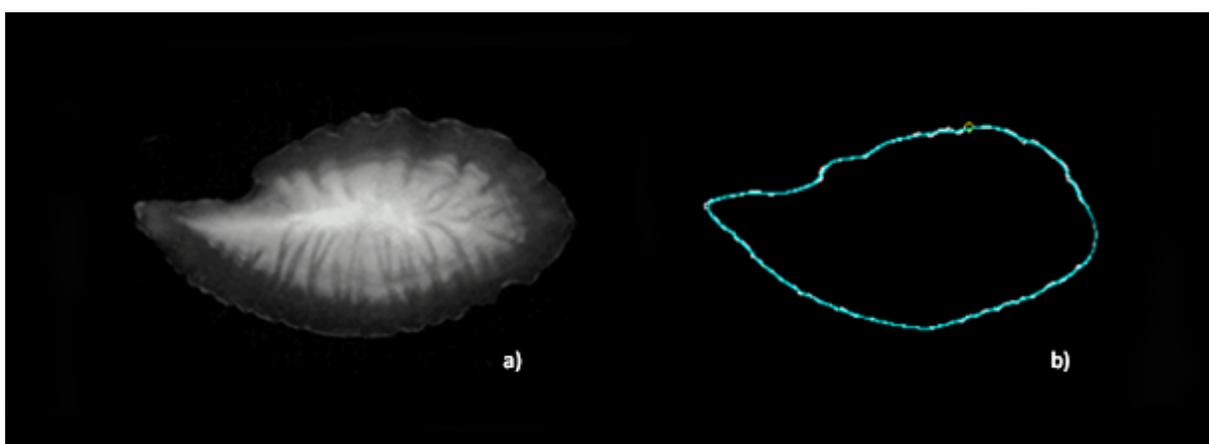


Figura 8 – Otolito de chicharro da Madeira: (a) lado distal (espécime com 19.2 cm LT) e (b) contorno.

O programa SHAPE 1.3 (Iwata & Ukai, 2002) foi utilizado para extrair os EFDs a partir da forma do contorno dos otólitos. O subprograma ChainCoder extraiu o contorno do otólito a partir da sua imagem digital e armazenou a informação relevante na forma de cadeias de códigos. O subprograma Chc2Nef forneceu os EFD normalizados (NEFDs) através de uma transformação de Fourier discreta do contorno codificado em cadeia. Os coeficientes EFD foram normalizados automaticamente em relação à primeira harmónica (representado por um círculo compensado e com quase nenhuma informação sobre a forma de contorno) e, conseqüentemente, eles tornam-se invariáveis ao tamanho, rotação e ponto de partida (Iwata & Ukai, 2002).

5.2.2. Análise estatística

A análise discriminante canónica (CDA) foi realizada para detetar diferenças morfométricas na forma de contorno dos otólitos de chicharro das três áreas em estudo e para investigar se a forma de contorno do otólito pode ser utilizada para classificar as amostras em termos da área de origem. Na CDA, foi utilizado o método passo a passo para seleccionar as variáveis a serem incluídas nas funções discriminantes.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no SPSS Statistics 17.0 IBM Statistics Versão 23 (IBM Corp., 2015). O nível de significância foi fixado em 0.05 para todos os testes estatísticos utilizados.

5.3. Resultados

5.3.1. Análise da imagem e contorno

Para a reconstrução da forma do contorno do otólito foram utilizadas 20 harmónicas. Este valor foi estipulado com bases nos valores obtidos em estudos anteriores. No estudo efetuado por Vieira *et al.* (2014), apenas foram utilizadas as primeiras 18 harmónicas na análise multivariada, uma vez que estas foram responsáveis por mais de 99% da variação da forma do otólito. Neves *et al.* (2011), apenas necessitaram de 15 harmónicas (excluindo a primeira) para explicar 99% da variação da forma do otólito.

5.3.2. Análise canónica discriminante

Para validar a separação das três áreas em estudo (Peniche, Madeira e Canárias) foi realizada uma análise discriminante destes grupos, que revelou uma classificação superior a 80% em todos os casos (Tabela 5) e um sucesso de classificação global de 86.3% (casos agrupados originais corretamente classificados). A maior taxa de classificação foi encontrada para Peniche (97%). A taxa de classificação obtida para a Madeira e Canárias foi de 81% para ambas.

Tabela 5 – Matriz de sucesso da classificação (%) da análise discriminante entre as três áreas amostradas, tal como revelado pela ordenação MDS da média dos descritores de Fourier por área. As percentagens apresentadas nas linhas representam a classificação para as áreas indicadas nas colunas (classificação correta em negrito). Sucesso de classificação geral: 86.3%.

	Peniche	Madeira	Canárias	Total
Peniche	97	3	0	100
Madeira	1	81	18	100
Canárias	1	18	81	100

A pontuação para as duas primeiras funções discriminantes (Figura 9) mostra uma separação entre as três áreas de estudo, apesar de se observar alguma sobreposição.

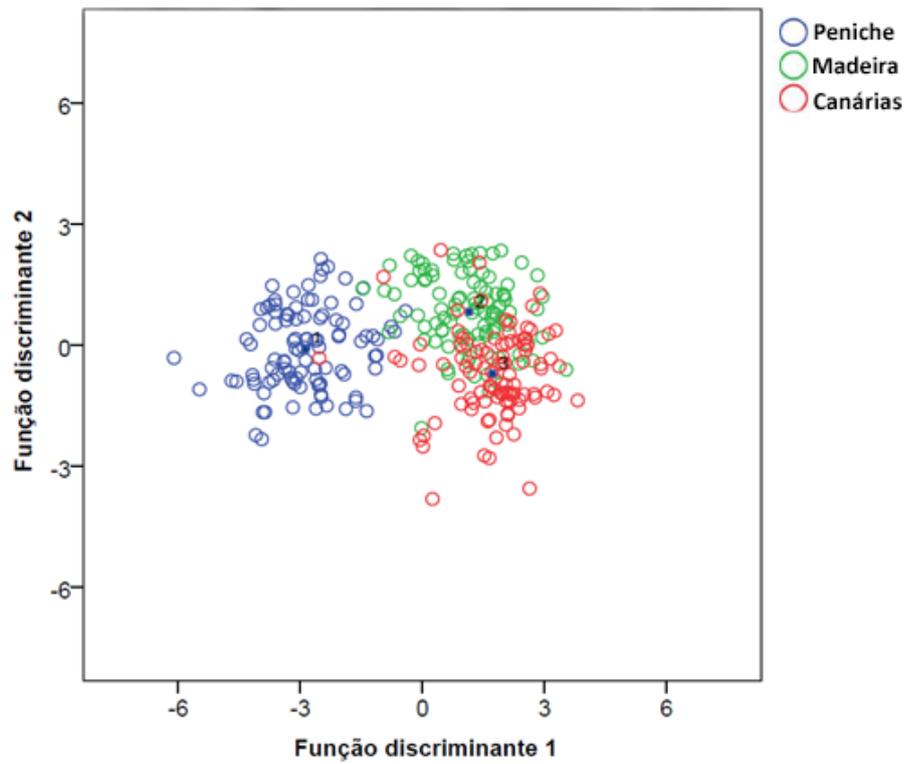


Figura 9 – Resultados da análise da função discriminante para sexos combinados de Peniche (1, azul), Madeira (2, verde) e Canárias (3, vermelho), baseada nos descritores de Fourier normalizados das primeiras 20 harmónicas. Os números representam as classes centróides.

5.4. Discussão

A análise elíptica de Fourier tem provado ser a técnica de análise de forma mais objetiva e poderosa para capturar e analisar toda a variação da forma e das diferenças individuais de pequena escala em contornos de otólitos (Campana & Casselman, 1993), embora a sua interpretação biológica seja mais complexa do que a morfometria linear (Stransky, 2005).

Os resultados obtidos com a análise da forma do otólito sugerem a sua utilidade como uma ferramenta de diferenciação de *stocks*. A análise discriminante canónica (CDA), efetuada aos otólitos de chicharro, com valores elevados de classificação de sucesso revelou diferenças entre as três áreas. No entanto, pode verificar-se alguma sobreposição entre as áreas. Simoneau *et al.* (2000) apontaram vários efeitos causadores de confusão, a saber: idade, grupo de idade e sexo, entre outros. Neste trabalho, não foi possível atingir a minimização do efeito de comprimento para as amostras de Canárias, não se conseguindo, assim, restringir a gama de comprimento a apenas os indivíduos adultos. O uso de indivíduos de maiores tamanhos evita a influência do crescimento alométrico na alteração da forma do otólito (Cardinale *et al.*, 2004). Bird *et al.* (1986) observaram que o contorno da forma do otólito torna-se mais áspero com o aumento da idade e após a maturação. Porém, Cardinale *et al.* (2004) demonstraram que os NEFDs são varáveis independentes do tamanho, uma vez que os descritores elípticos de Fourier foram normalizadas para o tamanho do otólito, rotação e ponto de partida (Iwata & Ukai, 2002), a fim de reduzir ao máximo os fatores que podem causar enviesamento nesta análise. Com base nos espécimes amostrados neste estudo, referentes à Madeira e aos anos de 2009 e 2010, o comprimento à primeira maturação estimado foi de 17.05 cm para fêmeas e 17.04 cm para machos. Apesar das variações na forma do otólito com o tamanho e maturação não tenham sido testadas para o chicharro, a gama de comprimentos escolhida garante que uma grande parte dos indivíduos utilizados da região de Canárias seja constituída por adultos.

A estrutura do *stock* do chicharro no Atlântico nordeste ainda é desconhecida. Os resultados deste estudo, sobre a análise da forma do otólito, mostram claramente a sua utilidade no apoio à existência de mais do que uma unidade de *stock* no sul do Atlântico nordeste, reforçando as evidências obtidas por outras técnicas. Segundo o contorno do otólito, os espécimes capturados na Madeira são diferentes dos espécimes capturados em Portugal continental (Peniche), sugerindo a provável ocorrência de mais do que um *stock* distinto em águas Portuguesas.

Tal como referido anteriormente, foram encontradas classificações de sucesso elevadas entre as 3 localidades (Madeira, Portugal continental e Canárias). As maiores percentagens de mal classificação foram obtidas para os otólitos da Madeira classificados no grupo de Canárias e vice-versa. Isto pode ser indicativo de que alguns espécimes destas duas regiões estão sujeitos a

condições de pressão ambiental similares ou, até mesmo, compartilham características genéticas, visto estes serem os principais fatores que influenciam as diferenças no contorno da forma do otólito (Farias *et al.*, 2009). Outras fontes possíveis de erros de classificação na análise da forma dos otólitos são a imprecisão na metodologia, a variabilidade individual e a migração (Campana & Casselman, 1993; Tracey *et al.*, 2006). Cardinale *et al.* (2004) mostraram que, mesmo sob a mesma temperatura e condições de crescimento, diferentes unidades populacionais de bacalhau apresentam diferenças significativas na forma dos otólitos. Isto indica que as diferenças genéticas entre populações podem influenciar a forma dos otólitos na ausência de quaisquer diferenças relacionadas com o crescimento (Galley *et al.*, 2006). Por isso, e como sublinharam Cardinale *et al.* (2004), a análise da forma do otólito pode ser vista como uma técnica complementar para uma gestão eficaz dos recursos pesqueiros. Para além disso, esta metodologia é mais barata e/ou mais eficiente em termos de tempo do que muitas outras técnicas (por exemplo, genética, parasitas e técnicas de discriminação microquímicas).

Embora outros estudos devam ser implementados para entender claramente a estrutura do *stock* do chicharro no Atlântico nordeste, as informações disponíveis indicam a existência de populações locais desta espécie e que o cenário de gestão padrão a aplicar deverá ser o de uma abordagem preventiva (por exemplo, considerar as três áreas como *stocks* separados) para garantir a sustentabilidade do recurso e a manutenção da biodiversidade genética (Begg & Waldman, 1999). A falha no reconhecimento destes *stocks* distintos pode levar a ações de gestão erradas, incluindo a exploração excessiva de algumas unidades populacionais.



PARASITAS

6.1. Introdução

Os parasitas podem ser utilizados como marcadores biológicos em estudos de populações de peixes marinhos uma vez que os seus limites geográficos são delimitados pelas condições abióticas e ecológicas que permitem o seu desenvolvimento e conclusão de seus ciclos de vida. O princípio básico deste método baseia-se no facto do peixe apenas ser infetado por um parasita ao entrar na área endémica desse mesmo parasita (MacKenzie & Abaunza, 1998, 2005). Segundo Eiras (1994), os parasitas de peixes distribuem-se mundialmente desde as águas tropicais às polares, afetando todas as espécies em qualquer nicho ecológico e habitat do hospedeiro. A área endémica é a região geográfica em que as condições são adequadas para a transmissão do parasita e a conclusão do seu ciclo de vida é determinada pela existência de condições ambientais adequadas, principalmente de temperatura e de salinidade, e da presença de todos os hospedeiros intermediários e definitivos exigidos. Se um peixe se encontra infetado por um parasita fora da área endémica desse parasita, podemos inferir que o peixe esteve dentro da área endémica em algum momento de sua história passada (MacKenzie & Abaunza, 1998; MacKenzie *et al.*, 2008). Quanto maior o número de parasitas com diferentes áreas endémicas maior será a informação obtida sobre os movimentos passados e estrutura do *stock* da população de peixes amostrados (MacKenzie & Abaunza, 1998). As abordagens parasitológicas podem ser excelentes indicadores de separação de *stocks* (Pawson & Jennings, 1996). A frequência cada vez maior de publicações referentes ao uso atual ou potencial de parasitas como marcadores biológicos em estudos populacionais de peixes marinhos reflete o crescente reconhecimento do valor deste método (MacKenzie *et al.*, 2008).

São reconhecidas as seguintes vantagens do uso de parasitas como marcadores biológicos comparativamente ao uso de marcadores artificiais (MacKenzie & Abaunza, 1998):

- São mais apropriados para estudos de espécies de peixes pequenos e delicados, como por exemplo pequenos clupeóides, espécies de profundidade e crustáceos, nos quais podem ou não ser utilizados, com dificuldade, marcadores artificiais;
- São menos dispendiosos pelo facto das amostras poderem ser obtidas a partir de programas de amostragens de rotina sem necessidade de cruzeiros de investigação específicos para marcação;
- O uso de marcadores biológicos elimina dúvidas relativamente ao possível comportamento anormal dos peixes com marcador artificial.

No entanto, é de salientar as seguintes limitações do uso dos parasitas como marcadores biológicos (Sidermann, 1983):

- A falta de informação adequada da complexa biologia e ecologia dos parasitas aquáticos pode limitar a sua eficiência como marcadores. Porém, o uso de parasitas como marcadores tem vindo a tornar-se cada vez mais eficiente à medida que a pesquisa contribui para o conhecimento da sua biologia e ecologia;
- A identificação de muitos parasitas é desconhecida e sujeita a divergência entre taxonomistas. A recente aplicação de técnicas de biologia molecular à taxonomia de parasitas resultou na identificação de duas ou mais espécies que foram anteriormente consideradas como sendo uma única espécie;
- Geralmente é desejável saber a idade dos hospedeiros, mas em algumas espécies de peixes e invertebrados não foram validadas as técnicas de avaliação da idade.

Para se qualificar como um marcador biológico ideal, o parasita deverá ter as seguintes qualidades, de acordo com os critérios selecionados e sugeridos por MacKenzie (1983) e Sidermann (1983):

- Deve estar presente com diferentes níveis de infeção no hospedeiro em diferentes áreas de estudo. Os níveis de infeção podem ser analisados de acordo com a prevalência, intensidade e abundância da infeção, tal como definido por Margolis *et al.* (1982);
- Deve permanecer no hospedeiro por longos períodos de tempo (geralmente mais de um ano). Para estudos de identificação de *stock* e recrutamento, apenas podem ser usados parasitas com um ciclo de vida superior a 1 ano, enquanto, para estudos sobre migrações sazonais é aceitável o uso de parasitas com um ciclo de vida inferior a 1 ano;
- Os parasitas com apenas um hospedeiro no ciclo de vida, como os tremátodes monogenéticos e a maioria dos parasitas protozoários e crustáceos, são os mais simples de usar. Os parasitas com ciclos de vida complexos e que envolvem diferentes hospedeiros são mais difíceis de se usar devido à necessidade de mais informações sobre os fatores bióticos e abióticos que influenciam a transmissão do parasita entre hospedeiros. No entanto, podem ser utilizados com a mesma eficácia;
- Os níveis de infeção devem manter-se constantes de ano para ano;

- O parasita deve ser facilmente detetado e identificado, e não deve causar patologias graves ou alterar o comportamento do seu hospedeiro. Os parasitas que causam patologias graves, e que provocam mortalidade seletiva ou que afetam o comportamento do hospedeiro, devem ser evitados.

A fauna parasítica do carapau, *T. trachurus*, tem sido muito estudada em águas europeias (MacKenzie *et al.*, 2004; MacKenzie *et al.*, 2008), incluindo estudos em que os parasitas foram utilizados como marcadores biológicos para a identificação do *stock* de *T. trachurus* no Atlântico e Mediterrâneo, revisto recentemente por MacKenzie & Hemmingsen (2015). Comparativamente foram poucos os estudos efetuados sobre a fauna parasítica do chicharro, *Trachurus picturatus*. A riqueza parasitária desta espécie foi estudada na região do arquipélago dos Açores e Sahara ocidental (Gaevskaia & Kovaleva, 1980, 1985), no arquipélago da Madeira (Costa *et al.*, 2012) e no norte de Portugal continental (Hermida *et al.*, 2016), evidenciando diferenças regionais na prevalência e intensidade de alguns parasitas helmintos, o que poderá indicar a existência de diferentes populações desta espécie. Um outro estudo realizado por Costa *et al.* (2013) tentou identificar endoparasitas de *T. picturatus* da Madeira e Canárias que podem ser úteis como marcadores biológicos. Adicionalmente, existem alguns estudos em parasitas específicos que infetam vários hospedeiros, incluindo o chicharro presente nas águas do arquipélago da Madeira, nomeadamente os nemátodes anisaquídeos (Costa *et al.*, 2003a; Pontes *et al.*, 2005), o acantocéfalo *Bolbosoma vasculosum* (Costa *et al.*, 2000) e o céstoda *Trypanorhyncha* (Costa *et al.*, 2003b).

Foram reconhecidas, por vários investigadores, duas abordagens diferentes para o uso de parasitas como indicadores de estrutura populacional de peixes:

1. uma usando um pequeno número de espécies de parasitas (selecionados de acordo com os critérios delineados anteriormente) e um número elevado de hospedeiros (Sindermann, 1957; MacKenzie, 1985; Lang *et al.*, 1990; Abaunza *et al.*, 1995);
2. e outra recorrendo a conjuntos de parasitas que são analisados através de análises estatísticas sofisticadas (George-Nascimento, 2000; Timi, 2003; Brickle & MacKenzie, 2007; MacKenzie *et al.*, 2008; Henriquez *et al.*, 2011).

Para a primeira abordagem, quanto maior for a informação disponível sobre a fauna parasítica do hospedeiro antes do início de um estudo de marcação biológica, mais eficiente será a seleção dos parasitas a utilizar como marcadores. Este tipo de abordagem é preferencialmente

aplicável ao estudo de espécies de hospedeiros que estão disponíveis para análise em grandes quantidades. A segunda abordagem pode ser aplicada a qualquer tipo de espécie de hospedeiro, mas é particularmente aplicada às espécies de grande tamanho e valiosas e que não estão disponíveis para análise em grandes números (MacKenzie & Abaunza, 1998). Porque os pequenos pelágicos têm menor diversidade de espécies de parasitas, a primeira abordagem tem sido a mais aplicada no estudo da estrutura populacional naqueles peixes (Sindermann, 1957; Reimer, 1978; MacKenzie, 1990; Abaunza *et al.*, 1995).

Neste capítulo pretende-se utilizar os parasitas como marcadores biológicos e avaliar os níveis de infecção parasítica (prevalência, intensidade média e abundância da infecção parasítica) no chicharro presente em diferentes áreas de distribuição, nomeadamente, no arquipélago da Madeira, Peniche e nas Ilhas Canárias. Esta informação, por sua vez, será aplicada na identificação do *stock* de *T. picturatus*.

6.2. Material e Métodos

Para a caracterização da diversidade e níveis de infecção parasítica foram amostrados 207 (113 fêmeas, 82 machos e 12 indeterminados) exemplares da Ilha da Madeira (Tabela 1), 180 (70 fêmeas e 110 machos) exemplares de Portugal continental (Peniche) (Tabela 2) e 220 (44 fêmeas, 48 machos e 128 indeterminados) de Canárias (Tabela 3) adquiridos a partir das capturas comerciais.

Os peixes de Peniche e Canárias foram transportados em gelo, colocados em pequenos grupos dentro de sacos plásticos, e congelados até segunda observação. Após descongelação, os peixes foram amostrados segundo o procedimento descrito no Capítulo 3 (Identificação de unidades populacionais – Material biológico) e examinados quanto à presença de parasitas. Os peixes da Madeira foram analisados em fresco.

Não se dispõe de amostras de Canárias da estação de verão pelo facto da arca frigorífica onde as amostras se encontravam ter avariado e conseqüentemente ter descongelado todo o peixe nela conservada.

6.2.1. Seleção de parasitas como marcadores biológicos

Para a seleção de parasitas como marcadores biológicos, foram seguidos os critérios de MacKenzie (2002) e MacKenzie & Abaunza (2005). Os marcadores biológicos adequados devem mostrar diferenças claras nas taxas de prevalência, intensidade e abundância entre as regiões amostradas, devem ser facilmente detetados e, idealmente, não devem provocar patologias no hospedeiro. Tendo em conta esta informação e os dois tipos de abordagem referidos na Introdução deste Capítulo, e dado que se dispõe de informação sobre a fauna parasítica presente nesta espécie de hospedeiro e de um número considerável de chicharros por local (Madeira, Peniche e Canárias) escolheram-se como possíveis marcadores biológicos as espécies de parasitas *Anisakis* spp. (Nematoda), *Nybelinia* sp. (Cestoda) e *Rhadinorhyncus* sp. (Acanthocephala).

Para a recolha dos parasitas no hospedeiro, a cavidade do corpo foi exposta e as vísceras removidas e colocadas em placas de Petri. Os estômagos e intestinos foram cortados em pequenas porções e examinadas para a presença de *Anisakis* spp., *Nybelinia* sp. e *Rhadinorhyncus* sp.

Todos os parasitas colhidos da cavidade visceral, trato digestivo e órgãos associados foram isolados, contados e conservados em álcool a 70%. Os parasitas vivos foram fixados com álcool a 70% quente antes do seu armazenamento. Subseqüentemente foram examinados com o auxílio de uma lupa binocular após aclaração com um agente adequado.

A identificação de céstodes foi realizada de acordo com Khalil *et al.* (1994) e Palm (2004) e os acantocéfalos segundo Amin (1998). Os nemátodes foram identificados de acordo com Berland (1989).

6.2.2. Avaliação dos níveis de infecção parasítica (prevalência, intensidade média e abundância da infecção parasítica)

A distribuição e número de parasitas por hospedeiro foram registados e posteriormente calculados os níveis de infecção parasítica através dos índices de prevalência (P , número de peixes infetados dividido pelo número de peixes examinados), intensidade média (I , número total de parasitas de um *taxon* particular encontrado dividido pelo número de peixes infetados) e abundância média (A , número total de parasitas de um *taxa* particular encontrado, dividido pelo número total de peixes examinados) de acordo com Bush *et al.* (1997).

6.2.3. Análise estatística

As análises estatísticas foram efetuadas através do *software* estatístico R (R Core Team, 2015). A significância da relação entre o tamanho do peixe e a abundância de parasitas foi analisada segundo a correlação Spearman rank (Zar, 1996).

Segundo Poulin (2006), o parâmetro preferencial para a comparação entre localidades é a prevalência, dado que reflete a taxa de encontro entre os parasitas e os hospedeiros, sendo, assim, fortemente determinado por fatores locais. A prevalência foi comparada entre localidades segundo o teste qui-quadrado e a abundância entre localidades e sazonais, para o total de indivíduos e por sexo segundo o teste Kruskal-Wallis (três amostras). Foram consideradas diferenças significativas para $p < 0.05$.

6.3. Resultados

6.3.1. Avaliação dos níveis de infecção parasítica (prevalência, intensidade média e abundância da infecção parasítica)

Nas amostras da Madeira foram encontrados 13 exemplares de *Nybelinia* sp. (dentro de cápsulas ovoides e de coloração branca aderentes às paredes interna e externa do estômago ou livres) (Figura 10a) em 10 peixes, 12 exemplares de *Rhadinorhynchus* sp. (Figura 10b) no intestino de 7 peixes e 13 larvas de *Anisakis* spp. (Figura 10c) livres pela cavidade visceral, cecos pilóricos e paredes externa e interna do estômago em 11 peixes.

O parasita mais prevalente nas amostras de Portugal continental (Peniche) foi *Anisakis* spp., com uma prevalência de 90.56%. Foram encontradas 5229 larvas de *Anisakis* spp., livres ou encapsuladas (formando grandes aglomerados), na cavidade visceral, cecos pilóricos e paredes externa das vísceras em 163 peixes de Portugal continental. Foi encontrado, ainda, 1 exemplar de *Rhadinorhynchus* sp. Não foram encontrados exemplares de *Nybelinia* sp.

Nos peixes de Canárias, foram encontradas 37 larvas de *Anisakis* spp. livres pela cavidade visceral, cecos pilóricos e paredes externa do estômago em 20 peixes. Foram, ainda, encontrados 30 *Rhadinorhynchus* sp. em 17 exemplares. Não foram encontrados exemplares de *Nybelinia* sp.

Os valores totais da prevalência (*P*), intensidade média (*I*) e abundância média (*A*) das espécies de parasitas *Nybelinia* sp., *Anisakis* spp. e *Rhadinorhynchus* sp em *T. picturatus* capturado nas águas do arquipélago da Madeira, Peniche e Ilhas Canárias estão representados na Tabela 6.

Nas Tabelas 7, 8 e 9 estão representados os valores por classe de comprimento de prevalência (*P*), intensidade média (*I*) e abundância média (*A*) das espécies de parasitas dominantes em *T. picturatus* capturado nas águas do arquipélago da Madeira, Peniche e Ilhas Canárias.

Os níveis sazonais de prevalência (*P*), intensidade média (*I*) e abundância (*A*) das espécies de parasitas dominantes em *T. picturatus* capturado nas águas do arquipélago da Madeira, Peniche e Ilhas Canárias estão representados na Tabela 10.

6.3.2. Análise estatística

O comprimento e peso dos peixes variaram significativamente entre locais, sendo os peixes de Canárias e Madeira os mais pequenos e os de Peniche os maiores. Foram encontradas diferenças significativas nos comprimentos totais (teste Kruskal-Wallis $\chi^2 = 421.19$; $p < 2.2 \times 10^{-16}$) e nos pesos totais (teste Kruskal-Wallis $\chi^2 = 426.39$; $p < 2.2 \times 10^{-16}$) entre os três locais.



Figura 10 – Registo fotográfico das espécies de parasitas selecionadas como marcadores biológicos na distinção do stock de chicharro no Atlântico nordeste: a) *Nybelinia* sp. (Cestoda) (ampliação total de 32X); b) *Rhadinorhyncus* sp. (Acanthocephala) (ampliação total de 20X); e c) *Anisakis* spp. (Nematoda) (ampliação total de 16X).

Tabela 6 – Prevalência (P), intensidade média (I) e abundância média (A) das espécies de parasitas selecionadas como marcadores biológicos em *T. picturatus* capturado nas águas do arquipélago da Madeira, Peniche e Canárias, em 2015. Gamas indicadas entre parênteses.

Parasita	Madeira			Peniche			Canárias			Localização no hospedeiro
	P (%)	I	A	P (%)	I	A	P (%)	I	A	
<i>Nybelinia</i> sp.	4.8	1.3 (1-2)	0.060							Cavidade visceral
<i>Anisakis</i> spp.	5.3	1.2 (1-3)	0.060	90.6	32.1 (1-217)	29.050	9.1	1.9 (1-13)	0.168	Cavidade visceral
<i>Rhadinorhynchus</i> sp.	3.4	1.7 (1-5)	0.060	0.6	1 (1-1)	0.006	7.7	1.8 (1-4)	0.136	Intestino

Tabela 7 – Prevalência (P), intensidade média (I) e abundância média (A) da infecção parasítica em *T. picturatus* capturado nas águas do arquipélago da Madeira em 2015, por classe de comprimento. Legenda: LT = classe de comprimento (cm); n = número de indivíduos examinados. Gamas indicadas entre parênteses.

LT (cm)	n	<i>Anisakis</i> spp.			<i>Nybelinia</i> sp.			<i>Rhadinorhynchus</i> sp.		
		P (%)	I	A	P (%)	I	A	P (%)	I	A
14-15	2	0.0	-	0.000	0.0	-	0.000	0.0	-	0.000
16-17	33	0.0	-	0.000	3.0	1.0 (1-1)	0.030	0.0	-	0.000
18-19	51	0.0	-	0.000	7.8	1.3 (1-2)	0.098	2.0	1.0 (1-1)	0.020
20-21	67	4.5	1.0 (1-1)	0.045	3.0	1.0 (1-1)	0.030	7.5	2.0 (1-5)	0.149
22-23	38	2.6	1.0 (1-1)	0.026	2.6	1.0 (1-1)	0.026	2.6	1.0 (1-1)	0.026
24-25	9	22.2	1.0 (1-1)	0.220	11.1	2.0 (2-2)	0.222	0.0	-	0.000
26-27	6	66.7	1.0 (1-1)	0.667	16.7	2.0 (2-2)	0.333	0.0	-	0.000
28-29	1	100	3.0 (3-3)	3.000	0.0	-	0.000	0.0	-	0.000

Tabela 8 – Prevalência (*P*), intensidade média (*I*) e abundância média (*A*) da infecção parasítica em *T. picturatus* capturado em Portugal continental (Peniche), por classe de comprimento. Legenda: *LT* = classe de comprimento (cm); *n* = número de indivíduos examinados. Gamas indicadas entre parênteses.

LT (cm)	n	<i>Anisakis</i> spp.			<i>Rhadinorhynchus</i> sp.		
		P (%)	I	A	P (%)	I	A
22-23	12	25.0	1.7 (1-3)	0.417	0.0	-	0.00
24-25	34	82.4	3.9 (1-14)	3.235	0.0	-	0.00
26-27	41	97.6	8.1 (1-28)	7.927	2.4	1 (1-1)	0.00
28-29	40	97.5	30.9 (5-118)	30.100	0.0	-	0.00
30-31	21	100	65.3 (4-190)	65.333	0.0	-	0.00
32-33	19	100	59.2 (7-217)	59.211	0.0	-	0.00
34-35	7	100	78.4 (28-149)	78.429	0.0	-	0.00
36-37	6	100	89.8 (33-148)	89.833	0.0	-	0.00

Tabela 9 – Prevalência (*P*), intensidade média (*I*) e abundância média (*A*) da infecção parasítica em *T. picturatus* capturado nas Ilhas Canárias em 2015, por classe de comprimento. Legenda: *LT* = classe de comprimento (cm); *n* = número de indivíduos examinados. Gamas indicadas entre parênteses.

LT (cm)	n	<i>Anisakis</i> spp.			<i>Rhadinorhynchus</i> sp.		
		P (%)	I	A	P (%)	I	A
14-15	34	0.0	-	0.000	2.9	2.0 (2-2)	0.059
16-17	102	7.8	1.1 (1-2)	0.088	13.7	1.7 (1-4)	0.235
18-19	48	6.3	1.0 (1-1)	0.063	4.2	2.0 (1-3)	0.083
20-21	30	20.0	1.5 (1-3)	0.300	0.0	-	0.000
22-23	6	50.0	5.3 (1-13)	2.667	0.0	-	0.000

Tabela 10 – Níveis sazonais de prevalência (*P*), intensidade média (*I*) e abundância média (*A*) das espécies de parasitas selecionadas como marcadores biológicos em *T. picturatus* capturado nas águas do Arquipélago da Madeira, Peniche e Canárias em 2015. Gamas indicadas entre parênteses.

Parasita	Madeira			Peniche			Canárias		
	P (%)	I	A	P (%)	I	A	P (%)	I	A
<i>Nybelinia</i> sp.									
inverno	11.3	1.5 (1-2)	0.170	-	-	-	-	-	-
primavera	3.7	1.0 (1-1)	0.037	-	-	-	-	-	-
verão	2.0	1.0 (1-1)	0.020	-	-	-	-	-	-
outono	2.0	1.0 (1-1)	0.020	-	-	-	-	-	-
<i>Anisakis</i> spp.									
inverno	13.2	1.0 (1-1)	0.132	86.0	10.6 (1-119)	9.120	4.9	1.0 (1-1)	0.049
primavera	1.9	1.0 (1-1)	0.019	97.1	67.9 (4-217)	65.882	18.6	2.5 (1-13)	0.457
verão	2.0	1.0 (1-1)	0.020	82.0	9.4 (1-38)	7.700	-	-	-
outono	4.0	2.0 (1-3)	0.080	100	46.7 (1-118)	46.696	7.5	1.2 (1-2)	0.013
<i>Rhadinorhynchus</i> sp.									
inverno	0.0	-	0.000	2.0	1.0 (1-1)	0.020	0.0	-	0.000
primavera	13.0	1.7 (1-5)	0.222	0.0	-	0.000	0.0	-	0.000
verão	0.0	-	0.000	0.0	-	0.000	-	-	-
outono	0.0	-	0.000	0.0	-	0.000	12.5	1.6 (1-4)	0.200

Quando comparadas as estações para o total de indivíduos (3 locais), verificaram-se diferenças significativas tanto nos comprimentos totais (teste Kruskal-Wallis $\chi^2 = 26.29$; $p = 8.2 \times 10^{-6}$) como nos pesos totais (teste Kruskal-Wallis $\chi^2 = 31.20$; $p = 7.71 \times 10^{-7}$). Verificaram-se, igualmente, diferenças significativas nos sexos entre os 3 locais (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 17.43$; $p = 0.0002$). Já por estação, não se verificaram diferenças significativas entre sexos (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 0.89$; $p = 0.829$).

Quando analisadas as estações por localidade, verificaram-se diferenças significativas nos comprimentos e pesos totais da Madeira (comprimento total: Kruskal-Wallis $\chi^2 = 82.15$, $p < 2.2 \times 10^{-16}$; peso total: Kruskal-Wallis $\chi^2 = 71.42$, $p = 2.124 \times 10^{-15}$), Peniche (comprimento total: Kruskal-Wallis $\chi^2 = 122.24$, $p = 2.2 \times 10^{-16}$; peso total: Kruskal-Wallis $\chi^2 = 121.71$; $p = 2.2 \times 10^{-16}$) e Canárias (comprimento total: Kruskal-Wallis $\chi^2 = 122.33$; $p < 2.2 \times 10^{-16}$; peso total: Kruskal-Wallis $\chi^2 = 123.39$; $p < 2.2 \times 10^{-6}$).

Os valores das prevalências, intensidades e abundâncias estimadas para cada local em estudo mostraram diferenças. Os valores mais elevados de prevalência foram verificados em Peniche. A maioria das amostras de peixes desta região estava infetada chegando a atingir 90.56% de prevalência (apenas 17 peixes em 180 não estavam infetados). A Madeira (12.56%) e Canárias (16.36%) apresentaram valores de prevalência inferiores.

Verificaram-se diferenças significativas nas prevalências totais das 3 localidades (Teste qui-quadrado de Pearson: $\chi^2 = 314.48$; $p < 2.2 \times 10^{-6}$) e entre Madeira e Peniche (Teste qui-quadrado de Pearson: $\chi^2 = 231.29$; $p < 2.2 \times 10^{-6}$) e Canárias e Peniche (Teste qui-quadrado de Pearson: $\chi^2 = 215.02$; $p < 2.2 \times 10^{-6}$). Quando comparadas as prevalências totais entre Madeira e Canárias, não se verificaram diferenças significativas (Teste qui-quadrado de Pearson: $\chi^2 = 0.96$; $p = 0.328$).

As prevalências totais de *Anisakis* spp. (Teste qui-quadrado de Pearson: $\chi^2 = 404.70$; $p < 2.2 \times 10^{-6}$) e de *Rhadinorhynchus* sp. (Teste qui-quadrado de Pearson: $\chi^2 = 13.33$; $p = 0.001$) mostraram ser significativas entre localidades. Quando comparadas as prevalências totais de *Anisakis* spp. (Teste qui-quadrado de Pearson: $\chi^2 = 1.73$; $p = 0.188$) e de *Rhadinorhynchus* sp (Teste qui-quadrado de Pearson: $\chi^2 = 3.02$; $p = 0.082$) estimadas para as localidades Madeira e Canárias, não se verificaram diferenças significativas. Já quando comparadas as prevalências de *Anisakis* spp. estimadas para a Madeira (Teste qui-quadrado de Pearson: $\chi^2 = 279.27$; $p < 2.2 \times 10^{-6}$) e Canárias (Teste qui-quadrado de Pearson: $\chi^2 = 261.45$; $p < 2.2 \times 10^{-6}$) com Peniche, verificaram-se diferenças significativas.

No caso de *Rhadinorhynchus* sp. apenas se comparou Madeira com Canárias (Teste qui-quadrado de Pearson: $\chi^2 = 10.24$; $p = 0.001$). As prevalências deste parasita estimadas para a

Madeira e Peniche (e Canárias e Peniche) não puderam ser comparadas através do teste qui-quadrado devido ao baixo número de indivíduos infetados.

A abundância variou significativamente entre locais, apresentando valores muito baixos na Madeira (0.188). Quando analisadas as abundâncias por parasita, verificou-se que variou significativamente entre locais, para os parasitas das espécies *Anisakis* spp. (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 439.72$; $p = 2.2 \times 10^{-16}$), *Nybelinia* sp. (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 10.24$; $p = 5.507 \times 10^{-5}$) e *Rhadinorhynchus* sp. (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 13.39$; $p = 0.001$).

Foram, igualmente, encontradas diferenças significativas nas abundâncias sazonais de *Anisakis* spp. na Madeira (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 8.95$; $p = 0.030$), em Peniche (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 86.48$; $p < 2.2 \times 10^{-16}$) e Canárias (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 9.30$; $p = 0.010$).

A correlação entre as abundâncias dos parasitas e o tamanho dos peixes foi calculada através da correlação de Spearman Rank. A abundância de *Anisakis* spp. está correlacionada positivamente com o comprimento total ($r = 0.642$; $p < 2.2 \times 10^{-16}$) e peso total ($r = 0.708$; $p < 2.2 \times 10^{-16}$). Foi encontrada uma correlação negativa entre a abundância de *Rhadinorhynchus* sp. e o comprimento ($r = -0.113$; $p = 0.005$) e peso ($r = -0.100$; $p = 0.014$) totais. Já para *Nybelinia* sp., não foi encontrada qualquer correlação com o comprimento ($r = -0.002$; $p = 0.969$) e peso ($r = -0.016$; $p = 0.689$) totais. Quando correlacionada a abundância de *Nybelinia* sp. com o comprimento ($r = 0.110$; $p = 0.116$) e peso ($r = 0.125$; $p = 0.072$) totais da Madeira, local onde a abundância deste parasita foi maior, não se verificou qualquer correlação entre ambos. Quando correlacionada a abundância de *Rhadinorhynchus* sp. com o comprimento ($r = -0.094$; $p = 0.166$) e peso ($r = -0.103$; $p = 0.129$) totais de Canárias, local onde a abundância deste parasita foi maior, não se verificou qualquer correlação entre ambos.

6.4. Discussão

Trabalhos realizados anteriormente em parasitas de *T. picturatus* (e *T. trachurus*) sugeriram que alguns endoparasitas helmintos, tal como os digenéticos, são adequados para o uso como marcadores biológicos para identificação de *stocks* devido ao seu curto período de vida e baixos níveis de prevalência (Gaevskaia & Kovaleva, 1985; MacKenzie *et al.*, 2008; Costa *et al.*, 2012). Outros parasitas, com papel promissor em elucidar aspetos da biologia e migração das populações de *T. picturatus*, são as larvas de céstodes, acantocéfalos e *G. cruciata* (Gaevskaia & Kovaleva, 1985; Costa *et al.*, 2012). Tendo em conta esta informação e os dois tipos de abordagem referidos na Introdução deste Capítulo, escolheram-se como possíveis marcadores biológicos os nemátodes *Anisakis* spp., o céstode *Nybelinia* sp. e o acantocéfalo *Rhadinorhyncus* sp.

***Anisakis* spp.**

Os estádios larvares do nemátode do género *Anisakis* são frequentemente encontrados em vísceras e músculos de diversas espécies de peixes teleósteos (Davey, 1971). No presente estudo foram encontradas larvas de *Anisakis* spp. livres pela cavidade visceral, cecos pilóricos e paredes externa e interna do estômago. A presença de larvas de *Anisakis* spp. em *T. picturatus* da Madeira foi igualmente reportada por Costa *et al.* (2003a) (Anexo 3). Segundo este trabalho, foram localizadas larvas de *Anisakis* spp. livres na cavidade visceral ou encapsuladas na parede externa do estômago, intestino, fígado e gónadas. Ainda, no estudo de Costa *et al.* (2003a), após um estudo genético foram identificadas em *T. picturatus* as seguintes espécies *A. typica*, *A. simplex*, *A. pegreffii*, *A. ziphidarum* e *A. physeteris*. MacKenzie *et al.* (2008), estudando os parasitas como marcadores biológicos para a identificação do *stock* de *T. trachurus*, identificaram as mesmas espécies de *Anisakis* com exceção de *A. ziphidarum*. Apesar de não se ter efetuado a identificação molecular, é provável que os *Anisakis* spp. encontrados pertençam às espécies referidas anteriormente. Gonçalves (1996), estudando o chicharro presente na Madeira, também detetou larvas de *Anisakis simplex* na parede externa do estômago de vários exemplares. Em apenas 2 espécimes foram encontradas larvas deste nemátode no interior do estômago.

Denotaram-se variações na prevalência e intensidade por classe de comprimento, verificando-se uma tendência para aumento destas com o aumento do comprimento, com valores superiores a 50% a partir das classes de comprimento 26 – 27 cm. Segundo Costa *et al.* (2003a), o número de *Anisakis* spp. presente no chicharro da Madeira variou apenas entre 1 e 7, correspondendo a uma prevalência da infeção de 62.5%. Em 40 (17 – 28 cm) exemplares foram

colhidos 66 nemátodes, com uma intensidade média de 2.64 e uma abundância média de 1.65. A baixa intensidade de parasitas pode estar relacionada com o pequeno tamanho dos peixes e consequente com a alimentação de pequenos crustáceos plantónicos. No trabalho realizado por Costa *et al.* (2012) foram encontradas 94 larvas de *Anisakis* spp., com uma prevalência de 24.3%, uma intensidade média de 3.8 (1 – 57) e uma abundância média de 0.9 (Anexo 4). Costa *et al.* (2013) encontraram 61 larvas de *Anisakis* spp. na cavidade visceral de *T. picturatus* da Madeira e 7 em exemplares das Ilhas Canárias, com uma prevalência de 12.0% e 5%, respetivamente. Uma intensidade baixa (0.27; n = 95) de infeção pelo *Anisakis simplex* em *T. picturatus*, associada a uma prevalência de 7.3%, foi igualmente reportada por Gonçalves (1996), na estação da primavera. Segundo este autor, registaram-se valores superiores de prevalência nas classes de comprimento 18 – 20 cm e maior ou igual a 21 cm.

Esta diminuição verificada nos níveis de infeção de *Anisakis* spp. no chicharro presente nas águas da Madeira pode ser explicada por: (1) perda do parasita a partir da mesma população hospedeira; (2) mortalidade seletiva dos hospedeiros com níveis de infeção mais elevados; (3) imigração de uma outra população de hospedeiros com níveis de infeção inferiores; (4) emigração da componente fortemente infetada da população original; (5) combinação de 2 ou mais das razões anteriores (MacKenzie & Abaunza, 1998).

Costa *et al.* (2003a) referiram que apesar da elevada prevalência do *Anisakis* spp. (62.5%) no chicharro da Madeira, estes abrigaram um número baixo de larvas anisacuídeas (máximo de 7 por peixe). Este facto poderá dever-se ao menor tamanho do peixe e da sua alimentação basear-se em pequenos crustáceos plantónicos. Smith (1983) demonstrou que o nível de infeção nos crustáceos plantónicos, especialmente os Euphausiidae, por larvas de *Anisakis simplex* ronda os 4%.

O parasita mais prevalente nas amostras de Portugal continental (Peniche) foi *Anisakis* spp., chegando a alcançar 100% de prevalência no outono. Os anisacuídeos têm como hospedeiros definitivos os mamíferos marinhos e usam como hospedeiros intermediários uma grande variedade de peixes teleósteos. O valor de prevalência estimado neste estudo para *Anisakis* spp. presente nas águas de Portugal continental (Peniche) foi inferior ao valor estimado por Hermida *et al.* (2016) para o chicharro capturado no norte de Portugal continental (prevalência de 93.1%, intensidade média de 18.5 e uma abundância média de 17.22) e superior aos valores detetados anteriormente para esta espécie no Atlântico - 86.7% em redor dos montes submarinos Irving (Gaevskaya & Kovaleva, 1985) (Anexos 4 e 5). À semelhança do reportado por Hermida *et al.* (2016), verificaram-se diferenças significativas na prevalência e abundância do nemátode *Anisakis* spp. ao longo das estações, atingindo valores de prevalência mais elevados no outono (100%).

No presente estudo obteve-se uma prevalência de *Anisakis* spp. para o peixe amostrado das Ilhas Canárias superior ao estimado por Costa *et al.* (2013) que obteve uma prevalência de 5.0%. Gaevskaya & Kovaleva (1985) referiram a presença de larvas de *Anisakis* spp. no Sahara Ocidental, nos bancos do arquipélago dos Açores e nos bancos Meteor e Irving, com prevalências de 40.0%, 45.0%, 20.0% e 86.7% (Anexo 5), respetivamente. Em *T. picturatus* capturados no mar Ligurian foram detetados valores elevados de prevalência (80 a 100%) e intensidades médias (18.2 - 70.7) de *A. simplex* (Manfredi *et al.*, 2000).

Estas diferenças de prevalência e intensidade de *Anisakis* spp. na mesma espécie podem ser indicativas da existência de diferentes populações da mesma espécie de peixe. No entanto, peixes de diferentes regiões podem ter diferentes parasitas, como resultado da disponibilidade ou a falta de hospedeiros intermediários adequados na sua dieta (Marcogliese, 1995, 2002), pelo que se deve ter cuidado na escolha dos parasitas a utilizar como marcadores biológicos e nas conclusões tiradas a partir de estudos parasitológicos (Lester & MacKenzie, 2009).

No presente estudo verificou-se uma correlação positiva entre *Anisakis* spp. e o comprimento e peso total para as três regiões. Costa *et al.* (2012, 2013) obtiveram, igualmente, uma correlação positiva entre a abundância dos parasitas *Anisakis* spp. (2012: $r = 0.3$, $p = 0.000$; 2013: $r = 0.48$, $p = 0.000$) e o comprimento total. Hermida *et al.* (2016) referiram igualmente uma correlação positiva entre a abundância do nematode *Anisakis* spp. ($r = 0.550$; $p = 0.000$) e o comprimento e pesos totais do peixe. Referiram, igualmente, que já seria de esperar a existência desta correlação, dado que os peixes de maior tamanho consomem mais e maiores presas, aumentando, assim, a potencial exposição aos parasitas. Além disso, para os parasitas de vida longa, tais como os nemátodes anisakuídeos, que são capazes de permanecer enquistados nos seus hospedeiros paraténicos por longos períodos de tempo, a sua acumulação no hospedeiro é uma função da quantidade total de presa consumida pelos peixes (Gibson & Jones, 1993).

***Nybelinia* sp.**

Costa *et al.* (2003b), à semelhança do presente estudo, verificaram a presença de *Nybelinia lingualis* aderentes às paredes externa e interna do estômago e na cavidade visceral, livres ou dentro de cápsulas, com uma prevalência de 9.6% ($n = 304$), 0% no inverno ($n = 60$), 24% na primavera ($n = 95$) e 4.6% no verão ($n = 149$). De um modo geral, os valores de prevalência total e sazonais estimados, para a Madeira, no presente estudo foram inferiores aos estimados por Costa *et al.* (2003b). Em 2012, Costa *et al.* contabilizaram 75 *Nybelinia lingualis* em 103 chicharros da Madeira, com uma prevalência de 37.9%, intensidade média de 2.0 e uma abundância média de 0.7. Costa *et*

al. (2013) encontraram 10 larvas de *Nybelinia lingualis* em *T. picturatus* da Madeira com uma prevalência de 7.0% (Anexo 4). Gaevskaya & Kovaleva (1985) encontraram *Nybelinia* sp. nos bancos Meteor e Irving com uma prevalência de infecção de 20 e 93.3%, respetivamente (Anexo 5).

O decréscimo nos valores da prevalência, intensidade e abundância média de *Nybelinia* sp. verificado na Madeira, comparativamente ao estudo efetuado por Costa *et al.* (2012), pode dever-se, à semelhança de *Anisakis* spp., à perda dos parasitas pela mesma população hospedeira, à imigração de outra população de hospedeiros com um nível de infecção inferior ou à emigração da componente de indivíduos da população original mais infetada.

Ao contrário do que se verificou no presente trabalho, Costa *et al.* (2012) obtiveram uma correlação positiva entre a abundância do parasita *Nybelinia lingualis* ($r = 0.2$; $p = 0.04$) e o comprimento total, com peixes de menos de 21 cm LT mostrando uma baixa prevalência de infecção.

Os cefalópodes fazem parte da dieta do *T. picturatus* da Madeira, incluindo as famílias Ommastrephidae, Sepiidae e Loliginidae (Jesus, 1992). Estas famílias e em especial os géneros *Ommastrephes*, *Sepia* e *Loligo* contribuem para a transmissão da *N. lingualis* (Dollfus, 1942). O chicharro alimenta-se principalmente de zooplâncton constituído por baixos níveis de larvas de cefalópodes o que pode explicar a baixa prevalência de *Nybelinia* sp. (Costa *et al.*, 2003b).

À semelhança dos estudos efetuados anteriormente para amostras de Canárias (Costa *et al.*, 2013) e Portugal continental (Hermida *et al.*, 2016), não se observou nenhum exemplar do cestode *Nybelinia* sp. nas amostras de Canárias ou Peniche.

***Rhadinorhynchus* sp.**

Não foi possível identificar com firmeza o acantocéfalo *Rhadinorhynchus* sp. até à espécie pelo facto de nenhum exemplar apresentar a probóscide totalmente distendida. Todavia, é provável que sejam exemplares da espécie *R. cadenati*, que foi reportado para o chicharro capturado na Madeira, Canárias e no Sahara Ocidental. Foram encontradas diferenças na prevalência e abundância de *Rhadinorhynchus* sp., parasita conhecido por ser comum nas espécies de *Trachurus* da África Ocidental e Açores (Gaevskaya & Kovaleva, 1985; MacKenzie *et al.*, 2008).

Costa *et al.* (2013) encontraram um total de 787 *Rhadinorhynchus cadenati* nos intestinos de chicharros das Ilhas Canárias (42% de prevalência) e apenas 13 indivíduos nos intestinos de peixes amostrados na Madeira (4.0% de prevalência).

Hermida *et al.* (2016) obtiveram uma prevalência igualmente baixa de 6.9% (intensidade média de 2.0 e uma abundância média de 0.14) para *Rhadinorhynchus* sp. identificado e

contabilizado em 58 chicharros de Matosinhos (Anexo 4). Gaevskaya & Kovaleva (1985) referiram a presença de *R. cadenati* em *T. picturatus* capturado a ocidente do Sahara (6.7%), nos Açores (6.7%) e no Banco Irving (13.3%) (Anexo 5).

Os resultados obtidos no presente estudo sugerem que a prevalência e a abundância do parasita *Rhadinorhynchus* sp. não é totalmente dependente do comprimento total (ou peso total), como sugerido anteriormente (MacKenzie *et al.*, 2008), mas é mais dependente do período da amostragem. O mesmo foi verificado por Costa *et al.* (2013) para o chicharro presente nas águas da Madeira e das Canárias. Já para o chicharro presente nas águas do norte de Portugal continental, Hermida *et al.* (2016) obtiveram uma correlação positiva entre a abundância do acantocéfalo *Rhadinorhynchus* sp. ($r = 0.267$; $p = 0.042$) e o comprimento total dos hospedeiros.

Estudos anteriores, sobre os parasitas que infetam o chicharro da Madeira, concluíram que *R. cadenati* estava ausente em peixes com comprimentos totais inferiores a 20 cm, nas estações de inverno, primavera e verão (Gonçalves, 1996). No presente estudo, foram encontrados *Rhadinorhynchus* sp. em *T. picturatus* com comprimentos totais entre os 18 e os 23 cm, presentes nas águas da Madeira e capturados na estação da primavera (não foram encontrados em mais nenhuma estação). Costa *et al.* (2013) obtiveram uma prevalência de 18.2% em peixes com tamanhos superiores a 22 cm e referentes à estação do verão. Contrariamente, nas Canárias, Costa *et al.* (2013) referem a presença de *R. cadenati* em exemplares com comprimentos totais inferiores a 20 cm. No presente estudo, *Rhadinorhynchus* sp. ocorreu em peixes de Canárias capturados na estação do outono com comprimentos totais até 19 cm.

O chicharro pode ser infetado por este parasita através da alimentação com crustáceos isópodes, que são conhecidos como sendo hospedeiros intermédios de acantocéfalos (Costa *et al.*, 2013). Os mesmos autores referem que a partir de setembro, e em particular no mês de novembro, a alimentação do chicharro muda, principalmente, para peixes, facto corroborado com a presença de escamas nos conteúdos estomacais, levando, assim, a uma menor infeção e completa ausência de *R. cadenati* em setembro e novembro, respetivamente.

Ao que parece, a infeção ocorre no final da primavera e a duração de vida deste parasita não excede os 6 meses, diminuindo o seu valor de marcador biológico para a identificação de populações (Costa *et al.*, 2013). No entanto, podem, ainda, ser utilizados como indicadores de comportamento migratório em *T. picturatus*. Visto a infeção deste parasita ocorrer muito provavelmente no final da primavera e a ausência total desse a partir de finais de julho de 2015, pode explicar-se como sendo devido à migração de peixes da Madeira para as Canárias durante o outono, tal como sugerido por Costa *et al.* (2013), e corroborado com o facto de, no presente estudo, se ter encontrado este

parasita nas amostras de Canárias na estação de outono. Estes resultados indicam que existe alguma mistura de *T. picturatus* entre a Madeira e Canárias, sendo a área de infeção de *R. cadenati* localizada nas Canárias, dentro da área endémica deste parasita (Gaevs kaya & Kovaleva, 1985; MacKenzie *et al.*, 2008).

Parasitas como marcadores biológicos

Nybelinia sp. parece ser um marcador biológico muito bom pelo facto de não apresentar correlação entre a sua abundância e comprimento e peso totais (tanto para os três locais em conjunto como apenas para a Madeira) e por ter sido identificada apenas na região da Madeira. Esta espécie foi identificada na Madeira no presente estudo e por Costa *et al.* (2003, 2012) e nos bancos Meteor e Irving (Gaevs kaya & Kovaleva, 1980), não tendo sido referenciada nos Açores (Gaevs kaya & Kovaleva, 1985), nas Canárias (presente estudo e Costa *et al.*, 2013) nem em Portugal continental, mais precisamente em amostras de Matosinhos (Hermida *et al.*, 2016) e Peniche (presente estudo).

O parasita *Rhadinorhynchus* sp. parece ser igualmente útil como marcador biológico. No presente estudo verificou-se que a abundância do parasita *Rhadinorhynchus* sp. não é totalmente dependente do comprimento total (ou peso total), tal como sugerido anteriormente por Costa *et al.* (2013). Não se verificou uma correlação entre o parasita *Rhadinorhynchus* sp. e o comprimento total (ou peso total) quando se considerou apenas os dados respetivos a Canárias, local onde a sua abundância foi mais significativa. Só quando os dados dos 3 locais foram considerados em conjunto é que se verificou uma correlação negativa mas muito fraca, provavelmente devido à diferença de tamanhos entre locais e estações do ano. Apenas foi verificada uma correlação positiva entre a abundância do referido parasita e o comprimento do peixe no estudo efetuado por Hermida *et al.* (2016) para peixe capturado em Matosinhos.

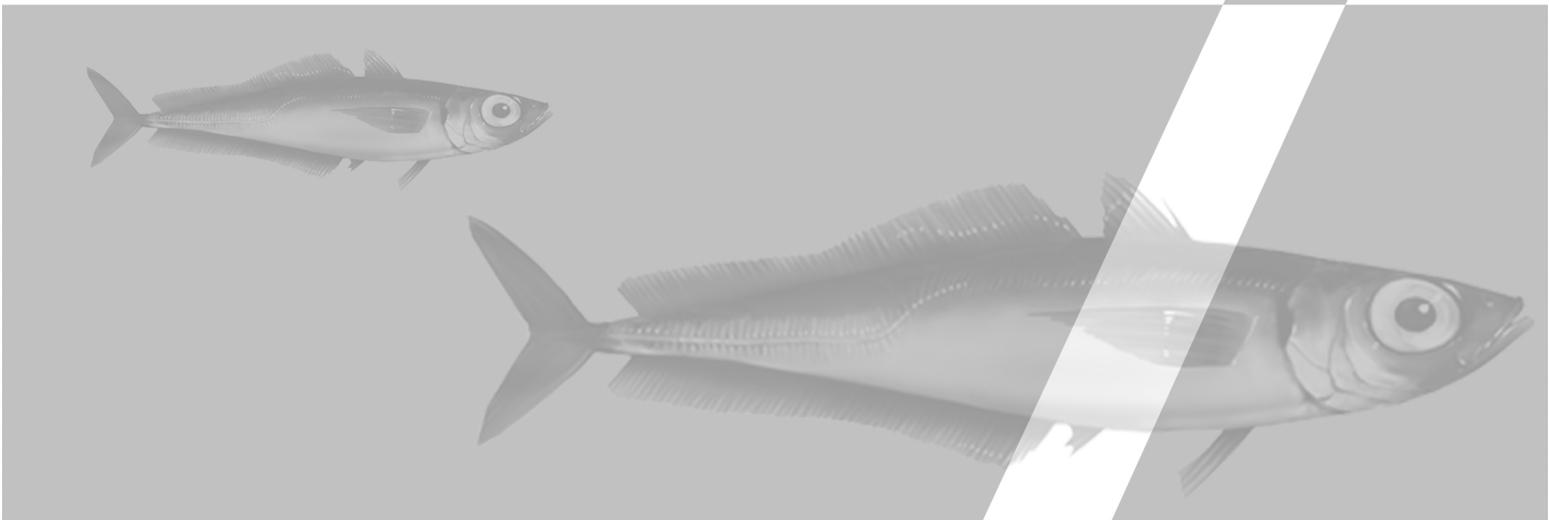
Para *Anisakis* spp., verificou-se uma correlação positiva com o comprimento total, tal como verificado por Costa *et al.* (2012) ($r = 0.3$; $p = 0.000$) e Hermida *et al.* (2016) ($r = 0.550$; $p = 0.000$). Por esta razão, este parasita não deve ser utilizado com um marcador biológico. Porém, segundo MacKenzie (1983) e Sidermann (1983), um parasita para se qualificar como um marcador biológico ideal deverá estar presente com diferentes níveis de infeção no hospedeiro em diferentes áreas de estudo.

Sequeira *et al.* (2010) ressaltam o facto de os anisacídeos serem referidos na literatura como bons marcadores biológicos devido ao seu longo período de vida e pela sua identificação ter permitido a separação entre as populações presentes no Atlântico e no Mediterrâneo de *Merluccius merluccius* (Mattiucci *et al.*, 2004), *Trachurus trachurus* (Mattiucci *et al.*, 2008) e *Xiphias gladius*

(Mattiucci & Nascetti, 2008). O presente estudo corrobora o valor dos parasitas *Anisakis* spp. como possíveis marcadores biológicos em *T. picturatus*, dadas as diferenças observadas nos níveis de infecção dos peixes presentes nas águas de Portugal continental comparativamente aos peixes presentes nas águas dos arquipélagos.

De referir ainda que, quando comparadas as prevalências totais de *Anisakis* spp. e de *Rhadinorhynchus* sp., entre Madeira e Canárias, não se verificaram diferenças significativas.

Pelos factos apresentados anteriormente, denota-se, claramente, uma distinção entre Portugal continental e os arquipélagos, pelo que se pode inferir a existência de, pelo menos, duas populações. De acrescentar, ainda uma possível distinção entre Madeira e Canárias devido à presença de *Nybelinia* sp. na primeira e ausência na segunda região referida.



IDADE E CRESCIMENTO

7.1. Introdução

Para ser capaz de avaliar e prever o desenvolvimento de um *stock* de peixe, este tem que ser identificado e definido (NRC, 1998). Descrever um *stock* é complexo e é necessário combinar a análise de várias disciplinas biológicas, como os parâmetros biológicos em relação aos ciclos de vida, entre outros (Abaunza *et al.*, 2008a). O *stock* alvo de gestão pesqueira deve ter características relativamente homogêneas em termos de parâmetros biológicos em relação ao ciclo de vida (Gulland, 1971; Cushing, 1995).

Um primeiro passo fundamental na identificação de *stocks*, antes de se aplicar análises mais específicas, é a compreensão dos parâmetros biológicos em relação ao ciclo de vida (Begg, 2005; Pawson & Jennings, 1996; Begg *et al.*, 1999b).

A avaliação da idade dos peixes e do crescimento é fundamental na biologia (Beamish & McFarlane, 1983) e na gestão das pescas (Beamish & McFarlane, 1983; Hilborn & Walters, 1992). Parâmetros como a mortalidade e crescimento fundamentam os modelos de dinâmica populacional utilizados em análises de avaliação de recursos pesqueiros. A avaliação da idade é um passo fundamental na compreensão da biologia e da dinâmica das populações de peixes e é, portanto, essencial para a gestão das pescas (Beamish & McFarlane, 1983). Usando a periodicidade na formação de incrementos de crescimento de estruturas duras calcificadas, tais como as escamas, otólitos, raios de barbatanas e vértebras, pode estimar-se a idade dos peixes (Campana, 2001). Pelo facto de conterem informações sobre toda a história de crescimento individual de um peixe, os otólitos têm sido largamente utilizados em estudos de idade e de crescimento (Bergstad, 1995).

A estrutura do *stock* de chicharro no Atlântico nordeste é ainda desconhecida. Relativamente às três áreas em estudo, Madeira, Portugal continental e Canárias, apenas foram publicados estudos sobre a idade e crescimento do chicharro presente nas águas da Madeira (Jesus, 1992; Vasconcelos *et al.*, 2006, 2008). Nos Açores foram publicados dados sobre idade e crescimento por Garcia *et al.* (2015) e Isidro (1990b). Estudos sobre o crescimento do chicharro baseado em otólitos inteiros ou seccionados mostraram resultados diferentes. Jesus (1992) e Vasconcelos *et al.* (2006), estudando o chicharro presente no arquipélago da Madeira, consideraram um crescimento relativamente rápido com idades máximas de 6 e 9 anos, respetivamente. Para o chicharro presente nos Açores, Isidro (1990b) obteve leituras até 9 anos e considerou que os cortes são mais fiáveis que a leitura através de otólitos inteiros, devido à sua opacidade. Mais recentemente, Garcia *et al.* (2015) avaliaram a idade máxima para o chicharro presente nos Açores em 18 anos, denotando-se, assim, um crescimento mais lento.

Neste trabalho, foi estudado a idade e crescimento do chicharro capturado na Madeira, Portugal continental (Peniche) e Canárias, com o objetivo de se obter dados iniciais para a caracterização do *stock* desta espécie. Os dados serão analisados dentro do contexto de uma abordagem holística para identificar o *stock* de chicharro no sul do Atlântico nordeste.

7.2. Material e Métodos

7.2.1. Idade

7.2.1.1. Leitura direta de otólitos

Para a avaliação da idade foram utilizados todos os pares de otólitos *sagitta* (designados apenas por otólitos nas páginas seguintes) extraídos dos exemplares amostrados da Madeira (Tabela 1), Portugal continental (Tabela 2) e Canárias (Tabela 3).

Para a avaliação das idades seguiu-se o método aplicado por Vasconcelos (2006). A leitura direta dos otólitos inteiros efetuou-se com a ajuda de uma lupa binocular Leica MZ9.5, através de luz refletida. Para uma melhor observação da continuidade dos anéis nos otólitos tentou-se observar, sempre que possível, com o mínimo de aumento (6.3x e/ou 8x, consoante o tamanho do otólito). Os otólitos foram mergulhados num agente clareador (álcool a 70º e glicerina A/A) e colocados sobre um fundo negro (McCurdy *et al.*, 2002). Efetuaram-se três leituras independentes, sem informações sobre o comprimento total de cada espécime no momento da leitura, aceitando, assim, como idade válida a coincidente em pelo menos duas leituras (Vasconcelos, 2006). Se a terceira leitura não coincidiu com nenhuma das leituras anteriores, o otólito foi considerado ilegível. Este tipo de método é muito comum em trabalhos deste tipo, tendo sido referido, por exemplo, por Godinho (1974) e Morales-Nin (1987).

A idade atribuída a cada indivíduo correspondeu ao número de *annuli* presentes no otólito (Vasconcelos, 2006). Bagenal & Tesch (1978) propuseram a uniformização da atribuição da idade segundo Hile (1950), de modo a evitar-se a atribuição de diferentes idades a exemplares nascidos na mesma época de desova. Hile propôs o emprego da “idade civil” em vez da idade efetiva, com o dia 1 de janeiro como data de nascimento arbitrária dos peixes no Hemisfério norte. Foram criados grupos de idade que correspondem à “idade civil”, por exemplo, o grupo de idade 0 englobou todos os peixes com “idade civil” 0, ou seja, peixes nascidos durante o ano, e com idade 1 todos aqueles que nasceram no ano transato, e assim sucessivamente (Morales-Nin & Panfili, 2002a). Para a avaliação da idade foi ainda tido em conta a data de captura, a época de desova, o tipo de bordo e os períodos de formação dos incrementos sazonais. Devido à regra do 1 de janeiro, uma zona translúcida que esteja incompleta em janeiro e nos meses seguintes é contada como incremento anual (Morales-Nin & Panfili, 2002a) (Tabela 11). De referir, ainda, que a atribuição do grupo de idade foi ajustada tendo em conta os resultados obtidos no incremento marginal relativo (Catítulo 11 – Idade e Crescimento).

Tabela 11 – Atribuição dos grupos de idade. Legenda: O = Opaco; T = Translúcido; n = número de zonas translúcidas completas ou em formação.

	Tipo de bordo	Grupo de idade
jan – mar	O	n+1
	T	n
jul – set	O	n
	T	n
out – dez	O	n
	T	n-1

1) Aferição da qualidade das leituras

Têm sido desenvolvidos diversos métodos para comparar a precisão das determinações de idade, aplicáveis ao estudo da consistência de um observador, ou seja, à sua capacidade de reproduzir a mesma leitura, ou à comparação de leituras de dois ou mais observadores (Chang, 1982; Beamish & Fournier, 1981; Kimura & Lyons, 1991; Morales-Nin & Panfili, 2002b; Campana *et al.*, 1995b). No presente estudo recorreu-se aos índices de Percentagem de Concordância, de Kimura & Lyons (1991), de Erro Percentual Médio (*APE*), de Beamish & Fournier (1981), e aos Coeficientes de Variação (*V*) e de Precisão (*D*), de Chang (1982), para a análise intraespecífica de consistência das três leituras efetuadas pela autora para cada localidade em estudo.

a) Percentagem de Concordância

A Percentagem de Concordância (Kimura & Lyons, 1991; Morales-Nin & Panfili, 2002b) (Equação 1), um dos métodos mais simples de aferição da qualidade das leituras, é obtida pela razão entre o número de leituras cujas idades atribuídas foram idênticas (n_{conc}) e o número total de espécimes com idade atribuída (n). Este índice foi calculado para cada idade nominal a (Vasconcelos, 2006):

$$\frac{n_{con}}{n} \times 100$$

(Equação 1)

em que:

n_{conc} = número de leituras concordantes atribuídas aos otólitos com idade nominal a ;

n = número de otólitos com idade nominal a .

No entanto, segundo vários autores (Chang, 1982; Beamish & Fournier, 1981; Kimura & Lyons, 1991), o uso da percentagem de concordância representa um perigo pelo que se devem aplicar os índices de Erro Percentual Médio (*APE*), Coeficiente de Variação (*V*) e Índice de Precisão (*D*).

b) Erro Percentual Médio (*APE*)

A partir das três séries de determinações repetidas efetuadas pelo mesmo observador calculou-se o índice de Erro Percentual Médio (*APE*) (Equação 2). Consideram-se de maior precisão as determinações de idade com menor índice expresso em percentagem (Beamish & Fournier, 1981).

$$APE = \frac{100}{n} \sum_{j=1}^n \left[\frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \right]$$

(Equação 2)

Sendo que:

n = número total de indivíduos ($j = 1, 2, \dots, n$);

r = número de leituras repetidas realizadas em cada indivíduo j ($i = 1, 2, \dots, r$);

X_j = idade média das r leituras efetuadas para o indivíduo j ;

X_{ij} = idade atribuída na leitura i do indivíduo j .

c) Coeficiente de Variação (V) e Índice de Precisão (D)

O uso do Coeficiente de Variação (V) e do Índice de Precisão (D) foram propostos por Chang (1982) como um complemento ao Erro Percentual Médio (APE).

O Coeficiente de Variação (V) (Equação 3) é determinado pela razão entre o desvio padrão e a média das leituras efetuadas em cada otólito expressa em percentagem:

$$V = \frac{100}{n} \sum_{j=1}^n \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^r (X_{ij} - X_j)^2}{r-1}}}{X_j} \quad \text{(Equação 3)}$$

em que:

n = número de indivíduos ($j = 1, 2, \dots, n$);

r = número de leituras repetidas realizadas em cada indivíduo j ($i = 1, 2, \dots, n$);

X_j = idade média das r leituras efetuadas para o indivíduo j ;

X_{ij} = idade atribuída na leitura i do indivíduo j .

Da razão entre o coeficiente de Variação (V) e a raiz quadrada do número de observações r obtém-se o Índice de Precisão (D) (Equação 4):

$$D = \frac{V}{\sqrt{r}} \quad \text{(Equação 4)}$$

Valores baixos dos índices APE , V e D são indicativos de uma melhor precisão nas avaliações da idade por parte do mesmo leitor (Campana, 2001; Beamish & Fournier, 1981). De referir que, segundo Chang (1982), as estimações obtidas para o coeficiente de variação são sempre superiores às obtidas pelo índice de Erro Percentual Médio.

2) Construção de chaves idade-comprimento e cálculo do comprimento médio à idade

Para cada localidade e sexo, foram construídas chaves idade-comprimento que não são mais do que tabelas em que se calcula, para cada classe de comprimento, a distribuição de idades em valor absoluto ou em percentagem. Calcularam-se, igualmente, os respetivos desvio padrão e coeficiente de variação.

Comparação de comprimentos médios entre sexos

Foram testadas possíveis diferenças entre os pares de comprimentos médios à idade entre machos e fêmeas, por localidade, segundo o teste t-Student (Zar, 1996). A hipótese nula H_0 testada considerou que não existiam diferenças significativas entre os comprimentos médios à idade ($H_0: \mu_1 = \mu_2$ e $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$, onde μ_1 e μ_2 representam as médias das duas populações) (Vasconcelos, 2006).

7.2.2. Crescimento médio individual

1) Relação entre o peso e comprimento

A relação entre o peso total e o comprimento total (Equação 5) (Ricker, 1973; Haddon, 2001) foi estimada por sexo e para cada localidade. A partir dos valores logaritmizados do peso total (WT) e do comprimento total (LT) calculou-se através de regressão linear o valor do coeficiente de alometria (b).

$$WT = q LT^b \quad \text{(Equação 5)}$$

onde:

WT = peso total (g);

LT = comprimento total (cm);

q = constante;

b = coeficiente de alometria.

O teste t-Student foi utilizado para testar a isometria do crescimento, ao nível de significância de 5% e com n-2 graus de liberdade.

A hipótese nula H_0 a testar foi $H_0: b = 3$ e a hipótese alternativa $H_1: b \neq 3$. Quando $b = 3$ o crescimento é isométrico (peixe com forma do corpo e gravidade específica invariáveis) (Bagenal & Tesch, 1978). Contrariamente, quando $b \neq 3$ o crescimento é alométrico (taxa de crescimento de uma das partes do corpo é superior ou inferior à outra) (Jones, 2002).

Foram testadas eventuais diferenças entre sexos para o ano de 2015 e por região utilizando um teste de Análise da Soma dos Quadrados dos Resíduos – teste F (Quinn & Deriso, 1999) (Equação 6):

Teste F

$$F = \frac{\frac{SQR_y - SQR_x}{gl_y - gl_x}}{\frac{SQR_x}{gl_x}} \quad \text{(Equação 6)}$$

Onde:

SQR = soma dos quadrados dos resíduos ($SQR_i = SQR$ de cada reta i ; $SQR_y = SQR$ total; $SQR_x =$ Somatório de SQR_i)

gl = graus de liberdade ($gl_i = ni - p$; $gl_y = n - p$; $gl_x =$ somatório de gl_i);

n = número de retas i a comparar.

Não havendo diferenças significativas, foram estimadas as relações peso-comprimento para sexos combinados e por localidade.

7.3. Resultados

Os otólitos de *Trachurus picturatus* (Figura 11) têm uma forma oval a elíptica, tornando-se aproximadamente fusiforme com o aumento da idade. Apresentam duas faces (a externa ou côncava e a interna ou convexa) e quatro bordos (anterior, posterior, superior e inferior). São pontiagudos na parte anterior e largo e arredondado na parte posterior. O bordo dorsal (superior) do otólito é curvo e de contorno irregular, observando-se uma série de pequenas cristas arredondadas que cortam o traçado da curva. Ao contrário, o bordo ventral (inferior) apresenta um aspeto mais regular. Na face externa, a região anterior pontiaguda apresenta duas saliências, um *rostrum* bem diferenciado, longo, largo e muito bicudo e um *antirostrum* curto, largo e redondo. A *excisura ostii* é larga e apresenta uma ranhura pouco profunda. A região posterior do otólito vai de angulada a oblíqua. A face interna, ou seja, a face convexa, está virada para a cavidade craniana e é cortada ao meio por um *sulcus acusticus* posicionado na linha média longitudinal do otólito, profundo e bem definido, e com uma abertura do tipo ostial, ou seja, que abre amplamente na margem anterior do otólito e com uma cauda distintamente fechada, longe do bordo posterior do otólito. O *ostium* tem a forma de funil e é mais curto do que a *cauda*. A *cauda* é tubular, curvada e fortemente fletida na zona posterior, terminando perto da margem ventral-posterior (Tuset *et al.*, 2008). Na observação dos otólitos verificou-se que o núcleo é a zona mais opaca e mais densa, podendo, por vezes, visualizar-se no centro um pequeno *focus* translúcido. O *rostrum* é mais pequeno nos espécimes juvenis tornando-se maior nos mais velhos.

7.3.1. Idade

7.3.1.1. Leitura direta de otólitos

Dos 207 (113 fêmeas, 82 machos e 12 indeterminados) pares de otólitos de chicharro recolhidos no ano de 2015 no arquipélago da Madeira, 16 (2.89%) não foram utilizados na avaliação da idade e respetivo tratamento de dados. Relativamente a Canárias, foram utilizados 220 (44 fêmeas, 48 machos e 128 indeterminados) pares de otólitos, dos quais apenas 1 (0.45%) foi excluído da estimação de idades. Estes pares de otólitos foram excluídos pelo facto de se encontrarem muito partidos, trocados ou simplesmente por não se encontrarem no respetivo *ependorff*. Quanto às amostras de Portugal continental, foram utilizados todos os 180 (70 fêmeas e 110 machos) pares de otólitos.

Com a leitura direta dos incrementos anuais registados em otólitos pertencentes ao ano de 2015 foram encontrados indivíduos com idades compreendidas entre os 0 e os 5 anos no arquipélago da Madeira, entre 2 e 10 anos em Portugal continental (Peniche) e entre 0 e 4 anos em Canárias (Figura 12).

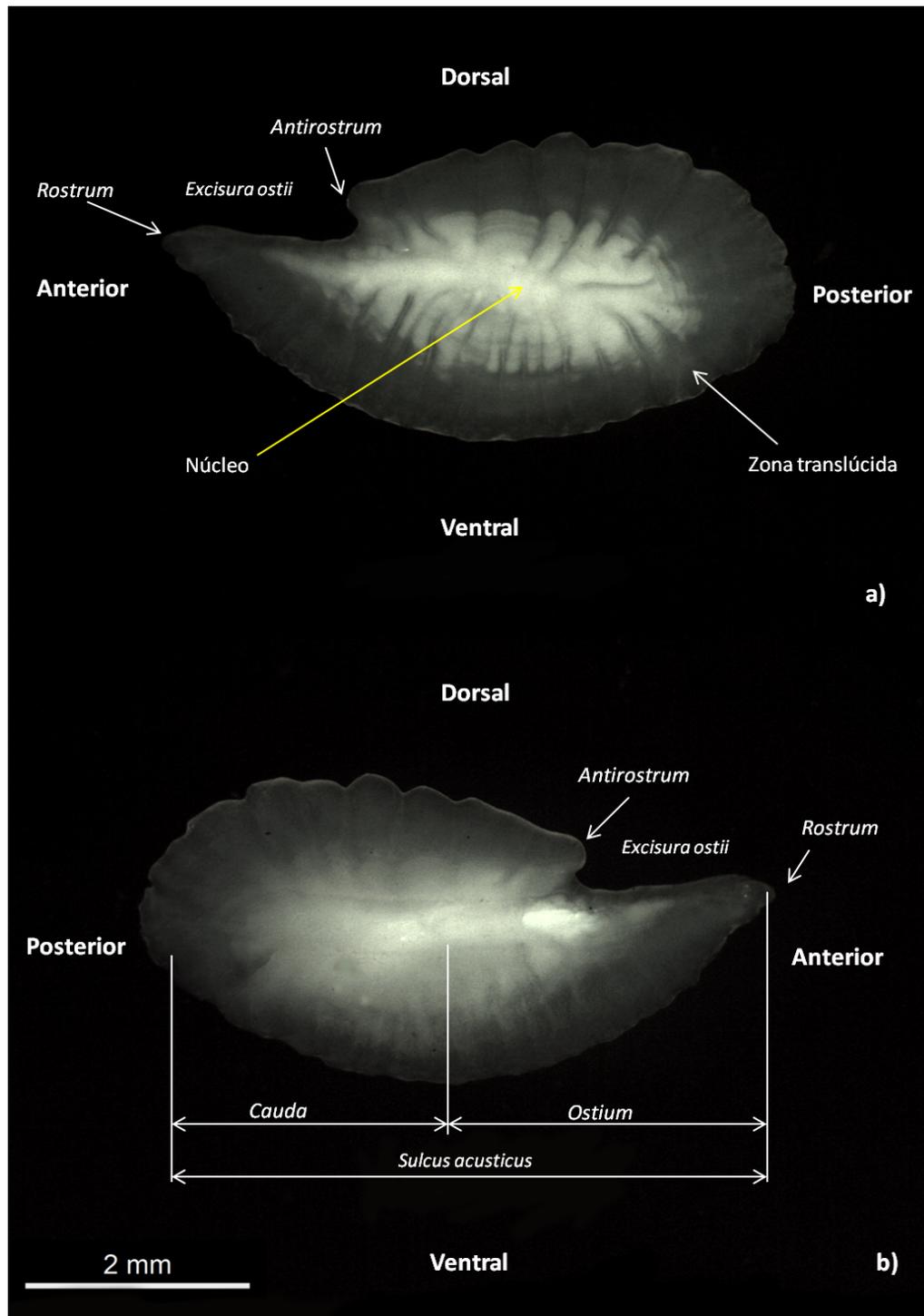


Figura 11 – Vista das faces externa (a) e interna (b) de um par de otólitos *sagitta* esquerdo de *T. picturatus*, com uma ampliação total de 16x.

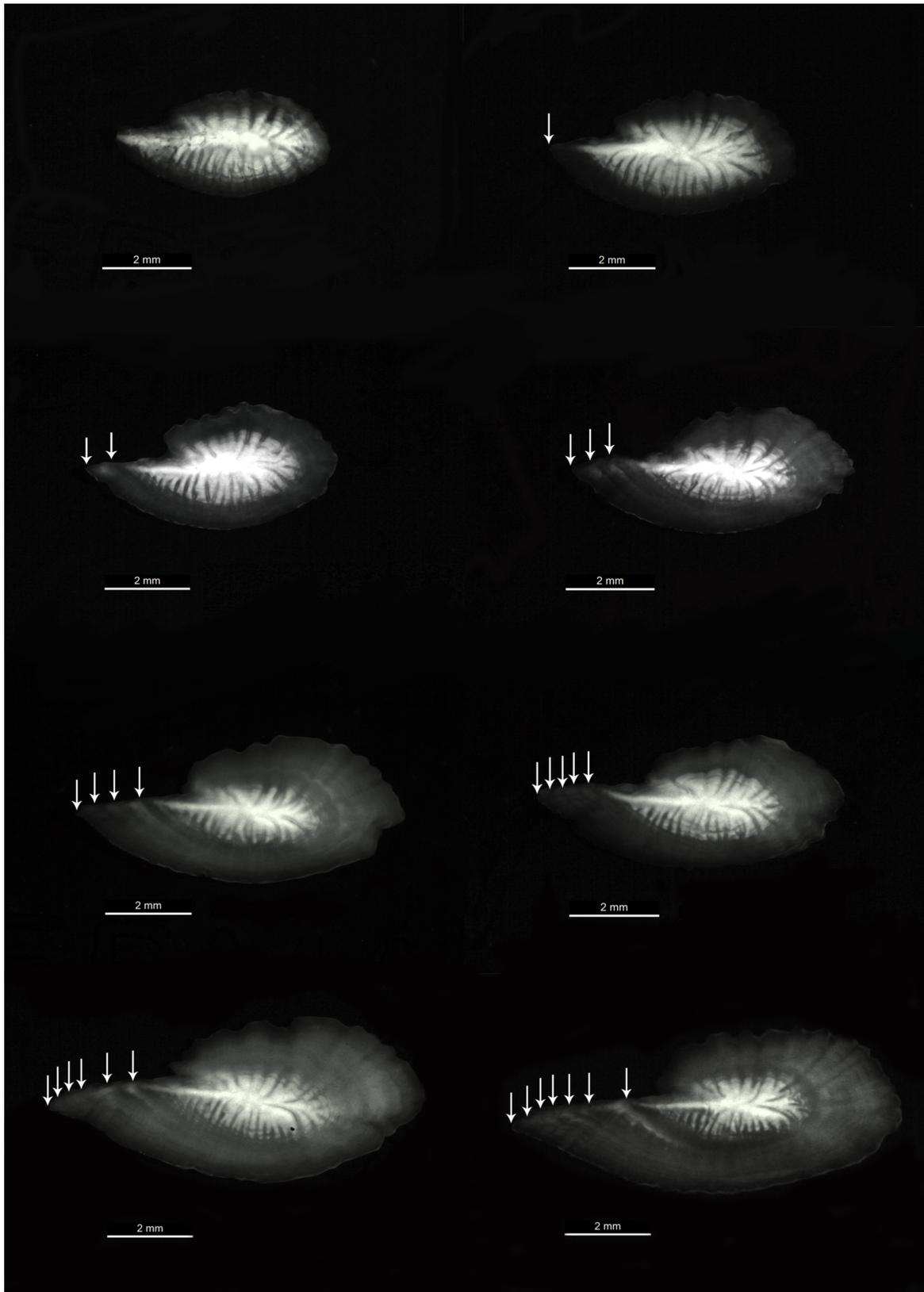


Figura 12 – Otólitos *sagitta* de *Trachurus picturatus* representativos das idades 0 a 7 anos, com uma ampliação total de 20x. Indivíduos com 16.8, 19.3, 20.4, 21.4, 24, 27.8, 33.5 e 36.4 cm de comprimento total respetivamente. As setas indicam os limites dos 2 *annuli* que se formam anualmente. No *rostrum* os 2 *annuli* convergem (na grande maioria dos otólitos) em apenas uma marca, enquanto na parte posterior do otólito são visíveis os 2 *annuli* formados anualmente.

1) Aferição da qualidade das leituras

a) Percentagem de Concordância

A percentagem de concordância entre as três leituras efetuadas para os otólitos da Madeira, Peniche e Canárias referentes ao ano de 2015 foram de 99.50%, 91.11% e de 97.63%, respetivamente.

A Figura 13 representa a percentagem de concordância por cada idade nominal a obtida para cada região em estudo e a partir dos dados referentes às três leituras efetuadas aos otólitos do ano de 2015. Na Madeira, a percentagem de concordância foi máxima (100%) em todas as idades com exceção da idade 3 (92.86%; $n = 14$). Para Peniche, os valores mais elevados foram observados nas idades 2 (100%; $n = 2$), 3 (92.31%; $n = 13$) e 4 (100%; $n = 18$) enquanto o menor ocorreu na idade nominal 9 (50%; $n = 4$). Relativamente a Canárias, a percentagem de concordância foi elevada nos grupos de idade 0 (100%; $n = 45$), 1 (99.32%; $n = 148$) e 2 (100%; $n = 10$) e mínima na idade nominal 3 (76%; $n = 16$).

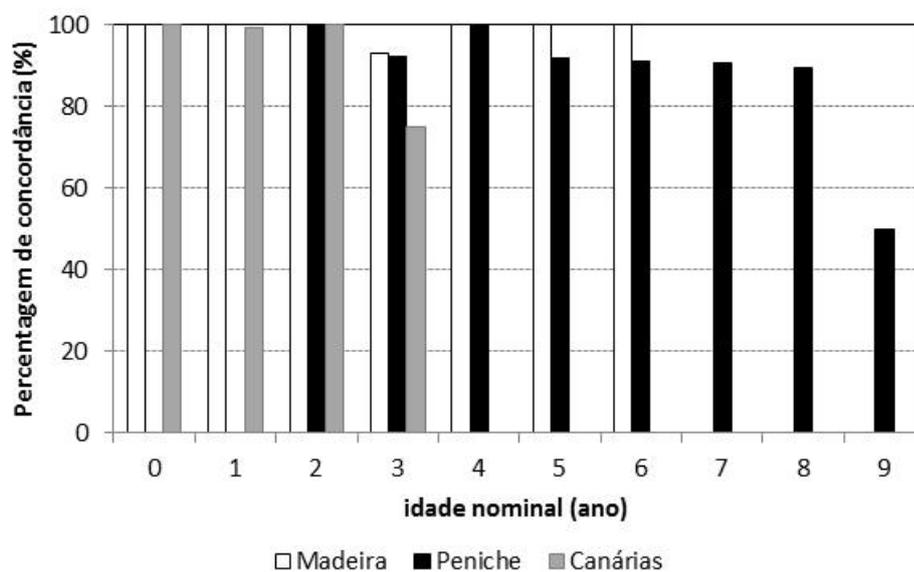


Figura 13 – Percentagem de concordância em cada idade nominal a obtida para cada região em estudo e para o ano de 2015.

b) Erro Percentual Médio (*APE*), Coeficiente de Variação (*V*) e Índice de Precisão (*D*)

De um modo geral houve uma elevada concordância entre as três leituras efetuadas pelo mesmo leitor, para cada região em estudo (Tabela 12) tendo sido relativamente poucas as leituras discordantes (Tabela 13). Verificou-se uma discordância de mais ou menos 1 ano nos grupos de idade determinados para as três regiões em estudo (Tabela 13). A amplitude de idade subestimada variou entre 0 e 0.50% para a Madeira, entre 0.56 e 6.11% para Peniche e entre 0 e 2.74% para Canárias, enquanto a sobrestimada variou entre 0.50 e 1.00% para a Madeira, 0.56 e 2.22% para Peniche e entre 0 e 0.46% para Canárias.

A análise de consistência entre as leituras efetuadas pelo mesmo observador, para cada região, através da aplicação do índice *APE* e dos índices *V* e *D* resultou em índices baixos (Tabela 14), principalmente o *APE* mostrando assim uma boa consistência por parte do leitor. Os valores dos três índices foram mais baixos para as leituras efetuadas para a Madeira.

Os índices *APE*, *V* e *D* foram relativamente baixos em todos os grupos de idade das três regiões (Tabela 15), com exceção do grupo de idade 4 de Canárias representado apenas por 2 indivíduos.

2) Cálculo de comprimentos médios à idade e chaves idade-comprimento

Como não se verificaram diferenças significativas (teste *t*-Student, $p > 0.05$) nos comprimentos médios à idade estimados para fêmeas e machos, da Madeira, Peniche e Canárias, através da leitura direta dos otólitos, os dados foram agrupados em chaves idade-comprimento para o total de indivíduos amostrados por região.

Os 191 indivíduos da Madeira referentes ao ano de 2015 distribuíram-se por 6 grupos de idade (0 a 5) (Tabela 16). O grupo de idade 1 foi o que incluiu maior número de indivíduos ($n = 135$), seguindo-se os grupos de idade 0 ($n = 18$) e 2 ($n = 15$). A classe de comprimento melhor representada foi 20 cm com 37 exemplares.

Os 180 indivíduos amostrados de Peniche referentes ao ano de 2015 distribuíram-se por 9 grupos de idade (2 ao 10) (Tabela 16). O grupo de idade 7 foi o que incluiu maior número de indivíduos ($n = 50$), seguindo-se os grupos de idade 6 ($n = 34$) e 4 ($n = 32$). A classe de comprimento melhor representada foi a de 26 cm com 31 exemplares.

Tabela 13 – Diferença em anos entre os grupos de idade estimados nas três leituras efetuadas pelo mesmo leitor, para os três locais em estudo, ou seja, no caso da Madeira, na 1ª leitura a idade foi estimada em mais um ano do que na 2ª leitura em 2 (1%) dos casos. Legenda: *n* = número de indivíduos.

Leituras	Madeira					Peniche				Canárias					
		Diferença			Total		Diferença			Total		Diferença			Total
		-1	0	1			-1	0	1			-1	0	1	
1 para 2	n	1	198	2	201	11	165	4	180	6	213	0	219		
	%	0.50	98.51	1.00	100	6.11	91.67	2.22	100	2.74	97.26	0.00	100		
1 para 3	n	0	199	2	201	10	167	3	180	5	214	0	219		
	%	0.00	99.00	1.00	100	5.56	92.78	1.67	100	2.28	97.72	0.00	100		
2 para 3	n	0	200	1	201	1	178	1	180	0	218	1	219		
	%	0.00	99.50	0.50	100	0.56	98.89	0.56	100	0.00	99.54	0.46	100		

Tabela 14 – Valores percentuais de Erro Percentual Médio (APE), Variação (V) e Precisão (D) estimados a partir das 3 leituras efetuadas nos otólitos de cada região referentes ao ano de 2015.

Região	APE	V	D	Total
Madeira	0.299	0.571	0.330	201
Peniche	0.584	1.897	1.096	180
Canárias	0.468	0.952	0.550	219

Tabela 15 – Valores percentuais de Erro Percentual Médio (APE), Variação (V) e Precisão (D) estimados por grupo de idade a partir das 3 leituras efetuadas nos otólitos de cada região.

Região	Grupo de Idade (ano)	APE	V	D	Total
Madeira	0	0.000	0.000	0.000	36
	1	0.475	0.836	0.483	102
	2	0.000	0.000	0.000	33
	3	0.000	0.000	0.000	13
	4	1.288	3.276	1.892	9
	5	0.000	0.000	0.000	7
	6	0.000	0.000	0.000	2
Peniche	2	0.000	0.000	0.000	1
	3	0.580	1.474	0.851	20
	4	0.000	0.000	0.000	34
	5	0.523	1.590	0,918	31
	6	1.115	3.605	2.082	45
	7	0.388	1.348	0.778	32
	8	0.454	1.684	0.972	12
	9	1.844	7.435	4.293	5
Canárias	0	0.000	0.000	0.000	117
	1	0.537	0.753	0.435	71
	2	0.000	0.000	0.000	13
	3	2.632	6.083	3.512	16
	4	11.130	28.886	16.678	2

Os 219 indivíduos amostrados de Canárias referentes ao ano de 2015 distribuíram-se por 5 grupos de idade (0 ao 4) (Tabela 16). O grupo de idade 0 foi o que incluiu maior número de indivíduos ($n = 117$), seguindo-se o grupo de idade 1 com 71 indivíduos. As classes de comprimento melhor representadas foram a 16 e 17 cm com 51 exemplares cada uma.

Em anexo estão igualmente representadas as chaves idade-comprimento obtidas para fêmeas (Anexos 6, 8 e 10) e para machos (Anexos 7, 9 e 11) dos respetivos locais em estudo.

Na Tabela 17 estão representados os comprimentos médios à idade e os respetivos desvio padrão estimados para fêmeas, machos e total de indivíduos de *T. picturatus* amostrados em 2015 na Madeira, Portugal continental (Peniche) e Canárias.

Foram igualmente testadas possíveis diferenças entre os comprimentos médios à idade estimados para cada região em estudo. Os comprimentos médios às idades 2 a 5 estimados para a Madeira e Portugal continental foram comparados. Não se verificaram diferenças significativas (teste *t*-Student; $p > 0.05$) com exceção do grupo de idade 3 (teste *t*-Student; $p = 0.003$). Entre a Madeira e Canárias, quando comparados os comprimentos referentes às idades 0 a 4 anos, apenas não se verificaram diferenças nos comprimentos médios às idades 0 e 4 (teste *t*-Student; $p > 0.05$). Quando comparados os comprimentos médios às idades 2 (teste *t*-Student; $p = 0.032$), 3 (teste *t*-Student; $p = 0.000$) e 4 (teste *t*-Student; $p = 0.008$), entre as localidades Portugal continental e Canárias, verificaram-se diferenças significativas nos comprimentos médios à idade.

7.3.2. Crescimento médio individual

Os comprimentos totais dos peixes amostrados durante o ano de 2015 variaram entre 15.3 e 28.3 cm para a Madeira, entre 22.3 e 37.1 cm para Peniche e entre 14.3 e 23.4 cm para Canárias. Os pesos variaram entre 28.19 e 196.23 g para a Madeira, entre 84.85 e 471.53 g para Peniche e entre 21.53 e 108.95 g para as Canárias.

A relação peso-comprimento foi calculada para fêmeas e machos da Madeira, Portugal continental e Canárias (2015). Na Tabela 18 estão representados os valores dos parâmetros a e b e respetivos coeficientes de correlação (r^2) determinados para fêmeas, machos e total de indivíduos das regiões referidas anteriormente. Na mesma tabela encontram-se os valores observados e testados de *t*-Student utilizados para testar a isometria do crescimento.

Tabela 17 – Comprimentos médios à idade estimados, para fêmeas (*F*), machos (*M*) e total (*T*) de *T. picturatus*, da Madeira, Peniche e Canárias para o ano de 2015. Legenda: *GI* = Grupo de Idade (ano); *F DP* = Desvio padrão fêmeas; *M DP* = Desvio padrão machos; *T DP* = Desvio padrão total.

GI (ano)	Madeira						Peniche						Canárias					
	F	F DP	M	M DP	T	T DP	F	F DP	M	M DP	T	T DP	F	F DP	M	M DP	T	T DP
0	16.38	0.299	16.54	0.770	16.42	0.544							17.06	0.636	16.18	0.895	16.52	1.091
1	20.50	1.676	20.02	1.907	20.27	1.781							18,76	1.391	19.59	1.119	18.35	1.457
2	21.61	1.677	20.47	1.168	21.38	1.621			23.20	0.000	23.20	0.000	20.58	0.707	20.95	2.051	20.25	1.177
3	22.32	1.798	22.59	1.453	22.48	1.532	23.81	1.672	24.60	1.382	24.31	1.500	21.50	0.868	21.06	0.954	21.24	0.919
4	24.44	1.266	25.53	2.367	24.85	1.684	25.28	1.096	25.76	0.999	25.55	1.054	22.50	0.000			22.50	0.000
5	24.90	0.141	26.40	0.000	25.40	0.872	26.80	1.828	27.40	1.683	27.24	1.707						
6							28.12	1.611	28.20	2.314	28.17	2.067						
7							30.90	2.315	30.13	2.115	30.49	2.221						
8							35.08	1.315	32.56	2.619	33.40	2.523						
9							36.70	0.283	35.27	2.581	35.84	1.992						
10							35.00	0.000			35.00	0.000						

Segundo o teste F , não foram encontradas diferenças significativas entre as relações peso-comprimento obtidas para fêmeas e machos referente ao ano 2015 para Madeira (teste- F ; $F = 0.379$; $p = 0.685$), Peniche (teste- F ; $F = 0.035$; $p = 0.965$) e Canárias (teste- F ; $F = 2.423$; $p = 0.09$). Os sexos foram combinados e estimaram-se as relações peso-comprimento para o total de indivíduos de cada área em estudo.

Relativamente à Madeira, segundo o teste t -Student, e uma vez que os coeficientes não diferiram de três ($b = 3$), verificou-se um crescimento isométrico. O mesmo foi verificado relativamente aos coeficientes de alometria estimados para fêmeas e machos de chicharro amostrados de Portugal continental. Porém, quando considerados os sexos em conjunto verificou-se um crescimento alométrico. Uma vez que os coeficientes de crescimento estimados para Canárias diferiram de três ($b \neq 3$) e segundo os resultados do teste t -Student (ver Tabela 18) denota-se um crescimento de tipo alométrico positivo para o chicharro presente nessa região.

A Figura 14 representa a relação entre o peso e o comprimento estimada para sexos combinados e para o ano 2015.

Tabela 18 – Valores dos parâmetros da equação peso-comprimento estimados para fêmeas (F), machos (M) e para total de indivíduos (T) (e respetivos coeficientes de correlação, r^2) de *T. picturatus* amostrado em 2015 na Madeira, Peniche e Canárias e valores observados e testados de t -Student utilizados para testar a isometria no crescimento. Legenda: n = número de indivíduos; q = constante; b = coeficiente de alometria.

Região	Sexo	n	q	b	r^2	Teste t -Student
Madeira	F	113	0.008	3.007	0.949	$t = 0.106$; $t_{0.05;111} = 1.982$
	M	82	0.008	2.998	0.968	$t = -0.039$; $t_{0.05;80} = 1.990$
	T	195	0.008	3.006	0.959	$t = 0.128$; $t_{0.05;193} = 1.972$
Peniche	F	70	0.012	2.888	0.959	$t = -1.546$; $t_{0.05;68} = 1.995$
	M	110	0.012	2.889	0.954	$t = -1.813$; $t_{0.05;108} = 1.982$
	T	180	0.012	2.889	0.956	$t = -2.396$; $t_{0.05;178} = 1.973$
Canárias	F	44	0.004	3.255	0.970	$t = 2.797$; $t_{0.05;46} = 2.013$
	M	48	0.005	3.161	0.985	$t = 2.898$; $t_{0.05;42} = 2.018$
	T	92	0.004	3.211	0.979	$t = 4.223$; $t_{0.05;90} = 1.987$

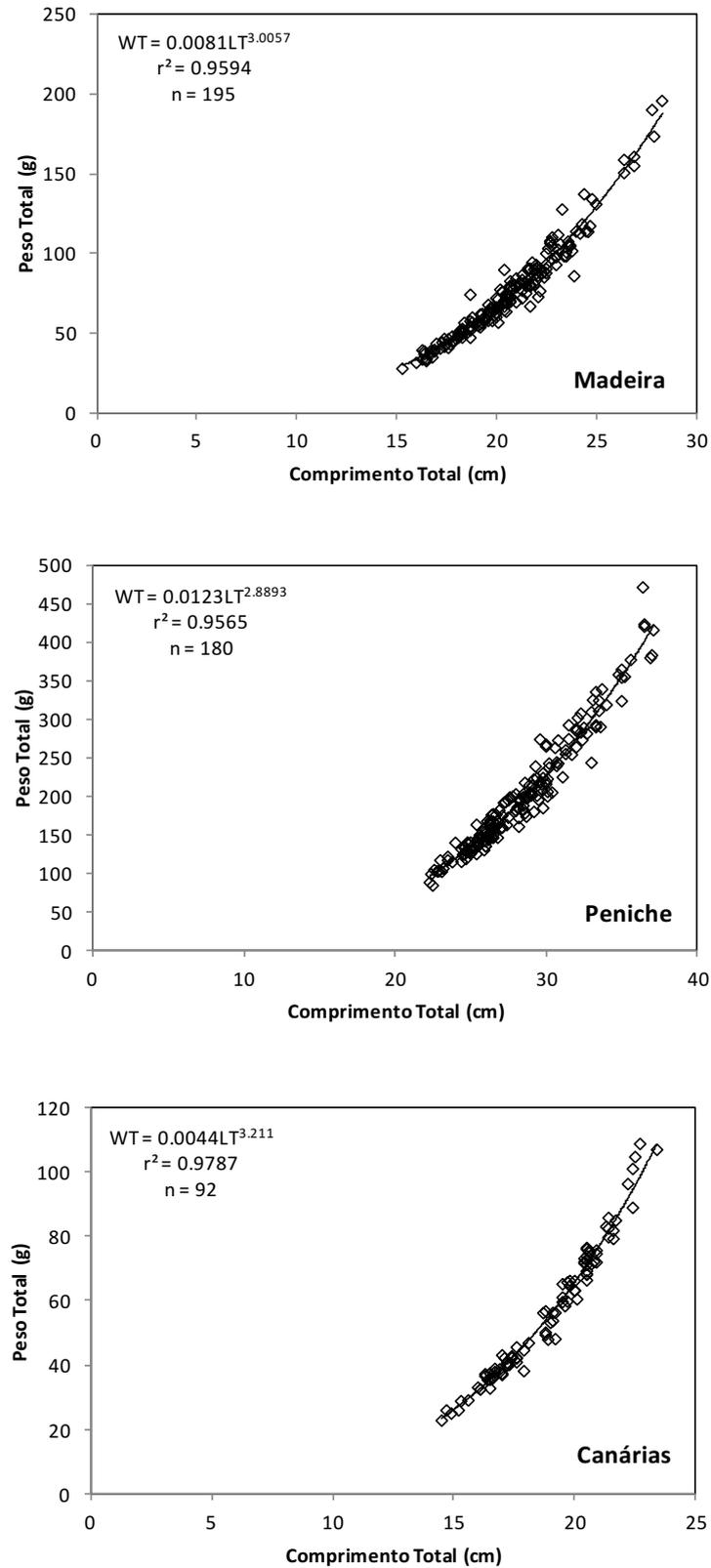


Figura 14 – Relações peso-comprimento estimadas para sexos combinados de *T. picturatus* amostrados nas três regiões em estudo e para o ano de 2015.

7.4. Discussão

A idade e crescimento são alguns dos parâmetros de história de vida utilizados para analisar a estrutura do *stock* de uma espécie (Vieira *et al.*, 2009). No entanto, como estes parâmetros podem variar temporariamente dentro de um *stock*, a utilização de um único período de tempo para interpretar qualquer parâmetro de história de vida poderá induzir a erros, enfatizando, assim, a necessidade de se investigar a variação temporal destes parâmetros (Begg *et al.*, 1999b). Por esta razão, deveria ser utilizada uma variação temporal longa em todas as regiões.

A distribuição desigual de idades nas chaves idade-comprimento associada à pouca representação etária dos indivíduos da Madeira e das Canárias tornou impossível a aplicação de um modelo de crescimento em cada uma das três regiões e subsequente comparação dos parâmetros. Por esta razão seguiu-se a abordagem proposta por Begg (2005) e seguida por Abaunza *et al.* (2008a) e Vieira *et al.* (2009), de se comparar estatisticamente os comprimentos médios à idade entre regiões para a mesma gama de idade. Os resultados obtidos não foram muito conclusivos mas parecem ser consistentes com a distinção de dois *stocks*, um em Portugal continental e outro nas ilhas Canárias. Relativamente à Madeira, não se conseguiu diferenciar totalmente nem de Portugal continental nem de Canárias.

A distribuição de organismos não é homogénea, mas muda de acordo com fatores abióticos e bióticos, sendo, geralmente, a variação vertical dos cardumes em costas rochosas maior do que a variação horizontal (Chappuis *et al.*, 2014). A heterogeneidade espacial do meio ambiente abiótico é responsável pela concentração de peixe nas zonas mais favoráveis, numa extensão que varia a partir do micro-habitat para a escala regional. A utilização do espaço por um peixe é definida pelo seu padrão de deslocação, que pode estar relacionado com a presença de outros membros da mesma espécie de peixe, em particular, bem como com o ambiente físico (Massé *et al.*, 1996). Segundo estes autores, a extensão vertical da distribuição da maioria dos cardumes de *Trachurus* sp. aumentou com a profundidade e a difusão da sua distribuição aumentou igualmente com a profundidade. No presente trabalho denotou-se claramente uma estratificação de comprimentos, observando-se uma diferença de tamanho dos peixes com a profundidade, evidenciada pela dificuldade sentida na obtenção de classes de comprimento de maiores dimensões quer na Madeira quer nas Canárias (pesca de cerco em ambas as regiões) e de indivíduos de pequeno tamanho (pertencentes aos grupos de idade 0 e 1) nas amostras de Portugal continental (arrasto). Esta dificuldade deveu-se em grande parte às diferentes técnicas de arte de pesca aplicadas ao chicharro em diferentes regiões. O cerco, técnica de pesca mais superficial, capturou indivíduos mais pequenos, ao contrário do arrasto pelágico, arte de pesca aplicada entre o leito do mar e a superfície, que capturou indivíduos de

maiores dimensões. Seria relevante a obtenção de gamas de comprimento semelhantes entre as várias regiões.

Existem poucos trabalhos sobre a idade e crescimento desta espécie, não havendo nenhum publicado sobre esta espécie nas Canárias nem Portugal continental. Apenas se sabe que esta espécie na Madeira pode atingir os 9 anos (Vasconcelos *et al.*, 2006) e apresenta um crescimento relativamente rápido ($k = 0.254 \text{ ano}^{-1}$, Vasconcelos *et al.*, 2008).

Em conclusão, pode afirmar-se que o chicharro apresenta diferenças na idade e crescimento dos espécimes presentes nas águas da Madeira, Portugal continental e Canárias.



CONCLUSÃO DA IDENTIFICAÇÃO DE UNIDADES
POPULACIONAIS

8. Conclusão da Identificação de unidades populacionais

Apesar da necessidade de se identificar com segurança as unidades populacionais das mesmas espécies, tal classificação não pode ser conseguida com uma única técnica (Campana *et al.*, 1995a). A forma mais bem-sucedida de resolução do problema da definição dos limites de *stocks* é através de uma abordagem holística (Begg & Waldman, 1999), em que a combinação dos resultados obtidos a partir de várias técnicas pode fornecer um conhecimento considerável para a possível estrutura do *stock* de uma espécie (Elliott *et al.*, 1995). Os diferentes métodos que podem ser utilizados na identificação de *stocks* foram recentemente compilados de forma exaustiva por Cadrin *et al.* (2005).

Até à data, a única publicação que contribui para a delimitação da estrutura do *stock* do chicharro no Atlântico nordeste é um estudo realizado por Costa *et al.* (2013), em que tentaram identificar endoparasitas úteis como marcadores biológicos de *T. picturatus*. Este estudo cobre apenas uma pequena parte da área de distribuição desta espécie, nomeadamente Madeira e Canárias.

A fim de se saber mais sobre a estrutura do *stock* de *T. picturatus* no sul do Atlântico nordeste, mais precisamente nas áreas de distribuição Madeira, Portugal continental (Peniche) e Canárias, e de modo a se complementar o pouco conhecimento sobre este assunto, estudou-se a análise da forma do corpo e do contorno do otólito, utilizaram-se os parasitas como marcadores biológicos e compararam-se os comprimentos médios à idade estimados entre locais.

A maioria das técnicas utilizadas (forma do corpo, contorno do otólito e parasitas) para identificar a estrutura do *stock* do chicharro no sul do Atlântico nordeste aponta para a existência de uma separação do chicharro em três *stocks* diferenciados, enquanto a comparação dos comprimentos médios à idade aponta para a separação entre duas áreas: continente e arquipélagos.

Presença de 3 *stocks* (Madeira, Portugal continental e Canárias)

As metodologias análise da morfologia do peixe, morfologia do otólito e parasitas suportam a separação do chicharro em três *stocks* distintos.

Relativamente à morfologia do peixe, a atribuição de espécimes de chicharro às localizações geográficas em estudo foi classificada corretamente em 80.7% do número total de amostras ($K = 0.67$). Neste âmbito, esta técnica suporta a presença de 3 *stocks* para a região sul do Atlântico nordeste.

A análise discriminante canónica (CDA), efetuada aos otólitos de chicharro, evidenciou uma elevada percentagem de sucesso na classificação global (86.3%) associada a uma correta classificação dos indivíduos atribuídos a cada área (sempre superior a 80%). Neste contexto, esta técnica suporta a presença de 3 *stocks* para a região sul do Atlântico nordeste.

A análise dos parasitas revelou que o parasita *Nybelinia* sp. foi identificado exclusivamente na Madeira não tendo sido referenciada nas Canárias nem em Portugal continental. Por outro lado, a prevalência, intensidade e abundância dos nemátodes *Anisakis* spp. nas amostras de Portugal continental demonstram claramente uma diferenciação entre esta localidade e os arquipélagos da Madeira e Canárias.

Presença de dois stocks (Arquipélagos da Madeira e Canárias vs. Portugal continental)

Uma metodologia (comparação dos comprimento médios à idade) suporta a separação nestes dois *stocks*.

A comparação dos comprimentos médios à idade entre as localidades amostradas evidenciou diferenças significativas entre Portugal continental e Canárias, mas não foi conclusivo em relação à separação dos indivíduos das Canárias e da Madeira.

Conclusão

Algumas das técnicas utilizadas na identificação de *stocks* são dispendiosas e é desejável selecionar as abordagens mais úteis. Dados sobre a morfologia do corpo e do otólito e o uso de parasitas como marcadores biológicos têm sido referidas como técnicas especialmente úteis na distinção de *stocks* do carapau (Abaunza *et al.*, 2008b).

A abordagem holística e a aplicação de todas as técnicas sobre as mesmas amostras de chicharro de cada área em estudo permitiram a obtenção de resultados mais seguros, reduzindo assim o erro na identificação de *stocks*. Além disso, estas técnicas permitiram uma definição preliminar de três populações principais na Madeira, Portugal continental e Canárias.

A análise da morfologia do corpo dos peixes tem sido um dos métodos mais utilizados na identificação de unidade populacionais de peixes (Heincke, 1898; Silva, 2003; Turan, 2004; Villaluz & Maccrimmon, 1988; Haddon & Willis, 1995; Murta *et al.*, 2008b; Stransky *et al.*, 2008; Sequeria *et al.*, 2011). O valor de classificação de sucesso (80.7%) relativamente alto estimado na análise da forma do corpo dos peixes demonstrou a existência de três populações: uma residente na Madeira, outra na costa de Portugal continental e uma nas Canárias. A percentagem de má classificação (21%)

verificada na análise discriminante dos dados da morfologia do peixe entre as amostras da Madeira e Canárias pode ser indicativo de migrações de alguns indivíduos entre as referidas áreas.

Os estudos morfométricos e em particular a análise do contorno do otólito (Gordo *et al.*, 2009) são muito usados em estudos de estrutura de *stocks* (Friedland & Reddin, 1994; Bird *et al.*, 1986; Stansky *et al.*, 2008; Farias *et al.*, 2009; Vieira *et al.*, 2014) por serem específicos de cada espécie (Tuset *et al.*, 2008) e variarem muito pouco com o crescimento (Campana & Casselman, 1993). A análise da morfologia do otólito dá melhores resultados que as características morfométricas pelo facto dos otólitos não serem afetados por variações a curto prazo da condição fisiológica do peixe e da sua aparência e forma variarem geograficamente (Gordo *et al.*, 2009). No entanto, não se sabe ao certo se as variações na forma dos otólitos são induzidas geneticamente ou por influência do ambiente (Cadrin & Friedland, 2005).

O valor elevado de classificação de sucesso (86.3%) estimado na análise da forma do otólito inequivocamente demonstrou a existência de três populações: uma residente na Madeira, outra na costa de Portugal continental e uma nas Canárias. A baixa percentagem de má classificação obtida na análise discriminante dos dados da forma do otólito entre as amostras da Madeira e Canárias poderá ser apenas indicativa de migrações de alguns indivíduos entre estas duas áreas.

O princípio base do uso de parasitas como marcadores biológicos em estudo de populações baseia-se no facto dos peixes apenas poderem ser infetados por um parasita na área endémica deste onde as condições de infeção são propícias. Assim, pode inferir-se que peixes infetados encontrados fora da zona endémica de um dado parasita estiveram em algum momento passado dentro dessa área (MacKenzie & Abaunza, 2005). No presente estudo verificaram-se níveis elevados de intensidade e abundância do nemátode *Anisakis* spp. nas amostras de Portugal continental e a presença do parasita *Nybelinia* sp. apenas nas amostras da Madeira. Estes resultados parasitológicos (prevalência, intensidade e abundância) associados às diferenças significativas da ausência/presença de espécies de parasitas tornaram possível a separação destas três localidades, confirmando, assim, os resultados obtidos na morfologia do corpo do peixe e contorno do otólito.

Os resultados deste estudo suportaram a existência de diferentes *stocks* de *T. picturatus* no sul do Atlântico nordeste. No entanto, a identificação de *stocks* do chicharro seria substancialmente melhorada se a estratégia de amostragem se expandisse em termos temporais e espaciais de modo a incluir outras áreas geográficas (como o Mediterrâneo e Açores) e se fosse examinado um maior número de amostras em todas as estações do ano, a fim de adicionar mais informações sobre a biologia desta espécie em toda a sua área de distribuição geográfica e sobre as relações entre as diferentes áreas geográficas em termos de ocorrência de parasitas. Recomenda-se, igualmente, o

uso da genética para complementar as técnicas aplicadas neste estudo e para descrever a estrutura dos *stocks*.

PARTE I

BIOLOGIA E PESCA DO CHICHARRO,
Trachurus picturatus, NA MADEIRA

9. Introdução geral

No arquipélago da Madeira, apesar da importância económica que o chicharro representa na região, foram produzidos poucos trabalhos sobre esta espécie relativamente aos parâmetros de história de vida em particular e sobre a sua biologia, em geral.

A estimação da idade a partir da contagem de bandas de crescimento presentes em estruturas calcificadas dos peixes (como por exemplo os otólitos) e a validação da periodicidade da sua deposição são requisitos básicos para a obtenção de taxas de crescimento, idades à primeira maturação e recrutamento, longevidade e taxas de mortalidade naturais (Peres & Haimovici, 2004).

O crescimento e a reprodução são processos antagonistas que desempenham um papel central nos ciclos de vida das espécies. As diferentes formas em que os recursos são alocados para o crescimento e reprodução formam a base das diferentes estratégias dos ciclos de vida (Ramírez Llodra, 2002) nos peixes marinhos. A partilha de recursos tem uma forte influência sobre as características dos ciclos de vida, tais como a idade de maturidade, fecundidade e taxas de crescimento (Stearns, 1992; Heino & Kaitala, 1999). O crescimento nos peixes é influenciado por diversas variáveis ambientais (como por exemplo a temperatura), pela quantidade de alimento disponível e pela densidade populacional (Jones, 1976; Bond, 1979; Huet, 1983; Moyle & Cech, 1996).

A idade e crescimento foram estudados por Vasconcelos *et al.* (2006) e Vasconcelos *et al.* (2008), através da leitura de 630 e 997 otólitos *sagitta* inteiros referentes aos anos de 1984 – 1986 e de 2006, respetivamente. No entanto, a periodicidade de formação dos anéis de crescimento nunca foi validada. Neste trabalho determinou-se a idade do chicharro através de métodos diretos e validou-se a periodicidade da deposição dos anéis segundo as análises da evolução do tipo de bordo e do incremento marginal relativo. Avaliou-se, igualmente, a precisão das leituras efetuadas pela autora. Modelou-se o crescimento em comprimento e em peso com base nos dados colhidos na Madeira entre 2009 e 2010.

Jesus (1992) estudou o crescimento e reprodução do chicharro com base em 3403 indivíduos amostrados entre maio de 1991 e junho de 1992. A informação sobre a reprodução foi revista por Faria & Vasconcelos (2008), com base em 1005 espécimes obtidos através das descargas mensais desta espécie na lota do Funchal no ano de 2006. Neste trabalho, as características reprodutivas tais como a época de desova, histologia das gónadas, desenvolvimento oocitário e comprimento e idade à primeira maturação foram examinadas. O tipo de fecundidade foi estudado pela primeira vez no chicharro.

A pesca pode provocar alterações na abundância em número e em peso (biomassa) e na própria distribuição geográfica das populações de peixes marinhos (Haddon, 2001). As alterações referidas vão influenciar, por sua vez, ao longo do tempo, a sua disponibilidade para a pesca (Fernö & Olsen, 1994; Jennings *et al.*, 2001).

Os desembarques anuais de chicharro diminuíram de 2006 toneladas em 1986 para 439 toneladas em 2015. Apesar da diminuição verificada nos últimos anos, o valor económico aumentou desde 1995, o que representa um rendimento importante para a economia local (ver Figura 4, Capítulo 1 – O chicharro no Atlântico nordeste). Neste estudo, determinaram-se as composições de comprimentos e idades entre 2009 e 2015.

As capturas futuras e os níveis da biomassa podem ser previstos segundo modelos matemáticos como o modelo de Beverton & Holt (1957). O principal objetivo é fornecer aos responsáveis pela gestão dos recursos pesqueiros informações sobre os efeitos biológicos e/ou económicos da atividade pesqueira sobre um dado *stock*, podendo, assim, propor-se medidas que permitam a sua exploração a um nível no qual se obtenha uma máxima produção, numa base sustentável, sem causar prejuízos no *stock* e sem afetar as capturas futuras. Devem evitar-se situações em que a pressão de pesca seja acentuada o que poderá levar a uma sobrepesca do *stock* (Sparre & Venema, 1997a). O modelo de captura por recruta de Beverton & Holt (1957) aplicado neste trabalho, é um “modelo de condição de equilíbrio” pois descreve o estado do *stock* e a captura numa situação em que o padrão de pesca vem sendo o mesmo durante um longo período de tempo, de modo que todos os peixes são submetidos ao mesmo padrão desde que foram recrutados.

Atualmente, um dos métodos mais utilizado para estimar a mortalidade total é o método da curva linearizada com intervalos de tempo constante, analisado por Ricker (1975), Beverton & Holt (1957) e Chapman & Robson (1960). Este método foi aplicado às composições de idades estimadas entre 2009 e 2015. Entende-se como mortalidade natural, toda a mortalidade criada por todas as outras causas que não são a pesca, ou seja, predação incluindo canibalismo, doenças, *stress* devido à desova, fome e velhice. A mesma espécie pode ter diferentes taxas de mortalidade natural em diferentes áreas, dependendo da densidade dos predadores ou competidores, cuja abundância é influenciada grandemente pela atividade de pesca (Sparre & Venema, 1997a).

10. Material biológico

Para o estudo da biologia foram amostrados 1405 exemplares (759 fêmeas, 626 machos e 20 indeterminados) de chicharro (Tabela 19) obtidos pela Direção de Serviços de Investigação (DSI) através de amostragem mensal dos desembarques desta espécie no porto do Funchal, em 2009 (488 fêmeas, 419 machos e 11 indeterminados) e 2010 (270 fêmeas, 208 machos e 9 indeterminados).

Para o estudo da estrutura das capturas dispõe-se dos dados referentes às amostras recolhidas pela DSI e dos desembarques anuais de chicharro (2009 – 2015) fornecidos pela DSIAP (Tabela 20).

De cada indivíduo amostrado foram registados os comprimentos total (*LT*) e furcal (*LF*) em milímetros (mm) e os pesos total (*WT*) e eviscerado (*WE*) (com a aproximação ao centígrama - cg), e foram removidos (extração ventral) e armazenados os otólitos *sagitta*, em *ependorffs* devidamente etiquetados, tal como sugerido por Butler (1992).

De cada indivíduo foi ainda determinado o sexo (fêmea, macho ou indeterminado), atribuído um estado de maturação sexual com base na escala macroscópica de Brown-Peterson *et al.* (2011) (Anexos 1 e 2) e removidos e pesados as gónadas e o fígado (cg).

Obteve-se, ainda, para cada amostra efetuada em 2009 e 2015, a distribuição de comprimentos das capturas (fêmeas e machos combinados), do peso da captura e da amostra.

Tabela 19 – Material biológico utilizado na avaliação da idade, crescimento, reprodução, fecundidade e estrutura das capturas de *T. picturatus* do arquipélago da Madeira. Da amostragem biológica são retirados todos os parâmetros necessários às análises biológicas posteriores. Legenda: *n* = número de amostras; *F* = fêmeas; *M* = machos; *I* = indeterminado; *LT* = comprimento total (cm); *WT* = peso total (g).

Ano	Mês	Data da amostra	n	Sexo			LT (cm)	WT (g)
				F	I	M		
2009	janeiro	07-01-2009	10	3		7		
		14-01-2009	60	24		36	16.2 – 23.7	35.53 – 97.38
		20-01-2009	39	17		22		
	fevereiro	03-02-2009	20	14	2	4		
		12-02-2009	40	11		29	15.8 – 29.1	29.88 – 204.37
		19-02-2009	15	10		5		
	março	11-03-2009	50	33	1	16	17.0 – 22.6	40.80 – 95.97
		26-03-2009	10	6		4		
	abril	07-04-2009	15	3		12		
		14-04-2009	50	27		23	17.1 – 25.9	42.72 – 147.88
		22-04-2009	8	5		3		
		30-04-2009	30	22		8		
	maio	08-05-2009	4	2		2		
		12-05-2009	8	6		2	18.9 – 29.0	57.14 – 220.59
		20-05-2009	10	4		6		
		21-05-2009	34	22		12		
	junho	18-06-2009	59	33		26	21.1 – 36.2	86.50 – 431.63
		24-06-2009	28	16		12		
	julho	17-07-2009	19	12		7		
		24-07-2009	60	27		33	16.3 – 26.2	35.84 – 152.56
		28-07-2009	8	3		5		
	agosto	13-08-2009	20	10		10		
		19-08-2009	37	22		15	20.0 – 25.0	73.43 – 162.33
		27-08-2009	8	3		5		
	setembro	09-09-2009	10	6		4		
		17-09-2009	15	7		8	18.5 – 28.7	53.37 – 199.48
		24-09-2009	50	24		26		
	outubro	9-10-2009	38	17		21		
		13-10-2009	9	3	1	5	17.1 – 28.7	38.60 – 188.6
		28-10-2009	26	12		14		
novembro	04-11-2009	8	7		1			
	18-11-2009	20	9	7	4	15.5 – 24.2	28.25 – 116.58	
	25-11-2009	32	21		11			
dezembro	03-12-2009	45	30		15	20.8 – 26.3	69.60 – 176.86	
	15-12-2009	13	10		3			

Continuação Tabela 19

Ano	Mês	Data da amostra	n	Sexo			LT (cm)	WT (g)
				F	I	M		
2010	janeiro	15-01-2010	10	9		1		
		21-01-2010	38	26		12	17.1 – 24.0	40.05 – 113.09
		29-01-2010	20	16		4		
	fevereiro	12-02-2010	40	27		13	20.9 – 25.8	72.68 – 131.44
	março	17-03-2010	20	9		11	17.4 – 23.1	43.30 – 99.12
		24-03-2010	40	17		23		
	abril	13-04-2010	40	17		23		
		20-04-2010	15	12		3	15.8 – 26.5	34.22 – 150.39
		29-04-2010	16	8		8		
	maio	26-05-2010	30	19		11	17.8 – 27.3	46.85 – 180.96
		28-05-2010	8	4		4		
	junho	04-06-2010	32	14		18	20.2 – 23.9	65.95 – 117.73
		09-06-2010	15	12		3		
	julho	07-07-2010	12	7		5	21.1 – 23.0	78.20 – 103.78
	agosto	12-08-2010	30	16		14	17.0 – 20.5	37.37 – 74.20
	setembro	15-09-2010	30	15		15	21.0 – 24.2	77.21 – 119.28
	outubro	14-10-2010	30	7	9	14	14.3 – 17.9	24.13 – 44.95
	novembro	04-11-2010	30	15		15	18.8 – 21.9	50.92 – 82.33
	dezembro	14-12-2010	31	20		11	17.4 – 20.3	43.29 – 63.02

Tabela 20 – Material biológico utilizado na avaliação da estrutura das capturas de *T. picturatus* do arquipélago da Madeira. Da amostragem estatística foram anotados o comprimento total e o peso da amostra. Legenda: *n* = número de indivíduos; *LT* = comprimento total (cm); *WT* = peso total da amostra (kg). Estes dados foram fornecidos pela *DSIAP*

Ano	Mês	Data da amostra	n	LT (cm)	WT Amostra (kg)
2009	janeiro	07-01-2009	120	17 – 23	7.800
		14-01-2009	105	17 – 21	6.023
		20-01-2009	120	15 – 23	6.646
	fevereiro	03-02-2009	107	15 – 25	5.975
		12-02-2009	104	16 – 21	5.905
		19-02-2009	100	21 – 29	11.794
	março	04-03-2009	106	16 – 20	5.266
		11-03-2009	96	16 – 19	4.729
		26-03-2009	110	16 – 29	8.062
	abril	07-04-2009	100	16 – 23	6.264
		14-04-2009	103	18 – 25	9.528
		30-04-2009	100	16 – 25	5.762
	maio	08-05-2009	100	19 – 23	10.258
		12-05-2009	103	18 – 23	8.095
		21-05-2009	113	18 – 29	12.199
	junho	03-06-2009	110	18 – 26	10.803
		18-06-2009	83	19 – 35	17.560
	Julho	24-07-2009	101	15 – 21	6.035
		28-07-2009	101	15 – 21	5.674
	agosto	13-08-2009	110	17 – 36	12.814
		27-08-2009	100	13 – 26	13.039
	setembro	24-09-2009	104	18 – 24	8.147
	outubro	13-10-2009	104	14 – 19	4.301
		28-10-2009	105	18 – 23	7.967
novembro	04-11-2009	100	16 – 21	6.035	
	18-11-2009	100	13 – 18	3.518	
	25-11-2009	101	19 – 24	8.347	
dezembro	03-12-2009	100	21 – 29	11.68	
	15-12-2009	101	20 – 26	9.600	
2010	janeiro	15-01-2010	106	19 – 23	8.230
		21-01-2010	102	17 – 21	5.200
		29-01-2010	100	19 – 24	9.164
	fevereiro	12-02-2010	111	20 – 25	9.915
	março	03-03-2010	101	14 – 21	3.780
		09-03-2010	100	14 – 17	3.095
		17-03-2010	106	15 – 20	5.245
		24-03-2010	101	16 – 22	6.807
	abril	13-04-2010	111	19 – 24	9.687

Continuação Tabela 20

Ano	Mês	Data da amostra	n	LT (cm)	WT Amostra (kg)
2010	abril	20-04-2010	108	15 – 20	5.113
		29-04-2010	111	22 – 29	14.430
	maio	04-05-2010	100	18 – 27	8.240
		26-05-2010	100	23 – 27	13.13
	junho	04-06-2010	93	19 – 24	8.890
		09-06-2010	100	19 – 24	7.760
		22-06-2010	101	20 – 25	9.796
	julho	07-07-2010	108	19 – 25	9.712
		08-07-2010	100	19 – 25	9.714
		29-07-2010	102	15 – 19	4.718
	agosto	12-08-2010	100	16 – 20	6.265
	setembro	15-09-2010	104	19 – 24	9.382
		24-09-2010	101	17 – 22	6.344
	outubro	06-10-2010	109	17 – 22	6.182
		14-10-2010	101	14 – 18	3.618
		20-10-2010	100	18 – 24	7.629
		27-10-2010	101	18 – 25	9.255
	novembro	04-11-2010	102	17 – 22	11.761
		19-11-2010	129	19 – 25	10.654
		24-11-2010	89	13 – 31	13.538
25-11-2010		105	18 – 25	10.397	
dezembro	02-12-2010	111	13 – 18	3.810	
	14-12-2010	101	17 – 20	5.107	
2011	janeiro	05-01-2011	104	19 – 25	7.766
		12-01-2011	160	18 – 24	9.535
		18-01-2011	107	16 – 25	5.617
		28-01-2011	58	17 – 21	6.126
	fevereiro	03-02-2011	159	16 – 22	6.158
		18-02-2011	84	16 – 20	5.888
		22-02-2011	130	20 – 25	9.304
		24-02-2011	89	15 – 19	4.216
	março	04-03-2011	97	18 – 25	7.392
		11-03-2011	110	16 – 20	5.314
		17-03-2011	96	19 – 24	8.021
		25-03-2011	61	20 – 24	9.413
		29-03-2011	98	19 – 24	9.474
	abril	01-04-2011	125	20 – 25	10.826
		07-04-2011	110	17 – 22	7.691
		19-04-2011	97	17 – 22	5.925
28-04-2011		113	17 – 21	7.366	

Continuação Tabela 20

Ano	Mês	Data da amostra	n	LT (cm)	WT Amostra (kg)
2011	maio	03-05-2011	111	20 – 26	9.753
		17-05-2011	103	19 – 24	8.270
		26-05-2011	72	20 – 24	9.204
	junho	09-06-2011	104	22 – 27	13.831
		16-06-2011	91	20 – 25	10.265
		28-06-2011	122	17 – 22	7.520
	julho	06-07-2011	81	17 – 23	6.520
		27-07-2011	97	19 – 23	10.129
	agosto	12-08-2011	94	19 – 25	8.688
		26-08-2011	86	19 – 25	9.742
	setembro	08-09-2011	80	16 – 22	6.520
	outubro	11-10-2011	184	13 – 21	4.810
		27-10-2011	74	20 – 23	8.172
	novembro	10-11-2011	107	18 – 22	6.231
		23-11-2011	93	24 – 31	15.083
	dezembro	07-12-2011	102	19 – 24	9.231
		20-12-2011	35	19 – 23	8.072
	2012	janeiro	13-01-2012	100	15 – 22
18-01-2012			100	17 – 25	8.373
26-01-2012			100	16 – 21	5.338
fevereiro		02-02-2012	100	19 – 23	7.411
		09-02-2012	100	17 – 23	7.866
		15-02-2012	100	16 – 21	5.836
		24-02-2012	100	19 – 24	8.928
		08-03-2012	101	18 – 27	10.560
março		15-03-2012	99	16 – 21	5.200
		21-03-2012	298	21 – 30	37.100
		22-03-2012	300	22 – 29	37.000
		23-03-2012	206	17 – 25	19.300
		27-03-2012	84	25 – 28	12.600
		28-03-2012	126	16 – 24	11.000
		29-03-2012	108	23 – 29	20.100
abril		10-04-2012	217	19 – 28	25.350
		12-04-2012	198	19 – 28	22.600
		13-04-2012	247	19 – 29	29.500
	18-04-2012	200	17 – 23	17.100	
	19-04-2012	101	20 – 27	12.100	
	26-04-2012	166	18 – 31	18.500	
	27-04-2012	100	17 – 24	9.800	

Continuação Tabela 20

Ano	Mês	Data da amostra	n	LT (cm)	WT Amostra (kg)
2012	maio	10-05-2012	103	12 – 27	9.820
		11-05-2012	102	11 – 29	9.180
		16-05-2012	104	13 – 26	3.275
		17-05-2012	102	11 – 24	6.585
		18-05-2012	99	14 – 23	9.670
		25-05-2012	99	18 – 25	7.950
		29-05-2012	100	17 – 26	8.200
		30-05-2012	101	13 – 19	3.200
	junho	01-06-2012	100	17 – 24	7.800
		06-06-2012	100	13 – 25	6.525
		15-06-2012	102	15 – 25	8.610
		21-06-2012	101	12 – 19	2.660
	julho	05-07-2012	100	17 – 23	7.400
		10-07-2012	100	20 – 25	10.210
		12-07-2012	100	13 – 23	7.195
		18-07-2012	100	17 – 22	7.200
		21-07-2012	201	11 – 28	18.600
		28-07-2012	100	19 – 24	9.400
	agosto	29-08-2012	101	18 – 24	8.000
	outubro	01-10-2012	100	18 – 25	8.540
		09-10-2012	108	19 – 26	9.065
		11-10-2012	104	17 – 24	9.160
		12-10-2012	100	24 – 30	18.700
	novembro	06-11-2012	100	24 – 32	16.940
		07-11-2012	100	19 – 25	9.900
		08-11-2012	100	15 – 29	10.630
		09-11-2012	100	18 – 29	10.080
		13-11-2012	100	20 – 26	12.300
		20-11-2012	261	15 – 21	6.500
21-11-2012		107	13 – 29	27.400	
28-11-2012		144	21 – 30	14.700	
29-11-2012		144	19 – 32	18.610	
30-11-2012		50	20 – 24	4.670	
dezembro	04-12-2012	101	20 – 26	9.491	
2013	janeiro	16-01-2013	100	17 – 21	5.789
		17-01-2013	200	15 – 26	14.400
		18-01-2013	103	22 – 30	14.200
		22-01-2013	100	15 – 23	5.385
		23-01-2013	200	14 – 23	9.830
		25-01-2013	100	19 – 25	8.125

Continuação Tabela 20

Ano	Mês	Data da amostra	n	LT (cm)	WT Amostra (kg)
2013	fevereiro	01-02-2013	118	24 – 28	16.100
		05-02-2013	200	20 – 31	17.438
		08-02-2013	99	21 – 27	8.120
		19-02-2013	100	13 – 17	2.785
		20-02-2013	100	20 – 25	8.370
		21-02-2013	100	15 – 31	6.625
		22-02-2013	100	14 – 19	3.275
		26-02-2013	100	14 – 22	3.315
		27-02-2013	100	15 – 22	4.875
		28-02-2013	100	17 – 21	5.625
	março	01-03-2013	100	13 – 25	4.430
		12-03-2013	100	14 – 19	3.490
		13-03-2013	199	14 – 29	7.110
		14-03-2013	100	19 – 27	7.875
		20-03-2013	100	17 – 22	6.350
		21-03-2013	100	15 – 21	4.525
	abril	09-04-2013	99	17 – 27	8.460
		10-04-2013	199	18 – 25	18.100
		11-04-2013	100	21 – 26	12.200
		17-04-2013	100	19 – 27	8.360
		18-04-2013	100	20 – 26	7.825
		24-04-2013	100	16 – 20	4.79
	maio	07-05-2013	200	17 – 25	9.140
		08-05-2013	100	22 – 28	11.830
		09-05-2013	100	22 – 30	13.280
		10-05-2013	54	20 – 24	8.260
		15-05-2013	100	20 – 26	8.120
		21-05-2013	100	18 – 25	8.550
		23-05-2013	300	13 – 24	16.115
		24-05-2013	217	15 – 29	18.420
junho	04-06-2013	100	15 – 28	7.850	
	05-06-2013	199	11 – 25	12.740	
	06-06-2013	199	16 – 22	11.700	
	25-06-2013	100	11 – 22	5.530	
	26-06-2013	300	13 – 26	8.810	
julho	11-07-2013	100	17 – 24	9.155	
	16-07-2013	100	16 – 22	5.215	
	17-07-2013	100	12 – 24	5.390	
	18-07-2013	103	23 – 30	16.500	
	23-07-2013	100	19 – 26	9.320	

Continuação Tabela 20

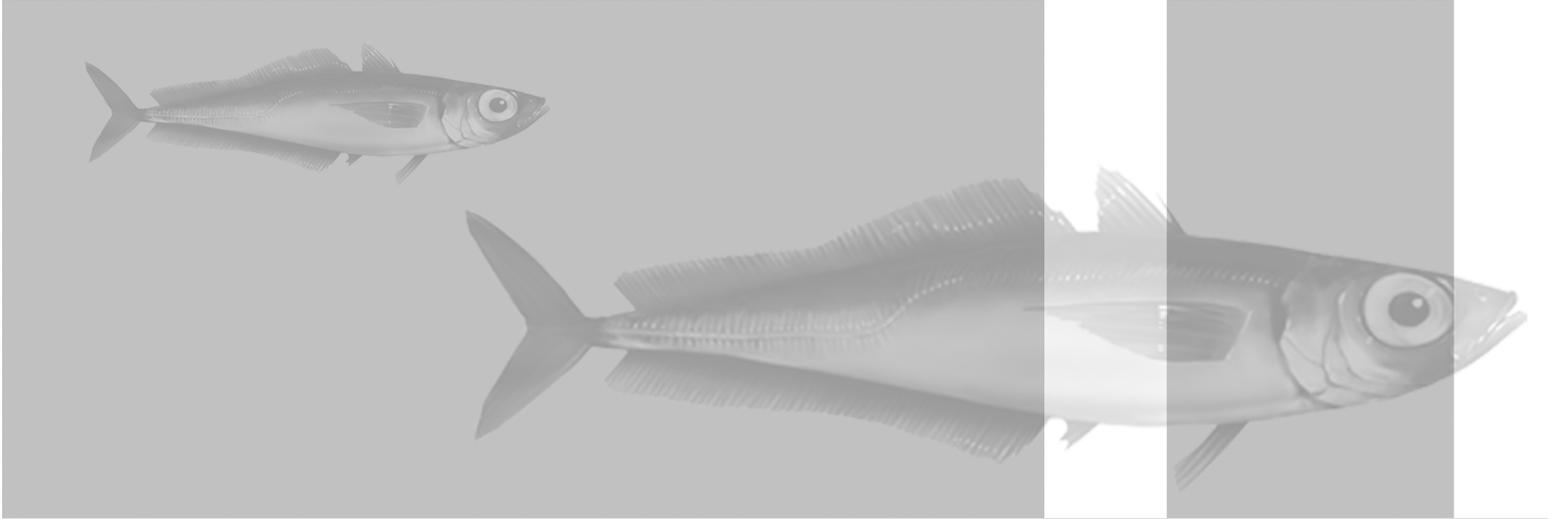
Ano	Mês	Data da amostra	n	LT (cm)	WT Amostra (kg)
2013	julho	24-07-2013	100	19 – 25	5.390
		25-07-2013	100	19 – 26	5.390
		26-07-2013	100	20 – 25	8.550
	agosto	27-08-2013	100	14 – 23	5.585
		28-08-2013	100	15 – 22	5.560
		29-08-2013	200	16 – 39	10.520
		30-08-2013	100	16 – 23	5.650
	outubro	08-10-2013	100	18 – 29	8.840
		09-10-2013	309	18 – 32	20.903
		23-10-2013	100	13 – 23	7.310
	novembro	12-11-2013	99	18 – 21	5.840
		13-11-2013	100	17 – 22	20.300
15-11-2013		100	18 – 28	11.410	
2014	janeiro	15-01-2014	137	21 – 29	17.800
		16-01-2014	100	22 – 28	12.250
		17-01-2014	115	16 – 35	7.050
		21-01-2014	189	18 – 26	17.500
		23-01-2014	200	18 – 27	19.700
		24-01-2014	175	21 – 26	16.170
		28-01-2014	132	22 – 29	17.100
		29-01-2014	177	20 – 28	17.700
		31-01-2014	141	15 – 30	18.100
	fevereiro	25-02-2014	134	23 – 29	18.100
		26-02-2014	100	20 – 30	13.000
		27-02-2014	105	23 – 33	15.200
	março	18-03-2014	143	21 – 31	20.200
		21-03-2014	277	17 – 29	20.100
		25-03-2014	54	28 – 38	16.700
		26-03-2014	100	18 – 22	7.300
		27-03-2014	100	18 – 30	7.500
		28-03-2014	100	15 – 21	6.500
	abril	08-04-2014	112	16 – 38	5.700
	maio	07-05-2014	100	12 – 28	4.820
		08-05-2014	100	19 – 27	6.830
09-05-2014		100	20 – 30	11.750	
28-05-2014		152	15 – 27	18.100	
29-05-2014		129	20 – 31	14.200	

Continuação Tabela 20

Ano	Mês	Data da amostra	n	LT (cm)	WT Amostra (kg)
2014	junho	03-06-2014	100	18 – 22	7.950
		04-06-2014	219	19 – 28	20.800
		24-06-2014	100	12 – 18	3.140
		25-06-2014	100	16 – 20	4.585
		27-06-2014	216	13 – 29	13.505
	agosto	05-08-2014	100	11 – 18	2.500
		06-08-2014	100	12 – 18	16.000
		07-08-2014	100	12 – 17	2.000
		08-08-2014	100	12 – 18	2.600
	dezembro	04-12-2014	100	18 – 28	11.000
05-12-2014		200	11 – 24	9.600	
2015	março	12-03-2015	114	15 – 20	2.930
	abril	16-04-2015	100	19 – 24	8.748
		24-04-2015	48	17 – 21	2.790
		29-04-2015	100	14 – 20	4.327
	maio	12-05-2015	100	16 – 23	5.678
		19-05-2015	100	16 – 23	6.160
	junho	02-06-2015	100	17 – 24	7.378
		04-06-2015	100	16 – 22	6.319
	julho	07-07-2015	15	15 – 24	0.982
		16-07-2015	100	16 – 21	6.497
	agosto	06-08-2015	100	12 – 23	3.700
		28-08-2015	100	14 – 21	3.323
	setembro	08-09-2015	45	14 – 23	2.248
		23-09-2015	100	13 – 19	3.752
	outubro	07-10-2015	88	17 – 28	6.595
14-10-2015		100	13 – 27	7.906	
21-10-2015		100	14 – 24	4.827	
28-10-2015		100	16 – 22	6.016	
novembro	10-11-2015	100	14 – 25	4.085	
	17-11-2015	100	15 – 25	7.419	



BIOLOGIA



IDADE E CRESCIMENTO

11.1. Introdução

Dados sobre a idade e o crescimento dos peixes são essenciais para a compreensão das características essenciais das espécies e populações (Pontual *et al.*, 2002) permitindo calcular parâmetros de crescimento, índices de mortalidade, idade de recrutamento e de primeira maturação sexual, migrações e, ainda, calcular a composição da população por idades e por classe de comprimento, imprescindíveis na gestão, avaliação e sustentabilidade dos recursos pesqueiros e no estudo da biologia das espécies (Gulland, 1983; Morales-Nin, 1987; Holden & Raitt, 1974; Bagenal & Tesch, 1978; Cardinale *et al.*, 2000; Pontual *et al.*, 2002; Begg *et al.*, 2005). Dado o atual mau estado de muitos recursos aquáticos, a procura de dados confiáveis baseados em padrões cíclicos registados em estruturas calcificadas para a tomada de decisões relacionadas com a gestão das pescas e da exploração sustentável dos recursos aquáticos está crescendo cada vez mais (Pontual *et al.*, 2002). São muitos os estudos realizados nesta área, que remontam ao início do século XX, embora as ideias iniciais para o desenvolvimento desta ciência tenham surgido muito antes (Meunier, 2002).

Contrariamente aos mamíferos e às aves (que concluem o seu crescimento na fase da adolescência), nos peixes, o crescimento individual nunca termina completamente, tendendo para um valor assintótico. Contudo, cada espécie possui um tamanho médio característico para cada idade (Jones, 1976; Moyle & Cech, 1996; Lagler *et al.*, 1977).

Por serem poiquilotérmicos, os peixes possuem características muito especiais no seu crescimento (comprimento, peso e volume dos indivíduos consoante a idade), visto a taxa metabólica variar em função das variáveis ambientais (Jones, 1976; Bond, 1979; Huet, 1983; Moyle & Cech, 1996) evidentes nas diferentes estações do ano, especialmente nas zonas temperadas (Morales-Nin, 1987; King, 1995; Meunier, 2002; Williams & Bedford, 1974). As variáveis como a temperatura, o fotoperíodo e a quantidade de oxigénio dissolvido, influenciam por sua vez a quantidade de alimento disponível que, segundo alguns autores, constitui o principal fator limitante do crescimento. A quantidade de alimento disponível é diretamente influenciada pela competição entre indivíduos da mesma espécie, ou de espécies diferentes, e a densidade populacional é, deste modo, igualmente determinante do crescimento (Jones, 1976; Bond, 1979; Huet, 1983; Moyle & Cech, 1996). A reprodução é também um evento biológico que induz a alterações no crescimento cíclico das zonas anuais (Meunier, 2002).

Os métodos de avaliação da idade que usam as estruturas calcificadas são os mais usados na avaliação da idade e crescimento (Bagenal & Tesch, 1978) e mais informativos do que a análise de frequências de comprimentos (Pontual *et al.*, 2002). Mas, tal como os outros métodos de avaliação da idade, estes métodos apresentam limitações, que neste caso, são a nível financeiro pelo facto de se necessitar de um número aceitável de otólitos para se atingir uma precisão razoável (Campana & Thorrold, 2001). As estruturas calcificadas possuem a capacidade de crescer ao longo de toda a vida de um peixe (Campana, 1999; Campana & Thorrold, 2001; Pontual *et al.*, 2002) e de atuar como um registo natural permanente de informação na sua microestrutura, mudando de estrutura para estrutura consoante o seu processo de biomineralização específico e papel funcional (Campana, 1999; Pontual *et al.*, 2002).

As alterações do crescimento são observáveis nas estruturas calcificadas sob a forma de períodos de crescimento rápido com predominância de carbonato de cálcio (verão-outono) intercalados com períodos de crescimento mais lento com predominância de matéria orgânica (inverno–primavera), refletindo assim as várias influências internas e ambientais (Morales-Nin, 1987; King, 1995; Williams & Bedford, 1974). Estas variações dão lugar à formação de zonas anuais de crescimento consecutivas depositadas numa sequência alternada e concêntrica de bandas opacas e translúcidas em torno de um núcleo central, formado durante as primeiras fases do seu desenvolvimento (Morales-Nin, 1987; King, 1995; Williams & Bedford, 1974).

Os anéis, marcas ou zonas de crescimento depositados anualmente são designadas de anéis anuais, marcas anuais, zonas anuais ou *annuli* (Pannella, 1974; King, 1995; Bagenal & Tesch, 1978; Moyle & Cech, 1996; Bellido *et al.*, 2000) e são mais evidentes quanto maiores forem as diferenças de temperatura sazonal.

No Hemisfério Norte, o núcleo da grande maioria dos teleósteos é composto por material opaco, em torno do qual continua a depositar-se material opaco durante os primeiros meses de vida do peixe, usualmente até ao final do outono ou início do inverno. Durante os meses seguintes deposita-se material translúcido para, no final do inverno ou princípio da primavera, iniciar-se nova deposição de material opaco e assim sucessivamente (Williams & Bedford, 1974; Bagenal & Tesch, 1978).

Na avaliação da idade é necessário escolher a estrutura calcificada a ser utilizada e prepará-la para a observação das marcas de crescimento (Meunier, 2002). A avaliação da idade faz-se através da contagem dos anéis anuais que se formam em torno do núcleo tendo-se o cuidado de verificar se cada par de zonas opaca e translúcida corresponde a um período anual (Morales-Nin, 1987).

A maioria das espécies de zonas temperadas e tropicais apresenta incrementos anuais, geralmente compreendendo uma zona opaca e uma translúcida. No entanto, em algumas espécies tropicais (e possivelmente em espécies de regiões temperadas quentes) foram reportados incrementos de crescimento bianuais, provavelmente relacionados com as mudanças multianuais dos fatores ambientais e hidrológicos (Yosef & Casselman, 1995).

De notar que as zonas opacas nos primeiros anos de vida do peixe (onde o crescimento é mais intenso) aparecem notavelmente mais largas que as translúcidas, tornando-se progressivamente mais estreitas à medida que o peixe se desenvolve até que ambos os anéis se tornam regulares e da mesma largura (Morales-Nin, 1987; Williams & Bedford, 1974).

A escolha da estrutura calcificada a ser usada na avaliação da idade deve satisfazer dois critérios (Williams & Bedford, 1974; Bagenal & Tesch, 1978):

(1) possuir um padrão que é reconhecível na observação direta ou após algum tipo de preparação da estrutura como por exemplo corte em secções ou queima da estrutura; e,

(2) conseguir associar uma escala temporal ao padrão visível referido em 1, importante à validação da estrutura a partir da qual se avaliará a idade.

O progresso nas técnicas de observação dos otólitos em conjunto com a precisão das estimações de idades com base nos *annuli* (Campana & Thorrold, 2001) torna os otólitos mais facilmente legíveis (Arruda, 1982).

A qualidade dos dados é uma questão-chave em todos os estudos baseados em estruturas calcificadas. Estimativas de idades que não são nem exatas nem precisas seriam de pouco valor para utilização posterior. O recurso a sistemas de análise de imagem aumenta a precisão da leitura, fornecem a possibilidade inigualável de medição e permitem que os dados da interpretação sejam conservados (Pontual *et al.*, 2002).

Este capítulo tem como objetivos a avaliação da idade de *Trachurus picturatus*, através da interpretação dos incrementos anuais registados em otólitos inteiros. A periodicidade de formação dos anéis foi validada através da análise do tipo de bordo e do incremento marginal relativo. A aferição da precisão das leituras foi realizada através de leituras repetidas aos otólitos e recorrendo-se a índices apropriados. Finalmente modelou-se o crescimento em comprimento com base em comprimentos à idade obtidos através da leitura direta e através de retrocálculo e testaram-se possíveis diferenças entre sexos. Para a modelação do crescimento em peso, foram estimadas as relações peso-comprimento para cada sexo, sexos combinados e para cada ano em estudo.

11.2. Material e Métodos

11.2.1. Idade

11.2.1.1. Leitura direta de otólitos

Para a avaliação da idade foram utilizados todos os pares de otólitos *sagitta* (designados apenas por otólitos nas páginas seguintes) extraídos dos exemplares amostrados da Ilha da Madeira entre 2009 e 2010.

Para a avaliação da idade seguiu-se o método aplicado por Vasconcelos (2006) descrito no ponto “7.2.1.1. Leitura direta de otólitos” do Capítulo 7 (Idade e crescimento) deste trabalho.

1) Aferição da qualidade das leituras

Após a avaliação da idade recorreu-se aos índices de Percentagem de Concordância, de Kimura & Lyons (1991), de Erro Percentual Médio (*APE*) de Beamish & Fournier (1981) e aos Coeficientes de Variação (*V*) e de Precisão (*D*) de Chang (1982), para a análise intraespecífica de consistência das três leituras efetuadas pela autora em cada ano em estudo (ver Capítulo 7 – Idade e crescimento, “7.2.1.1. Leitura direta de otólitos”).

2) Construção de chaves idade-comprimento e cálculo do comprimento médio à idade

Para cada ano e sexo, foram construídas chaves comprimento idade de forma a facilitar o cálculo dos comprimentos médios à idade. Na estimativa do cálculo dos comprimentos médios à idade, foram ponderados pelo número de indivíduos observados na captura em cada classe de comprimento (ver Capítulo 13 – Estado do recurso) (Holden & Raitt, 1974). Calcularam-se, igualmente, os respetivos desvio padrão e coeficiente de variação.

Comparação de comprimentos médios entre sexos

Para testar possíveis diferenças entre os pares de comprimentos médios à idade entre machos e fêmeas, por ano e ano médio, foi utilizado o teste t-Student (Zar, 1996) (ver Capítulo 7).

3) Validação da periodicidade de formação dos anéis

Este método consiste na avaliação qualitativa (natureza do bordo, opaco ou translúcido) e quantitativa (incremento marginal relativo) da evolução das zonas marginais de estruturas calcificadas ao longo do tempo.

a) Análise do incremento marginal relativo (*IMR*)

Com base nas medições efetuadas às últimas marcas registadas na extremidade do otólito calculou-se o incremento marginal relativo (*IMR*) (Equação 7). Este representa o quociente entre a espessura da zona de crescimento marginal (distância entre a margem do otólito e a do último anel anual) e a distância entre o penúltimo e último anel, em percentagem (Panfili & Morales-Nin, 2002):

$$IMR = \frac{RO - r_n}{r_n - r_{n-1}} \times 100 \quad \text{(Equação 7)}$$

onde,

RO = raio do otólito (mm);

r_n = raio do último anel (mm);

r_{n-1} = raio do penúltimo anel (mm).

Em seguida determinou-se o incremento marginal médio mensal e os respetivos limites de 95% de confiança, para comparação gráfica entre a sua variação e os resultados obtidos na evolução do tipo de bordo (Vasconcelos, 2006).

A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para testar as diferenças entre os valores médios mensais do incremento marginal relativo ao longo do período de estudo e o teste de Tukey foi utilizado para avaliar diferenças entre pares de meses. Os espécimes amostrados em novembro não foram incluídos na análise *IMR* devido à falta de um número suficiente de indivíduos.

b) Análise da evolução mensal do tipo de bordo

Para a análise da evolução mensal do tipo de bordo (opaco ou translúcido), analisou-se a natureza da extremidade de cada otólito observado e apresentaram-se os resultados sob a forma de percentagens, para a população em estudo (Panfili & Morales-Nin, 2002).

11.2.1.2. Retrocálculo

Foram medidos 186 otólitos pertencentes aos anos de 2009 a 2010 com auxílio do sistema de imagem da Leica¹ e do *software* Leica application suite version 4.5 (LAS V4.5) (Leica Microsystems, 2014), disponíveis na *DSI*.

Em cada otólito esquerdo foram medidos, na zona posterior deste e ao longo do maior eixo, desde o núcleo, o raio (RO) e as sucessivas distâncias entre o centro do núcleo e o bordo posterior dos anéis translúcidos (R_1, R_2, \dots, R_i) (Figura 15). Não se mediu nem se utilizou o comprimento total do otólito visto que, durante a sua remoção, o *rostrum* é muitas vezes partido (Vasconcelos, 2006).

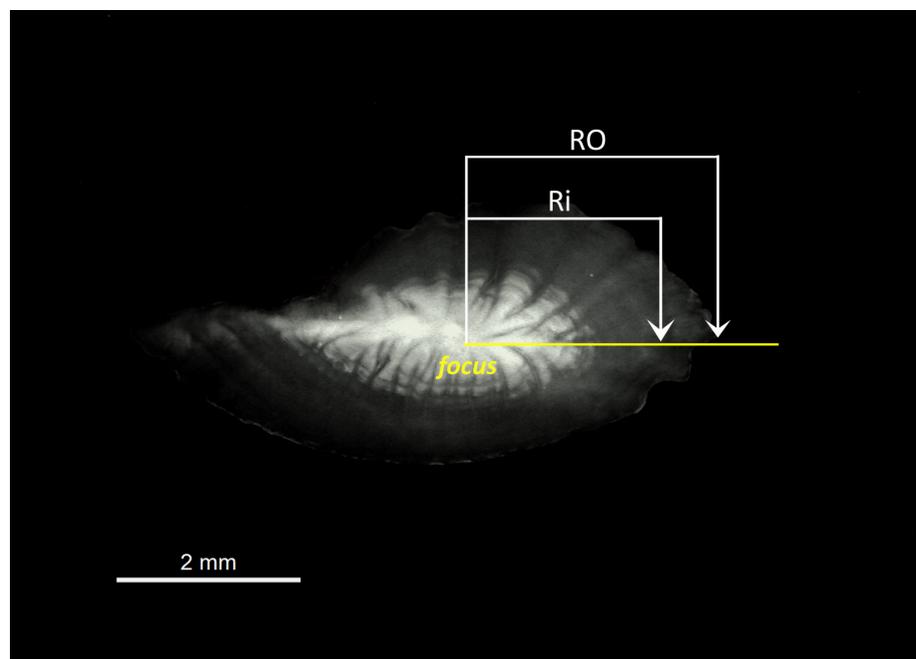


Figura 15 – Medições efetuadas em cada otólito esquerdo de *T. picturatus*. Legenda: *RO* = raio do otólito (distância que vai desde o centro do núcleo ao bordo posterior); *R_i* = distância do bordo externo de cada anel translúcido ao centro do núcleo medido no mesmo eixo de *RO* (ampliação total de 20x).

¹ Composto por uma lupa binocular Leica MZ9.5 ligada a uma câmara digital Leica EC3 e a um computador

São vários os métodos de retrocálculo propostos e utilizados (Francis, 1990) desde a sua introdução por Lea. Estes assumem que o crescimento do otólito é diretamente proporcional ao crescimento somático e vice-versa (Morales-Nin, 1984; Lai *et al.*, 1996), estabelecendo, assim a relação entre o tamanho do otólito e o tamanho do peixe no momento da captura através de regressão e subsequente cálculo do comprimento no qual se formou um anel de dimensão conhecida (Morales-Nin, 1987; Francis, 1990; Schirripa, 2002).

Numa primeira fase foi determinada a relação existente entre o raio do otólito (RO) e o comprimento total do peixe (LT) (e vice-versa), através de regressão potencial (Zar, 1996).

Para testar possíveis diferenças entre o comprimento do peixe e o raio do otólito (valores logaritimizados), as retas de regressão entre sexos foram comparadas através do teste de Análise de Somas de Quadrados, teste F (Equação 6, Capítulo 7 – Idade e crescimento) (Quinn II & Deriso, 1999). Não havendo diferenças significativas, foram estimadas as relações para sexos combinados.

Seguidamente aplicou-se a equação de retrocálculo mais adequada (Campana, 1990; Francis, 1990; Bagenal & Tesch, 1978). Francis (1990) formalizou os métodos para a obtenção de fórmulas de retrocálculo considerando L e R como sendo o comprimento do peixe e o raio do otólito respetivamente, L_c e R_c as medidas correspondentes no momento da captura e L_i e R_i , as medidas correspondentes à altura de formação do raio i do otólito ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) de uma amostra de tamanho n . O retrocálculo usa as medidas R_i , R_c e L_c para a estimação de valores de L_i correspondentes (Vasconcelos, 2006).

Hipótese 1

Utilizando o comprimento do peixe observado para estimação do tamanho médio do otólito em qualquer comprimento do peixe fornecido resultou a equação de retrocálculo Hipótese 1 adaptada segundo Francis (1990) (Equação 8):

$$L_i = -\left(\frac{a}{b}\right) + \frac{R_i}{R_c} \left(\frac{a}{b} + L_c\right) \quad \text{(Equação 8)}$$

em que:

L_i = comprimento total do peixe na altura da formação do anel i (mm);

L_c = comprimento total do peixe à data da captura (mm);

R_i = raio do anel i (mm);

R_c = raio do otólito à data da captura (mm).

a e b são estimados por regressão potencial do raio do otólito (R) no comprimento total (L).

Fraser-Lee

A fórmula que traduz este método proporcional (Equação 9) define uma família de retas individuais que passam pelo ponto $R_c = 0$ e $L_i = c$ e é expressa pela equação (Smedstad & Holm, 1996; Folkvord & Mosegaard, 2002):

$$L_i = c + (L_c - c) \frac{R_i}{R_c} \quad \text{(Equação 9)}$$

onde

L_i = comprimento total do peixe na altura da formação do anel i (mm);

L_c = comprimento total à data da captura (mm);

R_i = raio do anel i (mm);

R_c = raio do otólito à data da captura (mm).

c = fator de correção, que é a ordenada na origem da regressão linear L - R .

A variável c é um fator de correção definido pelo comprimento do peixe no momento de formação da estrutura esquelética, ou seja, quando $R_c = 0$, assumindo-se que este valor é igual para todos os indivíduos da população em estudo. Segundo Francis (1990) o valor deste parâmetro, que tem sido empregue com grande frequência, corresponde à ordenada na origem da regressão, calculada pelo método dos mínimos quadrados, de L sobre R_c . Deste modo, o valor da constante, previamente calculado para a regressão L - R_c , foi incorporado na equação de Fraser-Lee e utilizado no retrocálculo.

Através dos comprimentos individuais retrocalculados de cada um dos 186 indivíduos (2009 - 2010) estimaram-se os comprimentos médios à idade.

11.2.2. Crescimento médio individual

1) Crescimento em comprimento

O modelo matemático de von Bertalanffy é o mais utilizado no crescimento em comprimento (Jones, 2002; Bagenal & Tesch, 1978; Lai *et al.*, 1996) e sugerido (Chen *et al.*, 1992) por se ajustar à maioria dos dados de crescimento dos peixes e deste modo poder ser incorporado em modelos de avaliação de *stocks* (Gulland, 1983). Como a dimensão da amostra dos anos 2009 e 2010 em separado não é semelhante, os parâmetros de crescimento em comprimento do chicharro foram calculados por sexo e para o ano médio (2009 – 2010). Em seguida, foram testadas possíveis diferenças entre sexos através do teste *F* (Equação 6) (Quinn II & Deriso, 1999).

A equação de von Bertalanffy (Equação 10) pode ser descrita da seguinte forma (Gulland, 1983; Francis, 1995):

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}] \quad \text{(Equação 10)}$$

em que:

L_∞ = comprimento assintótico (cm), que significa que o comprimento médio à idade t se aproxima cada vez mais de L_∞ à medida que a idade t tende para infinito;

L_t = comprimento à idade t (cm);

k = constante de crescimento (ano^{-1}), que determina a forma da curva de crescimento;

t = idade do indivíduo (ano);

t_0 = idade teórica à qual o comprimento é zero (ano).

Os parâmetros de crescimento de von Bertalanffy foram estimados recorrendo ao *software* Statistica 10.0 (Statsoft Inc., 2010) segundo o método de estimação não linear de Gauss-Newton através da minimização da função de mínimos quadrados (Vasconcelos, 2006).

A comparação dos parâmetros de crescimento estimados por sexo e obtidos por outros autores foi realizada segundo o índice de performance e crescimento em comprimento ϕ' (Equação 11) (Pauly, 1997):

$$\phi' = \log_0(k) + 2\log_0(L_\infty) \quad \text{(Equação 11)}$$

em que:

k = constante de crescimento (ano^{-1});

L_∞ = comprimento médio assintótico (cm).

2) Crescimento em peso

A relação entre o peso total e o comprimento total (Equação 5) (Ricker, 1973; Haddon, 2001) foi estimada por sexo e para cada ano em estudo (ver Capítulo 7 – Idade e crescimento). As possíveis diferenças entre sexos para cada ano foram testadas segundo o teste F (Quinn II & Deriso, 1999) (Equação 6). Não havendo diferenças significativas, foram estimadas as relações peso-comprimento para sexos combinados e para o ano médio (2009 – 2010).

A isometria do crescimento foi testada através do teste t-Student, ao nível de significância de 5% e com $n-2$ graus de liberdade ($H_0: b = 3$, crescimento isométrico; e $H_1: b \neq 3$, crescimento alométrico) (ver Capítulo 7 – Idade e crescimento).

O crescimento em peso de cada peixe é, geralmente, o fator primário mais facilmente mensurável e mais conhecido (Beverton & Holt, 1957). Este foi calculado para o ano médio (2009 – 2010). Combinando a equação de von Bertalanffy (Equação 10) e a relação peso-comprimento (Equação 5, Capítulo 7 – Idade e crescimento) resulta a equação de Richards ($b \neq 3$) (Cadima, 2000; Haddon, 2001) que descreve o crescimento em peso (Equação 12):

$$W_t = W_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b \quad \text{(Equação 12)}$$

em que:

W_∞ = peso médio assintótico (g), estimado através da Equação 12;

W_t = peso médio à idade t (g);

k = constante de crescimento (ano^{-1});

t = idade do indivíduo (ano);

t_0 = idade teórica à qual o peso é zero (ano);

b = coeficiente de alometria.

O peso médio assintótico (W_∞) é calculado através da seguinte equação (Equação 13) (Haddon, 2001):

$$W_\infty = qL_\infty^b$$

(Equação 13)

11.3. Resultados

11.3.1. Idade

11.3.1.1. Leitura direta de otólitos

Dos 918 (488 fêmeas, 419 machos e 11 indeterminados) pares de otólitos de chicharro recolhidos no ano de 2009, 26 (2.83%) não foram utilizados na avaliação da idade e respetivo tratamento de dados. No ano de 2010, foram utilizados 487 (270 fêmeas, 208 machos e 9 indeterminados) pares de otólitos, dos quais 21 (4.31%) foram excluídos da estimação de idades. Estes pares de otólitos foram excluídos pelo facto de se encontrarem muito partidos, trocados ou simplesmente por não se encontrarem no respetivo *ependorff*.

Com a leitura direta dos incrementos anuais registados em otólitos pertencentes ao ano de 2009 foram encontrados indivíduos com idades compreendidas entre os 0 e os 6 anos. No ano de 2010 encontraram-se peixes com idades entre 0 e 5 anos.

A estimação da idade de *Trachurus picturatus* através da leitura direta de otólitos foi dificultada pela presença, em muitos otólitos pertencentes às classes de comprimentos inferiores, de anéis falsos não periódicos, caracterizados por uma diferente opacidade e espessura.

Então, o primeiro anel translúcido claramente depositado em torno do núcleo e no *rostrum* foi considerado como sendo o primeiro incremento anual quando foi visível na maior parte ou totalidade do otólito e distinguível sob diferentes ângulos de luz. A partir deste, todos os outros anéis foram contados como anéis de crescimento anual quando se verificaram as condições descritas anteriormente e quando apresentaram um padrão decrescente no seu crescimento, ou seja, quando a distância entre os anéis diminuiu à medida que a idade aumentou (Vasconcelos, 2006).

1) Aferição da qualidade das leituras

a) Percentagem de Concordância

A percentagem de concordância entre as três leituras efetuadas para os anos de 2009, 2010 e 2009 – 2010 foi de 88.88%, 95.06% e de 90.94%, respetivamente.

A Figura 16 representa a percentagem de concordância por cada idade nominal α obtida para cada ano a partir dos dados referentes às três leituras efetuadas aos otólitos de cada ano. No ano de 2009, a percentagem de concordância foi máxima na idade 0 (100%; $n = 7$) e mínima na idade nominal 5 (59.26%; $n = 27$). A idade nominal 6 não foi representada pelo facto de apenas estar representada por 6 indivíduos. Para o ano de 2010, o valor mais elevado foi observado na idade 1 (99%; $n = 138$), 4 (100%; $n = 13$) e 5 (100%; $n = 1$) enquanto o menor ocorreu na idade nominal 2 (93%; $n = 184$).

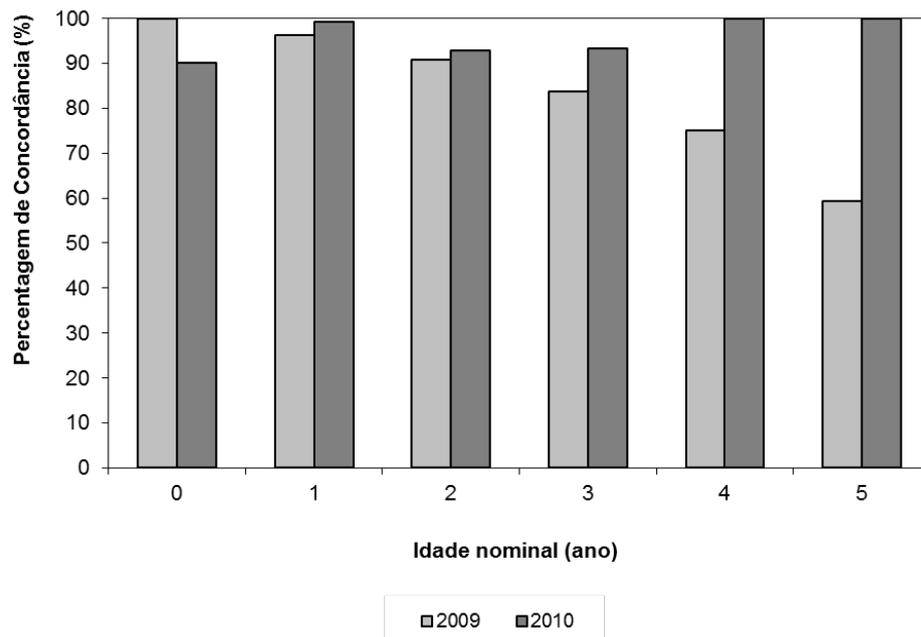


Figura 16 – Percentagem de concordância em cada idade nominal α obtida para cada ano (2009 e 2010).

b) Erro Percentual Médio (*APE*), Coeficiente de Variação (*V*) e Índice de Precisão (*D*)

De um modo geral houve uma elevada concordância entre as três leituras efetuadas pelo mesmo leitor, para cada ano em estudo (Anexos 12 a 13) e para o ano médio (Tabela 21), tendo sido relativamente poucas as leituras discordantes (Tabela 22 e Anexos 14 a 15).

Verificou-se uma discordância de mais ou menos 1 ano nos grupos de idade 1 a 7 (Tabela 22). A amplitude de idade subestimada variou entre 0.88 e 3.83%, enquanto a sobrestimada variou entre 0.88 e 4.06%.

Tabela 21 – Comparação dos grupos de idade estimados em cada uma das três leituras efetuadas pelo mesmo leitor para os dois anos em estudo 2009 – 2010 (em itálico estão representadas as idades coincidentes entre leituras).

	1ª Leitura								Total	
	0	1	2	3	4	5	6	7		
2ª Leitura										
0	72	3								75
1		362	15							377
2		17	476	24						517
3			20	274	9					303
4				7	47	2				56
5					3	17	1			21
6						5	1	1		7
Total	72	382	511	305	59	24	2	1		1356
3ª Leitura										
0	72	3								75
1		364	14							378
2		15	483	19						517
3			14	281	5					300
4				5	51	1				57
5					3	19	1			23
6						4	1	1		6
Total	72	382	511	305	59	24	2	1		1356

Tabela 22 – Diferença em anos entre os grupos de idade estimados nas três leituras efetuadas pelo mesmo leitor, para os dois anos em estudo, ou seja, na 1ª leitura a idade foi estimada em mais um ano do que na 2ª leitura em 55 (4.06%) dos casos. Legenda: n = número de indivíduos.

Leituras		Diferença			Total
		-1	0	1	
1 para 2	n	52	1249	55	1356
	%	3.83	92.11	4.06	100
1 para 3	n	41	1271	44	1356
	%	3.02	93.73	3.24	100
2 para 3	n	12	1332	12	1356
	%	0.88	98.23	0.88	100

A análise de consistência entre as leituras efetuadas pelo mesmo observador, para cada ano, através da aplicação dos índices *APE*, *V* e *D* resultou em índices baixos (Tabela 23), principalmente o *APE* mostrando assim uma boa consistência por parte do leitor. Os valores dos três índices foram mais baixos no ano de 2010.

Tabela 23 – Valores percentuais de Erro Percentual Médio (*APE*), Variação (*V*) e Precisão (*D*) estimados a partir das 3 leituras efetuadas nos otólitos de cada ano.

Ano	<i>APE</i>	<i>V</i>	<i>D</i>	n
2009	1.596	3.409	1.968	890
2010	0.855	1.549	0.895	466
2009 – 2010	1.341	2.770	1.599	1356

Os índices *APE*, *V* e *D* foram relativamente baixos em todos os grupos de idade do ano de 2009 (Tabela 24), com exceção do grupo de idade 6 que foi apenas representado por 7 indivíduos. Em 2010 os índices foram superiores no grupo de idade 0.

2) Chaves idade-comprimento e comprimento médio à idade

Como não se verificaram diferenças significativas (teste *t*-Student, $p > 0.05$) nos comprimentos médios à idade estimados para fêmeas e machos, através da leitura direta dos otólitos, os dados foram agrupados em chaves idade-comprimento para todos os indivíduos amostrados nos anos de 2009 (Tabela 25) e 2010 (Tabela 26).

Os 890 indivíduos referentes ao ano de 2009 distribuíram-se por 7 grupos de idade (0 a 6) (Tabela 25). O grupo de idade 2 foi o que incluiu maior número de indivíduos ($n = 365$), seguindo-se os grupos de idade 1 ($n = 263$) e 3 ($n = 157$). A classe de comprimento mais bem representada foi a de 20 cm com 129 exemplares.

Tabela 24 – Valores percentuais de Erro Percentual Médio (APE), Variação (V) e Precisão (D) estimados por grupo de idade a partir das 3 leituras efetuadas nos otólitos de cada ano.

Ano	Grupo de Idade (ano)	APE	V	D	n
2009	0	0.000	0.000	0.000	33
	1	1.193	2.111	1.219	262
	2	1.607	3.244	1.873	365
	3	2.057	4.802	2.773	160
	4	2.193	5.862	3.384	43
	5	1.759	5.269	3.042	20
	6	6.136	19.856	11.464	7
2010	0	3.809	4.518	2.608	42
	1	0.211	0.371	0.214	115
	2	0.907	2.006	1.158	152
	3	0.532	1.292	0.746	143
	4	0.000	0.000	0.000	13
	5	0.000	0.000	0.000	1
2009 – 2010	0	2.133	2.530	1.461	75
	1	0.955	1.687	0.974	377
	2	1.398	2.874	1.659	517
	3	1.338	3.145	1.816	303
	4	1.684	4.501	2.599	56
	5	1.592	4.767	2.752	21
	6	5.124	16.710	9.647	11

Tabela 25 – Chave idade–comprimento resultante da leitura direta dos otólitos de todos os indivíduos de *T. picturatus* amostrados no ano de 2009. Legenda: Lt = classe de comprimento (cm).

Lt (cm)	Grupo de idade (ano)							Total
	0	1	2	3	4	5	6	
15	2	1						3
16	8	7						15
17	18	58	2					78
18	4	83	11					98
19	1	65	41	5				112
20		31	81	17				129
21		9	80	20				109
22		5	59	20	2			86
23		4	53	37	1			95
24			26	25	5			56
25			10	18	14			42
26			2	8	8	1		19
27				6	3	1	1	11
28				1	4	1		6
29					5	9	1	15
30					1	8	2	11
31						2		2
32						1	1	2
33							1	1
Total	33	263	365	157	43	23	6	890
Média	17.35	18.89	21.71	23.34	26.36	29.83	30.63	
Desvio padrão	0.81	1.36	1.69	2.00	1.88	1.18	2.12	

Os 466 indivíduos do ano de 2010 distribuíram-se por 6 grupos de idade (0 a 5) (Tabela 26). O grupo de idade 2 foi o que incluiu maior número de indivíduos ($n = 148$), seguindo-se os grupos de idade 3 ($n = 134$) e 1 ($n = 127$). A classe de comprimento mais bem representada foi 19 cm com 79 exemplares.

Em anexo estão igualmente representadas as chaves idade-comprimento obtidas para fêmeas (Anexos 16 e 18) e para machos (Anexos 17 e 19) dos respectivos anos.

Tabela 26 – Chave idade–comprimento resultante da leitura direta dos otólitos de todos os indivíduos de *T. picturatus* amostrados no ano de 2010. Legenda: Lt = classe de comprimento total (cm).

Lt (cm)	Grupo de idade (ano)						Total
	0	1	2	3	4	5	
14	1						1
15	7	1					8
16	13	4					17
17	10	13	4				27
18	4	44	15	2			65
19	6	37	28	8			79
20		17	17	15	1		50
21		8	35	27			70
22		2	32	31	2		67
23		1	15	26	1		43
24			2	14	3		19
25				6	7		13
26				5	1	1	7
Total	41	127	148	134	15	1	466
Média	17.12	19.11	20.99	22.46	24.43	26.20	
Desvio padrão	1.33	1.31	1.66	1.72	1.47	0.00	

As chaves idade–comprimento estimadas através da leitura direta de otólitos do ano 2009 e 2010 foram aplicadas às respectivas composições de comprimentos em número resultantes da ampliação da amostra às capturas de *T. picturatus* (ver Capítulo 13 – Estado do recurso). Os comprimentos médios à idade estimados para fêmeas (*F*), machos (*M*) e total (*T*) de indivíduos de *T. picturatus* resultantes desta aplicação estão representados na Tabela 27. Não se observaram diferenças significativas entre os comprimentos médios à idade estimados para fêmeas e machos no ano de 2009 e no ano de 2010 (teste *t*-Student; $p > 0.05$).

Tabela 27 – Comprimentos médios à idade (*Lt*) estimados para fêmeas (*F*), machos (*M*) e total (*T*) de *T. picturatus*, através da aplicação das chaves idade–comprimento às respetivas capturas anuais de 2009 e 2010. Legenda: *LT* = comprimento total (cm); *n* = número de indivíduos.

Grupo de idade (ano)	Gama de LT (cm)	2009						2010					
		Fêmeas		Machos		Total		Fêmeas		Machos		Total	
		n	Lt	n	Lt	n	Lt	n	Lt	n	Lt	n	Lt
0	14.30 – 19.50	12	17.02	14	17.33	33	17.06	10	16.58	22	16.70	41	16.42
1	15.80 – 23.30	141	18.57	119	18.55	263	18.59	76	18.60	51	19.11	127	18.90
2	17.20 – 26.30	186	21.11	179	21.23	365	21.23	84	20.83	64	20.92	148	20.83
3	18,80 – 28.70	89	22.69	68	22.69	157	22.72	81	22.33	53	22.01	134	22.20
4	20,90 – 30.40	27	25.46	16	25.76	43	25.62	6	25.14	9	23.49	15	24.15
5	26.20 – 32.40	16	28.76	7	29.89	23	29.18			1	26.50	1	26.50
6	27.80 – 33.60	2	30.50	3	30.74	6	30.19	-	-	-	-	-	-

3) Validação da periodicidade de formação dos anéis

a) Análise do incremento marginal relativo (*IMR*)

O incremento marginal relativo foi calculado para os indivíduos cujos otólitos foram lidos e medidos. Os valores médios de Incremento Marginal Relativo (*IMR*) e respectivos limites de 95% de confiança estimados para o total de indivíduos de *T. picturatus* (Figura 17) variaram ao longo do período em estudo.

Da observação da Figura 17 verificou-se a formação de duas bandas de crescimento por ano. A formação da primeira banda teve início em janeiro e a segunda em julho – agosto, o que corresponde a uma redução acentuada nos valores *IMR*. No final da primavera e do outono verificou-se um aumento progressivo dos valores *IMR* com dois picos observados em junho e dezembro.

Quando os sexos e todas as idades foram combinadas foram encontradas diferenças estatísticas entre os valores médios de *IMR* ao longo do ano (ANOVA, $p < 0.001$). O teste de Tukey mostrou que houve diferenças significativas entre junho e os meses que apresentaram os valores mais baixos de *IMR* (janeiro-março). Verificaram-se, igualmente, diferenças significativas nos valores de *IMR* médios obtidos em cada grupo de idade (ANOVA, $p < 0.001$).

b) Análise da evolução mensal do tipo de bordo

Os incrementos anuais registados nos otólitos estavam bem definidos na grande maioria, com as bandas translúcidas aparecendo com luz refletida como zonas escuras e as bandas opacas como zonas brancas. As bandas apresentaram-se de forma concêntrica em relação às extremidades dos otólitos e foram notavelmente mais visíveis na região da cauda (zona posterior).

Verificou-se a presença de bordos opacos e translúcidos em todos os meses (Figura 18). De um modo geral, as zonas opacas formaram-se entre abril e setembro, com máximo em junho e julho e entre outubro e dezembro (ver gráfico fêmeas para ano médio).

O bordo translúcido atingiu os seus valores máximos entre janeiro (75% para fêmeas, 76% para machos e 76% para o total) e março (93% para fêmeas, 87% para machos e 90% para o total), e entre novembro (65% para fêmeas, 58% para machos e 62% para o total) e dezembro (47% para fêmeas, 69% para machos e 54% para o total) (Figura 18).

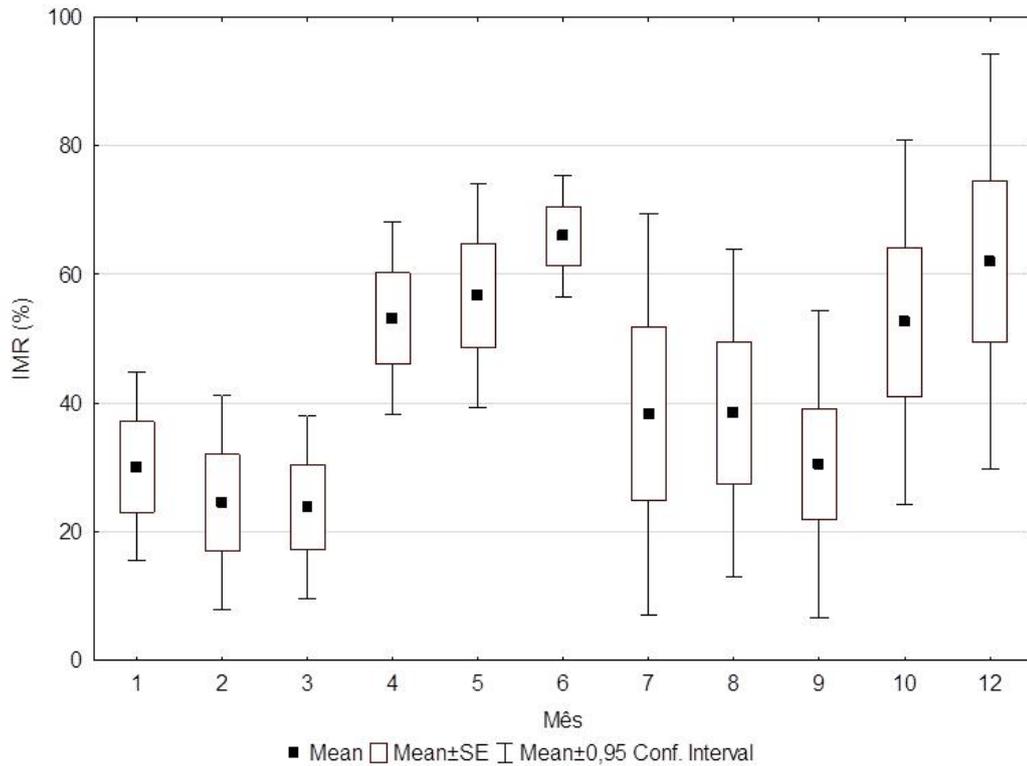


Figura 17 – Percentagem mensal do valor médio de Incremento Marginal Relativo (IMR) e respetivos limites de 95% de confiança obtidos para o total de indivíduos de *T. picturatus* referentes aos anos de 2009 e 2010.

11.3.1.2. Retrocálculo

Verificou-se a existência de uma relação potencial entre o comprimento total dos indivíduos e o raio do otólito, tanto para fêmeas como para machos. Como não se verificaram diferenças significativas na relação entre o comprimento do peixe e o raio do otólito entre machos e fêmeas (teste F ; $F = 1.432$; $p = 0.194$) consideraram-se os dados referentes aos sexos em conjunto (Figura 19). Existe igualmente uma relação potencial entre o raio do otólito e o comprimento total dos indivíduos, tanto para fêmeas como para machos. Não existindo diferenças significativas na relação entre o raio do otólito e o comprimento total do corpo entre machos e fêmeas (teste F ; $F = 0.583$; $p = 0.769$), os dados foram agrupados (Figura 20).

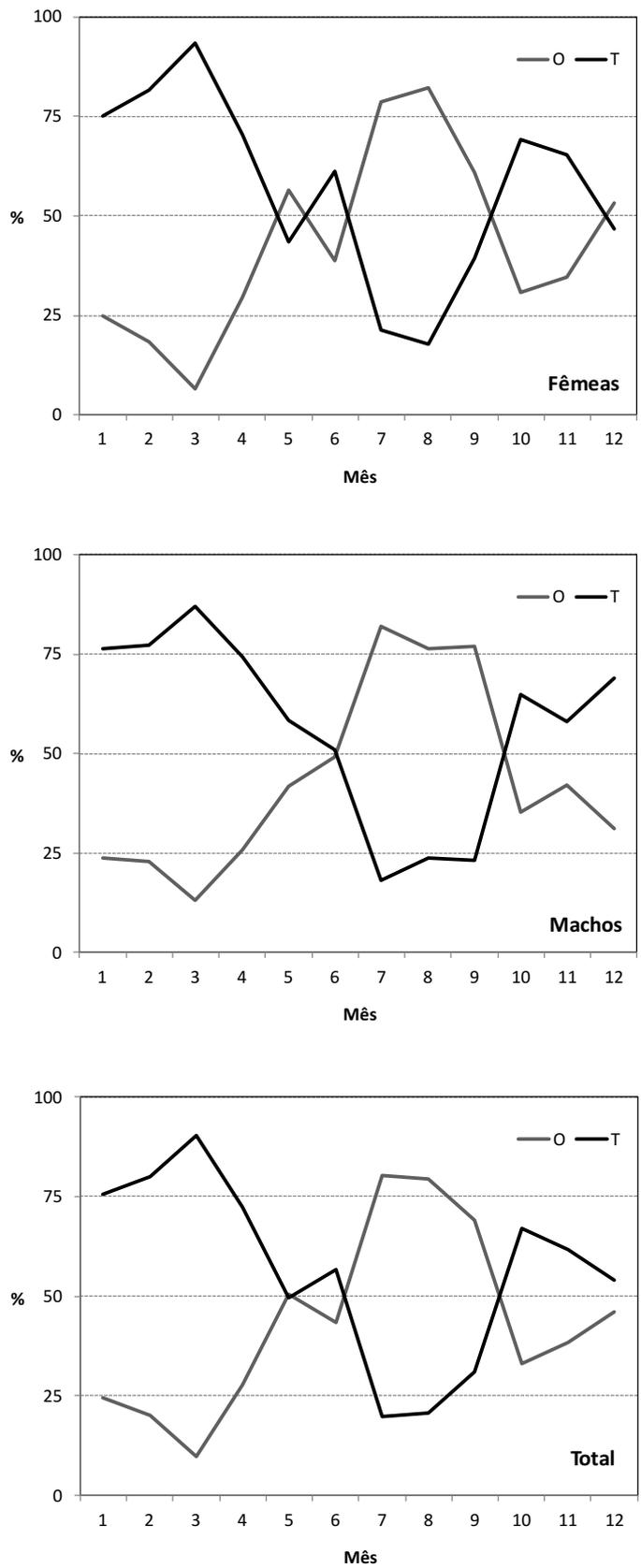


Figura 18 – Evolução mensal do tipo de bordo, opaco (O) vs. translúcido (T), obtido para fêmeas, machos e total de indivíduos de *T. picturatus* amostrados entre 2009 e 2010 (ano médio).

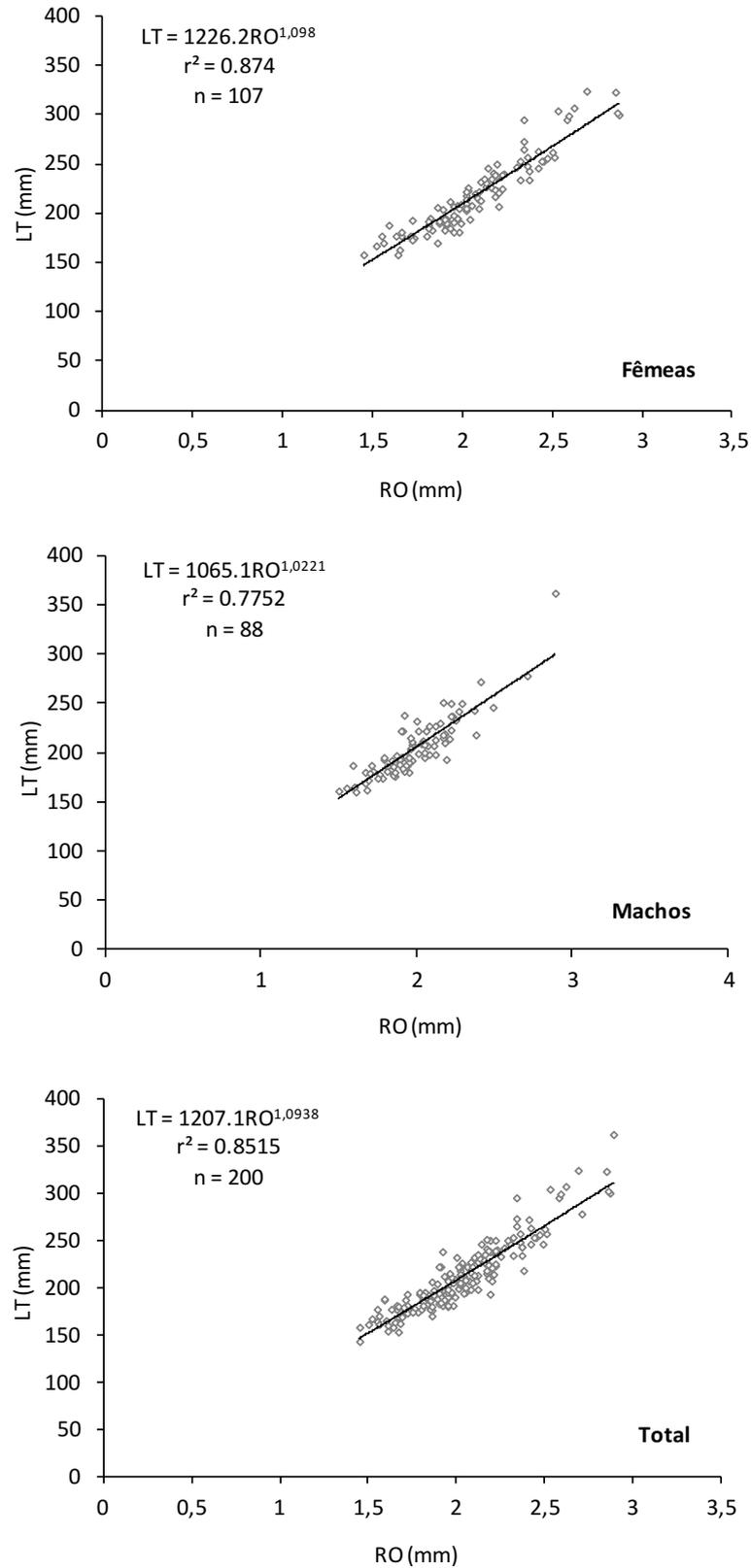


Figura 19 – Relação entre o comprimento total do corpo (LT em mm) e o raio do otólito (RO em mm) estimada para fêmeas, machos e para o total de indivíduos de *T. picturatus*, através de regressão potencial.

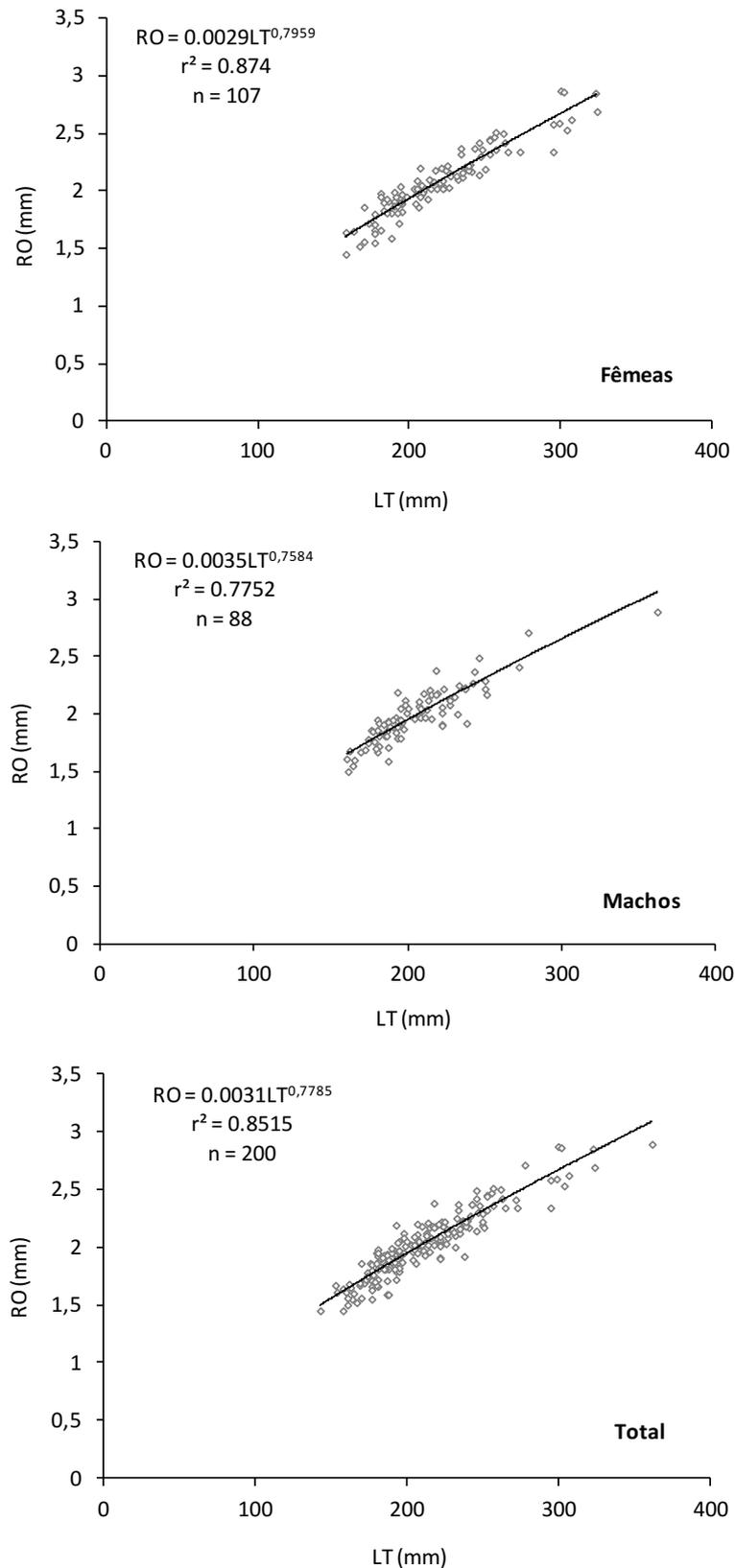


Figura 20 – Relação entre o raio do otólito (RO em mm) e o comprimento total do corpo (LT em mm) estimada para fêmeas, machos e para o total de indivíduos de *T. picturatus*, através de regressão potencial.

Devido à elevada similaridade nas relações potências estimadas para machos e fêmeas (Figura 19 e 20), os comprimentos médios à idade retrocalculados foram determinados para sexos combinados.

Os resultados obtidos segundo a Hipótese 1 (regressão RO/LT) estão representados na Tabela 28.

Tabela 28 – Comprimentos médios à idade retrocalculados através da Hipótese 1, para sexos combinados de *T. picturatus* (2009 – 2010).

Total	Grupo Idade (ano)	Idade (ano)					
		1	2	3	4	5	6
60	1	18.13					
65	2	17.72	20.31				
38	3	17.77	20.55	22.77			
14	4	18.99	21.83	23.96	25.68		
5	5	20.19	24.22	26.85	29.19	29.98	
4	6	20.09	23.55	24.95	27.08	28.75	30.80
	Total	186	126	61	23	9	4
	Média	18.08	20.81	23.52	26.69	29.44	30.80
	Desvio Padrão	1.30	1.85	1.84	2.25	1.70	2.96

Os comprimentos médios à idade retrocalculados através da equação de Fraser-Lee para o total de indivíduos de *T. picturatus* estão representados na Tabela 29.

Verificaram-se diferenças significativas entre os comprimentos médios à idade retrocalculados pelas duas equações de retrocálculo (teste *t*-Student, $p < 0.05$) nos grupos de idade 1 e 2.

Os comprimentos médios à idade observados, no ano médio 2009 – 2010, para os grupos de idade 1 e 2 mostraram ser significativamente diferentes dos estimados através da equação de retrocálculo Hipótese 1 (teste *t*-Student; $p < 0.05$). Quando comparados os comprimentos médios à idade observados com os estimados através da equação de retrocálculo de Fraser-Lee, apenas se verificaram diferenças significativas no grupo de idade 1 (teste *t*-Student; $p = 0.003$).

Tabela 29 – Comprimentos médios à idade retrocalculados através da equação de Fraser-Lee, por grupo de idade observado, para sexos combinados de *T. picturatus* (2009 – 2010).

Total	Grupo Idade (ano)	Idade (ano)					
		1	2	3	4	5	6
60	1	18.30					
65	2	19.28	20.59				
38	3	20.16	21.68	22.89			
14	4	21.85	23.56	24.84	25.89		
5	5	23.63	26.26	27.97	29.50	30.02	
4	6	23.89	26.20	27.13	28.55	29.68	31.06
	Total	186	126	61	23	9	4
	Média	19.55	21.65	24.03	27.14	29.87	31.06
	Desvio Padrão	1.78	2.18	2.23	2.40	1.72	3.11

11.3.2. Crescimento médio individual

1) Crescimento em comprimento

Para a estimação dos parâmetros de crescimento de von Bertalanffy foram utilizados os comprimentos à idade (Tabela 27) ponderados, resultantes da aplicação das chaves idade-comprimento das amostras (2009 e 2010) às respetivas composições de comprimentos em número das capturas de *T. picturatus*, por ampliação simples das amostras às capturas desta espécie (ver Capítulo 13 – Estado do recurso).

Os comprimentos à idade 6 (dados referentes ao ano de 2009) não foram considerados para a estimação de parâmetros de von Bertalanffy, pelo facto de serem representados por poucos indivíduos e da sua inclusão exceder o número máximo de interações e consequente sobrestimação exagerada dos parâmetros L_{inf} e t_0 e à subestimação do k .

Os parâmetros de crescimento de von Bertalanffy e índices de performance do crescimento (ϕ') foram obtidos por sexo, para o total e para o ano médio (Tabela 30). Os índices de performance do crescimento (ϕ') foram estimados para uma melhor compreensão e comparação dos parâmetros de crescimento resultantes da leitura direta.

Os índices de performance do crescimento estimados para fêmeas, machos e total de indivíduos foram muito semelhantes entre si, o que denota uma grande similaridade entre os respectivos parâmetros de crescimento de von Bertalanffy.

Tabela 30 – Parâmetros de crescimento de von Bertalanffy, coeficientes de determinação (R^2) e índices de performance do crescimento (ϕ') calculados com base nos comprimentos médios à idade resultantes da aplicação das chaves idade-comprimento às capturas anuais, para fêmeas (F), machos (M) e para o total (T) de *T. picturatus* referentes ao ano médio (2009 – 2010). Legenda: n = número de indivíduos.

	Sexo	n	L_{∞} (cm)	k (ano ⁻¹)	t_0 (ano)	R^2	ϕ'
	F	667	28.16	0.265	-2.621	0.993	2.32
2009 – 2010	M	565	27.56	0.270	-2.798	0.982	2.31
	T	1251	27.98	0.266	-2.713	0.989	2.32

Como foram verificadas diferenças significativas no comprimento médio à idade 1 retrocalculada pela Hipótese 1 e pela equação de Fraser-Lee (teste t -Student; $p < 0.05$) estimaram-se os parâmetros de crescimento de von Bertalanffy para os resultados das duas equações de retrocálculo (Tabela 31). Nesta estimacão foram utilizados os dados referentes ao total de indivíduos, visto já ter sido comprovado anteriormente que não existem diferenças entre sexos.

Os parâmetros de crescimento de von Bertalanffy e respectivos coeficientes de determinação e índices de performance (ϕ') calculados com base nos comprimentos médios à idade retrocalculados pela Hipótese 1 e pela equação de Fraser-Lee são ligeiramente diferentes. O comprimento assintótico e a idade teórica à qual o comprimento médio é igual a zero estimados, com base nos comprimentos médios à idade retrocalculados, segundo a Hipótese 1 foram inferiores aos estimados pela equação de Fraser-Lee. Já o coeficiente de crescimento foi superior na Hipótese 1.

As curvas de crescimento de von Bertalanffy estimadas através dos comprimentos à idade observados (leitura direta) e retrocalculados pela Hipótese 1 e pela equação de Fraser-Lee estão representadas na Figura 21. Da sua observação pode verificar-se que existem diferenças entre as curvas de crescimento, igualmente evidente nos índices de performance do crescimento estimados.

Tabela 31 – Parâmetros de crescimento de von Bertalanffy, respetivos coeficientes de determinação (R^2) e índices de performance (ϕ') determinados com base nos comprimentos médios à idade retrocalculados, segundo a Hipótese 1 e equação de Fraser-Lee, a partir de 186 indivíduos de *T. picturatus* referentes ao ano médio (2009 – 2010).

		L_{∞} (cm)	K (ano ⁻¹)	t_0 (ano)	R^2	ϕ'
2009 – 2010	Hipótese 1	42.81	0.158	-2.160	0.998	2.46
	Fraser-Lee	44.01	0.144	-2.636	0.995	2.45

2) Crescimento em peso

Os comprimentos totais dos peixes amostrados durante o período em estudo (2009 – 2010) variaram entre 15.5 e 36.2 cm para o ano de 2009 e entre 14.3 e 27.3 cm para o ano de 2010. Os pesos variaram entre 28.25 e 431.63 g, para o ano de 2009, e entre 24.13 e 180.96 g para o ano de 2010.

A relação peso-comprimento foi calculada para fêmeas e machos para os anos de 2009 e 2010 (Anexo 20). Segundo o teste F , não foram encontradas diferenças significativas entre as relações peso-comprimento obtidas para fêmeas e machos referente ao ano 2009 (teste- F ; $F = 2.802$; $p = 0.061$) e ao ano de 2010 (teste- F ; $F = 0.840$; $p = 0.618$). Como não se verificaram diferenças significativas entre fêmeas e machos, efectuou-se nova equação para o total de indivíduos referente aos anos de 2009, 2010 e ano médio (2009 – 2010) (Tabela 32 e Anexo 20). Na mesma tabela encontram-se os valores observados e testados de t -Student utilizados para testar a isometria do crescimento.

Uma vez que os coeficientes de crescimento estimados para o referido ano diferiram de três ($b \neq 3$) e segundo os resultados do teste t -Student (ver Tabela 32) denota-se um crescimento de tipo alométrico positivo para o chicharro presente no arquipélago da Madeira.

A Figura 22 representa a relação entre o peso e o comprimento estimada para sexos combinados e para o ano médio (2009 – 2010). Segundo o teste F , também não foram encontradas diferenças significativas entre as relações peso-comprimento obtidas para fêmeas e machos referente ao ano médio (teste- F ; $F = 1.083$; $p = 0.339$).

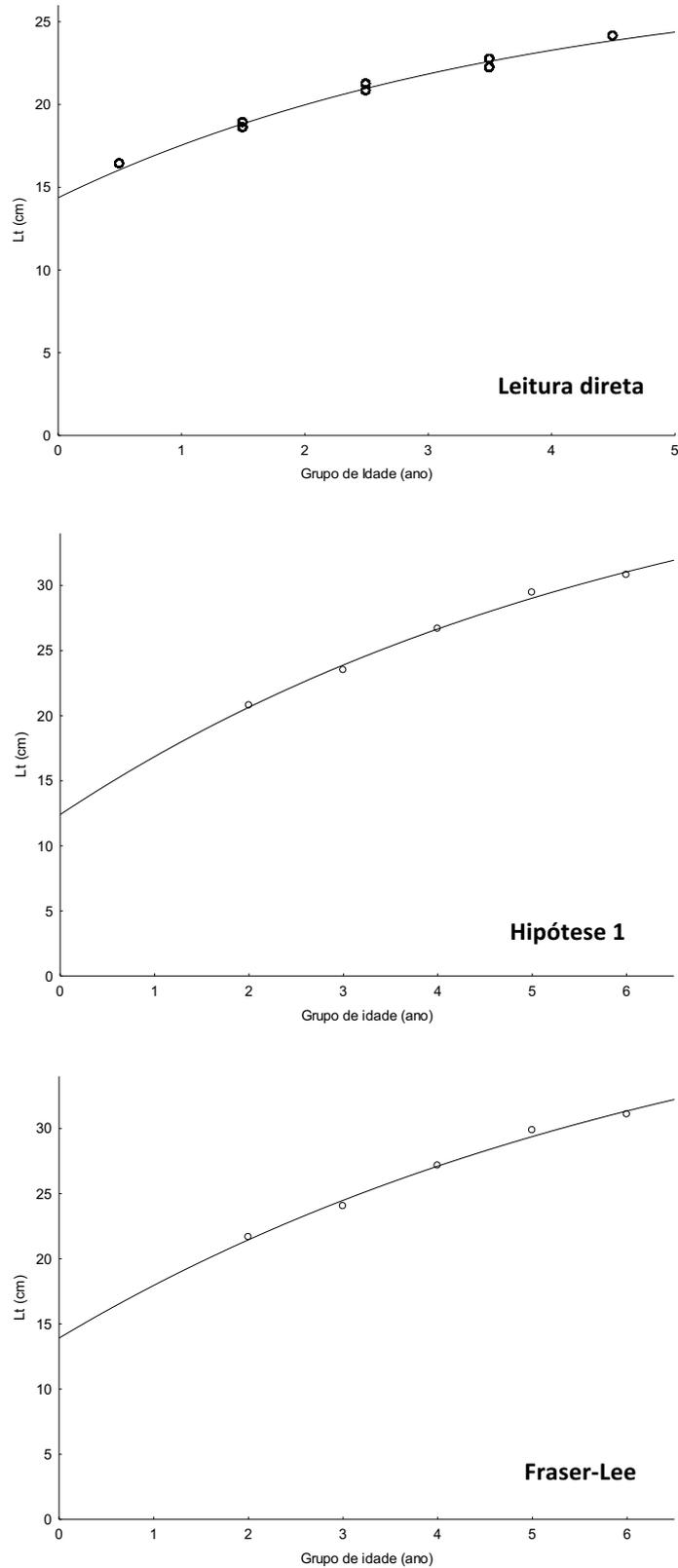


Figura 21 – Curvas de crescimento de von Bertalanffy estimadas para o total de indivíduos de *T. picturatus* através dos comprimentos médios à idade ponderados resultantes da aplicação das chaves idade-comprimento às capturas anuais e retrocalculados pelas equações Hipótese 1 e Fraser-Lee.

Tabela 32 – Valores dos parâmetros da equação peso-comprimento estimados para fêmeas (*F*), machos (*M*) e para total de indivíduos (*T*) (e respectivos coeficientes de correlação, r^2) de *T. picturatus* amostrado em 2009 – 2010 e valores observados e testados de *t*-Student utilizados para testar a isometria no crescimento. Legenda: *n* = número de indivíduos; *q* = constante; *b* = coeficiente de alometria.

	Sexo	<i>n</i>	<i>q</i>	<i>b</i>	r^2	Teste <i>t</i> -Student
2009 – 2010	F	758	0.0040	3.241	0.966	$t = 10.928$; $t_{0.05;756} = 1.963$
	M	627	0.0043	3.215	0.962	$t = 8.438$; $t_{0.05;625} = 1.963$
	T	1385	0.0041	3.230	0.966	$t = 13.800$; $t_{0.05;1383} = 1.962$

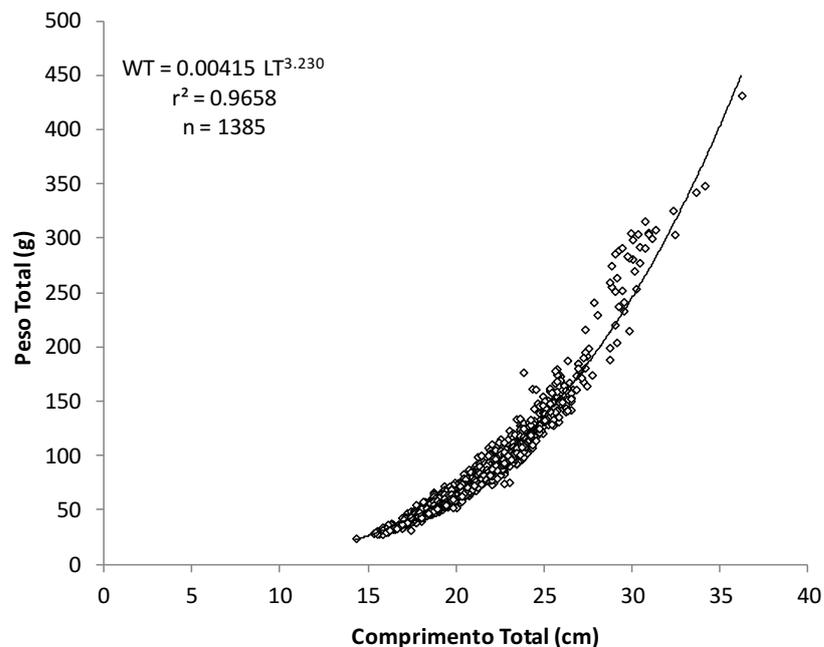


Figura 22 – Relação peso-comprimento estimada para sexos combinados de *T. picturatus* amostrados entre 2009 – 2010.

Os parâmetros do modelo de crescimento em peso (equação 12) estimados para fêmeas, machos e sexos combinados estão representados na tabela 33. De notar que as fêmeas apresentam um peso assintótico superior ao dos machos.

Tabela 33 – Parâmetros de crescimento em peso estimados para fêmeas (F), machos (M) e sexos combinados (T) de *T. picturatus*, para o ano médio (2009 – 2010).

	Sexo	W_{∞} (g)	k (ano ⁻¹)	t_0 (ano)	b
2009 – 2010	F	200.86	0.265	-2.621	3.241
	M	185.12	0.270	-2.798	3.215
	T	195.69	0.266	-2.713	3.230

A equação de crescimento em peso, estimada para os sexos combinados, foi a seguinte:

$$W_t = 195.69 \left[1 - e^{-0.266(t+2.713)} \right]^{3.230}$$

11.4. Discussão

Devido à seletividade de tamanhos de peixes capturados com as redes de cerco e, também, devido ao tamanho mínimo de desembarque autorizado, a maioria das amostras não inclui todos os comprimentos disponíveis o que levou a uma subamostragem de exemplares de menor e maior tamanhos. A falta de exemplares de maior tamanho pode ser, também, uma característica da população local ou da tendência para os maiores exemplares serem encontrados em águas mais profundas, tal como referido por Karlovac & Karlovac (1971). Adaptar a estratégia de amostragem atual poderia melhorar os resultados obtidos.

A avaliação da idade em *Trachurus picturatus*, à semelhança das outras espécies do mesmo género, tem sido muitas vezes referida como difícil (Isidro, 1990a, 1990b; Jesus, 1992; Karlou-Riga, 2000; Abaunza *et al.*, 2003; Vasconcelos *et al.*, 2006). Neste estudo, os anéis presentes nos otólitos foram muitas das vezes difíceis de interpretar devido à presença de anéis falsos, principalmente na 2ª ou 3ª zona de crescimento anual. Estes falsos anéis são particularmente comuns no primeiro ano de crescimento do otólito e, em muitos casos, foram facilmente confundidos com a primeira zona de crescimento anual (Wright *et al.*, 2002). A dificuldade sentida na distinção de anéis falsos de anéis anuais constitui a causa principal à obtenção de erros provenientes da leitura direta de otólitos e de outras estruturas calcificadas (Vasconcelos, 2006).

Westhaus-Ekau & Ekau (1982), estudando a mesma espécie presente nas águas dos Açores, também se depararam com alguns dos mesmos problemas. Alguns dos otólitos utilizados por estes dois autores apresentavam uma estrutura anelar irregular ou eram quase totalmente translúcidos. Estas dificuldades foram também sentidas em outras espécies do mesmo género como o carapau-branco, *Trachurus trachurus* (Arruda, 1982) e o carapau-manteiga, *Trachurus mediterraneus* (Karlou-Riga, 2000). Segundo estes autores, a avaliação da idade foi-se tornando mais difícil à medida que os otólitos atingiam tamanhos maiores, devido ao espessamento da sua margem e à proximidade e progressiva obscuridade dos anéis em indivíduos mais velhos. Nos espécimes mais novos o problema surgiu na identificação e interpretação do primeiro verdadeiro *annulus*. A avaliação da idade em peixes foi ainda dificultada pelo fenómeno de "*stacking*" das zonas de crescimento em direção à margem do otólito, particularmente em peixes mais velhos (van der Walt & Beckley, 1997). No presente estudo a interpretação das bandas de crescimento foi consistente o que revelou a adequação destas estruturas calcificadas para a avaliação da idade.

Após o estabelecimento dos critérios de leitura de idades no chicharro efetuou-se a verificação da consistência das leituras. Erros na avaliação de idades, crescimento e consequentemente na taxa de mortalidade e recrutamento podem conduzir a uma má gestão de um

dado recurso pesqueiro (Beamish & McFarlane, 1983; Dwyer *et al.*, 2003). A estimação de idades é subjetiva pois depende da visão humana (Lai *et al.*, 1996) e da decisão que podem ser distorcidas sob diferentes condições, como por exemplo pelo uso de diferentes fontes de iluminação e equipamentos óticos bem como diferentes tratamentos das estruturas utilizadas na avaliação da idade (Salgado *et al.*, 2003). O grau de concordância entre leituras ou leitores é uma medida da precisão das determinações não implicando rigor na técnica (Beamish & McFarlane, 1983). As zonas de crescimento podem ser interpretadas de modo diferente entre leitores ou leituras (Eklund *et al.*, 2000). Numa amostra que contenha peixes com mais idade é comum a ocorrência de um maior número de erros do que nas amostras constituídas por indivíduos mais jovens. A capacidade do leitor e o método escolhido serão igualmente determinantes da quantidade de erros (Beamish & McFarlane, 1995).

A análise da consistência entre as leituras efetuadas pela autora deste estudo foi avaliada através de índices de precisão. De um modo geral, houve uma elevada percentagem de concordância por grupo de idade nominal estimados para cada ano em estudo, apresentando o ano de 2010 os valores mais elevados de concordância. Garcia *et al.* (2015) obtiveram, igualmente, uma percentagem de concordância elevada (96.8%), estudando o chicharro dos Açores, o que revelou a adequada utilização destas estruturas calcificadas na avaliação de idades.

No que concerne à consistência entre as leituras efetuadas, os índices de *APE*, *V* e *D* obtidos a partir das leituras efetuadas para cada ano, apresentaram valores baixos, principalmente no ano de 2010. O *V* apresentou valores superiores ao *APE*, tal como referido anteriormente por Chang (1982). No entanto, segundo Kimura & Lyons (1991), o *V* é estatisticamente mais robusto que o *APE*. Não existe nenhum valor máximo de aceitação ou rejeição das leituras, pelo facto destes valores dependerem grandemente da espécie, da gama de idades e natureza da estrutura calcificada, e não só do leitor (Campana, 2001; Morales-Nin & Panfili, 2002b). No entanto, Campana (2001) sugeriu um valor máximo de 5% de *V* como sendo um limite aceitável de consistência entre leituras de otólitos em peixes de longevidade moderada. Como todos os valores de coeficiente de variação obtidos para cada ano e para os 2 anos em conjunto não ultrapassaram os 5%, pode concluir-se que as leituras efetuadas são aceitáveis e que a autora possui uma elevada precisão nas suas leituras.

Em algumas espécies, os índices de *APE* e *V* diminuem com o aumento da idade refletindo, deste modo a dificuldade sentida na estimação de idades em indivíduos mais novos (Campana & Jones, 1992). Da análise de consistência entre as leituras efetuadas pela autora observou-se uma ligeira tendência de diminuição dos vários índices com o aumento do grupo de idade, nos dados referentes ao ano de 2010 e ano médio (2009 – 2010). Os índices de *APE* e *V* foram superiores no grupo de idade 0 para os anos de 2010 e ano médio (2009 – 2010) e no grupo de idade 6 no ano de

2009 e ano médio. Este facto vem de encontro à enorme dificuldade sentida na identificação do primeiro incremento anual e ao fenómeno de “*stacking*” referido anteriormente.

No presente estudo, o maior exemplar amostrado foi um macho com 33.6 cm de comprimento total (LT) e o menor, um exemplar com 14.3 cm LT cujo sexo não foi possível de determinar macroscopicamente. Em estudos efetuados anteriormente ao chicharro da Madeira, os comprimentos variaram entre 10.0 - 41.0 cm LT (Jesus, 1992) e entre 17.0 - 46.0 cm LT (Vasconcelos *et al.*, 2006). Já para o chicharro presente nos Açores, a gama de comprimentos variou entre 11.0 - 42.0 cm LF (47 cm LT) (Isidro, 1990a) e entre 9.8 - 54.2 cm LF (Garcia *et al.*, 2015).

A autora verificou uma grande sobreposição de indivíduos das mesmas classes de comprimentos em diferentes grupos de idade, o que poderá indicar a dificuldade sentida na interpretação do primeiro incremento anual nos otólitos ou à existência de uma grande variabilidade no crescimento entre indivíduos. Williams & Bedford (1974) referem que peixes da mesma espécie, vivendo numa mesma área, podem apresentar uma grande variação na taxa de crescimento.

Em 2009 e 2010, as classes de comprimento 14, 31, 32 e 33 cm LT foram pouco representadas, o que demonstra claramente uma influência direta da amostragem, cujas amostras provêm da pescaria de cerco.

A gama de idades observada no presente estudo (0 a 6 anos) foi muito semelhante à obtida por Jesus (1992), para o chicharro presente no arquipélago da Madeira, com idades máximas de 6 anos, e muito inferiores às estimadas por Vasconcelos *et al.* (2006) para o chicharro da Madeira, com idades compreendidas entre 0 e 9 anos, e por Isidro (1990a) e Garcia *et al.* (2015) para o chicharro dos Açores, com idades compreendidas entre 0 e 9 anos e os 0 e 18 anos respetivamente.

Os comprimentos médios à idade estimados neste estudo mostraram ser significativamente diferentes dos obtidos por Jesus (1992) e por Vasconcelos *et al.* (2006) (teste *t*-Student, $p < 0.05$) (Anexo 21). A ausência, neste estudo, de exemplares de pequenas e grandes dimensões pode estar na origem da diferença encontrada nos comprimentos médios à idade. A gama de comprimentos que Jesus (1992) e Vasconcelos *et al.* (2006) tiveram acesso (10 – 41 cm e 17 – 46 cm, respetivamente) foi muito superior à deste estudo (14 – 33 cm). Não foi possível comparar os comprimentos médios à idade observados no presente estudo com Isidro (1990a) e Garcia *et al.* (2015) pelo facto de terem utilizado o comprimento furcal em vez do comprimento total nas suas estimações.

No arquipélago da Madeira, *T. picturatus* cresceu rapidamente atingindo cerca de 60% do seu comprimento total assintótico durante o primeiro ano de vida, tornando esta população uma das de crescimento mais rápido. De referir que o comprimento assintótico obtido foi muito inferior ao

verificado anteriormente para o chicharro da Madeira, podendo haver uma sobrestimação da taxa de crescimento no primeiro ano de vida.

Vasconcelos *et al.* (2006), estudando a população da mesma área geográfica, verificaram que o chicharro cresce relativamente rápido durante os primeiros três anos de vida, atingindo cerca de 40% do seu comprimento máximo durante o terceiro ano. O maior crescimento ocorreu sobretudo no primeiro ano de vida, onde atingiu cerca de 20 cm de comprimento. No entanto, após o segundo ano, a taxa de crescimento anual decresceu rapidamente, provavelmente devido às mudanças fisiológicas causadas por fatores como a temperatura, a disponibilidade de alimentos e a maturidade sexual (Jones, 1976; Bond, 1979; Huet, 1983; Moyle & Cech, 1996). Muito provavelmente, a energia é desviada para o desenvolvimento das gónadas em detrimento do crescimento somático.

Num estudo efetuado por Arruda (1982) à espécie *T. trachurus*, os resultados obtidos mostram que o peixe cresceu mais rapidamente nos três primeiros anos de vida, tendo o crescimento continuado ao longo de cada ano seguinte mas a uma taxa de crescimento mais baixa.

Muitos investigadores continuam a negligenciar o estudo crítico da validação da idade, apesar da clara demonstração da sua importância em estudos anteriores de avaliação de idades. O uso de idades incorretas tem causado sérios problemas na gestão e compreensão da biologia e dinâmica populacional de algumas espécies comerciais importantes (Beamish & McFarlane, 1983, 1995). Segundo Waldon & Kerstan (2001), o incremento marginal relativo pode ser utilizado com sucesso na validação do crescimento do carapau. No entanto, como o crescimento do otólito diminui com a idade do peixe, uma validação precisa do método pode incluir técnicas de marcação e recaptura (Beamish & McFarlane, 1983).

Neste estudo recorreu-se à validação da periodicidade de formação dos anéis segundo uma análise quantitativa (incremento marginal relativo, *IMR*) e qualitativa (tipo de bordo). As análises efetuadas ao bordo dos otólitos amostrados ao longo do ano permitiram confirmar a formação de dois *annuli* por ano.

Relativamente ao tipo de bordo, verificou-se a presença de bordo opaco e translúcido em todos os meses. As zonas opacas formaram-se entre abril e setembro, com máximo em junho e julho e entre outubro e dezembro. Dada a relação com a evolução do tipo de bordo (estimada para o ano médio 2009 – 2010), o uso da análise do incremento marginal confirmou a periodicidade da formação de dois *annuli* (dois anéis de crescimento anual) por ano, sugerindo que a zona translúcida completa-se nos meses de inverno (máximos em fevereiro-março) e no início de outono (pico em outubro).

Ao contrário do presente estudo, no chicharro dos Açores (Garcia *et al.*, 2015) apenas se formou um *annulus* por ano no inverno (a meio da estação), coincidindo com a altura do período de desova. A mesma relação foi obtida para *T. mediterraneus* (Karlou-Riga, 2000) e para *T. trachurus* (Costa, 2001). Vários outros estudos de crescimento referem que a desova é o mecanismo principal de regulação da deposição cíclica dos incrementos de crescimento, dado que o peixe dispensa maior quantidade de energia na produção de gâmetas do que no crescimento em si (Coelho *et al.*, 2010). Embora o fator determinante seja desconhecido, muitos outros fatores, além da desova, podem afetar as taxas de crescimento nos peixes, incluindo as variações sazonais de fatores ambientais, principalmente a temperatura da água e o regime alimentar e seus efeitos no metabolismo, como observado em outras espécies de peixes (Casselman, 1983; Campana, 1999; Morales-Nin & Ralston, 1990; Newman & Dunk, 2003; Kingsford & Hughes, 2005). Assim, durante a época de desova (que no nordeste Atlântico corresponde aos meses de outubro a abril, em que as temperaturas são mais baixas) observa-se a deposição de anéis translúcidos enquanto, no período em que o peixe se alimenta mais (correspondendo aos meses de verão e início do outono naquela região do globo) se depositam os anéis opacos (Eltink & Kuitert, 1989). Ainda, Yosef & Casselman (1995) referem a influência das mudanças plurianuais nos fatores ambientais e hidrológicos na formação de dois *annuli* por ano. A reprodução por si só não desempenha um papel principal na formação de zona translúcida no chicharro porque a desova ocorre apenas nos primeiros meses do ano. Os resultados indicam que a temperatura da água, sem dúvida, em associação com outros fatores, fornece um estímulo que influencia a química dos fluidos da endolinfa destes peixes, culminando na formação de incrementos anuais de crescimento.

À semelhança do presente estudo, Garcia *et al.* (2015) também verificaram diferenças significativas nos valores estimados de *IMR* ao longo do ano (ANOVA; $F = 3.29$; $p < 0.05$). Confirmaram, igualmente, que existiam diferenças entre novembro e os meses com valores de *IMR* baixos (janeiro-abril). Baseado nestes resultados, os referidos autores referiram que as bandas de crescimento 3 a 12 depositam-se anualmente, com início em janeiro, o que corresponde a um decréscimo nos valores de *IMR*. Verificaram um aumento progressivo destes valores no final da primavera, com um pico em novembro e dezembro. Com estes resultados confirmaram a formação de bandas sazonais e validaram parcialmente o método utilizado (idades compreendidas entre 3 e 12 anos).

Uma das principais vantagens da utilização dos dados do incremento registado nas estruturas calcificadas de peixes é a possibilidade de obter informações, ao nível individual, do tamanho do peixe em idades anteriores (Folkvord & Mosegaard, 2002) à sua captura. Embora se tenha escrito muito sobre como estimar apropriadamente o comprimento médio numa idade prévia a partir do

tamanho da estrutura calcificada (Carlander, 1981; Francis, 1990; Campana, 1990), numa revisão dos procedimentos de retrocálculo, Francis (1990) concluiu que, embora a técnica seja largamente utilizada, não parece estar bem compreendida. A maioria dos utilizadores desta técnica não descreve claramente a equação na qual basearam os seus cálculos. Mesmo que o retrocálculo tenha sido efetuado de maneira correta, os resultados por si próprios devem ser interpretados com precaução (Folkvord & Mosegaard, 2002). A escolha da função que descreve a relação entre o raio do otólito e o comprimento do corpo é crítica, uma vez que, pequenas alterações na função podem originar diferenças substanciais no comprimento do corpo retrocalculado, especialmente em grupos de idade mais novos (Casselman, 1987).

Uma das etapas básicas da utilização do retrocálculo consiste na determinação da relação que expressa o comprimento total do peixe em função da dimensão da estrutura esquelética interpretada. Neste trabalho determinou-se a relação entre o comprimento total de cada indivíduo e respetivos raios dos otólitos (L/R) e vice-versa (R/L). Verifica-se existir uma relação potencial entre as variáveis em ambas as regressões, tal como verificado por Vasconcelos *et al.* (2006) na relação L/R para o chicharro presente na Madeira.

Tal como esperado, os comprimentos médios à idade retrocalculados foram inferiores aos observados. O mesmo foi verificado por Garcia *et al.* (2015) não havendo, porém, diferenças significativas entre ambos. Vasconcelos *et al.* (2006), estudando o chicharro da Madeira, reportaram igualmente diferenças entre os comprimentos médios à idade e os retrocalculados pela equação de Fraser-Lee, sendo os comprimentos retrocalculados ligeiramente superiores que os comprimentos observados nos grupos de idade 3 ao 9.

Estas diferenças podem ter a ver com o posicionamento subjetivo dos anéis escolhidos para medição e pela sua exatidão variar de otólito para otólito. A definição do centro do otólito (*focus*) causou igualmente algumas dúvidas. A estimação dos comprimentos médios à idade observados foi, ainda, influenciada pela ausência de indivíduos de pequenas dimensões, principalmente pertencentes ao grupo de idade 0, e de grandes dimensões. Estas deficiências podem levar a uma alteração na precisão do retrocálculo. Os comprimentos médios à idade retrocalculados pela equação de Fraser-Lee são diferentes dos estimados para o chicharro presente em outras regiões (Anexo 22).

Neste estudo não se verificou a presença do Fenómeno de Lee em relação aos resultados da Hipótese 1 e da equação de Fraser-Lee, ou seja, não se verificou, para um dado grupo de idade, uma tendência de diminuição dos comprimentos médios retrocalculados nas idades menores com o aumento da idade do peixe (Schirripa, 2002). Sendo assim, pode afirmar-se que as fórmulas de

retrocálculo aplicadas foram adequadas a este estudo e que, mesmo com a limitação que a pesca comercial impõe na obtenção de indivíduos pequenos e de maiores dimensões, as amostras utilizadas provaram ser aleatórias e representativas das capturas comerciais.

As estruturas calcificadas dos peixes, fonte rica de informação pelo facto de a sua microestrutura codificar todo o historial do crescimento de cada indivíduo, são utilizadas na estimação do crescimento somático individual, que por sua vez serve de base à estimação do crescimento populacional (Jones, 2000). Os modelos de crescimento tentam ajustar os comprimentos médios à idade estimados a um padrão de crescimento absoluto que é lento quando peixes são pequenos, rápido quando peixes têm um tamanho intermediário e novamente lento à medida que os peixes crescem e começam a se reproduzir (Jones, 2002). Segundo Sparre & Venema (1998) e Villamor *et al.* (2004), para uma mesma espécie, os parâmetros de crescimento podem variar de *stock* para *stock*, ou seja, podem tomar diferentes valores ao longo da sua distribuição geográfica.

Os parâmetros de crescimento estimados neste estudo foram muito inferiores aos estimados por outros autores para a mesma espécie, apresentando o menor L_{∞} (27.98 cm) e um dos maiores K (0.266 ano^{-1}). Em estudos realizados anteriormente na Madeira, o L_{∞} variou de 42.3 cm (Vasconcelos *et al.*, 2006) a 44.3 cm (Jesus, 1992), enquanto os valores de k variaram de 0.16 ano^{-1} (Vasconcelos *et al.*, 2006) a 0.32 ano^{-1} (Jesus, 1992). Em águas açorianas o L_{∞} variou de 51.05 cm (Westhaus-Ekau & Ekau, 1982), 52.9 cm (Isidro, 1990a) a 58.3 cm (Garcia *et al.*, 2015), enquanto os valores de k variaram de 0.144 ano^{-1} (Westhaus-Ekau & Ekau, 1982), 0.20 ano^{-1} (Isidro, 1990a) a 0.09 ano^{-1} (Garcia *et al.*, 2015) (Anexo 23). A falta de indivíduos mais velhos e a sobrestimação do comprimento médio à idade 0 influenciou a estimação do comprimento assintótico (L_{∞}), tornando a estimativa do coeficiente de crescimento (k) mais dependente de L_{∞} . A falta, neste estudo, de indivíduos maiores afetou a estimação de t_0 e L_{∞} e, conseqüentemente, de k (King, 1995). De facto, o valor de t_0 obtido no presente estudo foi fortemente negativo quando comparado com os obtidos anteriormente por outros autores (Isidro, 1990; Jesus, 1992; Westhaus-Ekau & Ekau, 1982; Vasconcelos *et al.*, 2006; Garcia *et al.*, 2015).

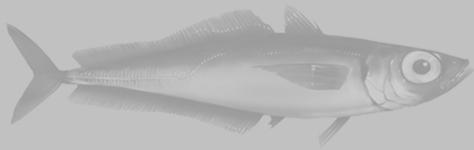
Para comparação dos parâmetros estimados neste trabalho com os obtidos por outros autores recorreu-se ao índice de performance do crescimento (ϕ'). O índice calculado para o ano médio (2009 – 2010) foi inferior aos valores estimados para o chicharro da Madeira (Jesus, 1992; Vasconcelos *et al.*, 2006) e dos Açores (Isidro, 1990; Westhaus-Ekau & Ekau, 1982; Garcia *et al.*, 2015) (Anexo 23).

A relação das proporções corporais tem um largo uso em peixes adultos, servindo para indicar a condição do peixe e a identificação de subpopulações numa espécie. As alterações em comprimento e peso ocorrem rapidamente durante o período de vida em que os peixes são imaturos e lentamente depois de atingirem a maturidade sexual (Jones, 2002).

Os coeficientes de alometria obtidos para fêmeas e machos para o ano médio não revelaram uma isometria de crescimento (proporcionalidade entre o crescimento do peso e crescimento em comprimento do peixe), mas sim uma alometria positiva, o que implica um aumento de peso não proporcional ao aumento do crescimento individual. No arquipélago da Madeira (Jesus, 1992; Vasconcelos *et al.*, 2006; Vasconcelos *et al.*, 2008) e nos Açores (Isidro, 1990a; Garcia *et al.*, 2015), os parâmetros resultantes da relação peso-comprimento estão de acordo com os valores reportados para o chicharro no presente estudo (Anexo 25).

O peso assintótico estimado neste trabalho ($W_{\infty} = 195.70$ g) foi inferior aos observados por Vasconcelos *et al.* (2006) ($W_{\infty} = 716.88$ g) e Jesus (1992) ($W_{\infty} = 816.48$ g), para o chicharro presente na mesma zona e por Isidro (1990a) ($W_{\infty} = 1878.28$ g) e Garcia *et al.* (2014) ($W_{\infty} = 1798.37$ g) para o chicharro dos Açores, provavelmente devido à presença de indivíduos de menores idades.

12



REPRODUÇÃO

12.1. Introdução

Para se entender a dinâmica das populações de peixes, é essencial estudar a biologia reprodutiva, especialmente em espécies exploradas (Alonso-Fernández *et al.*, 2011). O estudo dos vários aspetos reprodutivos, nomeadamente a determinação do período de desova, constitui uma base sólida e indispensável ao estudo do crescimento dos peixes (King, 1995) e à avaliação e gestão dos recursos pesqueiros (Yamada *et al.*, 1998).

No ciclo reprodutivo de uma espécie a época de desova é o evento de maior importância e interesse. Para a grande maioria das espécies, a desova ocorre apenas uma vez por ano e pode estender-se por intervalos regulares ou irregulares de curto ou longos períodos de tempo. A desova pode ser induzida por eventos ambientais curtos, contrariamente ao desenvolvimento das gónadas cujo estímulo podem influenciar de modo mais constante dado ser um processo relativamente longo (King, 1995).

A combinação de fatores endógenos (eventos internos referentes ao crescimento e maturação) com eventos exógenos (luz, salinidade, disponibilidade de alimento, fase lunar e a temperatura) induzem a ativação da gónada em descanso (King, 1995).

Apesar do desenvolvimento gonadossomático depender de uma dada temperatura absoluta para se iniciar, os peixes têm que atingir um tamanho (comprimento à primeira maturação) e idade (idade à primeira maturação) para poderem ser capazes de se reproduzir (King, 1995).

O chicharro, tal como a grande maioria de espécies de peixes marinhos com importância comercial, apresenta uma estratégia reprodutiva caracterizada por desovar mais do que uma vez durante o seu tempo de vida, apresentar sexos separados, não apresentar dimorfismo sexual e ter fertilização externa privada de cuidados parentais (Murua & Saborido-Rey, 2003; Gordo *et al.*, 2008).

Informações sobre os parâmetros reprodutivos, como o comprimento à primeira maturação, época de desova, proporção sexual e fecundidade, são elementos fundamentais necessários para a adequada avaliação e gestão das populações de peixes. Em relação ao chicharro, apenas existe informação sobre a reprodução desta espécie nos Açores (Isidro, 1990b; Westhaus-Ekau & Ekau 1982; Garcia *et al.*, 2015), Ilhas Canárias (Jurado-Ruzafa & Santamaría, 2013) e Mar del Plata, Argentina (Cousseau, 1967). Na Madeira, apenas estão disponíveis uma sinopse sobre a biologia desta espécie (Jesus, 1992) e um póster (Faria & Vasconcelos, 2008).

A falta desses dados biológicos é particularmente preocupante. Neste sentido, o objetivo deste capítulo é fornecer informações úteis e atualizadas sobre as proporções mensais de fêmeas e machos, por classe de comprimento e por grupo de idade, sobre a época de desova em cada ano e

num ano padrão (ano médio) com base na distribuição mensal dos estados de maturação sexual e no índice gonadossomático (*IGS*), sobre o índice hepatossomático (*IHS*) médios anuais, tipo de fecundidade e estimar os comprimentos e idades à primeira maturação sexual do *T. picturatus* nesta zona do Atlântico e contribuir para o conhecimento adquirido por autores anteriores na região da Macaronésia.

12.2. Material e Métodos

Para os diversos estudos relacionados com a reprodução de *Trachurus picturatus* foram utilizados 1405 indivíduos amostrados nos anos de 2009 (488 fêmeas, 419 machos e 11 indeterminados) e 2010 (270 fêmeas, 208 machos e 9 indeterminados) (Tabela 19), provenientes das amostragens biológicas efetuadas no referido período.

12.2.1. Proporção de sexos

Estimaram-se as proporções mensais de fêmeas e machos de *T. picturatus*, por classe de comprimento e por grupo de idade. Testou-se possíveis diferenças nas proporções anuais de cada sexo através da análise do qui-quadrado (χ^2).

12.2.2. Ciclo sexual

Para a classificação histológica dos estados de maturação do sexo feminino, foram preparadas duas lâminas por gónada. Para caracterizar cada fase da oogénese foram obtidas imagens digitalizadas de cortes histológicos com uma ampliação de 50 e 100x. Somente ovócitos com núcleo visível foram medidos. As medições foram realizadas em 1403 ovócitos através do software LAS V4.5 (Leica Microsystems, 2014).

Determinou-se macroscopicamente o estado de maturação das gónadas amostradas, segundo a escala de maturação de 5 estados: (I) imaturo, (II) Desenvolvimento, (III) Capaz de se reproduzir, (IV) Regressão, (V) regeneração, proposta por Brown-Peterson *et al.* (2011) (Anexos 1 e 2).

Procedeu-se à análise histológica de 194 gónadas de fêmeas e 29 de machos, segundo a técnica em uso na *DSI*. Esta técnica desenvolve-se, basicamente, em cinco etapas, nomeadamente, fixação, desidratação, inclusão (em resina), elaboração de blocos e execução de cortes. Os estados 1 e 5 estão pouco representados porque os cortes foram efetuados apenas para verificação enquanto os restantes estados foram utilizados para o estudo do tipo de fecundidade.

De cada gónada foi cortada uma porção de cerca de 1 cm³ e colocada em formol a 10% em boiões fechados, tendo sempre em conta que a quantidade de formol deve ser 10 vezes superior ao tamanho da amostra.

Em seguida procedeu-se à preparação da resina que será utilizada na etapa da inclusão. A resina utilizada foi a Technovit 7100, *kit* que inclui um frasco de 500 ml de resina líquida, cinco embalagens de endurecedor em pó e um frasco de 40 ml de endurecedor líquido. Misturou-se, utilizando o agitador magnético, 100 ml de resina líquida por cada embalagem de endurecedor em pó (esta preparação é mantida no frio até ser utilizada).

Na seguinte fase, as pequenas porções de gónada foram desidratadas em álcool com diferentes concentrações (70%, 90% e 95%). Inicialmente, as peças foram colocadas em álcool a 70%, num boião fechado, durante 1 hora. O álcool foi removido do boião e adicionado novamente álcool a 70%, por mais 1 hora. Decorrido o tempo, procedeu-se da mesma maneira e adicionando-se álcool a 90% por 1 hora e três séries de álcool a 95% em cada hora seguinte. Seguidamente adicionou-se álcool a 95% e a resina (previamente preparada e conservada no frio) numa proporção de 50:50, durante 16 horas, e deixou-se à temperatura ambiente. Finalmente colocou-se a peça num novo frasco com a resina preparada previamente e conservada no frio, durante 24 horas.

Para a fase da inclusão foi necessário preparar nova resina. Misturou-se, com uma vareta, 15 ml da resina previamente preparada e conservada no frio com 1 ml de endurecedor líquido (esta preparação foi mantida sobre o gelo, durante o seu manuseamento, para retardar o endurecimento).

Dando seguimento, procedeu-se à Inclusão, ou seja, à preparação dos blocos. As peças foram colocadas nas cuvets e preenchidas com resina de forma a cobrir completamente cada peça. A partir do momento em que os moldes solidificaram, foram removidos e fixados em pequenas placas de metal que servem de suporte para o corte.

Foram cortadas 5 sessões de 3–5 μm de cada porção de gónada e coradas com azul de Toluidina. As lâminas foram seladas com uma gota de resina *neo-mount* sobre cada peça, identificadas e digitalizadas posteriormente através de um sistema de análise de imagem composto pelo microscópio Leica DM LB acoplado à câmara Leica EC3 e com o *software* LAS 4.5 (Leica Microsystems, 2014).

A época de desova foi determinada com base na análise das distribuições mensais da frequência percentual dos estados de maturação sexual e confirmada pela evolução mensal média do índice gonadossomático.

O índice gonadossomático (*IGS*) (Equação 14) foi utilizado para acompanhar o ciclo reprodutivo desta espécie ao longo dos anos e em intervalos mensais. Este índice, que assume que o tamanho da gónada aumenta à medida que se desenvolve, é determinado segundo a razão entre os

pesos da gónada e do corpo dos indivíduos e foi calculado separadamente para fêmeas e para machos (King, 1995):

$$IGS = \left(\frac{WG}{WE} \right) 100 \quad \text{(Equação 14)}$$

em que

IGS = índice gonadossomático;

WG = peso da gónada (g);

WE = peso eviscerado do peixe (g).

Do mesmo modo se calculou o índice hepatossomático (IHS) (equação 15) dividindo o peso do fígado pelo peso do corpo (Muñoz *et al.*, 2005):

$$IHS = \left(\frac{WF}{WE} \right) 100 \quad \text{(Equação 15)}$$

em que

IHS = índice hepatossomático;

WF = peso do fígado (g);

WE = peso eviscerado do peixe (g).

O fator de condição (k) é um fator importante na regulação da fecundidade (Damme *et al.*, 2009). A condição corporal foi calculada segundo o fator de condição de Fulton (Fulton, 1911; Ricker, 1975) (Equação 16):

$$K = \frac{WE}{L^3} \times 100 \quad \text{(Equação 16)}$$

em que:

K = fator de condição de Fulton;

WE = peso eviscerado do peixe (g);

L = comprimento total (cm).

12.2.3. Ogiva de maturação sexual por comprimento e por idades

Determinou-se a ogiva de maturação sexual por comprimentos e por idades para fêmeas e machos e para o ano médio (2009 – 2010). De modo a determinar-se o comprimento e a idade à primeira maturação (comprimento ou idade no qual 50% dos indivíduos se encontram maduros) consideraram-se como indivíduos sexualmente maduros os que se encontravam nos estados de maturação II a V ao longo dos anos referidos.

As ogivas de maturação foram estimadas através da aplicação dos modelos logísticos à relação entre a percentagem de indivíduos maduros (P) e o comprimento (Equação 17) ou idade (Equação 18) (Jennings *et al.*, 2001):

$$P = \frac{100}{1+e^{-b(L-Lm_{50})}} \quad \text{(Equação 17)}$$

$$P = \frac{100}{1+e^{-b(T-Tm_{50})}} \quad \text{(Equação 18)}$$

em que

P = percentagem de indivíduos maduros;

b = constante;

L = classe de comprimento (cm);

Lm_{50} = comprimento de primeira maturação, correspondente ao ponto da curva, a partir do qual 50% dos indivíduos são maduros, ou seja, comprimento à primeira maturação (cm);

T = grupo de idade (ano);

Tm_{50} = idade de primeira maturação (ano).

Com base nas ogivas de maturação, estimaram-se igualmente os correspondentes comprimentos e idades de primeira maturação sexual. O comprimento (Lm_{50}) e idade (Tm_{50}) de primeira maturação significa o comprimento e idade a partir do qual 50% dos indivíduos estão maduros. As ogivas de maturação por idades e a idade à primeira maturação foram calculadas aplicando a ogiva de maturação sexual por comprimentos às composições de comprimentos (em número) das capturas de chicharro, provenientes do processo de ampliação simples, estimadas para o ano de 2009 e 2010 (ver Capítulo 13 – Estado do recurso). As proporções de fêmeas maduras à idade foram calculadas dividindo as capturas da fração madura pelas capturas totais nas várias idades.

12.2.4. Tipo de Fecundidade

Para a estimação do tipo de fecundidade foram utilizados os ovários em desenvolvimento, em desova iminente (ovários com ovócitos em fase de migração do núcleo mas sem folículos pós-ovulatórios) e desovados recentemente (ovários com folículos pós-ovulatórios velhos e baixa incidência de ovócitos no estado alfa) preservados em solução de formol tamponado a 10% e embebidos em resina Technovit 7100, segundo protocolo padrão.

Foram analisadas imagens digitalizadas de cortes histológicos (sessões de 3–5 μm cortadas a partir da região média do ovário) corados com azul de Toluidina de 158 indivíduos durante a época de desova. Os ovócitos foram medidos através do microscópio Leica DM LB acoplado à câmara Leica EC3 e com o *software* LAS V4.5 (Leica Microsystems, 2014).

No presente estudo foram investigadas as quatro linhas de evidência propostas por Murua & Saborido-Rey (2003), Hunter *et al.* (1992) e Greer-Walker *et al.* (1994) para identificar se a fecundidade é determinada ou indeterminada, nomeadamente: (1) a presença de um hiato entre ovócitos pré-vitelogénicos e vitelogénicos; (2) número de ovócitos em vitelogénese avançada durante a época de desova; (3) Diâmetro médio dos ovócitos em vitelogénese avançada ao longo da época de postura; e (4) a incidência da atresia durante a época de desova.

Para a primeira linha de evidência, foram utilizadas 140 preparações histológicas de fêmeas (incluindo ovócitos com núcleo migrado e hidratados) e as medições realizadas em 1331 ovócitos com um núcleo visível.

Para a segunda e terceira linhas de evidência, foi aplicado o método gravimétrico a cerca de 15 ovários por mês, para diferentes classes de comprimento, usando um crivo com um diâmetro equivalente ao do diâmetro dos ovócitos no estado de alvéolo cortical (125 μm). Após a pesagem dos

ovários, três subamostras de aproximadamente 0.02 – 0.05 g foram extraídas de diferentes partes do ovário. Cada subamostra foi então colocada num tubo com pedaços de clip e num agitador para ajudar a separar os ovócitos que foram, seguidamente, passados pelo crivo, com a ajuda de um frasco de lavagem, para remover os ovócitos mais pequenos. Os ovócitos restantes foram colocadas numa placa de Petri e fotografados com o *software* referido anteriormente. O número e o diâmetro médio dos ovócitos foram registados e as diferenças analisadas com recurso à ANOVA (H_0 : não existem diferenças entre as médias do número e do diâmetro ao longo da época de desova).

A Intensidade relativa da atresia, percentagem de ovócitos em α -atresia em relação ao número total de ovócitos presentes num ovário (Grande *et al.*, 2012), foi estimada com recurso às imagens digitalizadas de cortes histológicos em ovários em desova ativa ao longo da época de desova. A prevalência da atresia (definida como a proporção de fêmeas com ovócitos em α -atresia face ao número total de fêmeas) também foi calculada.

12.3. Resultados

12.3.1. Proporção de sexos

Neste estudo registou-se uma grande variabilidade nas proporções mensais de fêmeas e machos de *T. picturatus* (Figura 23), por classe de comprimento (Figura 24) e por grupo de idade (Figura 25), para os anos de 2009 e 2010. Considerando todo o período em estudo, a proporção de sexos variou de 1:1. O número de fêmeas foi superior ao número de machos (46.09% de machos versus 53.91% de fêmeas, 1-1.17, em 2009; 43.51% de machos versus 56.49% de fêmeas, 1-1.30, em 2010; 45.20% de machos versus 54.80% de fêmeas, 1-1.21, em 2009 – 2010), correspondendo a uma proporção de sexos significativamente diferente de 1:1 (teste- χ^2 , $p > 0.05$; 2009: $\chi^2 = 5.56$; 2010: $\chi^2 = 8.04$; 2009 – 2010: $\chi^2 = 12.77$).

Em relação à evolução mensal ao longo de 2009 e 2010 (Figura 23), pode assumir-se com base nos resultados do teste do qui-quadrado uma proporção de sexos de 1:1, na maioria dos meses, exceto em março (teste- χ^2 , $p > 0.05$; $\chi^2 = 6.12$), novembro ($\chi^2 = 8.32$) e dezembro ($\chi^2 = 8.34$) de 2009, janeiro ($\chi^2 = 17.00$) e fevereiro ($\chi^2 = 4.90$) de 2010 e em maio ($\chi^2 = 4.26$), novembro ($\chi^2 = 5.31$) e dezembro ($\chi^2 = 10.80$) do ano médio (2009 – 2010).

A proporção dos sexos por classe de comprimento (Figura 24) e por grupo de idade (Figura 25) variou consideravelmente ao longo do período em estudo, não se verificando qualquer tendência de predominância de um dos sexos.

12.3.2. Ciclo sexual

Em *T. picturatus*, o desenvolvimento de ovócitos é assíncrono, apresentando ovócitos de todos os estados de desenvolvimento, sem dominância de um tipo (Figura 26).

As frequências mensais de cada estado de maturação, determinado pela observação macroscópica das gónadas de chicharro amostrados entre os anos de 2009 e 2010 (ano médio), estão representadas na Figura 27.

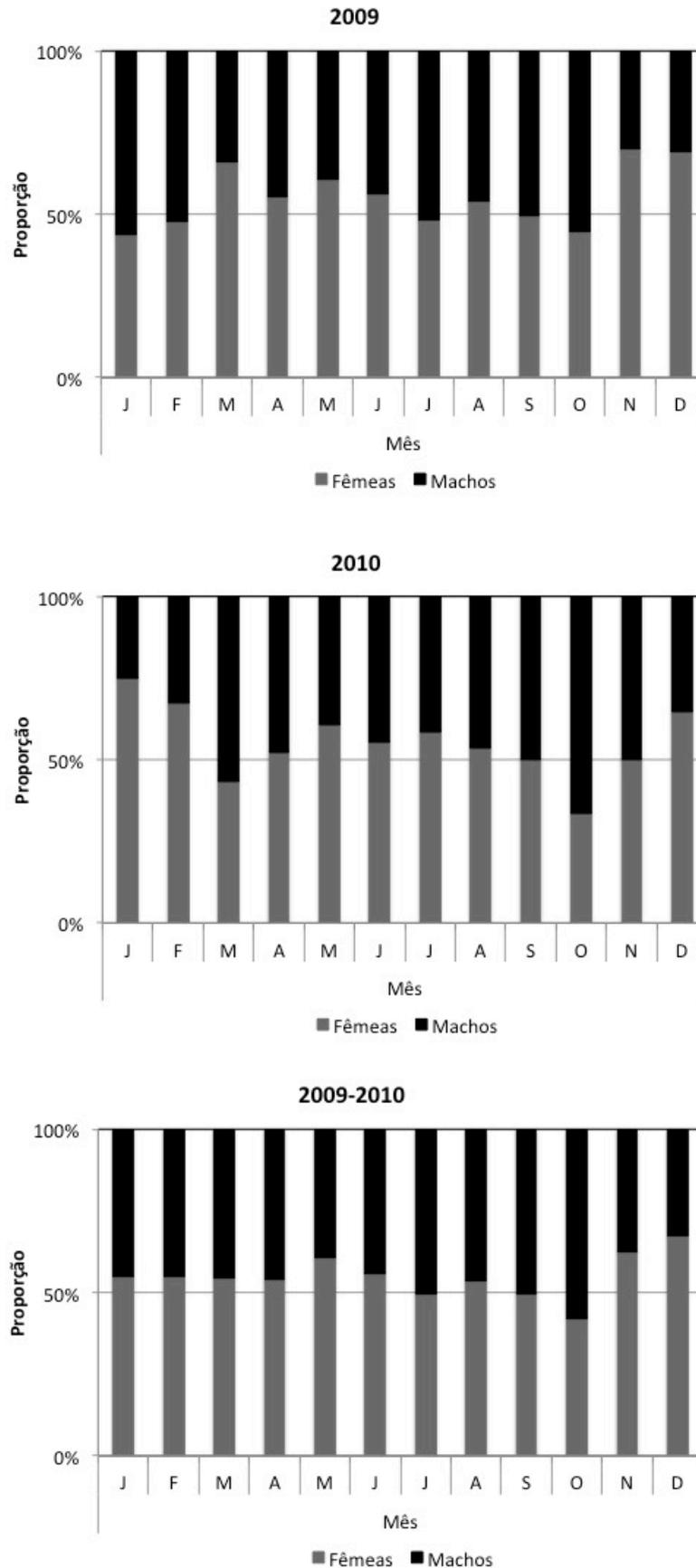


Figura 23 – Proporção de fêmeas e machos nas capturas mensais de *T. picturatus* para os anos 2009, 2010 e ano médio (2009 – 2010).

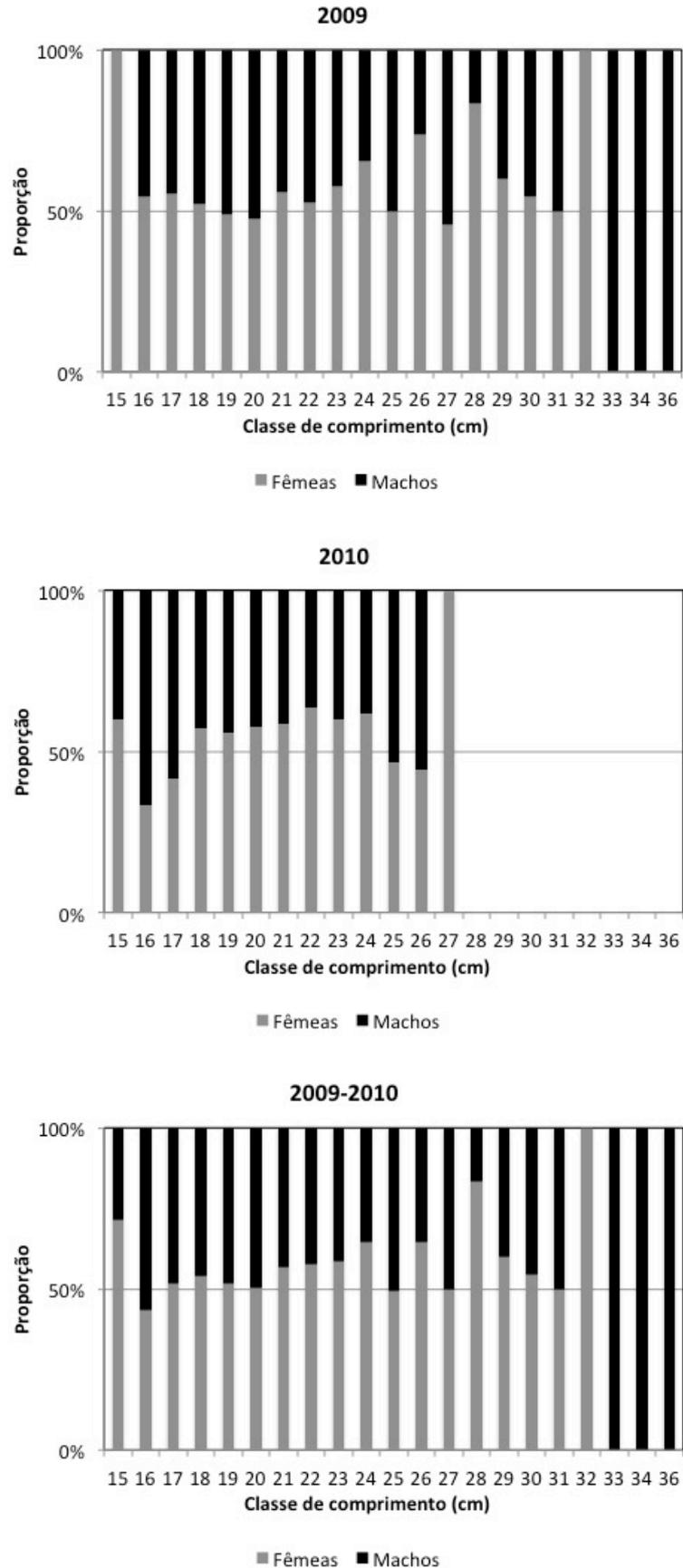


Figura 24 – Proporção de fêmeas e machos, por classe de comprimento, de *T. picturatus* para os anos 2009, 2010 e ano médio (2009 – 2010).

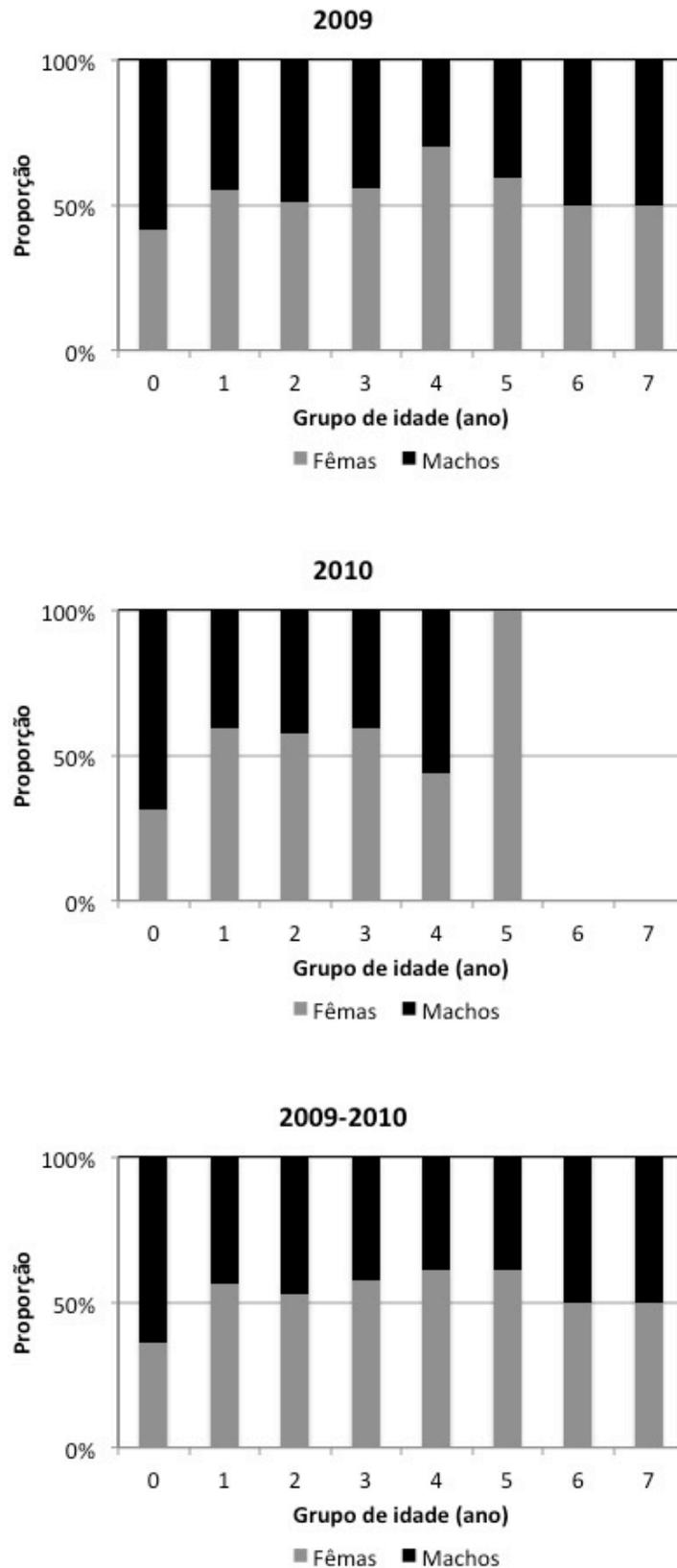


Figura 25 – Proporção de fêmeas e machos, por grupo de idade, de *T. picturatus* para os anos 2009, 2010 e ano médio (2009 – 2010).

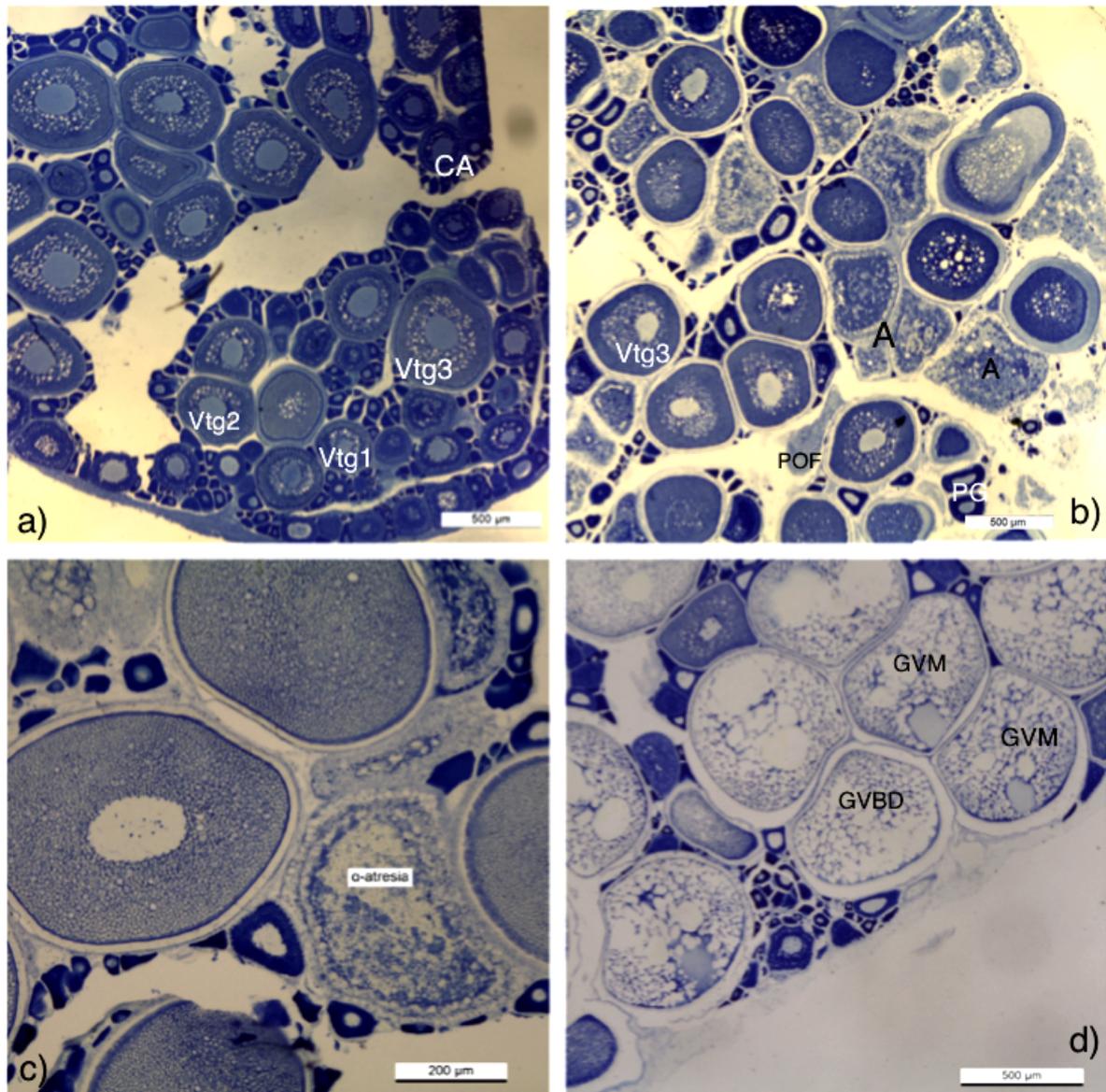


Figura 26 – Vista geral de ovários de *Trachurus picturatus*. Ovócitos em diferentes fases de desenvolvimento: a), b) e c) capazes de se reproduzir; d) subfase de reprodução ativa. Legenda: PG = ovócito em crescimento primário; CA = ovócito na fase de alvéolo cortical; Vtg1 = ovócito vitelogénico primário; Vtg2 = ovócito vitelogénico secundário; Vtg3 = ovócito vitelogénico terciário; GVM = ovócito com migração da vesícula germinal; GVBD = ovócito com rompimento da vesícula germinal; POF = Complexo folículo pós-ovulatório; A = ovócito atrético.

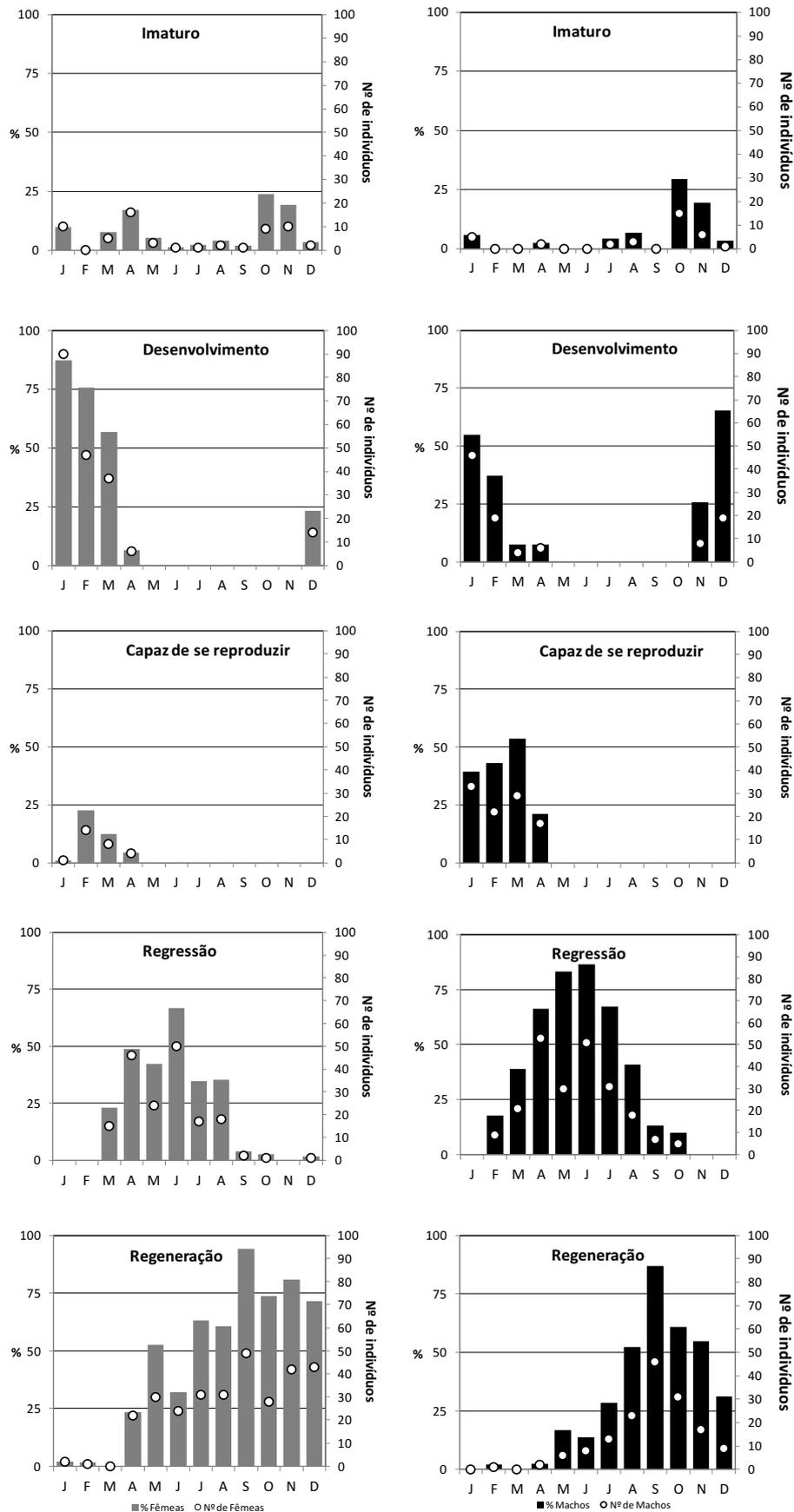


Figura 27 – Variação mensal das percentagens dos diferentes estados de maturação, para fêmeas e machos de *T. picturatus* dos anos 2009 – 2010.

A variação mensal de peixes capturados por estádios de maturação (Figura 27), mostrou que as fêmeas em estado de desenvolvimento foram capturadas principalmente entre dezembro e abril enquanto, no estado de capaz de se reproduzir, foram capturadas no período de janeiro a abril e as em regressão foram encontradas principalmente entre março e agosto. Os machos em fase de desenvolvimento foram capturados principalmente entre novembro e abril enquanto, na fase de capaz de se reproduzir, foram capturados de janeiro a abril. Entre fevereiro e outubro foram encontrados machos em regressão. Analisando a distribuição mensal de peixes nos estados de desenvolvimento, capaz de se reproduzir e regressão, verifica-se que os machos iniciam o processo de maturação mais cedo do que as fêmeas.

De modo a estabelecer-se a época de desova do chicharro presente nas águas do arquipélago da Madeira, determinou-se a evolução mensal do índice gonadossomático (*IGS*) (Figura 28) para o ano de 2009, 2010 e ano médio (2009 – 2010).

A variação mensal do estado de capaz de se reproduzir (Figura 27), tanto para fêmeas como para machos, apresenta valores mais altos nos primeiros meses do ano (janeiro a abril), altura em que se verificam igualmente os valores mais elevados de *IGS*. A análise dos índices gonadossomáticos mensais mostra que o desenvolvimento das gónadas aumentou em novembro-dezembro, para fêmeas e machos, e com pico em fevereiro no ano de 2010 e ano médio (2009 – 2010), embora não tenha atingido valores superiores a 6% do peso corporal (Figura 28). No ano de 2009, verificou-se um pico no valor de *IGS* estimado, tanto para fêmeas como para machos, no mês de janeiro. Entre março e abril, os índices *IGS*, para fêmeas e machos, diminuíram acentuadamente. Em média, as gónadas masculinas maduras apresentaram valores de *IGS* superiores às fêmeas no primeiro trimestre do ano e o *IGS* das fêmeas foi constantemente superior ao dos machos no resto do ano. A desova ocorreu entre janeiro e abril com pico em janeiro-fevereiro.

O padrão mensal do índice *IHS* (Figura 29), estimado para o ano médio, variou entre 0.82 – 1.81% do peso corporal para fêmeas e entre 0.72 – 1.67% do peso corporal para machos. Os valores de *IHS* estimados para fêmeas foram superiores aos estimados para machos, particularmente no primeiro trimestre do ano. O índice *IHS*, estimados para machos e fêmeas, atingiu os valores máximos no mês de junho, diminuindo posteriormente de forma constante.

O Anexo 26 resume as percentagens mensais dos índices gonadossomático (*IGS*) e hepatossomático (*IHS*), obtidos por sexo e total de indivíduos, para cada ano em estudo.

A condição corporal (*K*), calculada para o período de 2009 – 2010, apresenta uma tendência durante o ciclo anual (Figura 30). Em 2009, 2010 e 2009 – 2010 os valores de *K* diminuíram durante

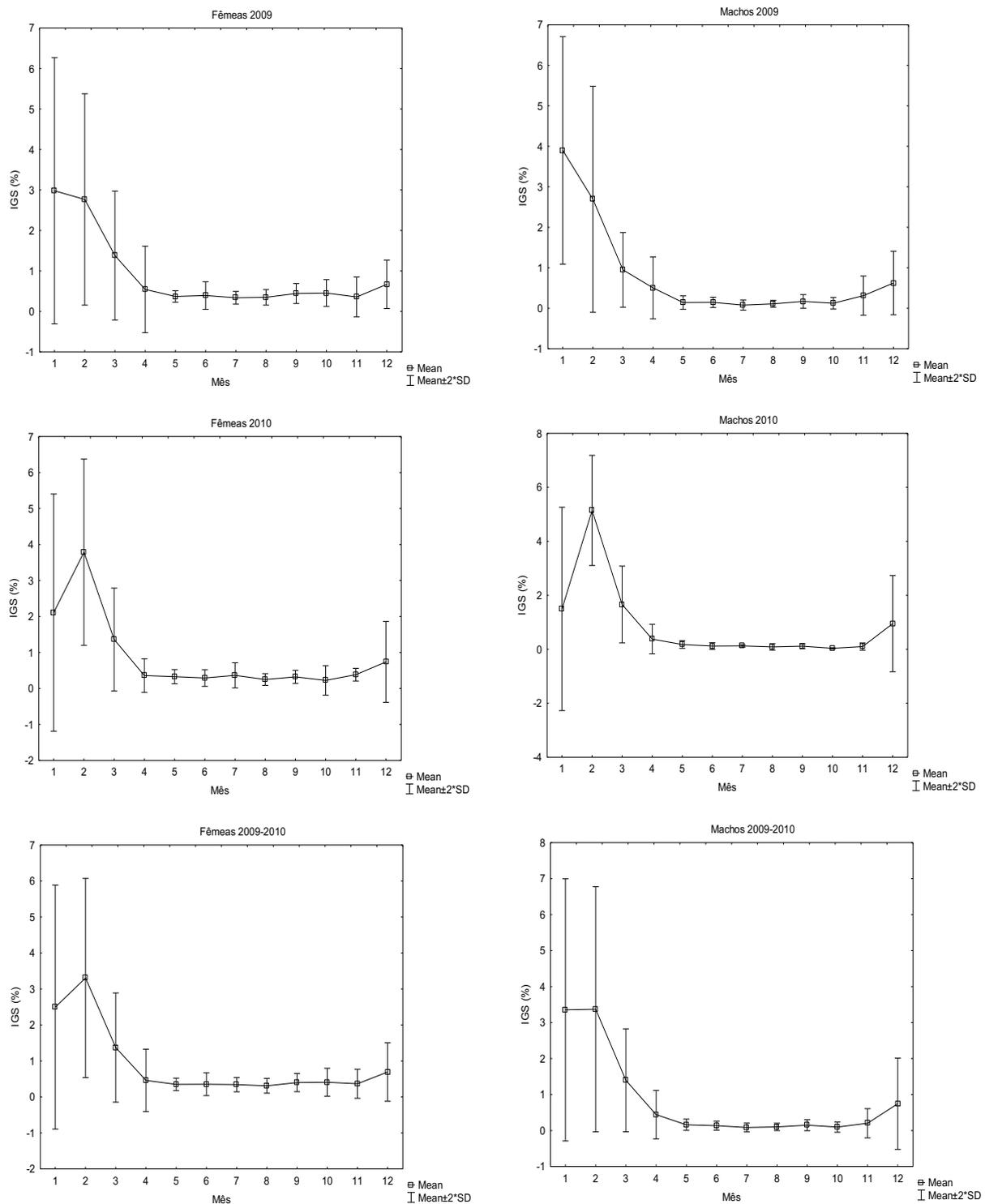


Figura 28 – Evolução mensal do índice gonadosomático (IGS) para fêmeas e machos de *T. picturatus* da Madeira amostrados em 2009 – 2010.

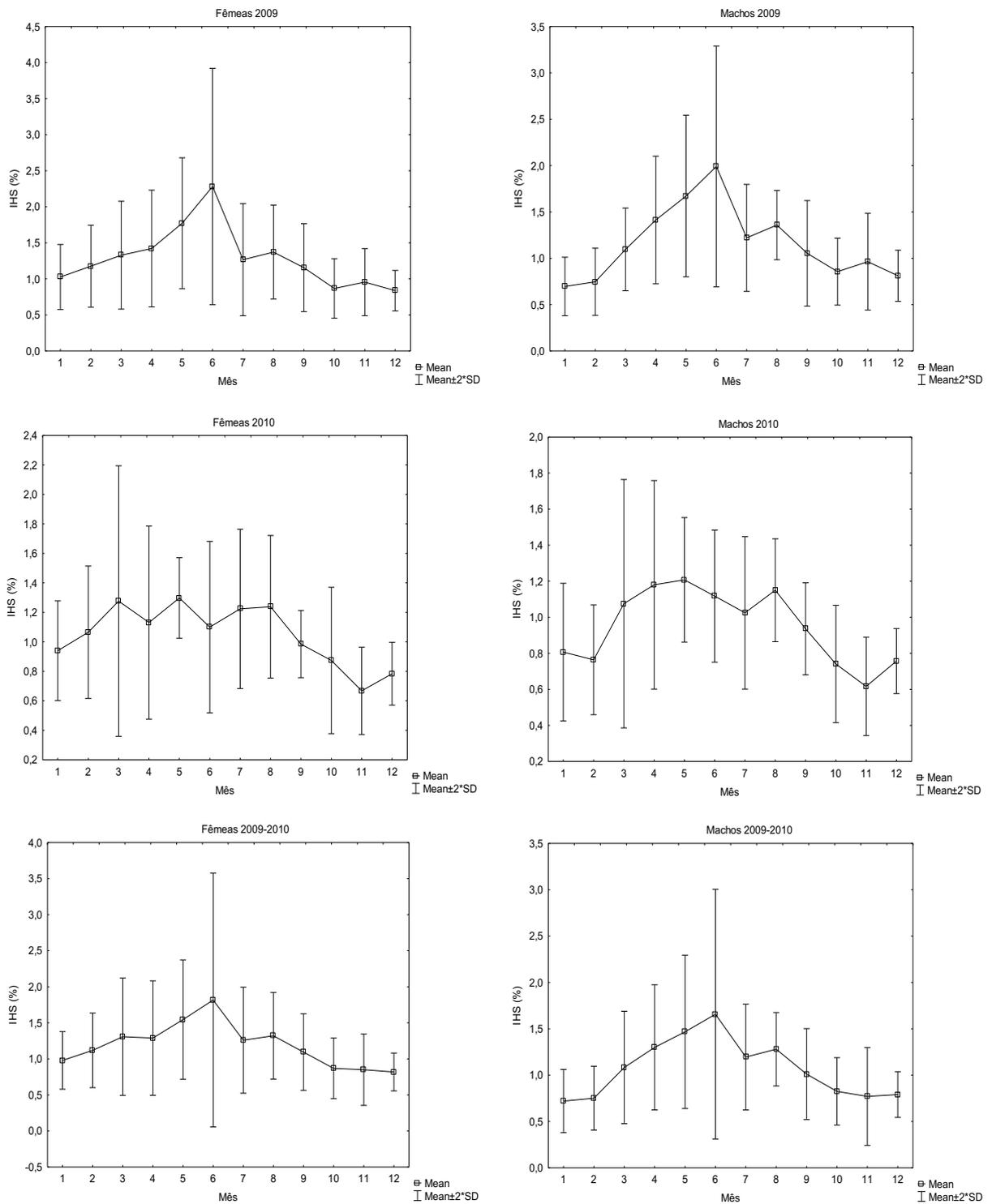


Figura 29 – Evolução mensal do índice hepatossômico (IHS), para fêmeas e machos de *T. picturatus* da Madeira amostrados em 2009 – 2010.

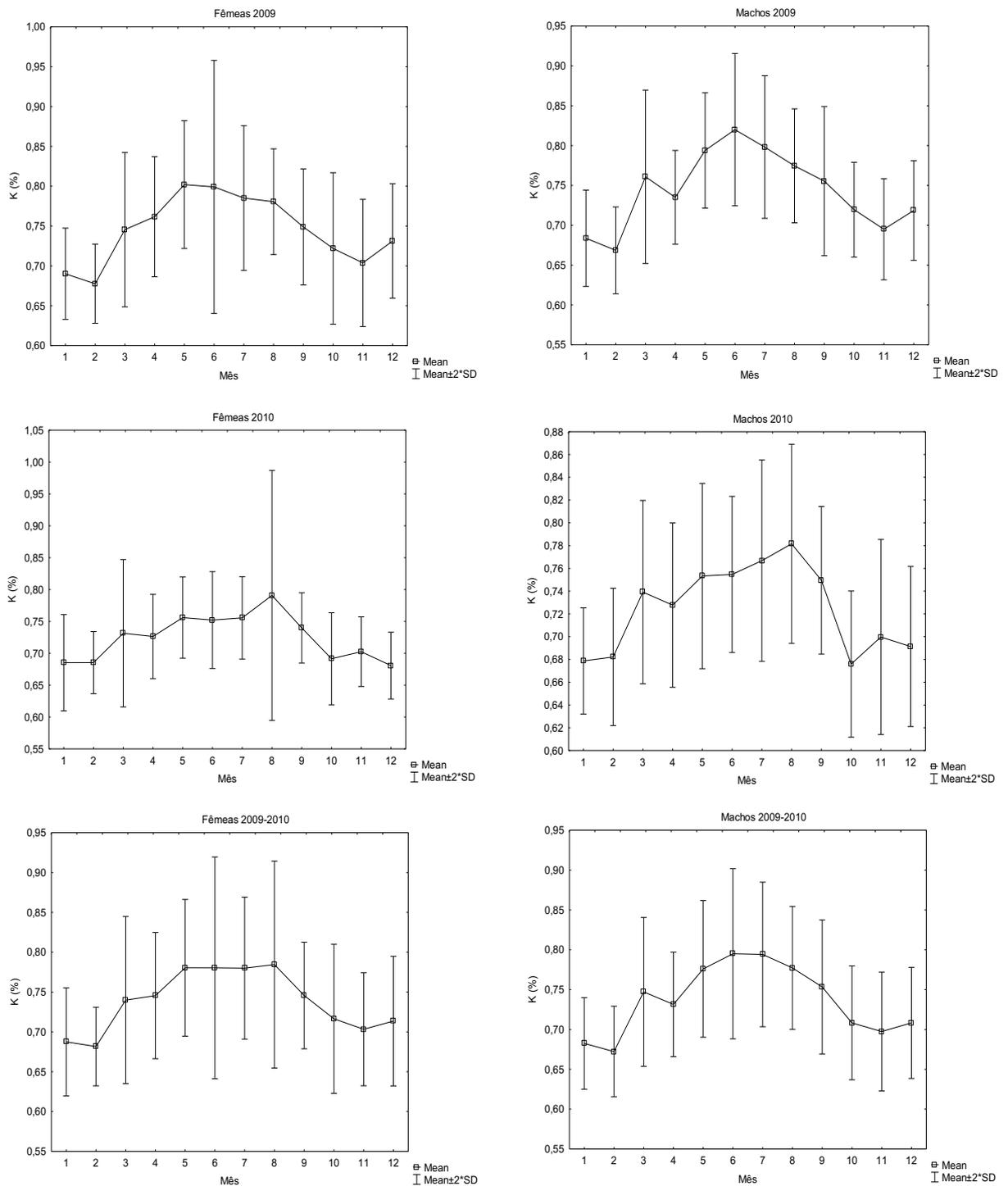


Figura 30 – Evolução mensal do fator de condição Fulton (K) estimado para fêmeas e machos de *T. picturatus* capturado nas águas da Madeira no período de 2009 – 2010.

os meses de desova (janeiro e fevereiro) e com picos nos meses de junho (2009 e 2009 – 2010) e agosto (2010).

12.3.3. Ogiva de maturação sexual por comprimento e por idades

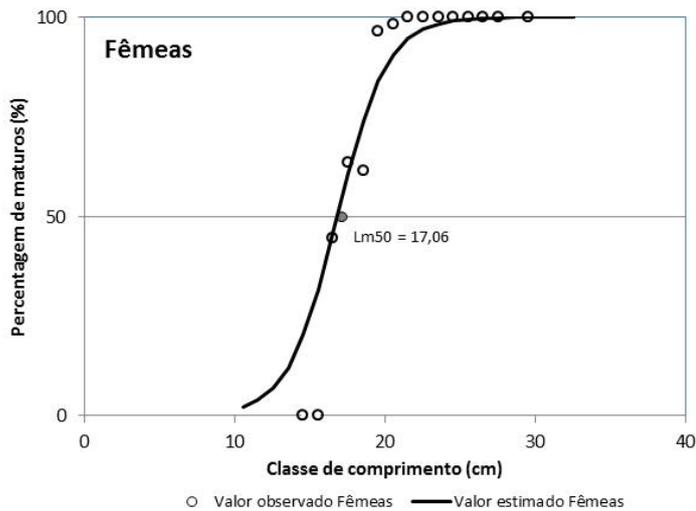
Estimaram-se as ogivas de maturação sexual em função do comprimento total (cm) (Figura 31) e da idade (ano) (Figura 32) para fêmeas, machos e total de indivíduos amostrados entre 2009 e 2010 (ano médio). Pode verificar-se, da observação dos gráficos que, a partir de 16.50 cm de comprimento total, existem indivíduos sexualmente maduros e que, a partir dos 17.10 cm, todos os indivíduos são maduros.

Os comprimentos totais (LT) médios no qual 50% dos indivíduos atingiram a maturidade sexual, estimados para o ano médio e para machos e para fêmeas, foram 17.04 cm e 17.06 cm, respetivamente (Tabela 34). O menor indivíduo maturo amostrado durante o período referido foi uma fêmea com 16.20 cm de comprimento total. O menor macho adulto (maturo) amostrado apresentou um comprimento total de 17.10 cm.

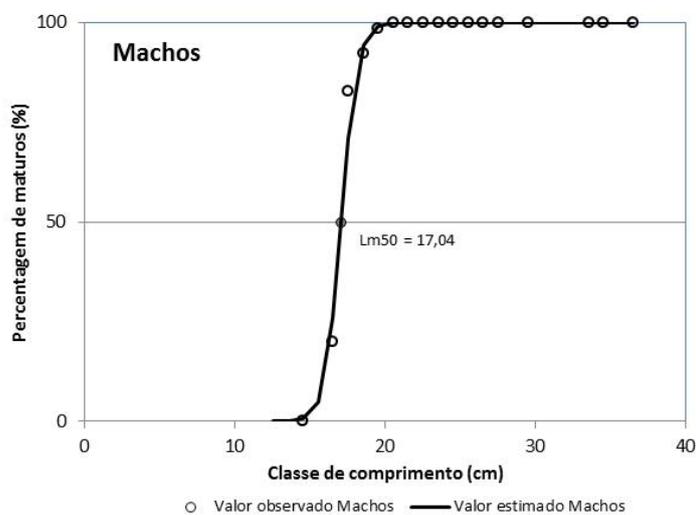
Tabela 34 – Comprimentos médios à primeira maturação (Lm_{50}) obtidos para fêmeas (F), machos (M) e total (T) de indivíduos amostrados no período 2009 a 2010.

	Sexo	Lm_{50} (cm)
2009 – 2010	F	17.06
	M	17.04
	T	17.10

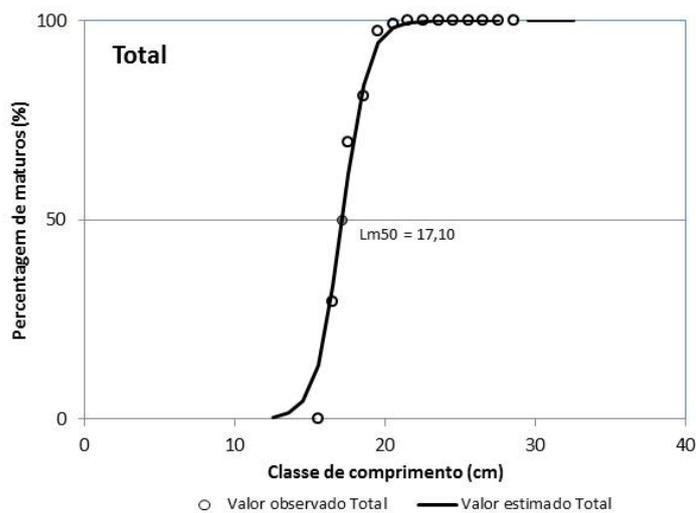
Para além das ogivas de maturação sexual em função do comprimento total (cm) determinaram-se igualmente as percentagens de fêmeas, machos e total de indivíduos maduros de chicharro entre 2009 e 2010, em função do grupo de idade (Figura 32). Para este fim foram utilizadas as composições de idades anuais em número (ver Figura 40, Capítulo 13 – Estado do recurso) e as composições de juvenis e adultos por grupo de idade (ver Figura 42, Capítulo 13 – Estado do recurso), para o total e por sexo das capturas de chicharro referentes a 2009 e 2010. As idades médias à primeira maturação (50%) estimadas para o ano médio e para fêmeas (F), machos (M) e total (T) de indivíduos estão descritas na Tabela 35. O chicharro maturou na segunda metade do primeiro ano.



$$Fêmeas: P = \frac{100}{1 + e^{-(-10.15)(L-17.06)}}$$

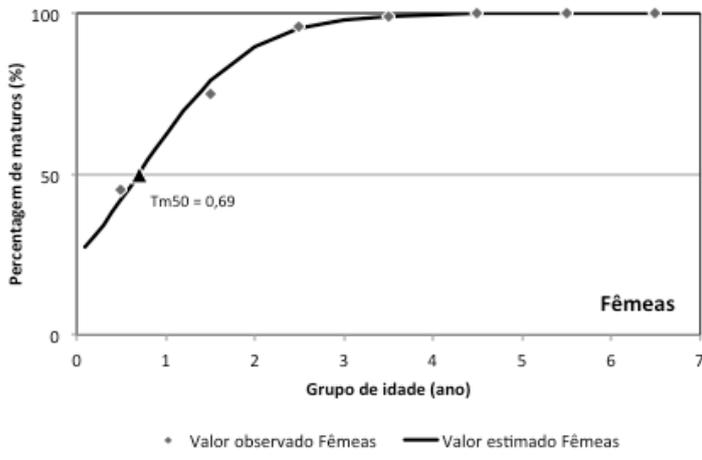


$$Machos: P = \frac{100}{1 + e^{-(-32.98)(L-17.04)}}$$

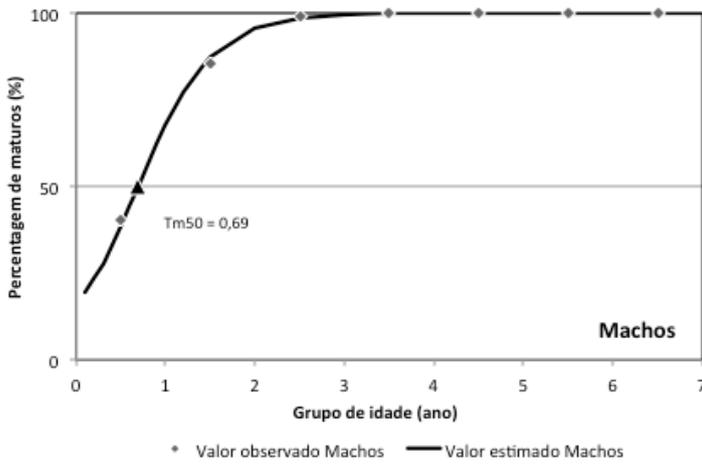


$$Total: P = \frac{100}{1 + e^{-(-19.96)(L-17.10)}}$$

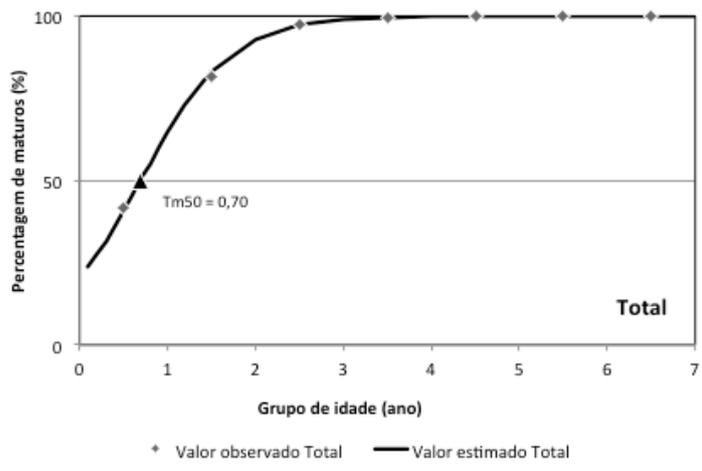
Figura 31 – Ogivas de maturação sexual em função das classes de comprimento total (cm) estimadas para fêmeas e machos de *T. picturatus* da Madeira para o ano médio (2009 – 2010).



$$Fêmeas: P = \frac{100}{1 + e^{-(-1.140)(T-0.69)}}$$



$$Machos: P = \frac{100}{1 + e^{-(-1.667)(T-0.69)}}$$



$$Total: P = \frac{100}{1 + e^{-(-1.372)(T-0.70)}}$$

Figura 32 – Ogivas de maturação em função do grupo de idade (ano) estimadas para fêmeas e machos de *T. picturatus* da Madeira para o ano médio (2009 – 2010).

Tabela 35 – Idades médias à primeira maturação Tm_{50} (ano) obtidas para fêmeas (F), machos (M) e total (T) de indivíduos amostrados entre os anos de 2009 e 2010.

	Sexo	Tm_{50} (ano)
2009 – 2010	F	0.69
	M	0.69
	T	0.70

12.3.4. Tipo de fecundidade

Para o estudo do tipo de fecundidade foram conservadas 208 gónadas de fêmeas em formol a 10% pertencentes aos estados de maturação II e III. Foram medidos 1403 ovócitos (306 em crescimento primário, 385 no estado de alvéolo cortical e 712 em vitelogénese) presentes em 140 cortes histológicos de ovários de fêmeas nos estados de desenvolvimento (estado II) e capaz de se reproduzir (estado III). O tipo de fecundidade foi analisado segundo os quatro critérios mencionados em "Material e Métodos".

1) Distribuição de frequências de tamanhos de ovócitos

Na Figura 33 está representada a distribuição das frequências de tamanho (diâmetro) dos ovócitos nos estados de pré-vitelogénese e vitelogénese medidos a partir dos cortes histológicos.

Os ovócitos pré-vitelogénicos constituem 48% do número total de ovócitos medidos com diâmetros compreendidos entre os 71 e os 213 μm . O diâmetro dos ovócitos vitelogénicos variou entre os 126 e os 493 μm . Não se verificou um hiato entre os ovócitos pré-vitelogénicos e vitelogénicos.

Na Figura 34 encontra-se representada a distribuição das frequências de tamanhos dos ovócitos com núcleo visível e em vitelogénese avançada, durante a época de desova (sem migração do núcleo ou folículos pós-ovulatórios). Não se evidenciou nenhuma coorte dominante ao longo do tempo na distribuição das frequências de tamanhos dos ovócitos de *T. picturatus* durante a época da desova (Figura 34).

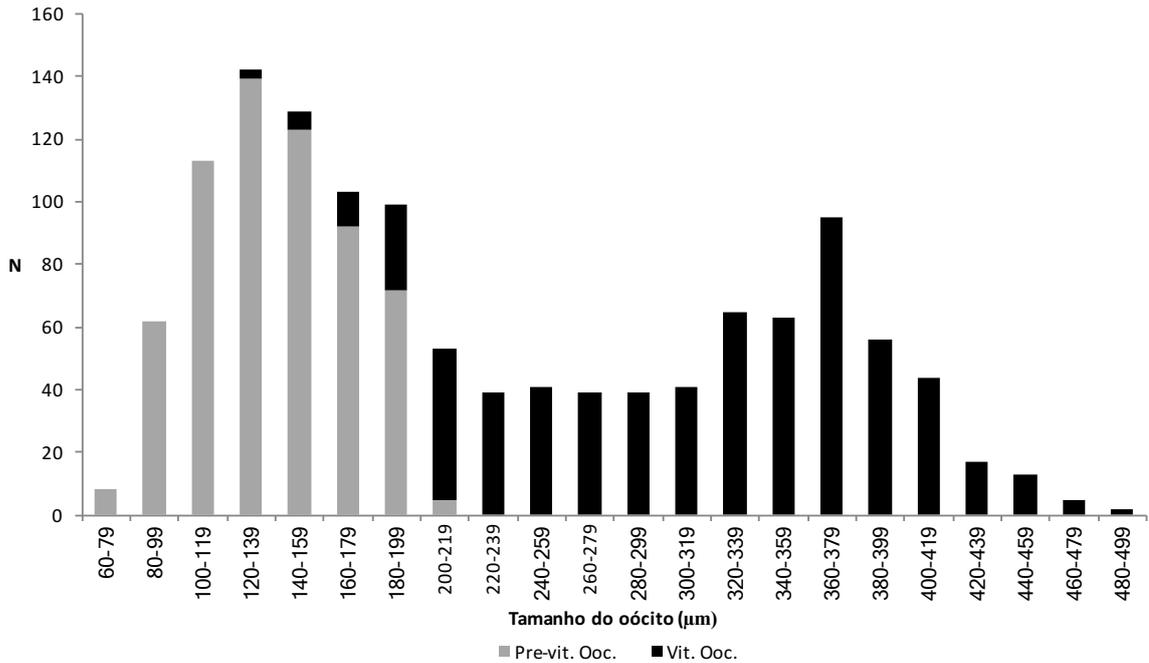


Figura 33 – Distribuição das frequências de tamanho dos ovócitos (em microns) presentes em ovários de *T. picturatus* no estado de desenvolvimento (estado II).

2) Variação média mensal do número de ovócitos corticais e vitelogênicos

Na Figura 35 estão representados o número de ovócitos no estado de alvéolo cortical (a) e em vitelogénese avançada (b) durante a época de desova. Em relação à segunda linha de evidência, não se verificou uma tendência de diminuição no número médio de ovócitos no estado de alvéolo cortical (ANOVA; $p = 0.31$; $F_{(3;99)} = 1.22$) (Figura 35.a) e em vitelogénese avançada (ANOVA; $p = 0.29$; $F_{(3;121)} = 1.27$) (Figura 35.b) entre janeiro e abril.

3) Diâmetro médio dos ovócitos ao longo da época de postura

No que se refere à terceira linha de evidência, foi analisado o tamanho médio dos ovócitos no estado de alvéolo cortical (Figura 36.a) e vitelogênicos (Figura 36.b). O diâmetro médio dos ovócitos no estado de alvéolo cortical não aumentou ao longo da época de desova (ANOVA; $p = 0.58$; $F_{(3;283)} = 0.66$). No caso das médias mensais do diâmetro dos ovócitos vitelogênicos, verificaram-se diferenças significativas ao longo da época de desova (ANOVA; $p < 0.01$; $F_{(3;618)} = 10.87$), tendo sido o mês de fevereiro o responsável pelas diferenças encontradas, quando comparado com os meses de janeiro (Kruskal-Wallis; $p = 0,001$), março (Kruskal-Wallis; $p < 0.001$) e abril (Kruskal-Wallis; $p = 0,046$).

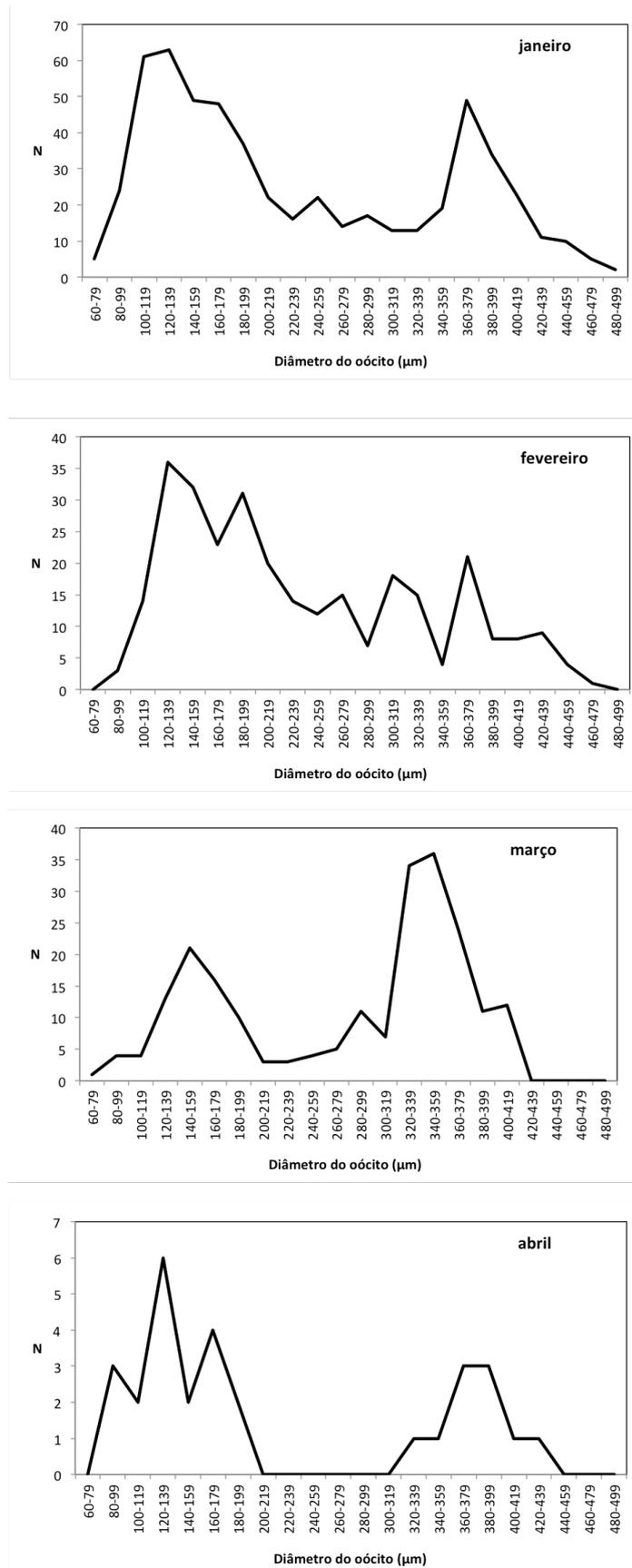


Figura 34 – Distribuição das frequências de tamanhos dos ovócitos de *T. picturatus* por classes de diâmetro de 20 µm, ao longo do período de desova.

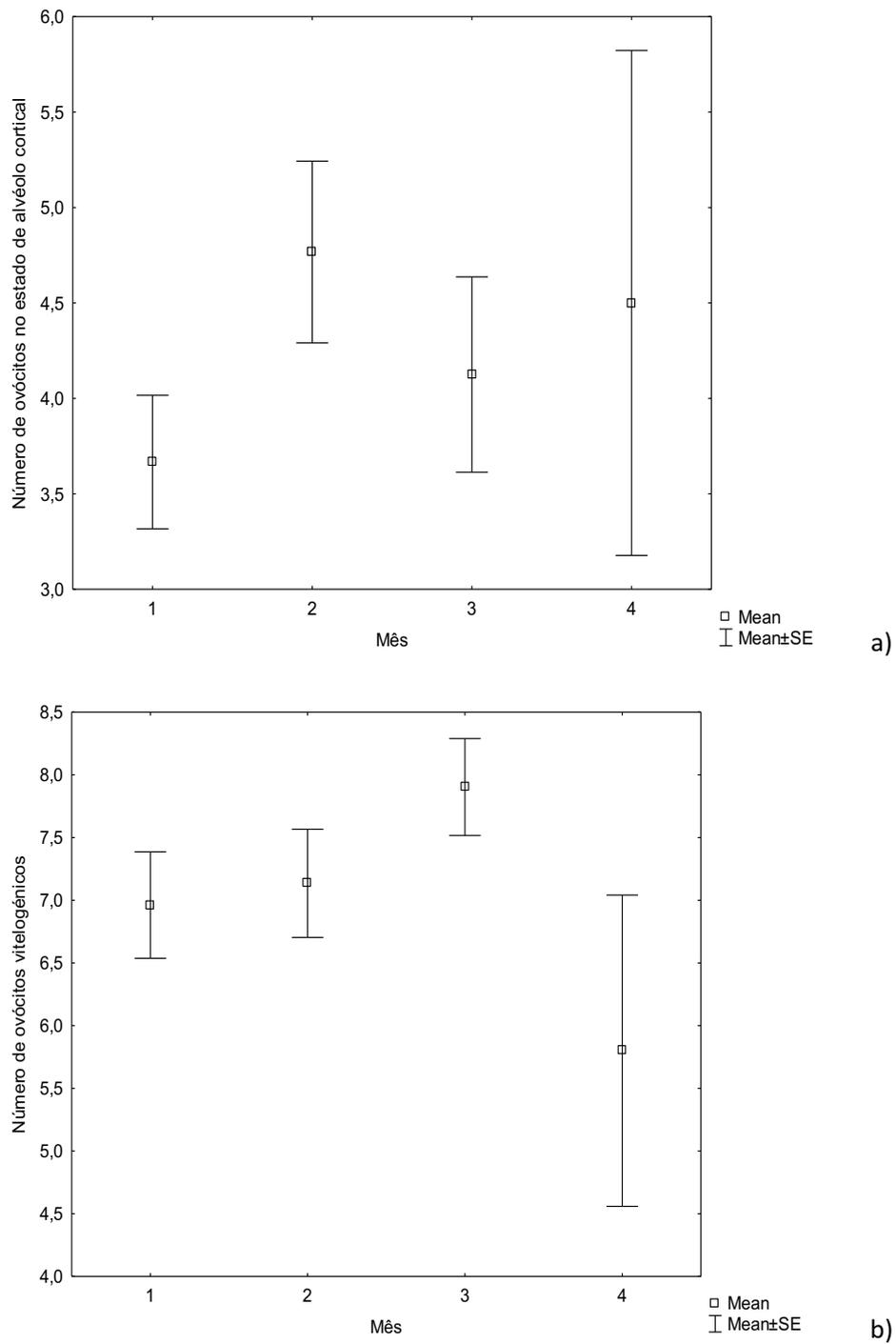


Figura 35 – Variação mensal do número médio de ovócitos no estado de alvéolo cortical (a) e ovócitos vitelogénicos (b) e erro padrão de *T. picturatus* da Madeira.

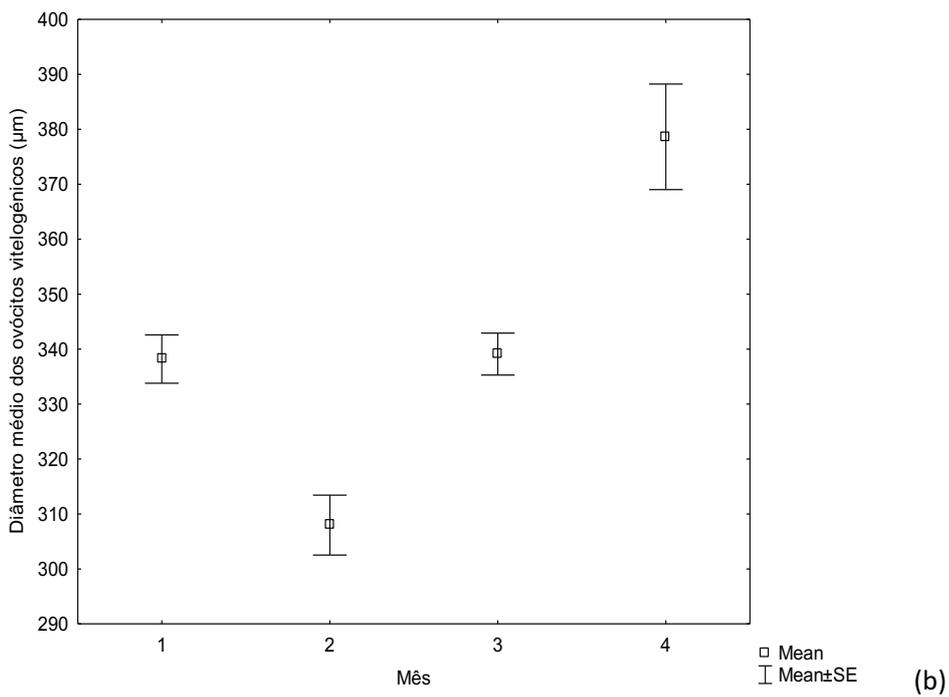
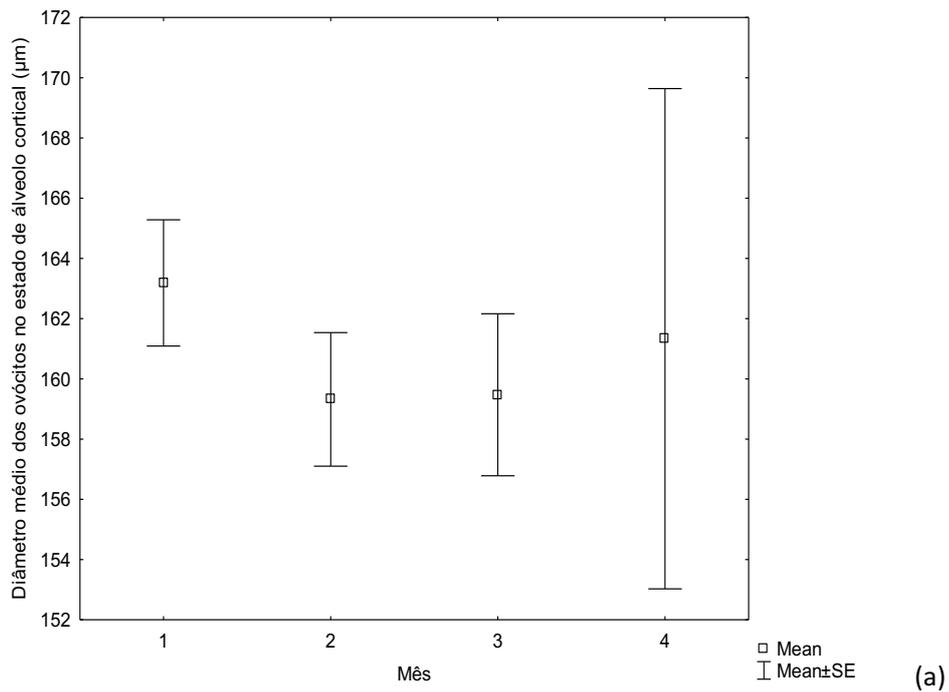


Figura 36 – Variação mensal do diâmetro médio e erro padrão dos ovócitos no estado de alvéolo cortical (a) e vitelogênicos (b) ao longo da época de desova de *T. picturatus* da Madeira.

4) Variação média mensal da intensidade relativa da atresia

Na Figura 37 está representada a incidência da atresia durante a época de desova. Verificou-se a presença de atresia nos estádios de maturação II a III, mas em diferentes níveis. A incidência da fase α -atresia foi alta (entre 24.52% e 31.20%) durante os primeiros meses do período de desova. No final deste período verificou-se um aumento, atingindo 44.08% no mês de abril. A prevalência da atresia (todos os tipos) foi de 71.97%.

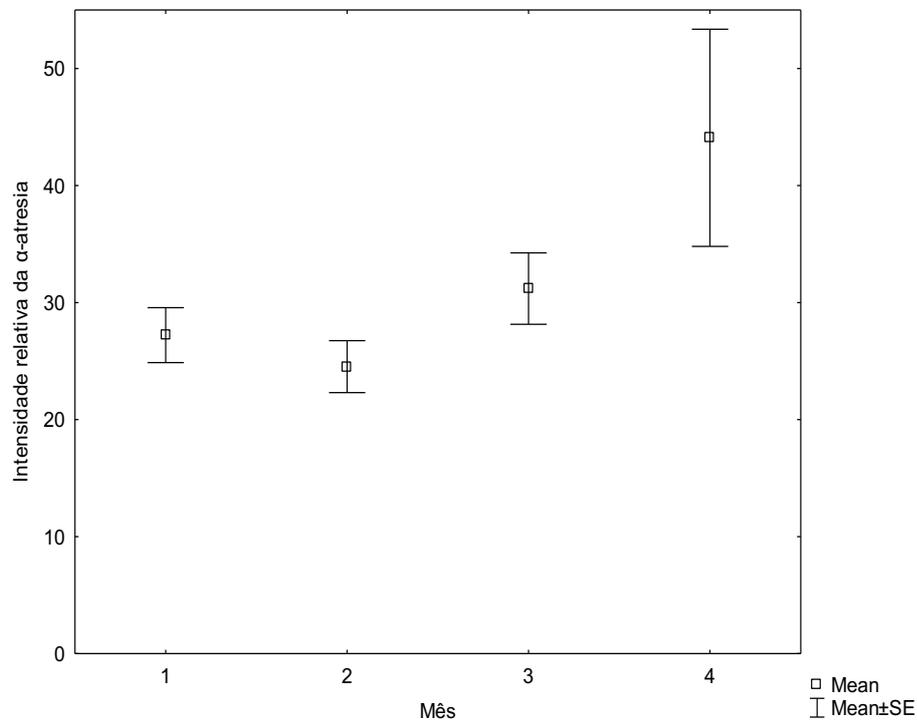


Figura 37 – Variação mensal da intensidade média relativa da α -atresia e erro padrão durante o período de desova para o *T. picturatus* das águas da Madeira.

12.4. Discussão

Neste estudo, verificou-se uma grande variabilidade na proporção de fêmeas e machos por mês, por classe de comprimento e por grupo de idade, em cada ano. A proporção de sexos geral obtida no presente estudo está de acordo com os resultados estimados por Jesus (1992) para o chicharro da Madeira, onde as fêmeas ocorreram em maior número que os machos (1:1.2) nos desembarques analisados, mas difere dos valores obtidos por Jurado-Ruzafa & Santamaría (2013) nas Ilhas Canárias e Garcia *et al.* (2015) nos Açores, onde os machos ocorreram em maior número que as fêmeas com uma proporção sexual de 1.36:1 e 1.11:1, respetivamente. González *et al.* (2012) referem igualmente uma proporção de sexos a favor dos machos (1:0.73), para o chicharro de Canárias. Isidro (1990b), estudando igualmente *T. picturatus* presente nos Açores, mencionou uma predominância de fêmeas (59.6% do sexo feminino contra 40.04% do sexo masculino). Cousseau (1967), ao estudar *T. picturatus australis* do Mar del Plata, também relatou um ligeiro predomínio do sexo feminino (45.8%; n = 305) sobre o masculino (39%; n = 260) em todos os meses do ano. O desvio da proporção de sexos de 1:1 pode ser devido a alterações no equilíbrio, tais como as taxas de crescimento, que afetam diretamente a vulnerabilidade dos juvenis à predação, o recrutamento para a população disponível à pesca ou às migrações (Vicentini & Araujo, 2003; Amenzoui *et al.*, 2006). Isto pode levar a diferenças nas proporções de sexos nas capturas, modificando a composição sexual do stock (Silva, 2007). Para um melhor conhecimento do ciclo reprodutivo do chicharro presente nas águas do arquipélago da Madeira, os ovários e testículos foram classificados macroscopicamente nos diferentes estados de maturação. A baixa percentagem de fêmeas na época de desova (inverno – primavera) pode ser explicada pelo facto destas desovarem junto ao substrato e, desta forma, não ficarem tão acessíveis à captura pela arte de pesca de cerco, tal como ocorre em espécies relacionadas (Abaunza *et al.*, 2003).

Jesus (1992), estudando o chicharro presente na mesma área de distribuição, observou que, tanto para fêmeas como para machos, as fases de regeneração e regressão (referida como descanso e recuperação) ocorreram, predominantemente, nos meses de junho e setembro. O início de desenvolvimento das gónadas ocorreu no mês de novembro enquanto as gónadas na fase capaz de desovar (referida por desova) foram observadas entre janeiro e março.

No estudo efetuado por Jurado-Ruzafa & Santamaría (2013) sobre o chicharro presente nas Ilhas Canárias, o estado de desenvolvimento (referido como maturação) ocorreu entre março e junho para fêmeas e entre janeiro e junho para machos. O estado de capaz de desovar (referido como desova) ocorreu no mês de fevereiro para fêmeas e nos meses de janeiro e fevereiro para machos.

As gónadas em regressão (referida como desovado) foram encontradas nos meses de janeiro e entre abril e junho para as fêmeas e nos meses de fevereiro e abril para machos.

O processo de atribuição de estados de maturação macroscopicamente, processo rápido e pouco dispendioso (Tomkiewicz *et al.*, 2003), é incerto e com um elevado grau de subjetividade pois baseia-se em critérios arbitrários que são dificilmente observáveis a olho nu (Lucio, 1997; Albert *et al.*, 2001) e que podem levar a problemas na gestão pesqueira. O uso de histologia em estudos de reprodução tornou-se amplamente difundida pelo facto de ser mais consistente e fiável (Murua *et al.*, 2003). Assim, apenas por meio de análise histológica, é possível identificar com maior precisão os estados de maturação. Apesar da elevada concordância verificada entre a escala de maturação macroscópica e a análise histológica, ocorreram alguns erros entre os estados IV (regressão) e V (regeneração), em fêmeas.

Durante o ciclo sexual ocorre um aumento progressivo do peso das gónadas, até ao período de desova. Assim sendo, a época de desova do chicharro presente na Madeira foi determinada a partir da frequência mensal do estado de maturação III (capaz de se reproduzir) e confirmada pela variação mensal do índice gonadossomático (*IGS*).

Os valores máximos de *IGS* observados foram surpreendentemente baixos, facto também relatado por Garcia *et al.* (2015) para *T. picturatus* dos Açores (cerca de 5%). Estes valores são substancialmente mais baixos do que os relatados para outras espécies do mesmo género (que podem atingir 10% durante o período reprodutivo) como *T. trachurus* (Macer, 1974) e *T. mediterraneus* (Viette *et al.*, 1997).

Tanto os estados de maturação (visualização macroscópica) como a variação sazonal dos valores médios do *IGS* indicam que o período reprodutivo para o chicharro da Madeira ocorre, principalmente, nos primeiros quatro meses do ano, com atividade máxima entre janeiro e fevereiro. Estes resultados estão de acordo com os dados estimados anteriormente nesta área geográfica (Jesus, 1992; Faria & Vasconcelos, 2008), nos Açores (Isidro, 1990b; Garcia *et al.*, 2015) e Canárias (Rivero, 2006; Shaboneyev & Ryazantseva, 1977; Jurado-Ruzafa & Santamaría, 2013). O chicharro (*Trachurus australis picturatus*) presente no Mar del Plata (Cousseau, 1967) desova principalmente entre dezembro e janeiro, com oscilações que vão de novembro a março, porém, neste último mês, os espécimes maduros encontrados apresentaram um menor tamanho. Cousseau (1967) menciona ainda que o início da desova ocorre quando a temperatura da água atinge 13°C e declina em torno dos 18°C. *Trachurus picturatus* do Mar Mediterrâneo ocidental exhibe uma maturação sexual temporal diferente dos locais anteriores, desovando entre junho e agosto (Lloris & Moreno, 1995).

O *IHS*, estimado para cada sexo, atingiu valores máximos no mês de junho, diminuindo em seguida de forma constante. Este pico, logo após a época de desova, demonstra a rápida recuperação do fígado quanto à taxa de lípidos (Vasconcelos, 2006). Verificou-se, igualmente, que os valores observados para as fêmeas foram mais elevados que os verificados para os machos, especialmente no primeiro trimestre do ano.

O fator de condição (*K*) exibiu uma tendência ao longo do ano, atingindo valores máximos entre junho e agosto, à semelhança do *IHS*. Normalmente, as variações nestes índices (*IHS* e *K*) significam o armazenamento de energia para a reprodução (Hoar *et al.*, 1983).

Em relação ao comprimento à primeira maturação (Lm_{50}), a sua utilidade deve ser vista com cautela. Trippel & Harvey (1991) mostraram que podem ser estimados valores muito semelhantes para diferentes distribuições da proporção de maturos por idade. O comprimento à primeira maturação estimado neste trabalho foi semelhante ao estimado anteriormente por Jesus (1992) para *T. picturatus* na Madeira (fêmeas = 17.68 cm LT e os machos = 16.57 cm LT), mas inferior aos estimados por Faria & Vasconcelos (2008) (fêmeas = 21.78 cm LT e os machos = 21.19 cm LT).

O Lm_{50} obtido para o chicharro das Ilhas Canárias foi de 23.05 cm TL para fêmeas e 21.20 cm LT para machos (Jurado-Ruzafa & Santamaria, 2013). González *et al.* (2012) referem um comprimento à primeira maturação de 22.7 cm tanto para fêmeas como para machos de chicharro de Canárias (Anexo 27). De acordo com Isidro (1990b), a população de *T. picturatus* dos Açores desova com um Lm_{50} de 20 – 25 cm LF. O autor reportou ainda que foram encontradas fêmeas maduras a partir de 14 cm LF e machos maturos desde os 15 cm LF. Garcia *et al.* (2015) estimaram um Lm_{50} de 27.7 cm LF para o sexo feminino e 28.8 cm LF para machos. Em Mar del Plata, Cousseau (1967) encontrou espécimes maturos de *T. picturatus australis* com 13 cm LT. No presente estudo foram encontrados fêmeas maduras desde os 16.20 cm LT e machos maduros desde os 17.10 cm LT. Sem dúvida, o comprimento e idade média à primeira maturação podem, para uma mesma espécie, variar entre localidades devido a diferenças nas condições oceanográficas e devido ao caráter próprio de cada população (Molina & Laatzén, 1986).

Relativamente à idade à primeira maturação (Tm_{50}), os valores estimados para fêmeas e machos são muito inferiores aos estimados por Vasconcelos *et al.* (2008), tendo ocorrido entre 2006 e 2009 – 2010 uma diminuição nas fêmeas de 2.28 anos e nos machos de 2.11 anos para 0.69 anos (para ambos os sexos) (Anexo 28).

A seletividade da rede de cerco é comumente associada à ausência de captura de indivíduos pequenos e de maiores dimensões. Desta forma, podem ocorrer enviesamentos na estimação da proporção de indivíduos maturos por idade, com a estimação de valores superiores aos

que ocorrem naturalmente na população, especialmente nos grupos etários mais jovens recrutados. De acordo com o ICES (2004), as amostras comerciais provenientes de redes com grande malhagem são particularmente suspeitas para a construção de ogivas de maturidade.

A amostragem de peixes a partir da agregação de desova também pode introduzir um desvio positivo na proporção de peixes adultos. Neste estudo, houve uma grande dificuldade na obtenção de peixes adultos. Isto pode ser justificado pelo comportamento ecológico das espécies (Menezes *et al.*, 2006), em que as fêmeas desovam no fundo e não ficam tão acessíveis às redes de cerco durante a época de desova (no inverno – primavera) tal como ocorre em *Trachurus trachurus* (Abaunza *et al.*, 2003). Estas diferenças na capacidade de captura podem ser devido ao tipo de fundo nas áreas de desova e não desova ou devido aos efeitos do comportamento durante a desova (ICES, 1994).

Neste trabalho, todas as linhas de evidência utilizadas para determinar o tipo de fecundidade foram analisadas, pela primeira vez nesta espécie. A presença de um hiato distinto na distribuição de frequências de tamanho entre ovócitos pré-vitelogénicos e vitelogénicos indica que a fecundidade é do tipo determinado e a ausência de tal hiato normalmente significa que a fecundidade é muito provavelmente do tipo indeterminado (Murua & Saborido-Rey, 2003). No presente trabalho a análise da distribuição de frequências de tamanhos dos ovócitos não evidenciou nenhum hiato entre os ovócitos pré-vitelogénicos e vitelogénicos, indicando que o chicharro poderá ter uma fecundidade do tipo indeterminado.

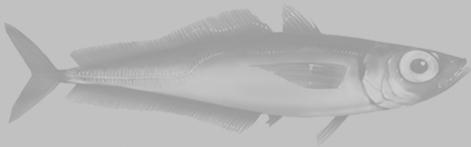
O diâmetro médio dos ovócitos no estado de alvéolo cortical e do *stock* de ovócitos em vitelogénese avançada não aumentou durante o período de desova já que não se verificou a progressão de nenhuma classe de tamanho de ovócitos dominante ao longo do tempo. O valor elevado imprevisto no mês abril (final do período de desova) é certamente consequência do menor número de ovários amostrados. Outra possibilidade é a menor taxa de recrutamento de novos ovócitos pré-vitelogénicos que não compensam o desenvolvimento em tamanho dos lotes mais avançadas do ovário e, como resultado, o tamanho médio dos ovócitos aumenta. O decréscimo no número do *stock* de ovócitos em vitelogénese avançada no mês de abril poderá estar relacionado com o final da época da desova. Nessa altura, a maioria do *stock* de ovócitos em vitelogénese avançada pode ter entrado em atresia e aqueles que permaneceram provavelmente constituem a última coorte que será emitida num futuro próximo, estando os restantes ovócitos em atresia. Além disso, o número médio de ovócitos no estado de alvéolo cortical e em vitelogénese avançada não diminuiu ao longo do período de desova, mantendo-se mais ou menos constante. Em espécies com fecundidade determinada, é esperado uma diminuição no número de ovócitos vitelogénicos durante a época de desova uma vez que não são recrutados ovócitos para substituir aqueles que são emitidos (Murua & Saborido-Rey, 2003).

Finalmente, em relação ao último critério e de acordo com Hunter *et al.* (1992), em peixes com fecundidade determinada, a atresia raramente ocorre e se estiver presente, está distribuída esparsamente ao longo da estação reprodutiva. Além disso, baixos níveis de atresia são característicos de peixes com fecundidade determinada. No presente trabalho, a atresia foi observada durante o período de desova em percentagens altas, atingindo uma incidência mais elevada no final do período. Estes resultados são a favor da fecundidade do tipo indeterminado. O valor mais alto de incidência da atresia observado em abril deve estar associado com o fim da época de desova, o que é consistente com um tipo de fecundidade indeterminado (Gordo *et al.*, 2008).

Este estudo confirma que esta espécie apresenta uma fecundidade do tipo indeterminado. O conhecimento do tipo de fecundidade contribui para uma melhor compreensão do potencial reprodutivo e permite definir uma melhor metodologia a ser utilizada no futuro na estimativa da fecundidade anual, essencial para o cálculo da biomassa da população reprodutora.

PESCA

13



ESTADO DO RECURSO

13.1. Introdução

A gestão da pesca tornou-se um dos principais problemas que cientistas enfrentam na atualidade (Gulland, 1974). O objetivo da gestão pesqueira contemporânea passa pelo rendimento sustentável dos recursos naturais, salvaguardando a biodiversidade do ambiente aquático (Fernö & Olsen, 1994) e garantindo, assim, um melhor uso dos recursos limitados do oceano (Gulland, 1974).

Desde a pré-história, a pesca tem vindo a adquirir uma enorme importância, tendo-se expandido rapidamente nos últimos 50 anos (Haddon, 2001). O aumento desproporcional das capturas, que teve um aumento exponencial nas décadas de 60 e 70 do século passado (Gulland, 1974), deveu-se principalmente ao crescimento populacional e consequente aumento das necessidades ao nível alimentar e avanço na tecnologia que simplificou a captura, processamento, distribuição e venda do pescado (Haddon, 2001).

O impacto da pesca nos organismos marinhos manifesta-se em todo o mundo e é visto, com maior nitidez, na resultante diminuição do tamanho das populações das diversas espécies-alvo (Kaiser & De Groot, 2000) bem como nas alterações ao nível da sua abundância em número e em peso (biomassa), na composição de comprimentos e de idades e na própria distribuição geográfica (Haddon, 2001). Não surpreendentemente, esta problemática levou a tentativas concertadas para a gestão e sustentabilidade das populações de espécies de valor comercial para muitas economias locais, defletido, deste modo, a maioria das pesquisas ligadas à pesca para uma melhoria na gestão das populações de espécies-alvo (Kaiser & De Groot, 2000).

Mudanças na distribuição e abundância das diversas espécies de peixes marinhos, ao longo do tempo e espaço, influenciam a sua disponibilidade para a pesca (Fernö & Olsen, 1994; Jennings *et al.*, 2001). As variações nos diferentes fatores motivacionais determinam as respostas dos peixes a artes de pesca e embarcações. Por outro lado, o comportamento social influencia a agregação e densidade de peixes com efeitos profundos no sucesso da captura de peixes e na precisão das estimativas populacionais (Fernö & Olsen, 1994). Jennings *et al.* (2001) referem, ainda, que as flutuações referidas devem-se a: (1) processos biológicos e fisiológicos que afetam a produção e sobrevivência de ovos e larvas; (2) crescimento e mortalidade durante as fases juvenil e adulta; e (3) processos comportamentais como a migração ou uso de habitat dependendo da densidade. As flutuações na abundância dos recursos têm implicações para os pescadores, gestores de pescas e ecossistema marinho.

Os peixes que se organizam em cardumes de acordo com o tamanho (“escolas”), tais como os pertencentes à família Carangidae (e a maioria dos Clupeidae e Scombridae), são a base de

grandes pescarias em todo o mundo e que sustentam as indústrias de pesca. Atualmente, muitos dos métodos de pesca em uso são tão eficazes que, sem normas rígidas, as unidades populacionais pelágicas seriam rapidamente esgotadas. Em particular, a invenção do bloco de energia hidráulica para a manipulação de redes de cerco, em combinação com a introdução de instrumentos acústicos para deteção de peixe, levou a uma maior pressão de pesca em muitas unidades populacionais pelágicas em 1960 e 1970 (Misund, 1994).

O objetivo deste capítulo consiste na obtenção de algumas informações sobre a estrutura populacional do chicharro presente nas águas do arquipélago da Madeira. Pretende estimar-se as composições de comprimentos e de idades das capturas anuais (2009 – 2010) de chicharro em número e em peso, as composições de juvenis e adultos por classe de comprimento e por grupo de idade para cada ano e calcular o comprimento, idade e peso médios das capturas por ano. Para a determinação da mortalidade total (e, também da mortalidade por pesca) ao longo dos anos, estimaram-se as composições de comprimentos das capturas anuais (2011 – 2015) de chicharro em número. Finalmente, aplicou-se um modelo de produção por recruta que permite ter uma primeira estimativa do estado de exploração do recurso nas águas madeirenses.

13.2. Material e Métodos

Para o estudo da estrutura das capturas de chicharro presente no arquipélago da Madeira utilizaram-se os dados referentes às amostras (amostragens biológica e estatística) recolhidas pela *DSI* e dos desembarques anuais de chicharro (2009 a 2015) fornecidos pela *DSIAP* (Tabela 20).

13.2.1. Composições de comprimentos e idades

- 1) Estimação das composições de comprimentos das capturas anuais de chicharro em número e em peso

Foram obtidas as composições de comprimentos anuais (em número), para fêmeas, machos e total de indivíduos, das capturas de chicharro na Madeira, para os anos de 2009 e 2010, através de um processo de ampliação simples das distribuições de frequências de comprimentos das amostras (biológica e estatística) (Anexos 29 e 30) de chicharro, para o total das capturas (dados referentes aos desembarques diários de chicharro na lota do Funchal, *DSIAP*), mês a mês, ao longo do ano.

Para o processo de ampliação simples de frequências de comprimentos das amostras às capturas seguiu-se o método descrito por Vasconcelos (2006). As distribuições de frequências de comprimentos das amostras (biológica e estatística) foram ampliadas ao barco multiplicando as composições pelo fator de ampliação 1 (FA1: razão entre a captura total do barco amostrado e o peso total da amostra, em *kg*). Seguidamente ampliou-se ao dia com a multiplicação das composições anteriores pelo fator de ampliação 2 (FA2: razão entre a captura total do dia amostrado e a captura do barco amostrado, em *kg*). Separaram-se então as fêmeas dos machos utilizando as proporções anuais de cada sexo estimadas no Capítulo 12 (Reprodução). As composições de frequências de comprimentos ampliadas ao dia (fêmeas, machos e total de indivíduos) foram multiplicadas pelo fator de ampliação 3 (FA3: razão entre a captura total mensal e a captura total dos dias amostrados nesse mês), resultando as composições de comprimentos ampliadas ao mês (Anexos 31 e 32). Finalmente, as composições de comprimentos anuais (2009 a 2010) das capturas de fêmeas, machos e total de indivíduos de chicharro da Madeira (Anexo 33), foram obtidas pela soma das composições mensais estimadas anteriormente.

Foram, igualmente estimadas as composições de comprimentos anuais em peso segundo a metodologia aplicada por Vasconcelos (2006). Estas foram obtidas multiplicando as capturas em número, em cada classe de comprimento, pelos respetivos pesos médios obtidos através da relação

peso-comprimento (usando os pontos médios de cada classe) estimada para cada ano e por sexo (Anexo 20), convertendo para *kg*. As composições em peso obtidas foram ajustadas através do fator de correção *SOP* (soma dos produtos), determinado pelo quociente entre a captura em peso estimada e a captura em peso real (desembarcada), resultando assim nas composições das capturas em peso anuais corrigidas (Anexo 34).

Para a determinação da mortalidade total em cada um dos anos, efetuou-se o mesmo processo de ampliação das amostras às capturas para os anos 2011 a 2015.

2) Estimação das composições de idade das capturas anuais de chicharro em número

Para a obtenção das composições de idades em número das capturas anuais de chicharro na Madeira, as chaves idade-comprimento (ver Capítulo 11 – Idade e Crescimento) foram aplicadas às correspondentes composições de comprimentos anuais em número provenientes do processo de ampliação simples (Vasconcelos, 2006).

3) Estimação das composições de juvenis e de adultos por classe de comprimento e por grupo de idade na captura de cada ano

A partir dos dados das composições de comprimentos em número das capturas anuais de chicharro provenientes do processo de ampliação simples e da proporção de fêmeas e machos maduros (Capítulo 12 - Reprodução) calcularam-se as composições de juvenis e de adultos por classe de comprimento e por grupo de idade, em cada ano (Vasconcelos, 2006). Os peixes adultos são diferenciados dos juvenis pelo facto de serem capazes de se reproduzir. Neste grupo de indivíduos sexualmente maduros encontram-se todos os que apresentam gónadas nos estados de maturação II a V. A partir dos comprimentos totais (*LT*) médios de 17.04 cm, para machos, e 17.06 cm, para fêmeas, 50% dos indivíduos atingiram a maturidade sexual.

4) Cálculo do comprimento, idade e peso médios na captura de cada ano.

Os comprimentos e as idades médias foram calculadas a partir das composições de comprimentos e de idades em número das capturas de chicharro na Madeira. Para a estimação dos

pesos médios à idade recorreu-se às capturas em peso anuais estimadas neste trabalho (Vasconcelos, 2006).

13.2.2. Mortalidade

A mortalidade é um parâmetro fundamental na compreensão da dinâmica de qualquer população. Podem ocorrer dois tipos distintos de mortalidade em populações de peixes. Em primeiro lugar, mortalidade natural (vulgarmente designado pela letra M), que é a perda de população a partir de fontes naturais, tais como a predação, doença e velhice, e em segundo a mortalidade por pesca (designado pela letra F) que, como o nome sugere, é a perda de população pela pesca. A mortalidade por pesca e a mortalidade natural combinam-se para dar a mortalidade total (referido pela letra Z) (segundo Beverton & Holt, 1957) (Equação 19), da seguinte forma:

$$Z = M + F \quad \text{(Equação 19)}$$

em que:

Z = Mortalidade total;

M = Mortalidade natural;

F = Mortalidade por pesca.

Um poderoso método de cálculo da mortalidade total (Z) é o uso de curvas de captura por idades (Beverton & Holt, 1957). A análise de curvas de captura assume que a diminuição do número de indivíduos observados ao longo da estrutura etária da população é resultado da mortalidade e apenas dela. A mortalidade total (Z) foi calculada através do logaritmo natural do número de indivíduos por grupo de idade (Beverton & Holt, 1957) das capturas anuais (2009 – 2015) de chicharro na Madeira resultantes da aplicação das chaves de idade-comprimento às composições de comprimentos anuais (em número) resultantes do processo de ampliação simples. A mortalidade total (Z) foi então estimada através da representação gráfica dos valores transformados do número de indivíduos das capturas anuais (2009 – 2015) contra a idade (Ricker, 1975; Beverton & Holt, 1957; Simpfendorfer *et al.*, 2005).

Tal como sugerido por Ricker (1975), para a regressão linear apenas se usaram os valores descendentes (lado direito) da curva de captura, ou seja, as classes etárias totalmente recrutadas. Foram, desta forma, excluídos os valores ascendentes por representarem as classes de idade mais jovens, devido ao recrutamento incompleto de algumas classes etárias à arte de pesca ou à população disponível. O valor da mortalidade total foi calculado como o declive negativo da regressão (Simpfendorfer *et al.*, 2005).

Pauly (1980) descreveu um método indireto para estimar a mortalidade natural (M) relacionando-a com os parâmetros de crescimento de von Bertalanffy (L_∞ e K) e a temperatura média do ambiente (T , em graus Celsius). Este método assume que existe uma relação entre o tamanho (medido em comprimento) e a mortalidade natural. A mortalidade natural (Equação 20) foi calculada com base na equação empírica de Pauly (1980):

$$\text{Log } M = 0.0066 - 0.279 \text{ Log } L_\infty + 0.6543 \text{ Log } K + 0.4634 \text{ Log } T \quad \text{(Equação 20)}$$

em que:

M = Mortalidade natural;

L_∞ = comprimento médio assintótico (cm) da equação de crescimento de von Bertalanffy;

k = constante de crescimento (ano^{-1}), da equação de crescimento de von Bertalanffy;

T = temperatura média anual da água do mar (graus Celsius).

Para este cálculo foram utilizados como referência os parâmetros de crescimento de von Bertalanffy estimados por Vasconcelos *et al.* (2006).

A função de crescimento de von Bertalanffy é um dos modelos de crescimento mais utilizado, mas a estimativa a partir de diferentes abordagens (por exemplo, métodos de frequências de comprimento em comparação com as leituras efetuadas aos anéis presentes nas estruturas calcificadas), de diferentes regiões de estudo e de erros recorrentes da leitura efetuada a partir de anéis de crescimento pode levar a desvios na constante de crescimento de von Bertalanffy (K) (Lin *et al.*, 2015). Já os desvios no valor do comprimento médio assintótico (L_∞) podem resultar da variação regional do potencial de crescimento em diferentes habitats (Beverton & Holt, 1957), da tendência latitudinal (Helser & Lai, 2004) ou de esquemas de amostragem não representativos da estrutura de

tamanhos da população, devido à sua elevada dependência do tamanho máximo da amostra (Formacion *et al.*, 1991).

Os parâmetros de crescimento estimados neste estudo foram muito inferiores aos estimados por outros autores para a mesma espécie, apresentando o menor L_{∞} (27.98 cm) e um dos maiores K (0.266 ano⁻¹). Neste estudo, a gama de comprimentos (14.3 – 33.6 cm LT) foi inferior às obtidas em estudos efetuados anteriormente ao chicharro da Madeira, como o caso do estudo efetuado por Vasconcelos *et al.* (2006), em que os comprimentos variaram entre 17.0 – 46.0 cm LT. Devido à falta de espécimes de maior dimensão no presente estudo, para a estimação da mortalidade natural utilizaram-se os valores dos parâmetros de crescimento estimados previamente por Vasconcelos *et al.* (2006).

A taxa de exploração (fração cujo mortalidade foi causada pela pesca) foi estimada através da seguinte fórmula (Equação 21) (Cushing, 1968):

$$E = \frac{F}{Z} \quad \text{(Equação 21)}$$

em que:

E = taxa de exploração;

F = Mortalidade por pesca;

Z = Mortalidade total.

13.2.3. Aplicação do modelo de produção por recruta

O modelo de produção por recruta (estimativas da captura e biomassa por recruta) dá uma indicação do estado atual da pescaria tendo por base a estimação da mortalidade por pesca correspondente à máxima produção/captura por recruta. As estimativas da captura por recruta foram obtidas através do modelo de produção de recruta de Beverton & Holt (1957) (Equação 22):

$$\frac{Y}{R} = F e^{(-M(T_c - T_r))} W_{\infty} \left[\frac{1}{Z} - \frac{3S}{Z+K} + \frac{3S^2}{Z+2K} - \frac{S^3}{Z+3K} \right] \quad \text{(Equação 22)}$$

sendo,

$$S = e^{(-k(t_c - t_0))} \quad \text{(Equação 23)}$$

e em que:

Y/R = produção por recruta; captura em peso, por recruta;

k = constante de crescimento (ano⁻¹), que determina a forma da curva de crescimento, estimada através da Equação 10;

t_0 = idade teórica à qual o comprimento é zero (ano), estimada através da Equação 10;

T_c = idade na primeira captura (ano);

T_r = idade no recrutamento (ano);

W_{∞} = peso médio assintótico (g), estimado através da Equação 12;

F = mortalidade por pesca (ver Equação 19);

M = mortalidade natural (Equação 20);

Z = mortalidade total (equação 19).

O modelo de biomassa por recruta (Beverton & Holt, 1957) (Equação 24) exprime a biomassa média anual dos sobrevivente em função da mortalidade por pesca:

$$\frac{\bar{B}}{R} = W_{\infty} e^{(-M(T_c - T_r))} \left[\frac{1}{Z} - \frac{3S}{Z+K} + \frac{3S^2}{Z+2K} - \frac{S^3}{Z+3K} \right] \quad \text{(Equação 24)}$$

em que:

B/R = biomassa por recruta;

k = constante de crescimento (ano⁻¹), que determina a forma da curva de crescimento, estimada através da Equação 10;

T_c = idade na primeira captura (ano);

T_r = idade no recrutamento (ano);

W_∞ = peso médio assintótico (g), estimado através da Equação 12;

M = mortalidade natural (Equação 20);

Z = mortalidade total (equação 19);

S = calculado através da Equação 23.

13.3. Resultados

13.3.1. Composições de comprimentos e idades

- 1) Composições de comprimentos das capturas anuais de chicharro em número e em peso

As composições de comprimentos, em número (ver valores no Anexo 33) e em peso (ver valores no Anexo 34), das capturas anuais de chicharro na Madeira estimadas para fêmeas, machos e total em 2009 e 2010 estão representadas na Figura 38. A classe de comprimento modal (em número) nos anos de 2009 e 2010 foi respetivamente de 18 e 19 cm. Na Figura 39 (valores no Anexo 35) estão representadas as composições de comprimentos em número das capturas anuais de chicharro na Madeira estimadas para sexos combinados entre 2011 e 2015.

- 2) Composições de idade das capturas anuais de chicharro em número

Da aplicação das chaves idade-comprimento anuais (estimadas pela leitura direta) às composições de comprimentos em número das capturas anuais de chicharro resultaram as composições de idade anuais (em número) estimadas para fêmeas, machos e total de indivíduos em 2009 e 2010 (Figura 40; valores no Anexo 36).

As composições de idades em número estimadas para machos e fêmeas referentes a 2009 evidenciam claramente um pico no grupo de idade 1. Os grupos de idade 0, 3, 4 e, principalmente, os 5 e 6 foram pouco capturados. Relativamente ao ano de 2010 verificou-se um pico no grupo de idade 1 para fêmeas e no grupo de idade 2 para machos.

Na Figura 41 (valores no Anexo 37) estão representados as composições de idades em número estimadas para os anos 2011 a 2015.

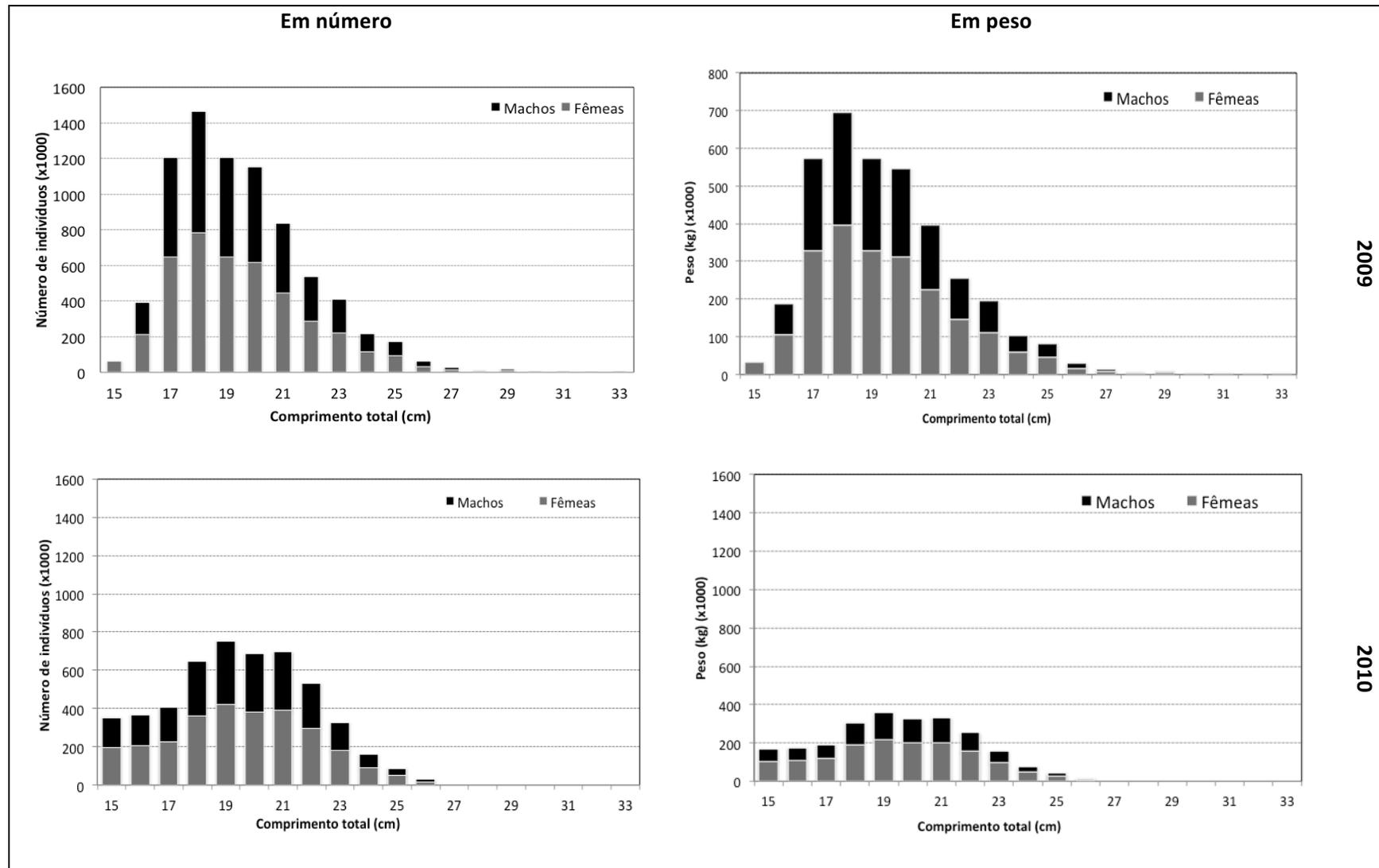


Figura 38 – Composições de comprimentos anuais (2009 – 2010), em número e em peso, das capturas de *T. picturatus* com indicação da sua composição sexual.

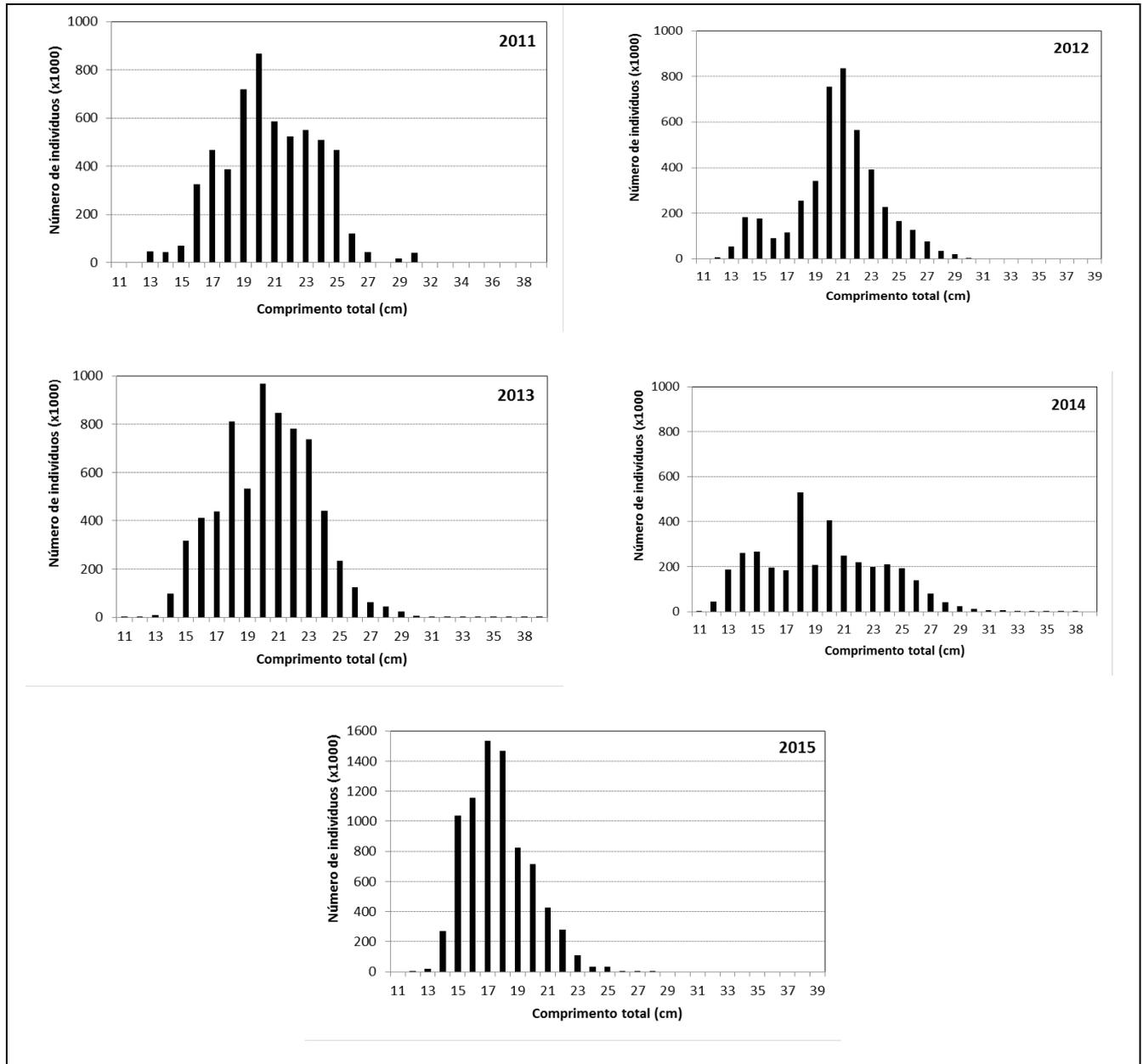


Figura 39 – Composições de comprimentos anuais (2011 – 2015), em número, das capturas de *T. picturatus* utilizadas para cálculo da mortalidade total.

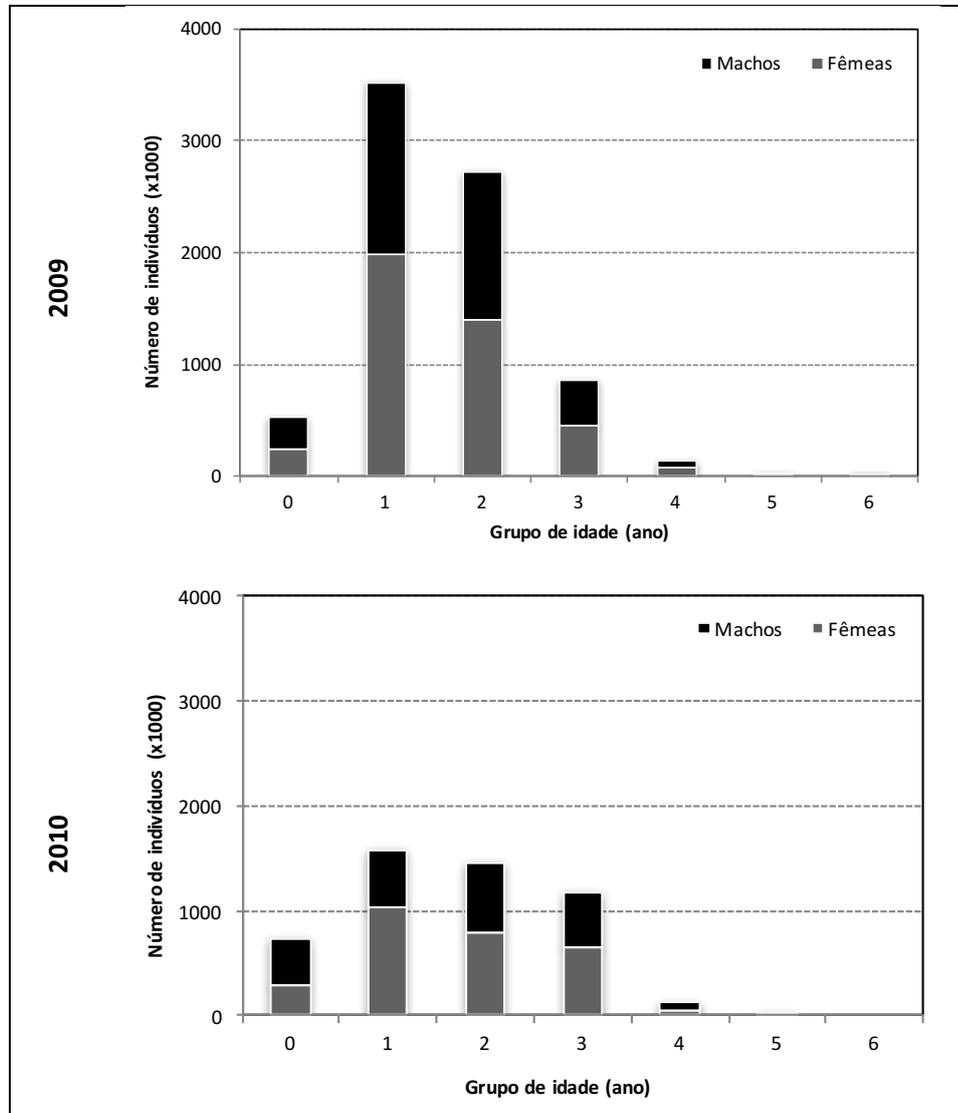


Figura 40 – Composições de idades anuais (2009 – 2010), em número, das capturas de *T. picturatus* com indicação da sua composição sexual.

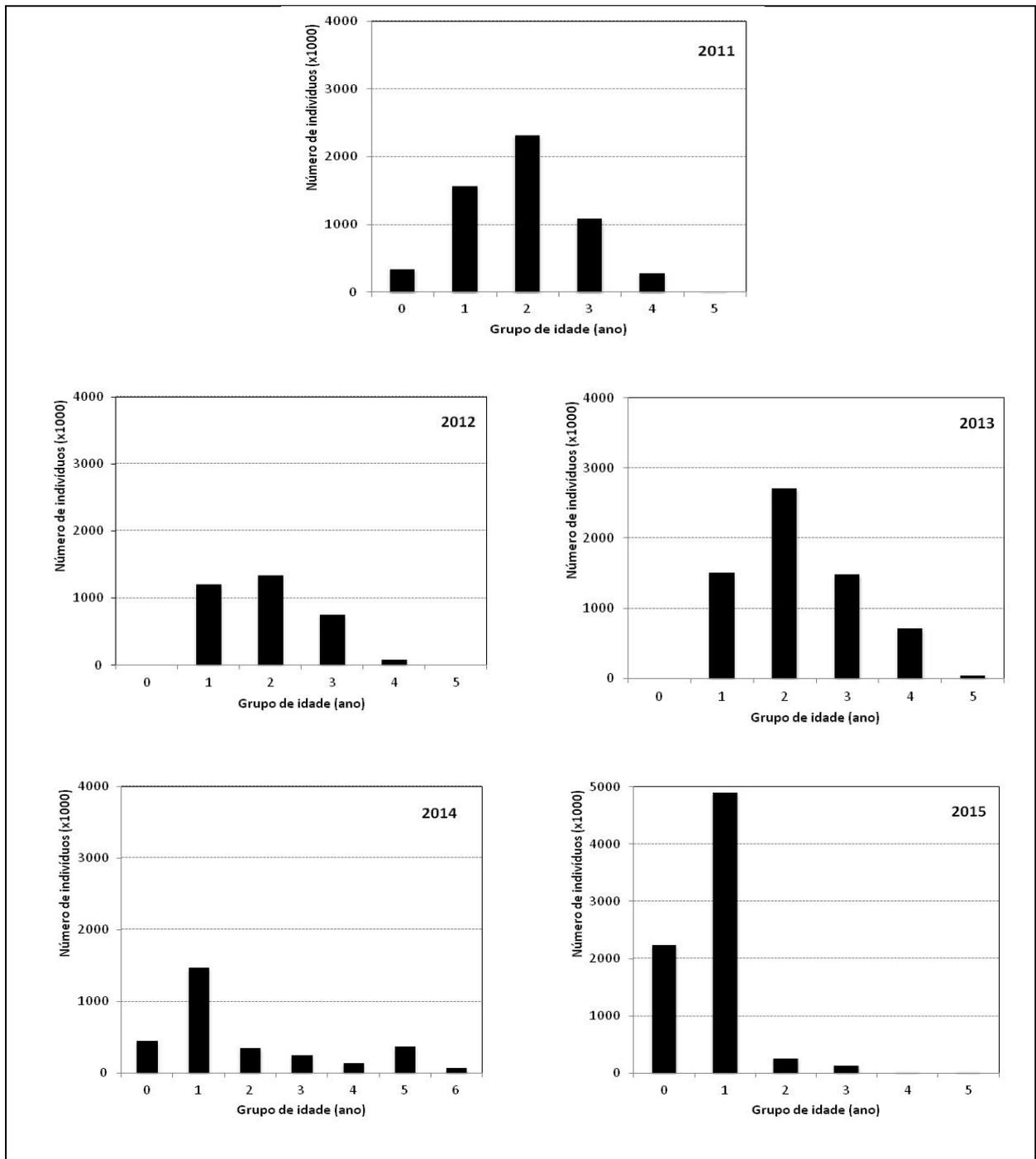


Figura 41 – Composições de idades anuais (2011 – 2015), em número, das capturas de *T. picturatus* para o total de indivíduos (sem indicação da sua composição sexual).

3) Composições de juvenis e adultos por classe de comprimento e por grupo de idade na captura de cada ano

Estimaram-se ainda as composições de juvenis e adultos por classe de comprimento e por grupo de idade (Figura 42) nas capturas de *T. picturatus* referentes aos anos de 2009 e 2010. O comprimento máximo estimado para os juvenis foi de 20 cm, para ambos os anos. O comprimento mínimo encontrado para adultos foi de 15 cm em 2009. No ano de 2009 observaram-se juvenis até 3 anos de idade e adultos em todos os grupos de idade. No ano de 2010 observaram-se juvenis com idades até 3 anos.

4) Comprimento, idade e peso médio na captura de cada ano

Calcularam-se os comprimentos, idades e pesos médios individuais nas capturas anuais de chicharro (Tabela 36).

Os comprimentos médios estimados para o chicharro variaram ao longo dos anos de 2009 e 2015. O ano de 2015 apresentou comprimentos médios mais baixos (18.33 cm LT) para o total de indivíduos. Não se verificou qualquer tendência de aumento ou diminuição dos comprimentos médios das capturas anuais de chicharro.

A idade média registada na captura variou, no período 2009 – 2010, entre 2.06 e 2.20 anos. Os valores médios de idade mais elevados registaram-se em 2010. Considerando o período de 2009 – 2015, os valores da idade média mais elevados ocorreram em 2013 (2.74).

No período de 2009 – 2010, os pesos médios foram superiores no ano de 2009, onde as fêmeas e machos atingiram as 74.19 g. Entre 2009 e 2015, os pesos médios foram superiores no ano de 2014 (96.49 g).

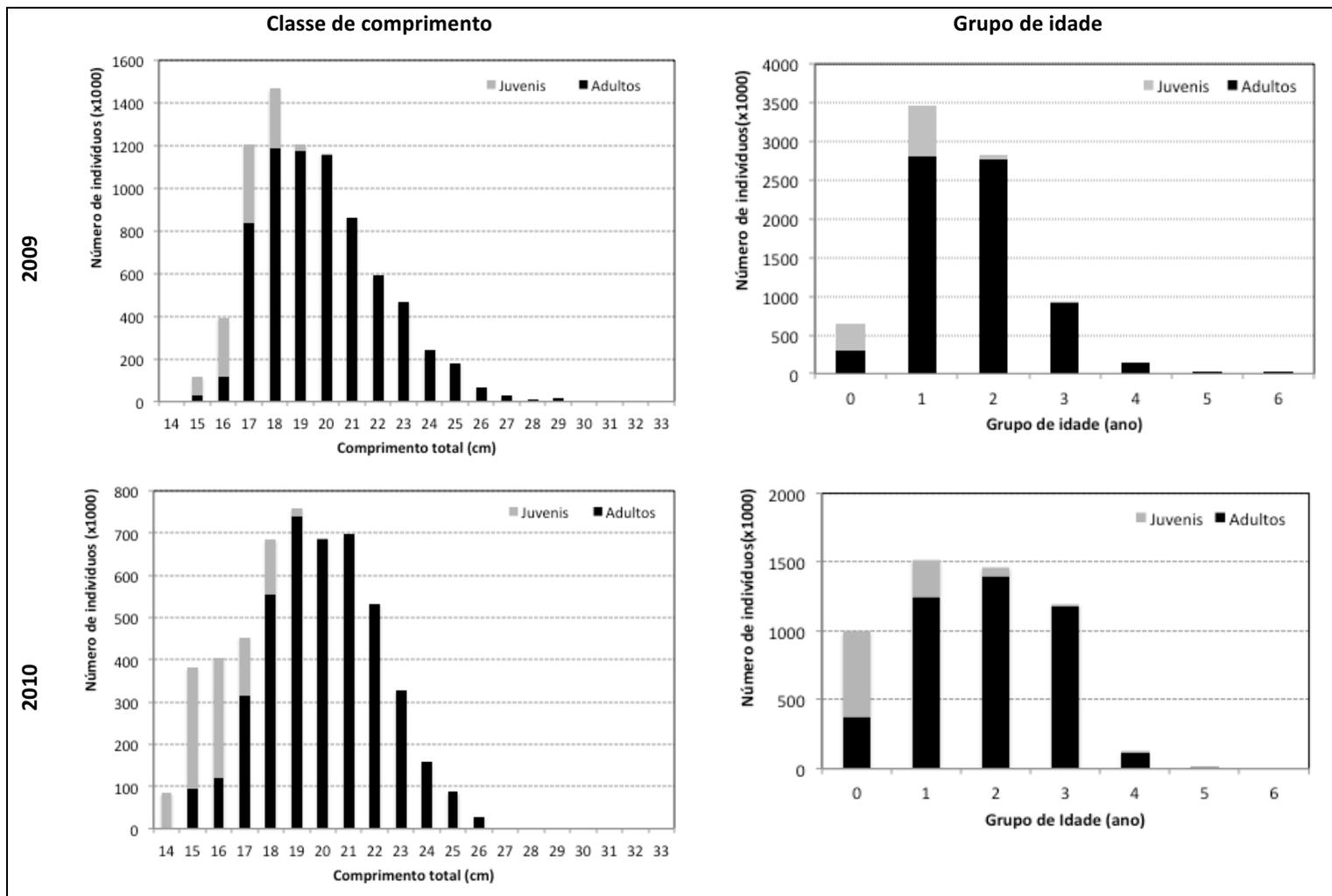


Figura 42 – Composições de juvenis e adultos por classe de comprimento e por grupo de idade das capturas de *T. picturatus* referentes aos anos de 2009 e 2010.

Tabela 36 – Comprimentos, idades e pesos médios calculados para as capturas de *T. picturatus* referentes aos anos de 2009 a 2015. Legenda: *F* = fêmeas; *M* = machos; e *T* = total de indivíduos.

Ano	Sexo	Comprimento médio (cm)	Idade média (ano)	Peso médio (g)
2009	F	20.25	2.07	74.19
	M	20.03	2.06	74.19
	T	20.05	2.07	72.44
2010	F	20.00	2.20	72.53
	M	20.00	2.17	72.43
	T	19.83	2.11	70.00
2011	T	21.26	2.46	82.76
2012	T	22.05	2.42	77.03
2013	T	21.16	2.74	61.58
2014	T	20.68	2.35	96.49
2015	T	18.33	1.31	54.81

13.3.2. Mortalidade

A mortalidade natural calculada através do método de Pauly foi de 0.34 ano^{-1} . A mortalidade total estimada através das composições médias por idades anuais (2009 – 2015) variou entre 0.75 e 1.59 ano^{-1} e está representada na Tabela 37. Nesta estimacão os grupos de idade 0 (2009, 2010, 2012 – 2015) e 1 (2011) foram excluídos da análise de regressão (valores ascendentes), por não estarem totalmente explorados. Na Tabela 37 encontram-se, igualmente, os valores da mortalidade por pesca estimados entre 2009 e 2015.

A taxa de exploração atual estimada através da equação sugerida por Cushing (1968) foi de 0.72 ao ano (Tabela 37). Na Figura 43 está representada a evolução da taxa de exploração entre 2009 e 2015.

Tabela 37 – Valores da mortalidade total (Z) e por pesca (F) e respetivas taxas de exploração (E) estimadas entre 2009 e 2015 (mortalidade natural de 0.34).

Ano	Z	F	E
2009	1.59	1.25	0.79
2010	1.44	1.11	0.77
2011	1.19	0.86	0.72
2012	1.12	0.78	0.70
2013	1.09	0.76	0.69
2014	0.75	0.41	0.55
2015	1.18	0.84	0.72

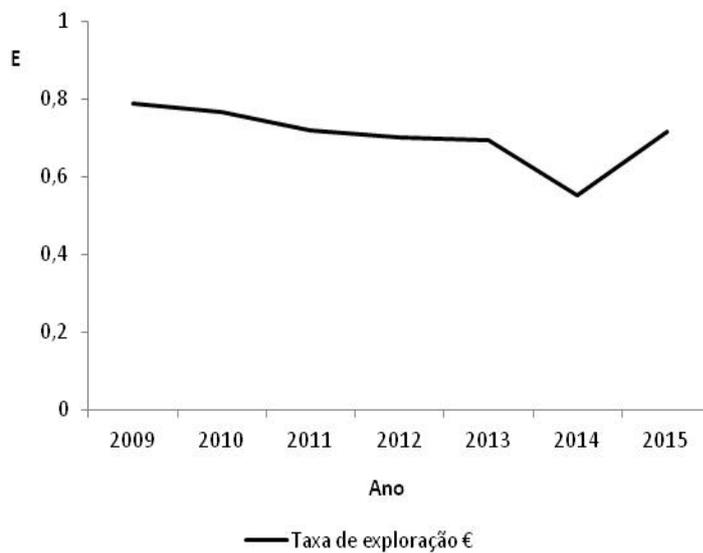


Figura 43 – Taxas de exploração (E) estimadas entre 2009 e 2015.

13.3.3. Aplicação do modelo de produção por recruta

A aplicação do modelo de produção por recruta (Figura 44) mostrou que a produção máxima por recruta obtida ($Y/R = 9.26$ g) corresponde a uma mortalidade por pesca de $F_{MAX} = 0.3$ por ano. A mortalidade por pesca atual (0.84 ano^{-1}) apresenta um valor muito superior ao F_{MAX} estimado.

Relativamente aos valores de B/R , estes exibem um padrão de decréscimo exponencial com o aumento da mortalidade por pesca. O valor de B/R correspondente a F_{MAX} (30.87 g) representa 5.48% do stock virgem. Este valor é menor do que o nível de 30% do *stock* virgem, considerado como o ponto de referência limite para *stocks* pouco conhecidos (Caddy & Mahon, 1995).

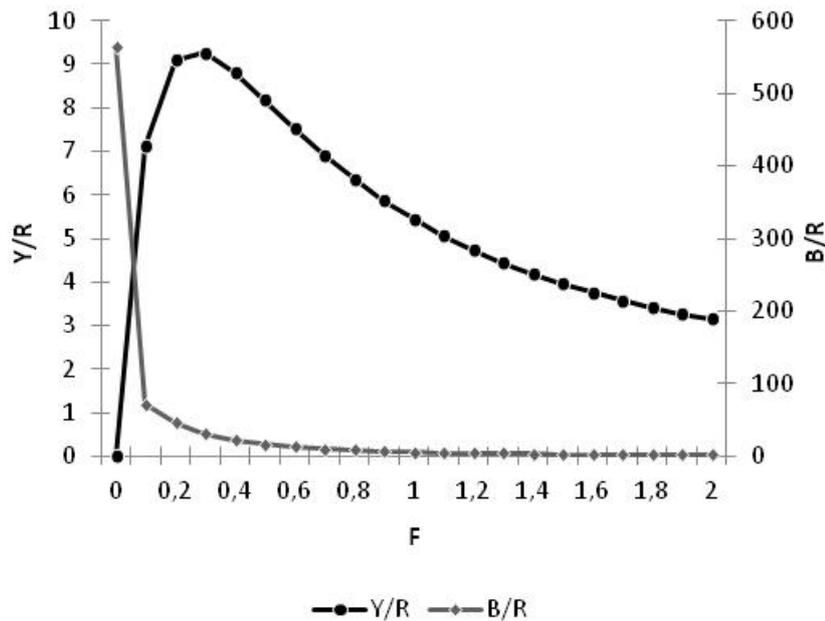


Figura 44 – Curva bidimensional da produção (captura) e biomassa por recruta para *Trachurus picturatus*. Os parâmetros utilizados: $W_{\infty} = 753.34$ g; $K = 0.16 \text{ ano}^{-1}$; $t_c = 0.8$ ano; $t_0 = -2.56$ ano; $M = 0.34 \text{ ano}^{-1}$. A curva descendente mostra o declínio de biomassa por recruta (B/R) com o aumento da mortalidade por pesca (F).

13.4. Discussão

O chicharro é uma das espécies capturadas no arquipélago da Madeira de grande importância comercial, tendo representado, no último ano, 7.8% do peso total de pescado descarregado no Porto do Funchal.

A pesca resulta na remoção seletiva de comprimentos e grupos de idade implicando alterações na densidade populacional e conseqüentemente nos parâmetros reprodutivos dos peixes (Jobling, 1996). Um dos efeitos mais previsíveis da pesca é a redução das classes de idade mais velhas e a sua perda pode ter implicações severamente negativas para o recrutamento subsequente (Berkeley et al., 2004).

Pelo facto de os peixes mais velhos estarem expostos à pesca mais tempo do que peixes mais jovens, existe menor quantidade deles. Quando se pesca numa população, diminuímos o número de fêmeas mais velhas capazes de produzir juvenis reduzindo, assim, o tempo de produção de ovos na população (Botsford, 2005).

Segundo Bellido *et al.* (2000), aplicando as chaves idade-comprimento dos anos em estudo às composições de comprimentos anuais dos desembarques de chicharro, pode obter-se indicações de quais os comprimentos totais e grupos de idade que suportam a pesca. Constata-se que a pesca do chicharro na Madeira tem vindo a ser suportada, cada vez mais, por comprimentos totais inferiores a 21 cm, sendo que no ano de 2015 cerca de 70% da pescaria foi suportada por comprimentos inferiores a 18 cm. Os grupos de idade 1 e 2 são os que mais têm contribuído para a pescaria nos últimos anos. Esta redução de peixes de maiores tamanhos e idades trará implicações futuras na população de chicharro presente nas águas da Ilha da Madeira.

Stocks sob exploração comercial normalmente não apresentam indivíduos maiores e/ou mais velhos (Conover & Munch, 2002), não só porque os pescadores procuram capturar os maiores indivíduos mas também pelo tipo de arte de pesca aplicada que assegura a captura seletiva de peixes maiores devido às medidas regulatórias que impõem um tamanho mínimo de captura. Alterações na maturação, como por exemplo uma diminuição na idade e tamanho à primeira maturação podem relatar uma importante resposta do *stock* à pressão da pesca (Trippel, 1995).

De referir, que, com exceção do último ano (2015), as amostragens biológicas efetuadas entre 2012 e 2014 não ocorreram com a mesma regularidade (semanalmente) que nos anos anteriores, havendo lacunas de meses ou até mesmo semestres inteiros.

Em 2011, nas águas de Canárias, Jurado-Ruzafa & Santamaría (2011) referem que os espécimes amostrados apresentaram valores médios mensais de comprimento que variam entre o

valor máximo de 23.9 cm (maio de 2005 e fevereiro de 2006) e o valor mínimo de 14.4 cm (agosto de 2005), correspondendo este último a uma presença exclusiva de indivíduos com tamanhos entre os 11.0 e os 17.0 cm. Os valores mínimos ocorreram entre agosto e dezembro de 2005 (14.4 – 16.0 cm), altura em que 99% dos tamanhos analisados foram inferiores a 20 cm.

As composições de comprimentos e idades anuais das capturas de *T. picturatus* estimadas para fêmeas e para machos foram muito semelhantes entre si, não se tendo verificado predominância de nenhum dos sexos.

Com o aperfeiçoamento das técnicas de determinação de idade dos peixes e com o estudo da composição de idades das respetivas populações, os cientistas demonstraram que apenas poucos grupos de idade constituem a quase totalidade da biomassa disponível. Os peixes pertencentes às classes de idade mais fortes (abundantes) dominam frequentemente as capturas por muitos anos, antes de serem recrutados novos grupos de idade fortes (Jennings *et al.*, 2001). Os indivíduos pertencentes a este tipo de grupo de idade persistem, apesar das mortalidades, como uma moda bem evidente e rara na população. Geralmente os erros resultantes da contagem dos anéis anuais tornam os grupos de idade fortes mais fracos e os grupos de idade fracos em grupos mais fortes (Kimura & Lyons, 1991). Nas frequências anuais dos grupos de idades estimadas nas capturas totais de *T. picturatus* verifica-se a presença de uma forte classe anual no ano de 2009. Em 2010 verifica-se a presença de uma forte classe anual, bem evidente no grupo de idade 1 que se mantém muito nítida no ano seguinte (2011), no grupo de idade 2. Nos restantes anos não se verifica a progressão de um grupo de idade forte.

Das frequências anuais dos grupos de idades estimados nas capturas totais de *T. picturatus* verifica-se que as capturas, cada vez mais, são baseadas em classes de idade muito pequenas que conseqüentemente afetam a disponibilidade de juvenis, o que é muito preocupante em termos de pescaria desta espécie no arquipélago da Madeira.

O tamanho mínimo de captura do chicharro (15 cm) teve influência direta nas amostragens e conseqüentemente na estimação de juvenis nas capturas anuais. O tipo de arte de pesca utilizado na captura da ruama (rede de cerco) influenciou grandemente na obtenção de indivíduos adultos com tamanhos superiores a 25 cm de comprimento. Nas capturas anuais de chicharro encontraram-se juvenis até ao comprimento máximo de 20 cm, tanto para 2009 como 2010.

Relativamente aos pesos médios individuais das capturas, verificou-se uma diminuição ao longo dos anos, com exceção do aumento verificado nos anos de 2011 e 2014. Uma das causas é a captura de indivíduos cada vez mais pequenos, por parte da frota de ruameiros. No ano de 2015, os valores relativamente baixos de comprimento, idade e peso médio verificados devem-se à descarga

em lota de chicharros cada vez mais pequenos, em resultado da ausência de rejeições, pelo que todo o peixe passa na lota.

A mortalidade é um parâmetro fundamental na compreensão da dinâmica de qualquer população. Sem o conhecimento da rapidez que os indivíduos são removidos de uma população é impossível modelar a dinâmica populacional ou estimar taxas sustentáveis de exploração ou de outros parâmetros úteis na gestão (Simpfendorfer *et al.*, 2005).

Pauly (1980) analisou as taxas de mortalidade naturais de 174 unidades populacionais de peixes, verificando uma mortalidade modal de 0.2 – 0.3 ano⁻¹ (Vetter, 1988). Os valores obtidos da mortalidade natural do chicharro na área de estudo indicam uma elevada mortalidade natural ($M = 0.34 \text{ ano}^{-1}$), fruto muito possivelmente dos poucos grupos de idade envolvidos na sua estimação e correspondentes a indivíduos muito jovens. A mesma espécie pode ter diferentes taxas de mortalidade natural em áreas diferentes, dependendo da densidade de predadores e concorrentes, cuja abundância é influenciada pelas atividades de pesca (Sparre *et al.*, 1989).

A mortalidade total não permanece constante para todos os grupos de idade, apesar de ser uma das suposições para a aplicação do método da curva de captura linearizada. A mortalidade por pesca é menor nos indivíduos entre as idades 0 e 2 do que nos indivíduos mais velhos, pois os peixes dos grupos de idade inferiores são tão pequenos que escapam através da malha da rede. Uma outra razão para se esperar uma mortalidade por pesca reduzida sobre os peixes de menor dimensão é que é muito provável que muitos dos peixes menores ainda não tenham recrutado à área de pesca. De modo a contornar-se este problema, excluiu-se da estimação da mortalidade total, os grupos de idade suspeitos de não estarem sob uma exploração total (Sparre & Venema, 1997a).

Patterson (1992) relatou que as taxas de mortalidade por pesca acima de $2/3 M$ são frequentemente associadas ao declínio do *stock*, ao passo que taxas de mortalidade por pesca inferiores ao referido valor demonstram uma recuperação de *stock*. No presente trabalho, os valores da mortalidade por pesca estimada entre 2009 e 2015 foram superiores a $2/3 M$ (0.23).

O declínio evidente no comprimento e peso do peixe da captura desembarcada ao longo do presente estudo reforçam a constatação dos altos níveis de *F*. Estes dados indicam que a população de *T. picturatus* da Madeira está sendo, atualmente, explorada acima dos níveis ideais. A depleção da população reprodutora desta espécie resultará em longos períodos de recuperação da população e a perda económica associada à recuperação e reconstrução desta pescaria que pode perdurar por ainda mais tempo.

Visando aproximar as possibilidades de pesca da frota madeirense de cerco ao valor de mortalidade por pesca, utilizado como ponto de referência pela administração local, foi efetuado, em

2010, um plano de ajustamento do esforço de pesca que resultou no abate de 2 das 5 embarcações de cerco então em atividade. Esta medida resultou numa diminuição da mortalidade por pesca entre 2011 e 2014. Já em 2015, o valor estimado da mortalidade por pesca ($F = 0.84 \text{ ano}^{-1}$) foi muito alto e não apropriado para a estratégia de gestão desta espécie na Madeira. Isto está refletido nos resultados do modelo de produção por recruta de Beverton & Holt (1957), o qual indica que o *stock* desta população está sendo explorado além do seu limite óptimo.

Este modelo evidencia dois parâmetros muito importantes em termos de pescaria e que podem ser controlados pelos gestores da pesca: 1) a mortalidade de pesca (F) que é proporcional ao esforço de pesca; 2) a idade de primeira captura (T_C) que é uma função da seletividade da rede (Sparre & Venema, 1998). Mais ainda, o modelo de produção por recruta dá uma indicação do estado atual da pescaria em relação ao rendimento potencial máximo sustentável. Considerando os valores de máxima produção por recruta ($Y/R = 9.26 \text{ g}$) e a correspondente mortalidade por pesca ($F_{MAX} = 0.3$ por ano), estimados pelo modelo de produção por recruta de Beverton & Holt (1957), e uma taxa de exploração atual de 0.72 ao ano, o *stock* está sendo explorado além da máxima produção e, conseqüentemente, além do seu limite de sustentabilidade. As taxas de mortalidade por pesca acima de F_{MAX} indicam que os peixes são capturados antes de atingirem o tamanho ideal, tendo em conta a taxa de mortalidade natural e a sua taxa de crescimento (Gabriel & Mace, 1999; Quinn & Deriso, 1999).

O valor absoluto de B/R de 30.87 g representou 5.48% do *stock* de virgens. Este nível é indicativo de um estado inseguro do *stock* em questão. Além disso, o valor de B/R para *T. picturatus* parece ser frágil sob o aumento da pressão de pesca porque, por exemplo, uma duplicação ($F = 0.6$) ou triplicação ($F = 0.9$) do regime de pesca corrente iria diminuir acentuadamente a presente B/R para 2.23 e 1.16% da biomassa virgem.

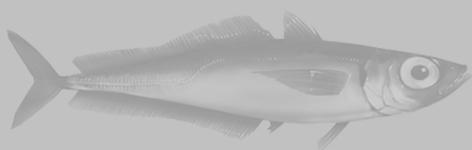
O objetivo final da utilização deste tipo de modelos é o de oferecer, aos responsáveis pela gestão dos recursos pesqueiros, informações sobre os efeitos biológicos e/ou económicos da atividade pesqueira sobre os seus *stocks* (Sparre & Venema, 1997b), permitindo a exploração num nível de pesca no qual se obtenha uma máxima produção numa base sustentável, ou seja, sem causar prejuízos ao *stock* de forma a não afetar futuras capturas. Deste modo, a partir dos resultados obtidos e visando reverter a situação e regressar à exploração sustentável do recurso a curto prazo, sugerem-se as seguintes ações:

- 1) Alteração do Regulamento da pesca de cerco, tomando as seguintes medidas técnicas visando o incremento da seletividade e a diminuição da captura de peixe imaturo: *i*) aumento da

bitola da rede para 18 mm; *ii*) diminuição da dimensão da rede (altura e comprimento); e *iii*) aumento da distância à costa (passando da batimétrica dos 50 para 60 m);

2) Implementação das seguintes medidas visando a redução da intensidade de pesca: *i*) reduzir, em cerca de 20%, o número anual máximo de dias de exercício da atividade da pesca de cerco, por embarcação; e *ii*) interditar a captura de pequenos pelágicos com arte de rede de cerco, durante 48 horas consecutivas, em cada semana.

14



CONSIDERAÇÕES FINAIS

14. Considerações finais

Os objetivos propostos neste trabalho de análise da estrutura do *stock* do chicharro no Atlântico nordeste (Madeira, Portugal continental e Canárias), segundo uma aproximação holística (morfologia do corpo, morfologia do otólito, parasitas como marcadores biológicos e comprimentos médios à idade e relação peso-comprimento) e do estudo da biologia e da pesca do chicharro em águas da Madeira (idade e crescimento, reprodução, análise das capturas na Madeira, estimativa da mortalidade e avaliação preliminar do recurso) foram atingidos na sua plenitude.

Neste capítulo de considerações finais incluem-se dez conclusões gerais e um conjunto de recomendações para uma gestão mais eficaz da pesca de chicharro na Madeira.

No decurso desta investigação chegaram-se a várias conclusões, das quais destacam-se as seguintes:

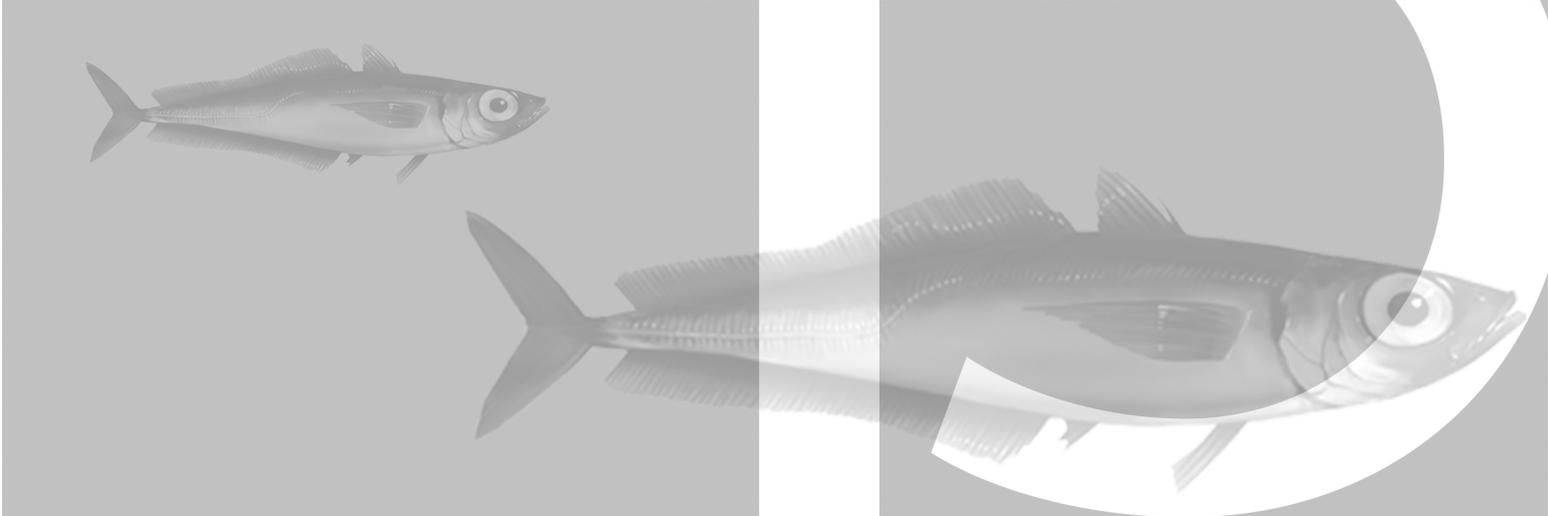
1. A identificação da estrutura do *stock* de chicharro, *Trachurus picturatus* (Bowdich, 1825), no sul do Atlântico nordeste foi abordada simultaneamente por varias metodologias pela primeira vez, identificando-se três *stocks* e fornecendo dados de grande relevância para uma gestão mais sustentável;
2. Na análise da forma do corpo dos peixes, o valor de classificação de sucesso (80.7%) demonstrou a existência de três populações: uma residente na Madeira, outra na costa de Portugal continental e uma nas Canárias;
3. O valor de sucesso de classificação (86.3%) estimado na análise da forma do otólito demonstrou também a existência de três populações: uma residente na Madeira, outra na costa de Portugal continental e uma nas Canárias;
4. A análise discriminante aplicada aos dados da morfologia do peixe e da forma do otólito sugere a existência de uma possível migração de alguns indivíduos entre as águas da Madeira e das Canárias;
5. Os níveis elevados de intensidade e abundância do nemátode *Anisakis* spp. nas amostras de Portugal continental e a presença do parasita *Nybelinia* sp. nas amostras da Madeira e ausência nas regiões de Canárias e Portugal continental, tornaram possível a separação das três localidades, confirmando, assim, os resultados obtidos na morfologia do corpo do peixe e contorno do otólito;

6. Os parâmetros de crescimento do modelo de von Bertalanffy estimados para o chicharro da Madeira foram: $L_{\infty} = 27.98$ cm, $k = 0.266$ ano⁻¹ e $t_0 = -2.713$ ano;
7. A relação peso-comprimento estimada para o chicharro da Madeira foi de $W_t = 0.00411 L_t^{3.230}$;
8. A época de desova estendeu-se de janeiro a abril. A espécie atinge a maturidade sexual no primeiro ano com comprimento médio de 17 cm para fêmeas e machos. Esta informação vai permitir o estabelecimento de períodos de defeso e comprimento mínimo de captura;
9. A fecundidade do chicharro é do tipo indeterminado;
10. Das frequências anuais dos grupos de idades estimados nas capturas totais de *T. picturatus* verifica-se que as capturas são, cada vez mais, baseadas em classes de idade muito pequenas que conseqüentemente afetam a disponibilidade de juvenis, o que é muito preocupante em termos de pescaria desta espécie no arquipélago da Madeira;
11. A mortalidade natural calculada através do método de Pauly foi de 0.34 ano⁻¹;
12. Os valores de máxima produção por recruta ($Y/R = 9.26$ g) e a correspondente mortalidade por pesca ($F_{MAX} = 0.3$ por ano), e a taxa de exploração atual de 0.72 ao ano, sugerem que o *stock* está sendo explorado além da máxima produção e conseqüentemente, além do seu limite de sustentabilidade.

Tal como referido na introdução deste trabalho, para uma gestão eficaz da pesca de uma dada espécie é importante conhecer a sua estrutura populacional (Grimes *et al.*, 1987). Uma falha neste conhecimento poderá levar à sobrepesca e ao esgotamento dos *stocks* (Begg *et al.*, 1999). Neste sentido, e visando reverter a situação e regressar à exploração sustentável do recurso a curto prazo, sugerem-se, com base na nossa experiência e conhecimento desta pescaria regional, as seguintes ações:

- (a) aumento da bitola da rede para 18 mm;
- (b) diminuição da dimensão da rede (altura e comprimento);
- (c) aumento da distância à costa (passando da batimétrica dos 50 para 60 m);
- (d) reduzir, em cerca de 20%, o número anual máximo de dias de exercício da atividade da pesca de cerco, por embarcação;
- (e) interditar a captura de pequenos pelágicos com arte de rede de cerco, durante 48 horas consecutivas, em cada semana;
- (f) reavaliar o *stock* madeirense dois anos após a implementação (total ou parcial) destas medidas, visando estudar a sua efetividade.

15



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abaunza, P., Villamor, B., Pérez, J.R. (1995). Infestation by larvae of *Anisakis simplex* (Nematoda: Ascaridata) in horse mackerel, *Trachurus trachurus*, and Atlantic mackerel, *Scomber scombrus*, in ICES Divisions VIIIb, VIIIc and IXa (N-NW of Spain). *Scientia Marina* 59: 223-233.

Abaunza, P., Gordo, L., Karlou-Riga, C., Murta, A., Eltink, A.T.G.W., García Santamaría, M.T., Zimmermann, C., Hammer, C., Lucio, P., Iversen, S.A., Molloy, J., Gallo, E. (2003). Growth and reproduction of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (Carangidae). *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 13: 27–61.

Abaunza, P. (2008). Horse mackerel: Identification of stocks. *Fisheries Research* 89: 101-103.

Abaunza, P., Gordo, L.S., García Santamaria, M.T., Iversen, S.A., Murta, A.G., Gallo, E. (2008a). Life history parameters as basis for the inicial recognition of stock management units in horse mackerel (*Trachurus trachurus*). *Fisheries Research* 89: 167-180.

Abaunza, P., Murta, A.G., Campbell, A., Cimmaruta, R., Comesaña, A.S., Dahle, G., García Santamaría, M.T., Gordo, L.S., Iversen, S.A., MacKenzie, K., Magoulas, A., Mattiucci, S., Molloy, J., Nascetti, G., Pinto, A.L., Quinta, R., Ramos, P., Sanjuan, A., Santos, A.T., Stransky, C., Zimmermann, C. (2008b). Stock identity of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Northeast Atlantic and Mediterranean Sea: Integrating the results from different stock identification approaches. *Fisheries Research* 89: 196-209.

Adams, D., Rholf, F., Slice, D. (2004). Geometric morphometrics: ten years of progress following the "revolution". *Italian Journal of Zoology* 71: 5-16.

Aguëra, A., Brophy, D. (2011). Use of saggital otolith shape analysis to discriminate Northeast Atlantic and Western Mediterranean stocks of Atlantic saury, *Scomberesox saurus saurus* (Walbaum). *Fisheries Research* 110: 465–471.

Albert, O., Nilssen, E., Stene, A., Dersen, A., Nedreaas, K. (2001). Maturity classes and spawning behaviour of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*). *Fisheries Research* 51: 217-228.

Alonso-Fernández, A., Alós, J., Grau, A., Domínguez-Petit, R., Saborido-Rey, F. (2011). The Use of Histological Techniques to Study the Reproductive Biology of the Hermaphroditic Mediterranean Fishes *Coris julis*, *Serranus scriba* and *Diplodus annularis*. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science* 3: 145–159.

Amin, O.M. (1998). Marine flora and fauna of the eastern United States. Acanthocephala. National Oceanic and Atmospheric Administration Technical Report NMFS 135, National Marine Fisheries Service Seattle, Washington, USA, 28 pp.

- Amenzoui, K., Ferhan-Tachinante, F., Yahyaoui, A., Kifani, S., Mesfioui, A. (2006). Analysis of the cycle of reproduction of *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) off the Moroccan Atlantic coast. *Comptes Rendus Biologies* 329: 892-901.
- Anon. (1993). Report of the Study Group on Stock Identification Protocols for Finfish and Shellfish Stocks. ICES C.M. 1993/M:3, 23 pp.
- Anon. (1996). Report of the Study Group on Stock Identification Protocols for Finfish and Shellfish Stocks. ICES C.M. 1996/M:1, Assess., 140 pp.
- Aquamaps (2013). Computer generated distribution maps for *Trachurus picturatus* (blue jack mackerel), with modelled year 2100 native range map based on IPCC A2 emissions scenario. www.aquamaps.org, version of Aug. 2013. Web. Accessed 29 Jul. 2016.
- Arruda, L.M. (1982). Aspectos da Biologia de *Trachurus trachurus* (Linnaeus, 1758) vivendo ao longo da Costa Portuguesa. As populações, o crescimento e a maturação sexual. Lisboa: Dissertação apresentada à faculdade de ciências da Universidade de Lisboa para a obtenção do grau de Doutor.
- Bagenal, T., Tesch, F. (1978). Age and growth. In: Bagenal, T. (Ed.), *Methods for assessment of fish production in freshwaters* Blackwell Scientific Publishers Ltd, Oxford, England, pp. 101-136.
- Barlow, G. (1961). Causes and significance of morphological variations in fishes. *Systematic Biology* 10: 105–117.
- Bauchot, M., Pras, A. (1980). *Guide des poissons marins d'Europe*. Delachaux & Niestlé, Éditeurs.
- Baylac, M., Frieb, M. (2005). Fourier descriptors, Procrustes superimposition, and data dimensionality: an example of cranial shape analysis in modern human populations. In: Slice, D. (Ed.), *Modern Morphometrics in Physical Anthropology*. Academic/Plenum Publishers, New York, Kluwer, pp. 145–165.
- Beamish, R., Fournier, D. (1981). A method for comparing the precision of a set of age determination. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 38: 982-983.
- Beamish, R., McFarlane, G. (1983). The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. *Transactions of the American Fisheries Society* 112: 735-743.
- Beamish, R., McFarlane, G. (1995). A discussion of the importance of aging errors, and an application to Walleye Pollock: the world's largest fish. In: Secor, D., Dean, J., Campana, S. (Eds.), *Recent developments in fish otolith research*. The Belle W. Baruch Library in Marine Science 19, University of South Carolina Press, Columbia, SC, pp. 545-565.

Begg, G., Friedland, K., Pearce, J. (1999a). Stock identification and its role in stock assessment and fisheries management: an overview. *Fisheries Research* 43: 1–8.

Begg, G., Hare, J., Sheehan, D. (1999b). The role of life history parameters as indicators of stock structure. *Fisheries Research* 43: 141-163.

Begg, G., Waldman, J. (1999). An holistic approach to fish stock identification. *Fisheries Research* 43: 35-44.

Begg, G., Brown, R. (2000). Stock identification of haddock *Melanogrammus aeglefinus* on Georges Bank based on otolith shape analysis. *Transactions of the American Fisheries Society* 129: 935–945.

Begg, G. (2005). Life history parameters. In: Cadrin, S., Friedland, K., Waldman, J. (Eds.), *Stock identification methods: applications in fisheries science*. Elsevier Academic Press, MA, USA, pp. 119-150.

Begg, G., Campana, S., Fowler, A., Suthers, I. (2005). Otolith research and application: current directions in innovation and implementation. *Marine and Freshwater Research* 56: 577-483.

Bellido, J., Pierce, G., Romeno, J., Millán, M. (2000). Use of frequency analysis methods to estimate growth of anchovy (*Engraulis encrasicolus* L. 1758) in the Gulf of Cadiz (SW Spain). *Fisheries Research* 48: 107-115.

Benguria, R.L., Camiña, M.H. (1975). *Peces de Mar y de Río* (Vol. 4). Urno, S.A. de Ediciones Espartero, Bilbao, España.

Bergstad, O. (1995). Age determination of deep-water fishes: experiences, status and challenges for the future. In: Hopper, A. (Ed.), *Deep-water Fisheries of the North Atlantic Oceanic Slope*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 267-283.

Berkeley, S.A., Hixon, M.A., Larson, R.J., Love, M.S. (2004). Fisheries sustainability via protection of age structure and spatial distribution of fish populations. *Fisheries* 29 (8): 23-32.

Berland, B. (1989). Identification of larval nematodes from fish. In: Moller, H. (Ed.), *Nematode problems in North Atlantic fish*. Council exploration of Sea CM/F6, pp. 16-22.

Beverton, R., Holt, S. (1957). *On the Dynamics of Exploited Fish Populations*. Springer Science + Business Media, B.V, London.

Bird, J., Eppler, D., Checkley Jr, D. (1986). Comparisons of herring otoliths using Fourier series shape analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 43: 1228–1234.

Bond, C. (1979). *Biology of Fishes*. Saunders College Publishing. Philadelphia, 513pp.

- Bookstein, F. (1991). *Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology*. Cambridge University Press, New York.
- Bordes, F., Barrera, A., Castillo, R., Gómez, J.A., Santana, J.L., Hernández-León, S., Pérez, F., Ramírez, R., Arístegui, J., Llinás, O., Rueda, M.J., Ojeda, A., Medina, L. (1987). *Prospección hidroacústica para la evaluación del stock de peces pelágicos costeros de Canarias*. Cabildo de Gran Canaria & Gobierno de Canarias.
- Botsford, L. (2005). *Sustainability & Age Structure in Marine Populations*. MLPA Central Coast Stakeholder Group Meeting October 5-6.
- Brickle, P., MacKenzie, K. (2007). Parasites as biological tags for the *Falklands mullet* (Teleostei: Eleginopidae). *Journal of Helminthology* 81: 147-153.
- Brown-Peterson, N.J., Wyanski, D.M., Saborido-Rey, F., Macewicz, B.J., Lowerre-Barbieri, S.K. (2011). A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management and Ecosystem Science* 3: 52-70.
- Bush, A., Lafferty, K., Lotz, J., Shostak, A. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology* 83: 575-583.
- Butler, J. (1992). Collection and preservation of material for otolith analysis. In: Stevenson, D., Campana, S. (Eds.), *Otolith microstructure examination analysis*. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 117: 13-17.
- Cabral, H.N., Marques, J.F., Rego, A.L., Catarino, A.I., Figueiredo, J., Garcia, J. (2003). Genetic and morphological variation of *Synaptura lusitanica* Capello, 1868, along the Portuguese coast. *Journal of Sea Research* 50: 167-175.
- Caddy, J.F., Mahon, R. (1995). *Reference points for fisheries management*. FAO Fisheries Technical Paper 347, 83 pp.
- Cadima, E. (2000). *Manual de avaliação de recursos pesqueiros*. FAO Documento Técnico sobre as Pescas 393, FAO, Roma.
- Cadrin, S., Friedland, K. (1999). The utility of image processing techniques for morphometric analysis and stock identification. *Fisheries Research* 43: 129-139.
- Cadrin, S. (2000). Advances in morphometric identification of fishery stocks. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 10: 91-112.

Cadrin, S. (2005). Morphometric landmarks. In: Cadrin, S., Friedland, K., Waldman, J. (Eds.), Stock Identification Methods. Applications in Fishery Science. Elsevier/Academic Press, Amsterdam, pp. 153–172.

Cadrin, S., Friedland, K. (2005). Morphometric outlines. In: Cadrin, S., Friedland, K., Waldman, J. (Eds.), Stock Identification Methods: Applications in Fisheries Science. Elsevier/Academic Press, Amsterdam, pp. 173–183.

Cadrin, S., Friedland, K., Waldman, J. (2005). Stock Identification Methods. Applications in Fishery Science. Elsevier, Amsterdam.

Campana, S. (1990). How reliable are growth back-calculations based on otoliths? Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 47: 2219-2227.

Campana, S., Jones, C. (1992). Analysis of Otolith Microstructure Data. In: Stevenson, D., Campana, S. (Eds.), Otolith microstructure examination an analysis. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 117, pp. 73-100.

Campana, S., Casselman, J. (1993). Stock discrimination using otolith shape-analysis. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 50: 1062–1083.

Campana, S., Gagné, J., McLaren, J. (1995a). Elemental fingerprinting of fish otoliths using ID-ICPMS. Marine Ecology Progress Series 122: 115-120.

Campana, S., Annand, M., McMillan, J. (1995b). Graphical and statistical methods for determining the consistency of age determinations. Transactions of the American Fisheries Society 124: 131-138.

Campana, S. (1999). Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications. Marine Ecology Progress Series 188: 263-297.

Campana, S. (2001). Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. Journal of Fish Biology 59: 197-242.

Campana, S., Thorrold, S. (2001). Otoliths, increments and elements: key to a comprehensive understanding of fish populations? Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 58: 30-38.

Cardinale, M., Arrhenius, F., Johnson, B. (2000). Potential use of otolith weight for the determination of age-structure of Baltic cod (*Gadus morhua*) and plaice (*Pleuronectes platessa*). Fisheries Research 45: 239-252.

Cardinale, M., Doering-Arjes, P., Kastowsky, M., Mosegaard, H. (2004). Effects of sex, stock, and environment on the shape of known-age Atlantic cod (*Gadus morhua*) otoliths. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 61: 158–167.

Carlander, K. (1981). Caution on the use of the regression method of back-calculating lengths from scale measurements. *Fisheries* 6 (1): 2-4.

Carvalho, A.M.G., Brandão, J.M. (1991). *Geologia do Arquipélago da Madeira*. 1ª edição. Museu Nacional de História Natural. Universidade de Lisboa, 170 pp.

Casselman, J. (1983). Age and growth assessment of fish from their calcified structures - techniques and tools. NOAA Technical Report NMFS 8: 1-17.

Casselman, J. (1987). Determination of the age and growth. In: Weatherley, A., Gill, H. (Eds.), *The biology of fish growth*. Academic Press, Orlando, pp. 209-242.

Castonguay, M., Simard, P., Gagnon, P. (1991). Usefulness of Fourier analysis of otolith shape for Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) stock discrimination. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48: 296–302.

Chang, W. (1982). A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 39: 1208-1210.

Chapman, D., Robson, D. (1960). The analysis of a catch curve. *Biometrics* 16 (3): 354-368.

Chapman, R. (1990). Conventional Procrustes approaches. In: Rohlf, F., Bookstein, F. (Eds.), *Proceedings of the Michigan Morphometrics Workshop*. Special Publication No. 2. The University of Michigan Museum of Zoology, Ann Arbor, Mic, pp. 251-267.

Chappuis, E., Terradas, M., Cefali, M., Mariani, S. (2014). Vertical zonation is the main distribution pattern of littoral assemblages on rocky shores at a regional scale. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 147: 113-122.

Chen, Y., Jackson, D., Harvey, H. (1992.). A Comparison of von bertalanffy and polynomial functions in modelling fish growth data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49: 1228-1235.

Coelho, R., Bentes, L., Correia, C., Gonçalves, J.M.S., Lino, P.G., Monteiro, P., Ribeiro, J., Erzini, K. (2010). Life history of the common pandora, *Pagellus erythrinus* (Linnaeus, 1758) (Actinopterygii: Sparidae), from Southern Portugal. *Brazilian Journal of Oceanography* 58: 233-245.

Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement* 20: 37-46.

Conover, D.O., Munch, S.B. (2002). Sustaining Fisheries Yields Over Evolutionary Time Scales. *Science* 297: 94-96.

Costa, G., Chubb, J., Vetkamp, C. (2000). Cystacanths of *Bolbosoma vasculosum* in the black scabbard fish *Aphanopus carbo*, oceanic horse mackerel *Trachurus picturatus* and common dolphin *Delphinus delphis* from Madeira, Portugal. *Journal of Helminthology* 74: 113-120.

Costa, A. (2001). Contribuição para o estudo da fecundidade temporal e espacial do carapau (*Trachurus trachurus* L.) na costa Portuguesa. Dissertação apresentada para acesso à categoria de Investigador auxiliar. IPIMAR, Lisboa.

Costa, G., Pontes, T., Mattiucci, S., D'Amélio, S. (2003a). The occurrence and infection dynamics of *Anisakis* larvae in the black-scabbard fish, *Aphanopus carbo*, chub mackerel, *Scomber japonicus*, and oceanic horse mackerel, *Trachurus picturatus* from Madeira, Portugal. *Journal of Helminthology* 77: 163-166.

Costa, G., Veltkamp, C.J., Chubb, J.C. (2003b). Larval Trypanorhynchs (Platyhelminthes: Eucestoda: Trypanorhyncha) from Black-Scabbard fish, *Aphanopus carbo* and oceanic horse mackerel, *Trachurus picturatus* in Madeira (Portugal). *Parasite* 10: 325-331.

Costa, G., Melo-Moreira, E., Pinheiro de Carvalho, M. (2012). Helminth parasites of the oceanic horse mackerel *Trachurus picturatus* Bowdich 1825 (Pisces: Carangidae) from Madeira Island, Atlantic Ocean, Portugal. *Journal of Helminthology* 86: 368-372.

Costa, G., Santamaria, M., Vasconcelos, J., Pereira, C., Melo-Moreira, E. (2013). Endoparasites of *Trachurus picturatus* (Pisces: Carangidae) from the Madeira and Canary Islands: Selecting parasites for use as tags. *Scientia Marina* 77(1): 61-68.

Cousseau, M.B. (1967). Contribución al conocimiento de la Biología del Jurel (*Trachurus picturatus australis*) del área de Mar del Plata (Pisces, Fam. Carangidae). *Boletín del Instituto de Biología Marina* 15, 28 pp.

Cushing, D. (1968). *Fisheries biology. A study of population dynamic*. University of Wisconsin Press, Madison.

Cushing, D. (1995). *A Fisheries Perspective*. In *Population production and regulation in the sea*. Cambridge University Press, Cambridge.

Damme, C., Dickey-Collas, M., Rijnsdorp, A., Kjesbu, O. (2009). Fecundity, atresia and spawning strategies in Atlantic herring. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 66: 2130-2141.

- Davey, J.T. (1971). A revision of the genus *Anisakis* Dujardin, 1845 (Nematoda: Ascaridata). *Journal of Helminthology* 45: 51-72.
- DGPA (2007). Recursos da Pesca. Série estatística Volume no 20 A-B, Ano 2006. Direção Geral das Pescas e Aquicultura, Lisboa.
- Digitalis Informática Lda. (2015). portalATLAS. From www.portalatlas.net: <https://www.portalatlas.net/Oportunidades/PaisPT>.
- Dollfus, R.P. (1942). Études critiques sur les Tétrarhiques du Muséum de Paris. *Archives du Muséum national d'Histoire naturelle* 19 (série 6): 7-466.
- Dwyer, K., Walsh, S., Campana, S. (2003). Age determination, validation and growth of Grand Bank Yellowtail Flounder (*Limanda ferruginea*). *ICES Journal of Marine Science* 60: 1123-1138.
- Eiras, J.C. (1994). Elementos de ictioparasitologia. Fundação Eng. António de Almeida, Porto.
- Eklund, J., Parmanne, R., Aneer, G. (2000). Between-reader variation in herring otolith ages and effects on estimated population parameters. *Fisheries Research* 46: 147-154.
- Elliott, N., Haskard, K., Koslow, J. (1995). Morphometric analysis of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) off the continental slope of southern Australia. *Journal of Fish Biology* 46: 202-220.
- Eltink, A., Kuitert, C. (1989). Validation of ageing techniques on otoliths of horse mackerel (*Trachurus trachurus* L.). *ICES C.M.* 1989/H: 43.
- Evans, D., Grainger, R. (2002). Gathering data for resource monitoring and fisheries management. In: Hart, P., Reynolds, J. (Eds.), *Handbook of Fish Biology and Fisheries*, vol. 2. Blackwell Publishing, Oxford, pp. 84–102.
- FAO Fisheries Department. (1994). World review of highly migratory species and straddling stocks. *FAO Fisheries Technical Paper* 337. FAO, Rome.
- Faria, G., Vasconcelos, J. (2008). Reproduction biology of the blue jack mackerel, *Trachurus picturatus* (Bowdich, 1825) off Madeira Archipelago. Poster apresentado no XV Simpósio Ibérico de Estudos de Biologia Marinha (SIEBM), 9-13 de setembro 2008, Funchal, Madeira, Portugal.
- Farias, I., Vieira, A., Gordo, L., Figueiredo, I. (2009). Otolith shape analysis as a tool for stock discrimination of the black scabbardfish, *Aphanopus carbo* Lowe, 1839 (Pisces: Trichiuridae), in Portuguese waters. *Scientia Marina* 73S2: 47-53.

Feijó, D. (2013). Caracterização da pesca do Cerco na Costa Portuguesa. Dissertação de Mestrado apresentada em: Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Instituto Português do Mar e da Atmosfera, 92 pp.

Fernö, A., Olsen, S. (1994). Introduction. In: Fernö, A., Olsen, S. (Eds.), Marine fish behaviour in capture and abundance estimation. Fishing news books, Oxford, pp. 1-8.

Folkvord, A., Mosegaard, H. (2002). Growth and growth analysis. In: Panfili, J., de Pontual, H., Troadec, H., Wright, P. (Eds.), Manual of Fish Sclerochronology. Ifremer-IRD coedition, Brest, France, pp. 146-166.

Foot, C., Wood, C., Withler, R. (1989). Biochemical genetic comparison of sockeye salmon and kokanee, the anadromous and nonanadromous forms of *Oncorhynchus nerka*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 46: 149-158.

Formacion, S.P., Rongo, J.M., Sambilay Jr., V.C. (1991). Extreme value theory applied to the statistical distribution of the largest lengths of fish. Asian fisheries science 4: 123-135.

Fournier, D., Beacham, T., Ridell, B., Busack, C. (1984). A Estimating stock composition in mixed stock fisheries using morphometric, meristic and electrophoretic characteristics. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 4: 400-408.

Francis, R. (1990). Back-calculation of fish length: a critical review. Journal of Fish Biology 36: 883-902.

Francis, R. (1995). The analysis of otolith data – a mathematician's perspective (what, precisely, is your model?). In: Secor, D., Dean, J., Campana, S. (Eds.), Recent Developments in Fish Otolith Research. University of South Carolina Press, The Belle W. Baruch Library in Marine Science 19, Columbia, SC, pp. 81-95.

Friedland, K., Reddin, D. (1994). Use of otolith morphology in stock discriminations of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 51: 91-98.

Fulton, T. (1911). The sovereignty of the sea: an historical account of the claims of England to the dominion of the British seas and of the evolution of the territorial waters, with special reference to the rights of fishing and the naval salute. William Blackwood and Sons, Edinburgh.

Gabriel, W.L., Mace, P.M. (1999). A review of biological reference points in the context of the precautionary approach. In: Restrepo, V.R. (Ed.), Proceedings of the fifth national NMFS stock assessment workshop: providing scientific advice to implement the precautionary approach under the Magnuson-Stevens Fishery Conservation and Management Act, NOAA Technical Memorandum NMFS - F/SPO-40, Key Largo, FL, 24-26 February 1998, pp. 34-45.

Gaevskaya, A.V., Kovaleva, A.A. (1980). The use of parasitological data in population studies of Atlantic mackerel from the genus *Trachurus*. IX Konf. Ukrainского Parazitol. Obshch. Tezisy Dokladov Chast' 1, Kiev, Naukova, 132-133.

Gaevskaya, A.V., Kovaleva, A.A. (1985). The Parasite fauna of the oceanic horse mackerel *Trachurus picturatus picturatus* and eco-geographical characteristics of its formation. Scottish Fisheries Research Translation, Department of Agriculture and Fisheries for Scotland, Ekolojiya morya 20: 80-84.

Galley, E., Wright, P., Gibb, F. (2006). Combined methods of otolith shape analysis improve identification of spawning areas in Atlantic cod. ICES Journal of Marine Science 63: 1710–1717.

Garcia, A., Pereira, J., Canha, A., Reis, D., Diogo, H. (2015). Life history parameters of blue jack mackerel *Trachurus picturatus* (Teleostei: Carangidae) from north-east Atlantic. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 95 (2): 401-410.

Geograficando. (2011). From www.geograficando.webnode.pt: <http://geograficando.webnode.pt/a10%C2%BA-ano/a-inser%C3%A7%C3%A3o-de-portugal-nos-diferentes-esp%C3%A7os/>.

George-Nascimento, M. (2000). Geographical variations in the jack mackerel *Trachurus symmetricus murphyi* populations in the southeastern Pacific Ocean as evidenced from the associated parasite communities. Journal of Parasitology 86: 929-932.

Gibson, D., Jones, J. (1993). Fed up with parasites? A method for estimating asymptotic growth in fish populations. Marine Biology 117: 495–500.

Godinho, M. (1974). Idade e crescimento do carapau do Cunene (*Trachurus trachurus trecae* Cadenat). Junta Inv. Cient. do Ultramar. Missão de estudos Bioceanológicos e de Pescas de Angola; Publ. Mimeo. M.E. Bioceanol. Pescas, Angola, 17 (Sér. Biol. Pop. Nº 8), 57 pp.

Gonçalves, M.B. (1996). Parasitas Internos do Chicharro *Trachurus picturatus* (Bowdich, 1825) da Madeira. Relatório de Estágio Científico da Licenciatura em Biologia, Universidade da Madeira, 40 pp.

Gonçalves, P., Henriques, E., Angélico, M. (2013). Co-occurrence of *Trachurus trachurus* and *Trachurus picturatus* spawners in Atlantic Iberian waters and the ability to distinguish their eggs in plankton samples. Fisheries Research 138: 139-145.

González, J.A., Pajuelo, J.G., Lorenzo, J.M., Santana, J.I., Tuset, V.M., Jiménez, S., Perales-Raya, C., González-Lorenzo, G., Martín-Sosa, P., Lozano, I.J. (2012). Talla mínima de captura de

pescos, crustáceos y moluscos de interés pesquero en Canarias. Una propuesta científica para su conservación. Viceconsejería de Pesca del Gobierno de Canarias, Las Palmas de Gran Canaria.

González, J. (2016). Brachyuran crabs (Crustacea: Decapoda) from the Canary Islands (eastern Atlantic): checklist, zoogeographic considerations and conservation. *Scientia Marina* 80 (1): 89-102.

Gordo, L.S., Costa, A., Abaunza, P., Lucio, P., Eltink, A.T.G.W., Figueiredo, I. (2008). Determinate versus indeterminate fecundity in horse mackerel. *Fisheries Research* 89: 181-185.

Gordo, L.S., Baptista, I., Carvalho, L., Costa, V., Cruz, C., Eiras, J.C., Farias, I., Figueiredo, I., Lourenço, H., Bordalo-Machado, P., Neves, A., Nunes, M.L., Reis, S., Santos, M.J., Saraiva, A., Vieira, A.R. (2009). Stock structure of black scabbardfish (*Aphanopus carbo* Lowe, 1839) in the southern northeast Atlantic. *Scientia Marina* 73S2: 89-101.

Grande, M., Murua, H., Zudaire, I., Korta, M. (2012). Oocyte development and fecundity type of the skipjack, *Katsuwonus pelamis*, in the Western Indian Ocean. *Journal of Sea Research* 7: 117-125.

Greer Walker, M., Witthames, P., Bautista de Los Santos, J. (1994). Is the fecundity of the Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) determinate? *Sarsia* 79: 13-26.

Grimes, C., Johnson, A., Fable, W. (1987). Delineation of king mackerel (*Scomberomorus cavalla*) stocks along the US east coast and in the Gulf of Mexico. In: Kumpf, H., Vaught, R., Grimes, C., Johnson, A., Nakamura, E. (Eds.), *Proceedings of the Stock identification Workshop, 5-7 November 1985*. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFC-199. US Government Printing Office, Panama City Beach, FL, pp. 186-187.

Gulland, J. (1971). Ecological aspects of fishery research. *Advances in Ecological Research* 7: 115-176.

Gulland, J. (1974). *The management of marine fisheries*. Sciencetechnica (Publishers) Limited, Bristol.

Gulland, J. (1983). *Fish stock assessment: A manual of basic methods*. Vol. 1. John Wiley & Sons.

Haddon, M., Willis, T. (1995). Morphometric and meristic comparison of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*, Trachichthyidae) from the Puysegur Bank and Lord Howe Rise, New-Zealand, and its implications for stock structure. *Marine Biology* 123: 19-27.

Haddon, M. (2001). *Modeling and quantitative methods in fisheries*. Chapman & Hall/CRC.

- Heincke, D. (1898). Naturgeschichte des herring. Abhandlungen Doutsch Seefisch Verein 2: 128-233.
- Heino, M., Kaitala, V. (1999). Evolution of resource allocation between growth and reproduction in animals with indeterminate growth. *Journal of Evolutionary Biology* 12: 423-429.
- Helser, T.E., Lai, H.-L. (2004). Bayesian hierarchical meta-analysis of fish growth: with an example for North American largemouth bass, *Micropterus salmoides*. *Ecological Modelling* 178: 339-416.
- Henriquez, V., Gonzalez, M., Licandeo, R., Carvajal, J. (2011). Metazoan parasite communities of rock cod *Eleginops maclovinus* along southern Chilean coast and their use as biological tags at a local spatial scale. *Journal of Fish Biology* 79: 1851-1865.
- Hermida, M., Pereira, A., Correia, A., Cruz, C., Saraiva, A. (2016). Metazoan parasites of blue jack mackerel *Trachurus picturatus* (Perciformes: Carangidae) from Portuguese mainland waters. *Journal of Helminthology* 90(4): 410-416.
- Hilborn, R., Walters, C. (1992). *Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty*. Chapman & Hall, New York.
- Hile, R. (1950). A nomograph for the computation of the growth of fish from scale measurements. *Transactions of the American Fisheries Society* 78: 156-172.
- Hoar, W., Randall, D., Donaldson, E. (1983). *Fish physiology* (Vol. IX (part B)). Academic Press. New York, NY.
- Holden, M., Raitt, D. (1974). *Manual of fisheries science, Part 2 – Methods of resource investigation and their application*. FAO, Roma.
- Huet, M. (1983). *Tratado de Piscicultura*, 3ª ed, Ediciones Mundi-Prensa.
- Hunter, J., Maciewicz, B., Lo, N., Kimbrell, C. (1992). Fecundity, spawning, and maturity of female Dover Sole, *Microstomus pacificus*, with an evaluation of assumptions and precision. *Fishery Bulletin* 90 (1): 101-121.
- IBM Corp. (2015). *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0*. Armonk, NY: IBM Corp.
- ICES. (1994). Report of workshop on sampling strategies for age and maturity. ICES Document C.M. 1994/D:1, 67.
- Ihssen, P., Booke, H.E., Casselman, J., McGlade, J., Payne, N., Utter, F. (1981). Stock identification: materials and methods. *Canadian Journal of Fish Aquatic Science* 38: 1838-1855.

Isidro, H. (1990a). Age and growth of *Trachurus picturatus* (Bowdich, 1825) (Teleostei: Carangidae) from the Azores. *Arquipelago Life and Marine Sciences Supplement* 8: 45-54.

Isidro, H. (1990b). Estudo do chicharro (*Trachurus picturatus* Bowdich, 1825) (Teleostei: Carangidae) dos Açores. Trabalho de síntese apresentado nas provas de acesso à categoria de Assistente de Investigação. Departamento de Oceanografia e Pescas da Universidade dos Açores, Horta, 64 pp.

Iwata, H., Ukai, Y. (2002). SHAPE: a computer program package for quantitative evaluation of biological shapes based on elliptic Fourier descriptors. *Journal of Heredity* 93: 384-385.

Jacobsen, J., Hansen, L. (2004). Conventional tagging methods in stock identification: internal. ICES ASC 2004/EE:29.

Jennings, S., Kaiser, M., Reynolds, J. (2001). *Marine Fisheries Ecology*. Blackwell Science, Oxford.

Jesus, G. (1992). Study of the growth and reproduction of *Trachurus picturatus* (Bowdich, 1825) in Madeira. Final Report, Doc. N.º XIV/C/1-1991/3 (DG XIV/CE), 66 pp.

Jobling, M. (1996). *Environmental biology of fishes*. Chapman & Hall, London, 455 pp.

Jones, R. (1976). Growth of fishes. In: Cushing, D., Walsh, J. (Eds.), *Ecology of the seas*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 251-279.

Jones, C. (2000). Fitting growth curves to retrospective size-at-age data. *Fisheries Research* 46: 123-129.

Jones, C.M. (2002). Age and Growth. In: Fruiman, L.A., Werner, R.G. (Eds.), *Fishery science, the unique contributions of early life stages*. Blackwell Science, Oxford, pp 33-63.

Jurado-Ruzafa, A., Santamaría, M. (2011). Nota sobre el reclutamiento del chicharro *Trachurus picturatus* (Bowdich, 1825) en aguas de Canarias (Carangidae, Perciformes). *Vieraea* 34: 219-224.

Jurado-Ruzafa, A., Santamaria, G. (2013). Reproductive biology of the blue jack mackerel, *Trachurus picturatus* (Bowdich, 1825), off the Canary Islands. *Journal of Applied Ichthyology* 29 (3): 526-531.

Kaiser, M., De Groot, S. (2000). *Effects of Fishing on Non-target Species and Habitats: Biological, Conservation and Socio-economic Issues*. Blackwell Science Ltd, Oxford.

Karlou-Riga, C. (2000). Otolith morphology and age and growth of *Trachurus mediterraneus* (Steindachner) in the Eastern Mediterranean. *Fisheries Research* 46: 69-82.

- Karlovac, J., Kalovac, O. (1971). Contribution à la connaissance de l'écologie de *Trachurus trachurus* (L.) au large de l'Adriatique. Izvjesca Institut za Oceanografiju I Ribarstvo, Slip 5(2A), 24pp.
- Khalil, L.F., Jones, A., Bray, R.A. (1994). Keys to the cestode parasites of vertebrates. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, 751 pp.
- Kimura, D., Lyons, J. (1991). Between-reader bias and variability in the age determination process. Fishery Bulletin 89: 53-60.
- King, M. (1995). Fisheries biology, assessment and management. Blackwell Science, Oxford.
- Kingsford, M., Hughes, J. (2005). Patterns of growth, mortality and size of the tropical damselfish *Acanthochromis polyacanthus* across the continental shelf of the Great Barrier Reef. Fishery Bulletin 103: 561-573.
- Krebs, C.J. (1994). Ecology. In The Experimental Analysis of Distribution and Abundance (4th ed.). Addison-Wesley Longman Inc, California.
- L'Abèe-Lund, J. (1988). Otolith shape discriminates between juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L. Journal of Fish Biology 33: 899-903.
- Lagler, K., Bardach, J., Miller, R., Passino, D. (1977). Ichthyology. John Wiley and Sons, New York.
- Lai, H.-L., Gallucci, V., Gunderson, D., Donnelly, R. (1996). Age determination in fisheries: methods and applications to stock assessment. In: Gallucci, V., Saila, S., Gustafson, D., Rothschild, B. (Eds.), Quantitative Methods and Application. Lewis Publishers, New York, pp. 82-178.
- Lang, T., Damm, U., Weber, W., Neudecker, T., Kuhl Morgen-Hille, G. (1990). Infestation of herring (*Clupea harengus* L.) with *Anisakis* sp. larvae in the western Baltic. Archiv für Fishereiwissenschaft 40: 101-117.
- Leica Microsystems. Copyright 2014. Leica Application Suite (LAS) for Windows. Version 4.5, Switzerland.
- Lestrel, P. (1989). Method for analysing complex two dimensional forms: elliptical Fourier functions. American Journal of Human Biology 1: 149-164.
- Lestrel, P. (1997). Fourier Descriptors and Their Applications in Biology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lester, R., MacKenzie, K. (2009). The use and abuse of parasites as stock markers for fish. Fisheries Research 97: 1-2.

Letaconnoux, R. (1951). Contribution à l'étude des espèces du genre *Trachurus* et spécialement du *Trachurus trachurus* (Linné 1758). Mémoires Office Scientifique et Technique des Pêches Maritimes 15: 1-67.

Lin, Y.-J., Sun, C.-L., Chang, Y.-J., Tzeng, W.-N. (2015). Sensitivity of yield-per-recruit and spawning-biomass-per-recruit models to bias and imprecision in life history parameters: an example based on life history parameters of Japanese eel (*Anguilla japonica*). Fishery Bulletin 113 (3): 302-312.

Lloris, D., Moreno, T. (1995). Distribution model and association in three pelagic congeneric species (*Trachurus* spp.) present in the Iberic Mediterranean Sea. Scientia Marina 59 (3-4): 399-403.

Lucio, P. (1997). Biological Aspects of Spanish (Chub) Mackerel (*Scomber japonicus*, Houttuyn, 1782) in the Bay of Biscay from the Basque Country Catches. ICES C.M.1997/BB:10.

Macer, C. (1974). The reproductive biology of the horse mackerel *Trachurus trachurus* (L.) in the North Sea and English Channel. Journal of Fish Biology 6: 415-438.

MacKenzie, K. (1983). Parasites as biological tags in fish population studies. Advances in Applied Biology 7: 251-331.

MacKenzie, K. (1985). The use of parasites as biological tags in population studies of herring (*Clupea harengus* L.) in the North Sea and to the north and west of Scotland. Journal du Conseil/Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer 42: 33-64.

MacKenzie, K. (1990). Cestode parasites as biological tags for mackerel (*Scomber scombrus* L.) in the northeast Atlantic. Journal du Conseil/Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer 46: 155-166.

MacKenzie, K. (1998). Parasites as biological tags in population studies of marine fish. Parasitology International 47 (suppl.): 23-48.

MacKenzie, K., Abaunza, P. (1998). Parasites as biological tags for stock discrimination of marine fish: a guide to procedures and methods. Fisheries Research 38: 45-56.

MacKenzie, K. (2002). Parasites as biological tags in population studies of marine organisms: an update. Parasitology 124: S153-S163.

MacKenzie, K., Campbell, N., Mattiucci, S., Ramos, P., Pereira, A., Abaunza, P. (2004). A checklist of the protozoan and metazoan parasites reported from the Atlantic horse mackerel, *Trachurus trachurus* (L.). Bulletin of the European Association of Fish Pathologists 24: 180-184.

- MacKenzie, K., Abaunza, P. (2005). Parasites as Biological Tags. In: Cadrin, S., Friedland, K., Waldman, J. (Eds.), *Stock Identification Methods: Applications in Fishery Science*. Elsevier/Academic Press, pp. 211-226.
- MacKenzie, K., Campbell, N., Mattiucci, S., Ramos, P., Pinto, A.L., Abaunza, P. (2008). Parasites as biological tags for stock identification of Atlantic horse mackerel *Trachurus trachurus* L. *Fisheries Research* 89: 136-145.
- MacKenzie, K., Hemmingsen, W. (2015). Parasites as biological tags in marine fisheries research: European Atlantic waters. *Parasitology* 142: 54-67.
- Manfredi, M.T., Crosa, G., Galli, P., Ganduglio, S. (2000). Distribution of *Anisakis simplex* in fish caught in the Ligurian sea. *Parasitology Research* 86: 551-553.
- Marcogliese, D. (1995). The role of zooplankton in the transmission of helminth parasites of fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 5: 336-371.
- Marcogliese, D. (2002). Food webs and parasite transmission. *Parasitology* 124: S83-S99.
- Marcus, L., Corti, M., Loy, A., Naylor, G., Slice, D. (1996). *Advances in Morphometrics*. Plenum Press, New York.
- Margolis, L., Esch, G., Holmes, J., Kuris, A., Schad, G. (1982). The use of ecological terms in parasitology (report of an ad hoc committee of the American Society of Parasitologists). *Journal of Parasitology* 68: 131-133.
- Massé, J., Koutsikopoulos, C., Patty, W. (1996). The structure and spatial distribution of pelagic fish schools in multispecies clusters: an acoustic study. *ICES Journal of Marine Science* 53: 155-160.
- Mattiucci, S., Abaunza, P., Ramadori, L., Nascetti, G. (2004). Genetic identification of *Anisakis* larvae in European hake from Atlantic and Mediterranean waters for stock recognition. *Journal of Fish Biology* 65: 495-510.
- Mattiucci, S., Nascetti, G. (2006). Molecular systematics, phylogeny and ecology of anisakid nematodes of the genus *Anisakis* Dujardin, 1845: an update. *Parasite* 13: 99-113.
- Mattiucci, S., Farina, V., Campbell, N., MacKenzie, K., Ramos, P., Pinto, A. L., Abaunza, P., Nascetti, G. (2008). *Anisakis* spp. larvae (Nematoda: Anisakidae) from Atlantic horse mackerel: Their genetic identification and use as biological tags for host stock characterization. *Fisheries Research* 89: 146-151.

Mattiucci, S., Nascetti, G. (2008). Advances and trends in the molecular systematics of *Anisakis* nematodes, with implications for their evolutionary ecology and host-parasite co-evolutionary processes. *Advances in Parasitology* 66: 47–148.

McClelland, G., Melendy, J. (2007). Use of endoparasitic helminths as tags in delineating stocks of American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) from the southern Gulf of St. Lawrence and Cape Breton Shelf. *Fishery Bulletin* 105: 180–188.

McCurdy, W., Panfili, J., Meunier, F., Geffen, A., de Pontual, H. (2002). Preparation of calcified structures. In: Panfili, J., de Pontual, H., Troadec, H., Wright, P. (Eds.), *Manual of fish sclerochronology*. IFREMER-IRD coedition. Brest, France, pp. 331-357.

McFarlane, G., Wydoski, R., Prince, E. (1990). Historical Review of the Development of External Tags and Marks. *American Fisheries Society Symposium* 7: 9-29.

McQuinn, I. (1997). Metapopulations and Atlantic herring. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 7: 297-329.

Melendy, J., McClelland, G., Hurlbut, T. (2005). Use of parasite tags in delineating stocks of white hake (*Urophycis tenuis*) from the southern Gulf of St. Lawrence and Cape Breton Shelf. *Fisheries Research* 76: 392–400.

Mendes, B., Fonseca, P., Campos, A. (2004). Selectividade em sacos de redes de arrasto para seis espécies de peixes, na costa sudoeste portuguesa. *Relatórios Científicos e Técnicos do IPIMAR, Série digital* (<http://ipimar-iniap.ipimar.pt>) n.º11.

Menezes, G., Sigler, M., Silva, H., Pinho, M. (2006). Structure and zonation of demersal fish assemblages off the Azores Archipelago (mid-Atlantic). *Marine Ecology Progress Series* 324: 241-260.

Menezes, G., Giacomello, E. (2013). Spatial and temporal variability of demersal fishes at Condor Seamount (Northeast Atlantic). *Deep Sea Research Part II: Tropical Studies in Oceanography* 98: 101-113.

Mérigot, B., Letourneur, Y., Leconte-Finiger, R. (2007). Characterization of local populations of the common sole *Solea solea* (Pisces, Soleidae) in the NW Mediterranean through otolith morphometrics and shape analysis. *Marine Biology* 151: 997–1008.

Meunier, F. (2002). Skeleton. In: Panfili, J., de Pontual, H., Troadec, H., Wright, P.J. (Eds.), *Manual of fish sclerochronology*. IFREMER-IRD coedition. Brest, France, pp. 65-88.

Misra, R., Carscadden, J. (1987). A multivariate analysis of morphometrics to detect differences in populations of capelin (*Mallotus villosus*). *Journal du Conseil / Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer* 43: 99–106.

Misund, O. (1994). Swimming behaviour of fish schools in connection with capture by purse seine and pelagic trawl. In: Fernö, A., Olsen, S. (Eds.), *Marine fish behaviour in capture and abundance estimation*. Fishing News Books, Oxford, pp. 84-106.

Molina, R., Laatzén, F. (1986). Hidrología en la region comprendida entre las Islas canarias orientales, Marruecos y las Islas Madeira. Campaña “Norcanarias I”. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 3 (3): 1-16.

Monteiro, L. (1999). Multivariate regression models and geometric morphometrics: the search for causal factors in the analysis of shape. *Systematic Biology* 48: 192-199.

Morales-Nin, B. (1984). Aplicación del retrocálculo en la determinación del de *Genypterus capensis* (Smith, 1847). *Collection of Scientific Papers International Commission for the Southeast Atlantic Fisheries, ICSEAF 1984 (II)*: 7-13.

Morales-Nin, B. (1987). Métodos de determinación da la edad en los osteictios en base a estruturas de crescimento. *Informes Técnicos de Investigación Pesquera* 143, 30 pp.

Morales-Nin, B., Ralston, S. (1990). Age and growth of *Lutjanus kasmira* (Forsk.) in Hawaiian Waters. *Journal of Fish Biology* 36(2): 91-203.

Morales-Nin, B., Panfili, J. (2002a). Sclerochronological studies: Age estimation. In: Panfili, J., de Pontual, H., Toradec, H., Wright, P. (Eds.), *Manual of fish schlerochronology*. Ifremer-IRD, Brest, pp. 91-98.

Morales-Nin, B., Panfili, J. (2002b). Verification. In: Panfili, J., de Pontual, H., Troadec, H., Wright, P. (Eds.), *Manual of fish sclerochronology*. IFREMER-IRD coedition, Brest, France, pp. 138-142.

Mouine-Oueslati, N., Ahlem, R., Ines, C., Ktari, M.-H., Chakroun-Marzouk, N. (2015). Age and growth of *Spondyliosoma cantharus* (Sparidae) in the Gulf of Tunis. *Scientia Marina* 79(3): 319-324.

Moyle, P., Cech, J. (1996). *Fishes, An Introduction to Ichthyology*, 3rd ed., Prentice Hall. Upper Saddle River, N.J.

Muñoz, M., Sàbat, M., Vila, S., Casadevall, M. (2005). Annual reproductive cycle and fecundity of *Scorpaena notata* (Teleostei: Scorpaenidae). *Scientia Marina* 69 (4): 555-562.

- Murta, A., Borges, M., Silveiro, M. (1996). Morphological variations in the sagitta otoliths of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in Portuguese waters (Div. IXa). ICES C.M. 1996/H:27, 8 pp.
- Murta, A., Abaunza, P., Cardador, F., Sánchez, F. (2008a). Ontogenic migrations of horse mackerel along the Iberian coast. *Fisheries Research* 89: 186–195.
- Murta, A., Pinto, A., Abaunza, P. (2008b). Stock identification of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) through the analysis of body shape. *Fisheries Research* 89: 152-158.
- Murua, H., Kaus, G., Saborido-Rey, F., Witthames, P., Thorsen, A., Junquera, S. (2003). Procedures to estimate fecundity of marine fish species in relation to their reproductive strategy. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 33: 33-54.
- Murua, H., Saborido-Rey, F. (2003). Female Reproductive Strategies of Marine Fish Species of the North Atlantic. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 33: 23-31.
- Neves, A., Sequeira, V., Farias, I., Vieira, A., Paiva, R., Gordo, L. (2011). Discriminating bluemouth, *Helicolenus dactylopterus* (Pisces: Sebastidae), stocks in Portuguese waters by means of otolith shape analysis. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 91: 1237-1242.
- Newman, S., Dunk, I. (2003). Age validation, growth, mortality, and additional population parameters of the goldband snapper (*Pristipomoides multidens*) off the Kimberley coast of northwestern Australia. *Fishery Bulletin* 101 (1): 116-128.
- NRC. (1998). *Improving Fish Stock Assessments*. National Academic Press. Washington, DC.
- Oliva, M., Sánchez, M. (2005). Metazoan parasites and commensals of the northern Chilean scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) as tools for stock identification. *Fisheries Research* 71: 71–77.
- Palm H.W. (2004). *The Trypanorhyncha* Diesing, 1863. PKSPL-IPB Press, Bogor, 710 pp.
- Panfili, J., Morales-Nin, B. (2002). Semi-direct validation. In: Panfili, J., de Pontual, H., Troadec, H., Wrigh, P. (Eds.), *Manual of fish sclerochronology*. IFREMER-IRD coedition, Brest, France, pp. 129-134.
- Pannella, G. (1974). Otolith growth patterns: an aid in age determination in temperate and tropical fishes. In: Bagenal, T. (Ed.), *The ageing of fish*. Unwin Brothers Limited, England, pp. 114-123.
- Patterson, K. (1992). Fisheries for small pelagic species: an empirical approach to management targets. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 2(4): 321–338.

- Pauly, D. (1980). On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *Journal du Conseil/Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer* 39: 175–192.
- Pauly, D. (1997). *Méthodes pour l'évaluation des ressources halieutiques*. Cépadués-éditions, Toulouse.
- Pawson, M., Jennings, S. (1996). A critique of methods for stock identification in marine capture fisheries. *Fisheries Research* 25: 203-217.
- Peres, M., Haimovici, M. (2004). Age and growth of southwestern Atlantic wreckfish *Polyprion americanus*. *Fisheries Research* 66: 157-169.
- Pierce, G., Guerra, A. (1994). Stock assessment methods used for cephalopod fisheries. *Fisheries Research* 21: 255–285.
- Pontes, T., D'Amélio, S., Costa, G., Paggi, L. (2005). Molecular characterization of larval anisakid nematodes from marine fishes of Madeira by a PCR-based approach with evidence for new species. *Journal of Parasitology* 91: 1430-1434.
- Pontual, H.P., Panfili, J., Wright, P.J., Troadec, H. (2002). General introduction. In: Panfili, J., de Pontual, H., Troadec, H., Wrigh, P. (Eds.), *Manual of fish sclerochronology*. IFREMER-IRD coedition, Brest, France, pp. 19-22.
- Poulin, R. (2006). Variation in infection parameters among populations within parasite species: Intrinsic properties versus local factors. *International Journal for Parasitology* 36: 877-885.
- Prada, S. (2000). *Geologia e Recursos Hídricos Subterrâneos da ilha da Madeira*. Dissertação apresentada à Universidade da Madeira para obtenção do grau de Doutor em Geologia. Universidade da Madeira, 351 pp.
- Prada, S., Gaspar, M.A., Silva, M.O., Cruz, J.V., Portela, M.M., Hora, G.R. (2003). Recursos hídricos da Ilha da Madeira. *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro* 90: 125-142.
- Proyecto INDICE INTERREG IIIB. (n.d.). Retrieved 2016-28-04 from Gobierno de Canarias: http://www.gobiernodecanarias.org/cmayerreg/indice/observatorio_macaronesia/pt/macaronesia/ca/index.html.
- Quinn J.T., Deriso, R.B. (1999). *Quantitative fish dynamics*. Oxford University Press. 560 pp.
- R Core Team. (2015). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.

Ramírez Llodra, E. (2002). Fecundity and life-history strategies in marine invertebrates. *Advances in Marine Biology* 43: 88-162.

Reimer, L. (1978). Monogenean trematodes as biological tags for sprat in the North Sea. ICOPA IV, section H: 6-7.

Reg. (CE) n.º 302/2009 de 6 de abril de 2009. *Jornal Oficial da União Europeia*, L 96.

Ricker, W. (1973). Linear regression in fishery research. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 30: 409-434.

Ricker, W. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletín of Fisheries Research Board of Canada* 191: 1-382.

Ripley, B. (1996). *Pattern Recognition and Neural Networks*. Cambridge University Press, Cambridge.

Riviero, I. (2006). Biometrics of pelagic fish in Gran Canaria Island waters (Canary Islands). Final Project. 17: Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Robinson, B., Wilson, D. (1996). Genetic variation and phenotypic plasticity in a tropically polymorphic population of pumpkinseed sunfish (*Lepomis gibbosus*). *Evolutionary Ecology* 10: 631-652.

Rohlf, F. (1990). Rotational fit (Procrustes) methods. In: Rohlf, F., Bookstein, F.L. (Eds.), *Proceedings of the Michigan morphometrics Workshop*. University of Michigan Museum of Zoology, Ann Arbor, pp. 227-236.

Rohlf, F., Bookstein, F. (1990). *Proceedings of the Michigan Morphometrics Workshop*. The University of Michigan Museum of Zoology. Ann Arbor.

Rohlf, F., Slice, D. (1990). Extensions of the Procrustes method for the optimal superimposition of landmarks. *Systematic Biology* 39: 40-59.

Rohlf, F., Marcus, L. (1993). A revolution in morphometrics. *Trends Ecology and Evolution* 8: 129-132.

Rohlf, F. (1998). On applications of geometric morphometrics to studies of ontogeny and phylogeny. *Systematic Biology* 47 (1): 147-158.

Rohlf, F. (1999). Shape statistics: Procrustes superimpositions and tangent spaces. *Journal of Classification* 16: 197-223.

Rohlf, F. (2000). On the use of shape spaces to compare morphometric methods. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy* (n.s.) 11(1): 9-25.

Rohlf, F. (2002). Geometric morphometrics and phylogeny. In: Macleod, N., Forey, P. (Eds.), *Morphology, shape and phylogenetics*. Taylor & Francis, London, pp. 175-193.

Rohlf, F. (2003). Bias and error in estimates of mean shape in geometric morphometrics. *Journal of Human Evolution* 44: 665–683.

Rohlf, F. (2006). tpsDig. Version 2.10. USA [disponível na internet at <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>], Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.

Rychlik, L., Ramalhinho, G., Polly, P. (2006). Response to environmental factors and competition: skull, mandible and tooth shapes in Polish water shrews (*Neomys*, Soricidae, Mammalia). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 44 (4): 339-351.

Salgado, M., Jardim, E., Afonso Dias, M. (2003). Estudo dos métodos de aferição de leituras de idade aplicados à pescada (*Merluccius merluccius*) da costa Portuguesa. Relatório Científico e Técnico. IPIMAR, Série digital n.º9, 22 pp.

Schirripa, M. (2002). An evaluation of back-calculation methodology using simulated otolith data. *Fisheries Bulletin* 100: 789-799.

Sequeira, V., Gordo, L., Neves, A., Paiva, R., Cabral, H., Marques, J. (2010). Macroparasites as biological tags for stock identification of the bluemouth, *Helicolenus dactylopterus* (Delaroche, 1809) in Portuguese waters. *Fisheries Research* 106: 321-328.

Sequeira, V., Rodríguez-Mendoza, R., Neves, A., Paiva, R., Saborido-Rey, F., Gordo, L. (2011). Using body geometric morphometrics to identify bluemouth, *Helicolenus dactylopterus* (Delaroche, 1809) populations in the Northeastern Atlantic. *Hydrobiologia* 669: 133-141.

Shabonev, I., Ryazantseva, Y.I. (1977). Population structure of the oceanic horse mackerel (*Trachurus picturatus picturatus*). *Journal of Ichthyology* 17 (6): 954-958.

Shaklee, J.B., Currens, K.P. (2003). Genetic stock identification and risk assessment. In: Hellerman, E.M. (Ed.), *Population Genetics: Principles and Applications for Fisheries Scientists*, American Fisheries Society, Bethesda, pp. 291-328.

Shaw, P., Turan, C., Wrigth, J., O'Connell, M., Carvalho, G. (1999). Microsatellite DNA analysis of population structure in Atlantic herring (*Clupea harengus*), with direct comparison to allozyme and mtDNA RFLP analyses. *Heredity* 83: 490-499.

Silva, A. (2003). Morphometric variation among sardine (*Sardina pilchardus*) populations from the northeastern Atlantic and the western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science* 60: 1352-1360.

Silva, A. (2007). Geographic variation in sardine population traits: implications for stock assessment. Doctoral Thesis. Universidade do Algarve, Faro.

Simoneau, M., Casselman, J., Fortin, R. (2000). Determining the effect of negative allometry (length/height relationship) on variation in otolith shape in lake trout (*Salvelinus namaycush*), using Fourier-series analysis. *Canadian Journal of Zoology* 78: 1597–1603.

Simpfendorfer, C., Bonfil, R., Latour, R. (2005). Mortality estimation. In: Musick, J., Bonfil, R. (Eds.), *Management techniques for elasmobranch fisheries*. FAO Fisheries Technical Paper 474. FAO, Rome, pp. 127-142.

Sindermann, C. (1957). Diseases of fishes of the western North Atlantic. V. Parasites as indicators of herring movements. *Marine Department of Sea and shore. Fishery Bulletin* 27: 1-30.

Sindermann, C. (1983). Parasites as natural tags for marine fish: a review. *NAFO Scientific Council Studies* 6: 67-71.

Smedstad, O., Holm, J. (1996). Validation of backcalculation formulae for cod otoliths. *Journal of Fish Biology* 49: 973-985.

Smith, J.W. (1983). *Anisakis simplex* (Rudolphi, 1809, det. Krabbe, 1878) Nematoda: Ascaridoidea): morphology and morphometry of larvae from euphausiids and fish, and a review of the life-history and the ecology. *Journal of Helminthology* 57: 205-224.

Smith, P., Jamieson, A. (1986). Stock discreteness in herrings: a conceptual revolution. *Fisheries Research* 4: 223–234.

Smith-Vaniz, W., Berry, F.H. (1981). Carangidae. In: Fischer, W., Bianchi, G., Scott, W.B. (Eds.), *FAO species identification sheets for fishery purpose - Fishing areas 34, 47 (in part) (Eastern Central Atlantic) (Vols. 1, Bony fishes)*. Funds-in-Trust, Canada.

Smith-Vaniz, W. (1986). Carangidae. In: Whitehead, P.J., Bauchot, M.L., Hureau, J.C., Nielsen, J., Tortonese, E. (Eds.), *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean (Vol. II)*. Unesco, Paris, pp. 507-1007.

Sparre, P., Ursin, E., Venema, S. (1989). *Introduction to tropical Fish Stock Assessment. Part 1: Manual*. FAO Fisheries Technical Paper 306/1, Rome.

Sparre, P., Venema, S. (1997a). Introdução à avaliação de mananciais de peixes tropicais. Parte 1 - Manual. FAO documento técnico sobre as pescas 306/1 Rev. 2. FAO Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, Roma.

Sparre, P., Venema, S. (1997b). Introdução à avaliação de mananciais de peixes tropicais. Parte 2 - Exercícios. FAO documento técnico sobre as pescas 306/2 Rev. 2. FAO, Roma.

Sparre, P., Venema, S. (1998). Introduction to tropical Fish Stock Assessment. Part 1: Manual. FAO Fisheries Technical Paper. FAO, Rome.

StatSoft Inc. Released 2010. STATISTICA (data analysis software system), version 10.0. Available from: www.statsoft.com

Stearns, S. (1992). The Evolution of Life Histories. Oxford University Press, Oxford.

Stransky, C. (2005). Geographic variation of golden redfish (*Sebastes marinus*) and deep-sea redfish (*S. mentella*) in the North Atlantic based on otolith shape analysis. ICES Journal of Marine Science 62: 1691–1698.

Stransky, C., MacLellan, S. (2005). Species separation and zoogeography of redfish and rockfish (genus *Sebastes*) by otolith shape analysis. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 62: 237–246.

Stransky, C., Murta, A., Schlickeisen, J., Zimmermann, C. (2008). Otolith shape analysis as a tool for stock separation of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Northeast Atlantic and Mediterranean. Fisheries Research 89: 159-166.

Strauss, R., Bookstein, F. (1982). The truss: body form reconstruction in morphometrics. Systematic Zoology 31: 113-135.

Swain, D., Foote, C. (1999). Stocks and chameleons: the use of phenotypic variation in stock identification. Fisheries Research 43: 113–128.

Templeman, W. (1983). Stock discrimination in marine fishes. NAFO Scientific Council Studies 6: 57–62.

Timi, J. (2003). Parasites of Argentine anchovy in the south-west Atlantic: latitudinal patterns and their use for discrimination of host populations. Journal of Fish Biology 63: 90-107.

Titus, K., Mosher, J.A., Williams, B.K. (1984). Chance-corrected classification for use in discriminant analysis: ecological applications. The American Midland Naturalist 111: 1–7.

Tomkiewicz, J., Tybjerg, L., Jespersen, A. (2003). Micro and macroscopic characteristics to stage gonadal maturation of female Baltic cod. Journal of Fish Biology 62: 253-275.

Tracey, S., Lyle, J., Duhamel, G. (2006). Application of elliptical Fourier analysis of otolith form as a tool for stock identification. *Fisheries Research* 77: 138–147.

Tremblay, M., Mahon, R., O'Boyle, R. (1984). Vertebral numbers in larval and juvenile haddock of the Scotian shelf and implications for stock discrimination. *Journal of the Northwest Atlantic Fishery Science* 5: 213–217.

Trippel, E., Harvey, H. (1991). Comparison of methods used to estimate age and length of fishes at sexual maturity using populations of white sucker (*Catostomus commersoni*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 48: 1446-1495.

Trippel, E.A. (1995). Age at maturity as a stress indicator in fisheries. *BioScience* 45: 795-771.

Turan, C. (2004). Stock identification of Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) using morphometric and meristic characters. *ICES Journal of Marine Science* 61: 774-781.

Tuset, V., Lombarte, A., Assis, C. (2008). Otolith atlas for the Western Mediterranean, North and Central Eastern Atlantic. *Scientia Marina* 72S1, 203 pp.

van der Walt, B., Beckley, L. (1997). Age and growth of *Sarpa salpa* (Pisces: Sparidae) off the east coast of south Africa. *Fisheries Research* 31: 241-248.

Vasconcelos, J. (2006). Contribuição para o conhecimento da biologia da cavala, *Scomber japonicus* houuttuyn, 1782 do arquipélago da Madeira. Tese submetida para a obtenção do grau de Mestre em Ciências da Terra e da Vida. Funchal: Universidade da Madeira.

Vasconcelos, J., Alves, A., Faria, G., Gouveia, E. (2006). Age and growth of the blue jack mackerel, *Trachurus picturatus* off Madeiran archipelago. *Arquipelago Life and Marine Sciences Supplement* 23A: 47-57.

Vasconcelos, J., Alves, A., Faria, G. (2008). Age and growth of the blue jack mackerel, *Trachurus picturatus* off Madeira Island. Poster apresentado no XV Simpósio Ibérico de Estudos de Biologia Marinha (SIEBM), 9-13 setembro de 2008. Funchal, Madeira, Portugal.

Vetter, E. (1988). Estimation of natural mortality in fish stocks: a review. *Fisheries Bulletin* 86: 25-43.

Vicentini, R., Araujo, F. (2003). Sex ratio and size structure of *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) (Perciformes, Sciaenidae) in Sepetiba bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 3: 559-566.

- Vieira, A.R., Farias, I., Figueiredo, I., Neves, A., Morales-Nin, B., Sequeira, V., Martins, M.R., Gordo, L.S. (2009). Age and growth of black scabbardfish (*Aphanopus carbo* Lowe, 1839) in the southern NE Atlantic. *Scientia Marina* 73S2: 33-46.
- Vieira, A.R., Neves, A., Sequeira, V., Paiva, R., Gordo, L. (2014). Otolith shape analysis as a tool for stock discrimination of forkbeard (*Phycis phycis*) in the Northeast Atlantic. *Hydrobiologia* 728: 103-110.
- Viette, M., Giulianini, P., Ferrero, E. (1997). Reproductive biology of scad, *Trachurus mediterraneus* (Teleostei, Carangidae), from the Gulf of Trieste. *ICES Journal of Marine Science* 54: 267-272.
- Villaluz, A., Maccrimmon, H. (1988). Meristic variations in milkfish *Chanos chanos* from Philippine waters. *Marine Biology* 97: 145-150.
- Villamor, B., Abaunza, P., Fariña, A. (2004). Growth variability of mackerel (*Scomber scombrus*) off north and northwest Spain and a comparative review of the growth patterns in the northeast Atlantic. *Fisheries Research* 69: 107-121.
- Waldron, M., Kerstan, M. (2001). Age validation in horse mackerel (*Trachurus trachurus*) otoliths. *ICES Journal of Marine Science* 58: 806-813.
- Westhaus-Ekau, P., Ekau, W. (1982). Preliminary report of the investigations on “cavala” (*Scomber japonicus*) and “chicharro” (*Trachurus picturatus*) at the department of oceanography and fisheries. Horta, Açores: Departamento de Oceanografia e Pescas, Horta.
- Williams, H.H., MacKenzie, K., McCarthy, A.M. (1992). Parasites as biological indicators of the population biology, migrations, diet, and phylogenetics of fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 2: 144-176.
- Williams, T., Bedford, B. (1974). The use of otoliths for age determination. In: Bagenal, T. (Ed.), *The Ageing of Fish, Proceeding of an International Symposium*. Unwin Brothers Limited. England, pp. 114-123.
- Wright, P.J., Panfili, J., Morales-Nin, Geffen, A.J. (2002). Otoliths. In: Panfili, J., de Pontual, H., Troadec, H., Wrigh, P. (Eds.), *Manual of fish sclerochronology*. Ifremer-IRD coedition, France, pp. 31-57.
- Yamada, T., Aoki, I., Mitani, I. (1998). Spawning time, spawning frequency and fecundity of Japanese chub mackerel, *Scomber japonicus* in the waters around the Izu Islands, Japan. *Fisheries Research* 38: 83-89.

Yosef, T., Casselman, J. (1995). A procedure for increasing the precision of otolith age determination of tropical fish by differentiating biannual recruitment. In: Secor, D., Dean, J., Campana, S. (Eds.), Recent developments in fish otolith research. University of South Carolina Press, Columbia, SC, USA, pp. 247-269.

Zar, J. (1996). Biostatistical analysis, 3rd ed., Prentice-Hall International, London.

Portaria n.º 1102-G/2000 de 22 de Novembro de 2000. Diário da República, I Série-B, n.º 270.

Portaria n.º 27/2001 de 15 de janeiro de 2001. Diário da República, I Série-B n.º 12.

Portaria n.º 402/2002 de 18 de abril de 2002. Diário da República, I Série-B n.º 91.

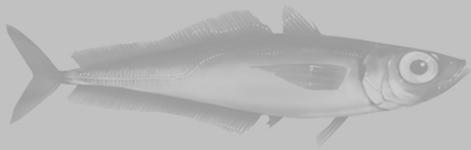
Portaria n.º 1266/2004 de 1 de outubro de 2004. Diário da República, I Série-B n.º 232.

Portaria n.º 82/2011 de 22 de fevereiro de 2011. Diário da República, I Série-B n.º 37.

Portaria n.º 119/2014 de 03 de junho de 2014. Diário da República, I Série-B n.º 106.

Portaria n.º 170/2014 de 22 de agosto de 2014. Diário da República, I Série-B, n.º 161.

16



ANEXOS

Anexo 1 – Descrição macroscópica e microscópica das fases do ciclo reprodutivo para fêmeas de *T. picturatus* segundo Brown-Peterson *et al.* (2011). (CA = ovócito no estado de alvéolo cortical; OM = maturação do ovócito; PG = crescimento primário; POF = complexo folículo pós- ovulatório; Vtg1 = vitelogénico primário; Vtg2 = vitelogénico secundário; Vtg3 = vitelogénico terciário); GVM = ovócito com migração da vesícula germinal; GVBD = ovócito com rompimento da vesícula germinal).

	Fase	Caraterísticas macroscópicas e microscópicas
I	Imaturo	Ovários pequenos, muitas vezes claros, vasos sanguíneos indistintos.
II	Desenvolvimento (início de desenvolvimento dos ovários)	O diâmetro do ovário aumenta. Vascularização bem desenvolvida e distinta. Presença de ovócitos nos estados de crescimento primário, com alvéolos corticais e Vtg1 e Vtg2. Sem evidência de POF's e ovócitos Vtg3. Pode apresentar alguma atresia. No início do desenvolvimento apenas ocorrem ovócitos em PG e CA.
III	Capaz de se reproduzir (peixes vão desovar neste ciclo)	Ovários firmes, largos em diâmetro e com vasos sanguíneos proeminentes. Ovócitos individuais visíveis macroscopicamente. Presença de ovócitos Vtg3 e POF's. Pode verificar-se a presença de atresia de ovócitos vitelogénicos e/ou hidratados. Os estágios iniciais da OM podem estar presente. Subfase de desova ativa: ovócitos nas fases de GVM, GVBD, hidratação ou ovulação.
IV	Regressão (cessação da desova)	Gónadas flácidas, com vascularização proeminente. Presença de atresia (em qualquer estágio) e POF's. Presença de alguns ovócitos no estado de alvéolo cortical e/ou vitelogénicos (Vtg1 e vtg2).
V	Regeneração (reprodutivamente inativo; sexualmente maturo)	Ovários pequenos e com presença reduzida de vasos sanguíneos. Presença de apenas oogónias e ovócitos em crescimento primário. Presença de feixes musculares e vasos sanguíneos dilatados. Parede de ovário espessa e podem ocorrer gama/delta atresia ou degeneração de POF's.

Anexo 2 – Descrição macroscópica e microscópica das fases do ciclo reprodutivo para machos de *T. picturatus* segundo de Brown-Peterson *et al.* (2011). (GE = epitélio germinal; Sc1 = espermatócito primário; Sc2 = espermatócito secundário; Sg1 = espermatogónia primária; Sg2 = espermatogónia secundária; St = espermatídio; Sz = espermatozoides).

	Fase	Caraterísticas macroscópicas e microscópicas
I	Imaturo	Testículos pequenos, muitas vezes claros e semelhantes a uma linha. Apenas estão presentes Sg1. Sem lúmen nos lóbulos.
II	Desenvolvimento	Testículos pequenos mas facilmente identificáveis. Espermatócitos evidentes ao longo dos lóbulos. Podem estar presentes Sg2, Sc1, Sc2, St e Sz. Sz não ocorre no lúmen dos lóbulos ou nos ductos de esperma. GE contínua por toda parte. Nos estados iniciais de desenvolvimento apenas ocorrem Sg1, Sg2 e Sc1.
III	Capaz de se reproduzir (peixes vão desovar neste ciclo)	Testículos grandes e firmes. Sz presente no lúmen dos lóbulos e/ou ductos de esperma. Podem estar presentes todos os estados de espermatogénese (Sg2, Sc, St e Sz). Espermatócitos em todo o testículo, espermatogénese ativa. GE pode ser contínua ou descontínua. Subfase de desova ativa (macroscópica): esperma lançado com uma leve pressão sobre o abdômen.
IV	Regressão	Testículos pequenos e flácidos. Nenhuma libertação de esperma com a pressão. Residual Sz presente no lúmen de lóbulos e ductos de esperma. Espermatócitos amplamente espalhados perto periferia contendo Sc2, St, Sz. Pouca ou nenhuma espermatogénese ativa. Proliferação espermatogonial e regeneração da GE comum na periferia da testículos.
V	Regeneração (reprodutivamente inativo; sexualmente maturo)	Pequenos e frequentemente em forma de linha. Sem espermatócitos. Lúmen do lóbulo muitas vezes inexistente. Proliferação de espermatogónias pelos testículos. GE contínua por toda parte. Pequena quantidade de Sz residual ocasionalmente presente no lúmen do lóbulo e no duto de esperma.

Anexo 3 – Fauna parasitológica e respetivas prevalências obtidas em estudos efetuados ao chicharro, *T. picturatus*, presente na Madeira, Açores, Canárias, Sahara Ocidental e Bancos Meteor e Irving. Legenda: (a) Costa *et al.* (2012); (b) Costa *et al.* (2013); (c) Gaevskaya & Kovaleva (1985); (d) Hermida *et al.* (2016).

Parasita	Madeira (a)	Madeira (b)	Canárias (b)	Bancos nos Açores (c)	Banco Meteor (c)	Banco Irving (c)	Sahara Occidental (c)	Portugal continental (d)
MONOGENEA								
<i>Heteraxinoides atlanticus</i>	1.0							
<i>Pseudaxine trachuri</i>	1.9			37.0	33.3	-	80.0	12.1
<i>Cemocotyle trachuri</i>				3.7	6.7	-	6.8	
<i>Diplectanotrema trachuri</i>				7.4			20.0	
<i>Gastrocotyle trachuri</i>				44.4	66.7	-	93.3	65.5
CESTODA								
<i>Nybelinia lingualis</i>	37.9	7.0	-	-	20.0	93.3	-	-
<i>Tentacularea coryphaenae</i>				-	-	20.0	-	
<i>Scolex pleuronectis</i>				-	6.7	6.7	-	
<i>Cestode tetraphyllidean plerocercoids</i>								3.4
NEMATODA								
<i>Anisakis sp.</i>	24.3	12.0	5.0	45.0	20.0	86.7	40.0	93.1
<i>Thynnascaris sp.</i>				14.8			13.3	
ACANTHOCEPHALA								
<i>Rhadinorhynchus sp.</i>		4.0	42.0	6.7	-	13.3	6.7	6.9
<i>Bolbosoma vasculosum</i>	1.9							
TREMATODA								
<i>Lecithocladium excisum</i>				7.4			6.7	
<i>Paraccacladium sp.</i>				-	-	6.7	-	
<i>Tetrochetus coryphaenae</i>				-	6.7	-	-	
<i>Lampritrema miescheri</i>				-	-	13.3	-	
<i>Ectenurus virgulus</i>				-	6.7	-	-	
<i>Ectenurus lepidus</i>								27.6
<i>Monascus filiformis</i>								50.0
<i>Tergestia sp.</i>								22.4
COPEPODA								
<i>Lernanthropus trachuri</i>				18.5	26.7	-	13.3	
<i>Caligus sp.</i>								3.4
COCCIDEA								
<i>Goussia cruciata</i>		82.0	8.0					

Anexo 4 – Prevalências (P), intensidades médias (I) e abundâncias médias (A) obtidas em estudos efetuados ao chicharro, *T. picturatus*, presente na Madeira, Portugal continental e Canárias.

Parasita	Madeira							Canárias				Portugal continental					
	Presente estudo			Costa <i>et al.</i> (2012)			Costa <i>et al.</i> (2013)	Presente estudo			Costa <i>et al.</i> (2013)	Presente estudo			Hermida <i>et al.</i> (2016)		
	P	I	A	P	I	A	P	P	I	A	P	P	I	A	P	I	A
MONOGENEA																	
<i>Heteraxinoides atlanticus</i>	-	-	-	1.0	1.0	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudaxine trachuri</i>	-	-	-	1.9	1.0	1.90	-	-	-	-	-	-	-	-	12.1	1.1	0.14
<i>Gastrocotyle trachuri</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65.5	5.2	3.43
CESTODA																	
<i>Nybelinia lingualis</i>	4.8	1.3	0.06	37.9	2.0	0.70	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cestode tetraphyllidean plerocercoids</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.4	1.5	0.05
NEMATODA																	
<i>Anisakis spp.</i>	5.3	1.2	0.06	24.3	3.8	0.90	12.0	9.1	1.9	0.17	5.0	90.6	32.1	29.05	93.1	18.5	17.22
ACANTHOCEPHALA																	
<i>Rhadinorhynchus sp.</i>	3.4	1.7	0.06	-	-	-	4.0	7.7	1.8	0.14	42.0	0.6	1.0	0.01	6.9	2.0	0.14
<i>Bolbosoma vasculosum</i>	-	-	-	1.9	1.0	1.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TREMATODA																	
<i>Ectenurus lepidus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.6	1.6	0.43
<i>Monascus filiformis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50.0	9.4	4.69
<i>Tergestia sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.4	2.9	0.66
COPEPODA																	
<i>Caligus sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.4	1.0	0.03
COCCIDEA																	
<i>Goussia cruciata</i>	-	-	-	-	-	-	82.0	-	-	-	8.0	-	-	-	-	-	-

Anexo 5 – Prevalências (P) e intensidades médias (I) obtidas em estudos efetuados ao chicharro, *T. picturatus*, presente nos Bancos nos Açores, Meteor e Irving e no Sahara Ocidental.

Parasita	Bancos dos Açores		Banco Meteor		Banco Irving		Sahara Ocidental	
	Gaevsкая & Kovaleva (1985)							
	P	I	P	I	P	I	P	I
MONOGENEA								
<i>Pseudaxine trachuri</i>	37.0	1-7	33.3	1-2	-	-	80.0	1-21
<i>Cemocotyle trachuri</i>	3.7	1	6.7	1	-	-	6.8	1
<i>Diplectanotrema trachuri</i>	7.4	1	-	-	-	-	20.0	1
<i>Gastrocotyle trachuri</i>	44.4	1-13	66.7	1-13	-	-	93.3	1-12
CESTODA								
<i>Nybelinia lingualis</i>	-	-	20.0	1-4	93.3	15-100	-	-
<i>Tentacularia coryphaenae</i>	-	-	-	-	20.0	1	-	-
<i>Scolex pleuronectis</i>	-	-	6.7	1	6.7	1	-	-
NEMATODA								
<i>Anisakis spp.</i>	45.0	1-7	20.0	1-4	86.7	1-7	40.0	1-3
<i>Thynnascaris sp.</i>	14.8	1	-	-	-	-	13.3	1
ACANTHOCEPHALA								
<i>Rhadinorhynchus sp.</i>	6.7	1	-	-	13.3	1	6.7	1
TREMATODA								
<i>Lecithocladium excisum</i>	7.4	1-6	-	-	-	-	6.7	1
<i>Paraccacladium sp.</i>	-	-	-	-	6.7	1	-	-
<i>Tetrochetus coryphaenae</i>	-	-	6.7	1	-	-	-	-
<i>Lampritrema miescheri</i>	-	-	-	-	13.3	1-4	-	-
<i>Ectenurus virgulus</i>	-	-	6.7	1	-	-	-	-
COPEPODA								
<i>Lernanthropus trachuri</i>	18.5	1-2	26.7	1-2	-	-	13.3	1

Anexo 6 – Chave idade-comprimento obtida para fêmeas a partir da leitura direta de otólitos de *T. picturatus* da Madeira referentes ao ano de 2015. Legenda: *LT* = classe de comprimento total (cm).

Lt (cm)	Grupo de idade (ano)						Total
	0	1	2	3	4	5	
16	4	1					5
17		3					3
18		12					12
19		11	1				12
20		17	5	2			24
21		12	2				14
22		13	1	1			15
23		5	1	1	2		9
24			2	1	2	1	6
25						1	1
26					1		1
Total	4	74	12	5	5	2	102
Média	16.38	20.50	21.61	22.32	24.44	24.90	
Desvio padrão	0.30	1.68	1.68	1.80	1.27	0.14	

Anexo 7 – Chave idade-comprimento obtida para machos a partir da leitura direta de otólitos de *T. picturatus* da Madeira do ano de 2015. Legenda: *LT* = classe de comprimento total (cm).

Lt (cm)	Grupo de idade (ano)						Total
	0	1	2	3	4	5	
15	1						1
16	3	2					5
17	1	7					8
18		9					9
19		13	1				14
20		9	1	1			11
21		7	1	2			10
22		6			1		7
23		5		2			7
24				2			2
26					2	1	3
Total	5	58	3	7	3	1	77
Média	16.54	20.02	20.47	22.59	25.53	26.40	
Desvio padrão	0.77	1.91	1.17	1.45	2.37	0.00	

Anexo 8 – Chave idade-comprimento obtida para fêmeas a partir da leitura direta de otólitos de *T. picturatus* de Portugal continental referentes ao ano de 2015. Legenda: LT = classe de comprimento total (cm).

Lt (cm)	Grupo de idade (ano)								Total
	3	4	5	6	7	8	9	10	
22	3	1							4
23	2								2
24		5	1						6
25		3	1						4
26	2	5	3	4	1				15
27				1	1				2
28			1	3	2				6
29				3	4				7
30			1		4				5
31				1	3				4
32					1				1
33					5	1			6
34					1				1
35					1	2		1	4
36						1	2		3
Total	7	14	7	12	23	4	2	1	70
Média	23.81	25.28	26.80	28.12	30.90	35.08	36.70	35.00	
Desvio padrão	1.67	1.10	1.83	1.61	2.32	1.32	0.28	0.00	

Anexo 9 – Chave idade-comprimento obtida para machos a partir da leitura direta de otólitos de *T. picturatus* de Portugal continental do ano de 2015. Legenda: LT = classe de comprimento total (cm).

Lt (cm)	Grupo de idade (ano)								Total
	2	3	4	5	6	7	8	9	
22		2							2
23	1	2	1						4
24		3	1	1	1				6
25		3	8	4	3				18
26		2	7	2	4	1			16
27				4	2	2			8
28			1	5	5	5			16
29				2	2	6	1		11
30				1	2	5	2		10
31					1	1			2
32					2	4	1	1	8
33						2	2		4
34							1		1
35						1			1
36								1	1
37							1	1	2
Total	1	12	18	19	22	27	8	3	110
Média	23.20	24.60	25.76	27.40	28.20	30.13	32.56	35.27	
Desvio padrão	0	1.38	1.00	1.68	2.31	2.12	2.62	2.58	

Anexo 10 – Chave idade-comprimento obtida para fêmeas a partir da leitura direta de otólitos de *T. picturatus* de Canárias referentes ao ano de 2015. Legenda: LT = classe de comprimento total (cm).

Lt (cm)	Grupo de idade (ano)					Total
	0	1	2	3	4	
16	4	2				6
17	7	3				10
18		4				4
19		3	1			4
20		5	6	2		13
21			1	3		4
22				2	1	3
Total	11	17	8	7	1	44
Média	17.06	18.76	20.58	21.50	22.50	
Desvio padrão	0.64	1.39	0.71	0.87	0.00	

Anexo 11 – Chave idade-comprimento obtida para machos a partir da leitura direta de otólitos de *T. picturatus* de Canárias do ano de 2015. Legenda: LT = classe de comprimento total (cm).

Lt (cm)	Grupo de idade (ano)				Total
	0	1	2	3	
14	3				3
15	3				3
16	9				9
17	4	2			6
18		2			2
19		8	1		9
20		4		6	10
21				3	3
22		1	1		2
23				1	1
Total	19	17	2	10	48
Média	16.18	19.59	20.95	21.06	
Desvio padrão	0.90	1.12	2.05	0.95	

Anexo 12 – Comparação dos grupos de idade estimados em cada uma das três leituras efetuadas pelo mesmo leitor para os dados de 2009 (em itálico estão representadas as idades coincidentes entre leituras).

	1ª Leitura							Total
	0	1	2	3	4	5	6	
2ª Leitura								
0	36							36
1		247	14					261
2		16	325	8				349
3			18	162	4			184
4				6	27	3		36
5					3	16	1	20
6						1	2	3
7							3	3
Total	36	263	357	176	34	20	6	892
3ª Leitura								
0	36							36
1		251	13					264
2		12	331	8				351
3			13	164	4			181
4				4	27	1		32
5					3	18	1	22
6						1	3	4
7							2	2
Total	36	263	357	176	34	20	6	892

Anexo 13 – Comparação dos grupos de idade estimados em cada uma das três leituras efetuadas pelo mesmo leitor para os dados de 2010 (em itálico estão representadas as idades coincidentes entre leituras).

	1ª Leitura						Total
	0	1	2	3	4	5	
2ª Leitura							
0	44	3					47
1		109	3				112
2		1	145	7			153
3			4	129	4		137
4				1	14		15
5					1	1	2
Total	44	113	152	137	19	1	466
3ª Leitura							
0	44	3					47
1		110	3				113
2			146	6			152
3			3	130	3		136
4				1	15		16
5					1	1	2
Total	44	113	152	137	19	1	466

Anexo 14 – Diferença em anos entre os grupos de idade estimados nas três leituras efetuadas pelo mesmo leitor, para o ano de 2009, ou seja, na 1ª leitura a idade foi estimada em mais um ano do que na 2ª leitura em 30 (3.36%) dos casos. Legenda: n = número de indivíduos.

Leituras		Diferença			Total
		-1	0	1	
1 para 2	n	47	815	30	892
	%	5.27	91.37	3.36	100
1 para 3	n	35	830	27	892
	%	3.92	93.05	3.03	100
2 para 3	n	11	856	25	892
	%	1.23	95.96	2.80	100

Anexo 15 – Diferença em anos entre os grupos de idade estimados nas três leituras efetuadas pelo mesmo leitor, para o ano de 2010, ou seja, na 1ª leitura a idade foi estimada em mais um ano do que na 2ª leitura em 17 (3.65%) dos casos. Legenda: *n* = número de indivíduos.

Leituras		Diferença			Total
		-1	0	1	
1 para 2	n	7	442	17	466
	%	1,50	94,85	3,65	100
1 para 3	n	5	446	15	466
	%	1,07	95,71	3,22	100
2 para 3	n	2	462	2	466
	%	0,43	99,14	0,43	100

Anexo 16 – Chave idade-comprimento obtida para fêmeas a partir da leitura direta de otólitos de *T. picturatus* da Madeira amostrados em 2009. Legenda: *LT* = classe de comprimento total (cm).

Lt (cm)	Grupo de idade (ano)							Total
	0	1	2	3	4	5	6	
15	1	1						2
16	2	4						6
17	8	32	2					42
18	1	42	6					49
19		34	17	2				53
20		15	38	8				61
21		8	43	11				62
22		3	28	11	2			44
23		2	31	22				55
24			15	19	2			36
25			4	8	9			21
26			2	4	7	1		14
27				3	1	1		5
28				1	3	1		5
29					3	6		9
30						5	1	6
31						1		1
32						1	1	2
Total	12	141	186	89	27	16	2	473
Média	17.33	18.92	21.81	23.43	26.27	29.69	31.25	
Desvio padrão	0.76	1.44	1.73	1.89	1.80	1.31	1.49	

Anexo 17 – Chave idade-comprimento obtida para machos a partir da leitura direta de otólitos de *T. picturatus* da Madeira referentes ao ano de 2009. Legenda: *LT* = classe de comprimento total (cm).

Lt (cm)	Grupo de idade (ano)							Total
	0	1	2	3	4	5	6	
16	3	2						5
17	7	25						32
18	3	40	5					48
19	1	31	24	3				59
20		16	43	9				68
21		1	37	9				47
22		2	31	9				42
23		2	22	15	1			40
24			11	6	3			20
25			6	10	5			21
26				4	1			5
27				3	2		1	6
28					1			1
29					2	3	1	6
30					1	3	1	5
31						1		1
33							1	1
Total	14	119	179	68	16	7	4	407
Média	17.66	18.90	21.60	23.23	26.51	30.16	30.33	
Desvio padrão	0.82	1.25	1.65	2.14	2.06	0.84	2.53	

Anexo 18 – Chave idade-comprimento obtida para fêmeas a partir da leitura direta de otólitos de *T. picturatus* da Madeira referentes ao ano 2010. Legenda: *LT* = classe de comprimento total (cm).

Lt (cm)	Grupo de idade (ano)					Total
	0	1	2	3	4	
15	2	1				3
16	1	3				4
17	4	6	2			12
18	1	27	8	1		37
19	2	21	15	5		43
20		12	9	6		27
21		5	22	13		40
22		1	18	24		43
23			9	17	1	27
24			1	10	1	12
25				2	3	5
26				3	1	4
Total	10	76	84	81	6	257
Média	17.52	19.07	21.06	22.58	25.23	
Desvio padrão	1.36	1.31	1.66	1.60	0.97	

Anexo 19 – Chave idade-comprimento obtida para machos a partir da leitura direta de otólitos de *T. picturatus* da Madeira referentes ao ano de 2010. Legenda: LT = classe de comprimento total (cm).

Lt (cm)	Grupo de idade (ano)						Total
	0	1	2	3	4	5	
15	2						2
16	7	1					8
17	6	7	2				15
18	3	17	7	1			28
19	4	16	13	3			36
20		5	8	9	1		23
21		3	13	14			30
22		1	14	7	2		24
23		1	6	9			16
24			1	4	2		7
25				4	4		8
26				2		1	3
Total	22	51	64	53	9	1	200
Média	17.41	19.17	20.89	22.27	23.89	26.20	
Desvio padrão	1.24	1.32	1.68	1.88	1.55	0.00	

Anexo 20 – Valores dos parâmetros da equação peso-comprimento estimados para fêmeas (F), machos (M) e total de indivíduos (T) (e respectivos coeficientes de correlação, r^2) de *T. picturatus* da Madeira amostrado em 2009, 2010 e 2009 – 2010 e valores observados e testados de t-Student utilizados para testar isometria do crescimento ($H_0: b = 3$). Legenda: n = número de indivíduos; q = constante; b = coeficiente de alometria.

Ano	Sexo	n	q	b	r^2	Teste t-Student
2009	F	488	0.0035	3.289	0.971	t = 11.166; $t_{0.05;486} = 1.965$
	M	419	0.0040	3.241	0.961	t = 7.555; $t_{0.05;417} = 1.966$
	T	907	0.0037	3.269	0.966	t = 13.294; $t_{0.05;905} = 1.963$
2010	F	270	0.0074	3.030	0.962	t = 0.825; $t_{0.05;268} = 1.969$
	M	208	0.0060	3.101	0.967	t = 2.548; $t_{0.05;206} = 1.971$
	T	478	0.0067	3.063	0.964	t = 2.349; $t_{0.05;476} = 1.965$
2009 – 2010	F	758	0.0040	3.241	0.966	t = 10.928; $t_{0.05;756} = 1.963$
	M	627	0.0043	3.215	0.962	t = 8.438; $t_{0.05;625} = 1.963$
	T	1385	0.0041	3.230	0.964	t = 13.800; $t_{0.05;1383} = 1.962$

Anexo 21 – Comprimentos médios à idade observados no presente estudo e por outros autores, a partir da leitura direta de estruturas calcificadas de *T. picturatus*. Legenda: *= dados referentes ao ano médio 2009 – 2010 (referentes às amostras); ** = Comprimento furcal (cm).

Grupo de Idade (ano)	Presente estudo* Madeira	Jesus (1992) Madeira	Vasconcelos <i>et al.</i> (2006) Madeira	Isidro (1990)** Açores	Garcia <i>et al.</i> (2015)** Açores
0	17.51	15.40	19.35	14.86	12.30
1	18.98	20.75	21.00	16.88	17.30
2	21.41	25.50	23.09	20.09	22.10
3	22.81	28.70	27.15	25.76	24.90
4	25.57	30.70	28.85	30.37	26.80
5	29.66	37.90	30.86	36.77	29.20
6	30.33	40.50	33.05	38.34	31.90
7			33.69	40.79	34.10
8			36.08	40.50	36.40
9			39.00	40.50	38.50
10					40.30
11					41.70
12					44.50
13					44.40
14					44.50
15					48.50
16					49.70
17					48.70
18					49.50

Anexo 22 – Comprimentos médios à idade retrocalculados obtidos no presente estudo e por outros autores para *T. picturatus*. Legenda: *= dados resultantes da aplicação da equação de Fraser-Lee.

Grupo de idade (ano)	Presente estudo*	Vasconcelos <i>et al.</i> (2006)
	(Madeira)	(Madeira)
1	18.08	19.70
2	20.81	23.38
3	23.52	26.66
4	26.69	29.07
5	29.44	31.41
6	30.80	33.82
7		35.91
8		36.97
9		40.00

Anexo 23 – Parâmetros de crescimento de von Bertalanffy, coeficientes de determinação (R^2) e índices de performance de crescimento (ϕ) estimados com base na leitura direta de otólitos, no presente estudo e por outros autores. Legenda: n = número de indivíduos; LT = comprimento total (cm); LF = comprimento furcal (cm).

Estudo	Local	Comprimento	Gama de tamanho (cm)	n	L_{∞} (cm)	k (ano)	t_0 (ano ⁻¹)	R^2	ϕ'
Presente estudo	Madeira	LT	16 – 30	1251	27.98	0.266	-2.713	0.989	2.32
Jesus (1992)	Madeira	LT	10 – 41	489	44.30	0.316	-	0.930	2.79
Vasconcelos <i>et al.</i> (2006)	Madeira	LT	17 – 46	578	42.32	0.161	-2.563	0.743	2.46
Vasconcelos <i>et al.</i> (2008)	Madeira	LT	13 – 36	889	35.96	0.254	-1.445	1	2.52
Westhaus-Ekau & Ekau (1982)	Açores	LT	-	-	51.05	0.144	-1.584		2.57
Isidro (1990)	Açores	LF	12 – 43	516	52.90	0.2	-0.230	-	2.75
Garcia <i>et al.</i> (2015)	Açores	LF	12 – 50	1420	58.29	0.09	-2.670	-	2.49

Anexo 24 – Parâmetros de crescimento de von Bertalanffy, coeficientes de determinação (R^2) e índices de performance de crescimento (ϕ) estimados com base nos comprimentos médios retrocalculados, no presente estudo e por outros autores. Legenda: n = número de indivíduos; * = dados resultantes dos comprimentos médios à idade retrocalculados pela equação de Fraser-Lee.

Estudo	Local	n	L_{∞} (cm)	k (ano)	t_0 (ano ⁻¹)	R^2	ϕ'
Presente estudo*	Madeira	186	42.81	0.158	-2.160	0.997	2.46
Vasconcelos <i>et al.</i> (2006)	Madeira	229	48.28	0.135	-2.898	0.998	2.50
Garcia <i>et al.</i> (2015)	Açores	796	52.93	0.110	-2.450	-	2.49

Anexo 25 – Valores do fator de condição (q) e do coeficiente de alometria (b) obtidos por outros autores para o *T. picturatus* (e respectivos coeficientes de correlação, r^2). Legenda: n = número de indivíduos.

Estudo	Local	n	q	b	r^2
Presente estudo	Madeira	1385	0.0041	3.230	0.964
Jesus (1992)	Madeira	3401	0.0044	3.20	0.999
Vasconcelos <i>et al.</i> (2006)	Madeira	621	0.0076	3.06	0.951
Vasconcelos <i>et al.</i> (2008)	Madeira	1005	0.0067	3.068	0.9799
Westhaus-Ekau & Ekau (1982)	Açores	586	-	3.11	-
Isidro (1990)	Açores	1934	0.0082	3.11	0.988
Garcia <i>et al.</i> (2015)	Açores	2522	0.0070	3.064	0.990

Anexo 26 – Percentagens mensais dos índices gonadossomático (IGS) e hepatossomático (IHS), estimados por sexo e total de indivíduos de *T. picturatus* da Madeira, para cada ano em estudo.

Ano	Mês	Total		Fêmeas		Machos	
		IGS	IHS	IGS	IHS	IGS	IHS
2009	J	3,518	0,834	2,981	1,026	3,899	0,696
	F	2,722	0,929	2,767	1,176	2,691	0,747
	M	1,231	1,249	1,380	1,329	0,948	1,096
	A	0,525	1,417	0,544	1,421	0,503	1,413
	M	0,287	1,729	0,369	1,772	0,141	1,672
	J	0,280	2,148	0,394	2,282	0,145	1,991
	J	0,208	1,243	0,338	1,266	0,078	1,220
	A	0,238	1,366	0,349	1,372	0,110	1,359
	S	0,309	1,105	0,443	1,156	0,169	1,053
	O	0,281	0,861	0,454	0,867	0,124	0,856
	N	0,342	0,957	0,358	0,955	0,312	0,963
	D	0,654	0,829	0,669	0,837	0,622	0,811
2010	J	1,955	0,908	2,108	0,940	1,495	0,807
	F	4,228	0,967	3,785	1,065	5,146	0,764
	M	1,530	1,162	1,361	1,276	1,659	1,075
	A	0,368	1,155	0,358	1,131	0,378	1,180
	M	0,268	1,262	0,327	1,298	0,178	1,208
	J	0,213	1,108	0,290	1,100	0,118	1,117
	J	0,265	1,141	0,364	1,224	0,126	1,025
	A	0,173	1,197	0,248	1,238	0,088	1,150
	S	0,218	0,960	0,322	0,985	0,115	0,936
	O	0,099	0,785	0,223	0,874	0,036	0,741
	N	0,242	0,642	0,383	0,668	0,100	0,616
	D	0,813	0,774	0,738	0,784	0,948	0,757
2009 – 2010	J	2,882	0,864	2,497	0,979	3,354	0,720
	F	3,337	0,944	3,306	1,118	3,370	0,751
	M	1,383	1,205	1,372	1,308	1,396	1,083
	A	0,452	1,294	0,460	1,289	0,442	1,300
	M	0,278	1,513	0,349	1,545	0,160	1,467
	J	0,253	1,744	0,352	1,816	0,134	1,657
	J	0,217	1,227	0,343	1,259	0,085	1,195
	A	0,212	1,301	0,309	1,321	0,101	1,280
	S	0,275	1,053	0,399	1,095	0,149	1,012
	O	0,233	0,844	0,408	0,868	0,096	0,825
	N	0,299	0,818	0,367	0,850	0,202	0,771
	D	0,711	0,809	0,693	0,818	0,746	0,791

Anexo 27 – Comprimentos totais médios à primeira maturação (Lm_{50}) obtidos para fêmeas (F) e machos (M) de *T.picturatus*, no presente estudo e por outros autores. Legenda: * = comprimento furcal.

Estudo	Local	Gama de LT (cm)	Lm_{50} (cm)	
			F	M
Presente estudo	Madeira	15.5 – 36.2	17.06	17.04
Jesus (1992)	Madeira	20.0 – 41.0	17.68	
Faria & Vasconcelos (2008)	Madeira	13.3 – 36.0	21.78	21.19
González <i>et al.</i> (2012)	Canárias	-	22.70	22.70
Jurado-Ruzafa & Santamaria (2013)	Canárias	10.4 – 31.9	23.05	21.20
Garcia <i>et al.</i> (2015)	Açores	9.8 – 54.2*	27.70	28.80

Anexo 28 – Idades médias à primeira maturação (Tm_{50}) obtidos para fêmeas (F) e machos (M) de *T. picturatus*, no presente estudo e por outros autores.

Estudo	Local	Tm_{50} (ano)	
		F	M
Presente estudo	Madeira	0.69	0.69
Faria & Vasconcelos (2008)	Madeira	2.28	2.11

Anexo 29 – Distribuições das frequências de comprimentos de *T. picturatus* do arquipélago da Madeira referentes às amostras de 2009. Legenda: LT = comprimento total (cm).

LT (cm)	Amostra (dia-mês)															
	07-jan	14-jan	20-jan	03-fev	12-fev	19-fev	04-mar	11-mar	26-mar	07-abr	14-abr	30-abr	08-mai	12-mai	21-mai	21-mai
13																
14																
15			2	2												
16			17	21	1		5	5	1	3		6				
17	8	4	27	17	8		49	43	4	26		54				8
18	24	29	24	15	38		34	37	27	24	1	18		14	5	24
19	42	51	14	18	27		16	11	15	13	4	6	4	27	19	42
20	29	19	17	21	22		2		26	12	19	5	22	31	15	29
21	11	2	9	10	8	1			15	9	24	1	36	26	10	11
22	3		8	1		26			16	8	17	4	27	2	7	3
23	3		2	1		31			4	5	23	3	11	3	19	3
24						21					12	1			20	
25				1		15			1		3	2			10	
26						4									5	
27						1									2	
28																
29						1			1						1	
30																
31																
32																
33																
34																
35																
36																

Anexo 30 – Distribuições das frequências de comprimentos de *T. picturatus* do arquipélago da Madeira referentes às amostras de 2010. Legenda: LT = comprimento total (cm).

LT (cm)	Amostra (dia-mês)															
	15-jan	21-jan	29-jan	12-fev	03-mar	17-mar	24-mar	13-abr	20-abr	29-abr	04-mai	26-mai	04-jun	09-jun	22-jun	07-jul
13																
14					1	18										
15					25	69	1			8						
16					24	12	7	1		36						
17		20			28	1	39	1		30						
18		47			14		50	17		24		1				
19	6	32	1		6		6	48	3	9		11		6	18	
20	35	2	10	11	2		3	23	18	1		48		28	39	8
21	38	1	23	43	1			10	30			29		35	26	31
22	19		34	33				1	34		13	9		13	15	31
23	8		24	19					22		25		20	10	2	21
24			8	3					4		32	1	38	1		8
25				2							23		34			2
26											15		6			
27											2	1	2			
28																
29											1					
30																
31																

Anexo 30 (continuação)

LT (cm)	Amostra (dia-mês)														
	08-jul	29-jul	12-ago	15-set	24-set	06-out	14-out	20-out	27-out	04-nov	19-nov	24-nov	25-nov	02-dez	14-dez
13												1		4	
14							2							12	
15		6					31							25	
16		38	5				44							34	
17		35	6		1	2	18			2				34	17
18		12	34		29	34	6	1	1	11			2	2	62
19	2	11	44	2	43	55		5	4	52	8		2		16
20	16		11	16	25	15		40	14	27	32		10		6
21	31			31	2	1		30	24	9	43		23		
22	30			35	1	2		17	23	1	27	2	30		
23	15			17				6	22		14	7	20		
24	5			3				1	12		4	12	13		
25	1								1		1	17	5		
26												22			
27												14			
28												7			
29												1			
30												4			
31												2			

Anexo 31 – Composições mensais das capturas do total de indivíduos de chicharro da Madeira referentes ao ano de 2009, estimadas através do processo de ampliação simples. Legenda: LT = comprimento total (cm).

LT (cm)	Mês											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
13								10002			16551	
14										1784	23172	
15	4463	4570					12527			17841	76137	
16	37937	50251	48889	31238			61119	1013		24978	137712	
17	96144	56959	425838	276182			172903	1393		101837	76137	
18	237529	120309	412523	170510	50373	2062	368969	2786	3652	47773	49095	
19	354313	102260	163427	90647	122506	22112	152215	5571	54776	36659	102327	
20	188241	97795	86845	119911	133936	57175	36441	51785	135114	142779	103754	8832
21	53728	43005	46334	106447	116124	79048	20118	121165	102248	88718	58167	28869
22	24580	55381	49422	92434	38289	49598		83942	47472	52202	44825	51937
23	11191	65592	12356	89618	61311	37798		68240	32866	11268	19723	58757
24		42886		32287	49259	21060		58995	3652	3851	3586	23859
25		32918	3089	12847	24629	31808		53047		13477		10117
26		8169			12315	16935		20510		3851		2686
27		2042			4926	10411		8357		1925		2373
28						2975		2786		1925		2373
29		2042	3089		2463	8924		1393				791
30						2975						
31						1487						
32						2975						
33								1393				
34						1487						
35						1487						
36								1393				

Anexo 32 – Composições mensais das capturas do total de indivíduos de chicharro da Madeira referentes ao ano de 2010, estimadas através do processo de ampliação simples. Legenda: LT = comprimento total (cm).

LT (cm)	Mês											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
13											193	4445
14			68729							2887		13334
15			271604	13223			23541			44742		27778
16			70806	59505			149096	24887		63505		37778
17	49735		106596	49587			137325	29865	2077	27855	1991	48096
18	116878		155741	39670	2840		47083	169234	60227	42024	11228	39853
19	91520		107314	19068	31240	27597	48872	219009	92998	57856	54433	9711
20	80840	28936	51482	26806	136321	97407	45702	54752	81482	44113	37871	3642
21	102916	113115	19299	41921	82361	131460	80166		61430	38610	25077	
22	83680	86809	1903	61466	25560	83365	75830		66743	33763	13684	
23	49637	49981		57579	26737	50628	25590		31409	26820	8353	
24	11899	7892		39941	53640	13765	7873		5543	13814	5336	
25		5261		24690	45453	3016	3349			1121	4279	
26				16102	8021						4242	
27				2147	5514						2700	
28											1350	
29				1073							193	
30											771	
31											386	

Anexo 33 – Composições de comprimentos anuais em número de fêmeas (F), machos (M) e total de indivíduos (T) de chicharro da Madeira, estimadas através do processo de ampliação simples. Legenda: LT = comprimento total (cm).

LT (cm)	2009			2010		
	F	M	T	F	M	T
13	14209	12345	26553	108	85	4637
14	13354	11602	24956	40069	31546	84949
15	61825	53714	115538	197566	155545	380889
16	210367	182769	393137	205784	162016	405578
17	646076	561317	1207392	226615	178416	453127
18	784232	681348	1465580	360836	284090	684779
19	645766	561048	1206814	419573	330334	759619
20	617385	536390	1162608	383656	302056	689353
21	446863	388239	863971	389610	306744	696355
22	287962	250184	590084	298104	234700	532804
23	219371	190592	468720	182808	143927	326735
24	115354	100221	239434	89354	70349	159703
25	91938	79876	181931	48771	38398	87169
26	33058	28721	64465	15870	12495	28365
27	14801	12860	30034	5797	4564	10360
28	4113	3573	10058	755	595	1350
29	9584	8327	18701	708	558	1266
30	1592	1383	2975	432	340	771
31	796	691	1487	216	170	386
32	1592	1383	2975	-	-	-
33	745	648	1393	-	-	-
34	796	691	1487	-	-	-
35	796	691	1487	-	-	-
36	745	648	1393	-	-	-

Anexo 34 – Composições de comprimentos anuais em peso (ajustadas pelo método de SOP) de fêmeas (F), machos (M) e total de indivíduos (T) de chicharro da Madeira, estimadas através do processo de ampliação simples. Legenda: LT = comprimento total (cm).

LT (cm)	2009			2010		
	F	M	T	F	M	T
13	7198	5383	25995	57	35	4448
14	6765	5059	24432	21002	13074	81487
15	31321	23422	113110	103555	64461	365369
16	106576	79697	384875	107862	67143	389051
17	327313	244763	1182019	118781	73940	434663
18	397305	297102	1434781	189133	117733	656875
19	327156	244645	1181452	219921	136898	728665
20	312778	233893	1138176	201094	125179	661263
21	226388	169292	845814	204216	127122	667979
22	145887	109093	577683	156252	97265	511093
23	111137	83108	458870	95819	59646	313421
24	58440	43701	234402	46835	29154	153195
25	46577	34830	178108	25564	15913	83617
26	16748	12524	63110	8319	5178	27210
27	7499	5607	29403	3038	1891	9938
28	2083	1558	9847	396	246	1295
29	4855	3631	18308	371	231	1215
30	806	603	2912	226	141	740
31	403	301	1456	113	70	370
32	806	603	2912	-	-	-
33	378	282	1364	-	-	-
34	403	301	1456	-	-	-
35	403	301	1456	-	-	-
36	378	282	1364	-	-	-

Anexo 35 – Composições de comprimentos anuais em número do total de indivíduos (*T*) de chicharro da Madeira, estimadas através do processo de ampliação simples, entre 2011 e 2015. Legenda: *LT* = comprimento total (cm).

LT (cm)	2011	2012	2013	2014	2015
11		2070	2600	3042	
12		7757	807	43705	2361
13	45015	53946	8374	187410	17255
14	43407	181588	98744	260453	272519
15	69201	176090	316606	266852	1036248
16	323480	92171	412025	195186	1156185
17	468164	114884	438368	184716	1535101
18	385785	254222	811048	530545	1470000
19	719599	341993	533727	206132	823864
20	867597	754897	966671	404557	715796
21	587049	835411	847691	248043	428588
22	523732	564055	780545	219108	278693
23	548785	392612	737732	197378	109293
24	508109	227942	441775	211654	32863
25	466810	165628	235091	193799	32456
26	120430	127394	125950	139763	1725
27	42471	76037	61749	79240	1725
28	884	35983	44045	41133	1639
29	16802	21636	23466	23867	-
30	-	4235	5916	11101	-
31	40678	527	1533	5445	-
32	-	906	2431	5612	-
33	-	-	879	3616	-
34	-	-	1758	2245	-
35	-	-	2637	1683	-
36	-	-	879	1122	-
37	-	-	-	-	-
38	-	-	879	1683	-
39	-	-	879	-	-

Anexo 36 – Composições de idades anuais (2009 – 2010), em número e em peso, das capturas de *T. picturatus* da Madeira com indicação da sua composição sexual. Legenda: *F* = fêmeas; *M* = machos.

	Grupo de idade (ano)	Em número		Em peso	
		F	M	F	M
2009	0	240102	284543	121639	124075
	1	1986956	1530127	1006625	667213
	2	1405641	1311448	712121	571858
	3	459412	397742	232746	173436
	4	84051	56329	42582	24562
	5	14656	5684	7828	2479
	6	265	2312	538	1008
2010	0	287962	435818	150936	180612
	1	1027869	537925	538761	222927
	2	797491	653015	418008	270623
	3	657778	516158	344776	213907
	4	47447	71990	24870	29834
	5	-	4165	-	1726

Anexo 37 – Composições de idades anuais (2011 – 2012), em número, das capturas de *T. picturatus* da Madeira.

Grupo de idade (ano)	2011	2012	2013	2014	2015
0	384741	-	-	441520	2244251
1	1619729	951507	1510261	1470116	4903753
2	2013659	1498363	2714640	341481	260737
3	1135401	834686	1399089	245492	139237
4	443930	125376	754413	70999	35839
5	51438	-	87395	68105	36995
6	-	-	-	26457	-