

**Estudo do crescimento de *Pleuronectes platessa* 0+ da costa
norueguesa com análise da microestrutura dos otólitos
sagitta.**

Camila de Queiroz Bremm

Dissertação
Mestrado em Recursos Biológicos Aquáticos

Porto
2011

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Mestrado em Recursos Biológicos Aquáticos

**Estudo do crescimento de *Pleuronectes platessa* 0+ da
costa norueguesa com análise da microestrutura dos
otólitos *sagitta*.**

Camila de Queiroz Bremm

Orientador: Prof. Dr. Paulo Talhadas dos Santos

Co-orientador: Dra. Vânia Freitas

Dissertação submetida à Faculdade de
Ciências UP como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre em Recursos
Biológicos Aquáticos.

Porto

2011

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Mestrado em Recursos Biológicos Aquáticos

CAMILA DE QUEIROZ BREMM

Dissertação/Estágio submetida à
Faculdade de Ciências UP como requisito
parcial para obtenção do grau de Mestre
em Recursos Biológicos Aquáticos.

defendida em/...../.....

O Presidente do Júri

...../...../.....

Aos meus pais, Paulo e Alzira.

AGRADECIMENTOS

Agradeço meu orientador Prof. Dr. Paulo Talhadas dos Santos pela oportunidade que me foi dada e pelo apoio na realização deste trabalho. À Dra. Vânia Freitas agradeço também a oportunidade, a correção e os insights finais.

Agradeço meus colegas, Natasha Silva, André Carvalho e Óscar B. pelo apoio, ideias, risadas e por tornarem meu dia a dia no laboratório muito mais contente.

Agradeço à Jorge Cunha por me dar calma e compreensão em todos os momentos.

Agradeço meus amigos e família no Brasil pelo carinho a distância e especialmente agradeço meus pais, Paulo e Alzira, por tornarem isto tudo possível.

Índice

Resumo	vii
Abstract	viii

Capítulo 1: Introdução

1.1: Caracterização da espécie	1
1.2: Exploração	2
1.3: Otólitos e os incrementos diários.....	3
1.4: Pleuronectes platessa e os incrementos diários.....	8
1.5: Validação	10
1.6: Objetivos.....	12

Capítulo 2: Material e Métodos

2.1. Área de estudo e métodos de amostragem	13
2.2: Processamento dos otólitos.....	144
2.3: Análise Estatística e Numérica	177

Capítulo 3: Resultados e Discussão

3.1: Aspectos gerais, datas de eclosão e assentamento	199
3.2: Tamanho corporal X Tamanho do otólito.....	233
3.3: Tamanho corporal X idade	244
3.4: Taxas de crescimento diárias	266
3.4.1: Taxas de crescimento X Temperatura da água e Recrutamento	277
3.5: Retro-cálculo.....	299
3.6: Equação de Von Bertalanffy.....	322

Capítulo 4: Conclusões

33

Referências	34
-------------------	----

Anexos

ANEXO 1- Comprimento total à captura e respectivas datas de coleta	39
ANEXO 2- Imagem de parte do raio de contagem de um otólito <i>sagitta</i> de <i>Pleuronectes platessa</i> , incrementos pós-metamorfose	392
ANEXO 3- Teste de Tuckey, comparando a relação comprimento total e idade de <i>Pleuronectes platessa</i> do estuário de Valosen no ano de 2005 com os resultados obtidos por outros autores em outros locais.	43
ANEXO 4- Box plot demonstrando a evolução dos comprimentos médios calculados por dia.....	444
ANEXO 5- Resultados obtidos para a equação de Von Bertalanffy.	455

RESUMO

A solha, *Pleuronectes platessa* Linnaeus, 1758 (Ordem Pleuronectiformes; Família Pleuronectidae), é um dos peixes planos comercialmente mais importantes no continente europeu e a alta pressão exercida pela pesca nas últimas décadas tem reduzido consideravelmente sua captura. Apesar da sua vasta distribuição, a maioria dos estudos acerca desta espécie têm-se concentrado na região do Mar do Norte e, como tal, muito pouca informação está disponível para as populações que vivem no limite norte da distribuição desta espécie. A determinação da idade é essencial para o estudo da dinâmica populacional de espécies comercialmente importantes, e no caso de juvenis esta é inferida através da análise dos microincrementos diários. Os microincrementos além da idade, também fornecem informações a respeito do crescimento dos indivíduos. O crescimento dos juvenis de solha vem sendo estudado através desta ferramenta desde há muitos anos tendo-se demonstrado muito eficiente. O objetivo deste trabalho foi a determinação da idade total e ao assentamento, determinação das datas de eclosão e assentamento, determinação das taxas de crescimento diárias após o assentamento, determinação da equação do crescimento e a relação do crescimento com a temperatura da água de juvenis de solha coletados no estuário do Valosen (Bodø, Noruega). Foram analisados através de microscopia óptica 86 pares de otólitos com diâmetro entre 0,353 e 1,763 mm pertencentes a indivíduos com tamanhos entre 13 e 80 mm. Foram encontradas idade entre os 45 e os 157 dias, sendo as eclosões compreendidas entre 17 de Março e 31 de Junho de 2005. As idades ao assentamento variaram entre os 27 e os 76 dias, com datas entre 14 de Maio e 05 de Setembro de 2005. O tamanho corporal e o tamanho dos otólitos se mostraram relacionados ($R^2=0,8883$; $n=76$). O tamanho corporal e a idade se mostraram relacionados ($R^2=0,542$, $n=72$), entretanto não houve relação com a idade ao assentamento ($R^2=0,0733$, $n=75$). A taxa de crescimento média calculada após o assentamento foi de $0,7 \text{ mm d}^{-1}$ ($DP=0,4 \text{ mm d}^{-1}$) e não demonstrou relação com a temperatura ($R^2=0,0884$, $n=72$). A análise da microestrutura dos otólitos de *Pleuronectes platessa* de fato representa uma ferramenta eficiente para a análise de idade e crescimento, entretanto para uma melhor compreensão do comportamento desses indivíduos no estuário de Valosen seria necessário um estudo mais amplo, envolvendo amostragens em diferentes anos, recolha de dados a respeito de indicadores de abundância de alimento e das condições ambientais.

ABSTRACT

The plaice *Pleuronectes platessa* Linnaeus, 1758 (Pleuronectiformes; Pleuronectidae) is one of the commercially most important flatfish on the European continent and the high pressure of fisheries in recent decades has considerably reduced its capture. Despite the wide distribution of this species, most studies are focused on the North Sea and very little information is available about the populations living in the northern limit of its distribution. Age determination is essential to study the population dynamics of a commercially important species such as plaice, and in the case of juveniles it is inferred through the analysis of otolith microstructure. Besides age, the microstructure also provides us with information about the growth of individuals. The growth of juvenile plaice has been studied by the use of daily increments for many years and it has proved to be an efficient tool. The objective of this work is the determination of total age and age at settlement; determination of the daily growth rates after settlement; determination of the growth equation and the relation between growth and temperature of Valosen's estuary juvenile plaice. A total of 86 pairs of otoliths with a diameter between 0.353 and 1.763 mm belonging to individuals with sizes between 13 and 80 mm were analyzed by optical microscopy. Total age ranged between 45 and 157 days, with birth dates between March 17 and June 31 of 2005. Ages at settlement ranged between 27 and 76 days, with dates between May 14 and September 5, 2005. Body size and otolith size showed to be related ($R^2=0,8883$; $n=76$) as well the body size and total age ($R^2=0,542$, $n=72$), however no relation between body size and age at settlement was found ($R^2=0,0733$, $n=75$). The average growth rate after settlement was $0,7 \text{ mm d}^{-1}$ ($SD= 0,4 \text{ mm d}^{-1}$), growth rate and temperature showed no relation ($R^2=0,0884$, $n=72$). The analysis of the microstructure *Pleuronectes platessa* otoliths is in fact an efficient tool for the analysis of age and growth, though to a better understanding of the behavior of these recently settled individuals in the estuary of Valosen, a larger study would be required, in terms of time and in terms of data collection regarding the environmental variables and food availability.

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1.1: Caracterização da espécie

Pleuronectes platessa Linnaeus, 1758 (Ordem Pleuronectiformes; Família Pleuronectidae) é um peixe plano que ocorre desde o oeste do Mar Mediterrâneo, ao longo da costa europeia até a Islândia e ocasionalmente até a Groenlândia (ICES, 2010).

De acordo com FAO (2010), ICES (2010) e Luna & Capuli (2010), as suas características principais resumem-se a seguir:

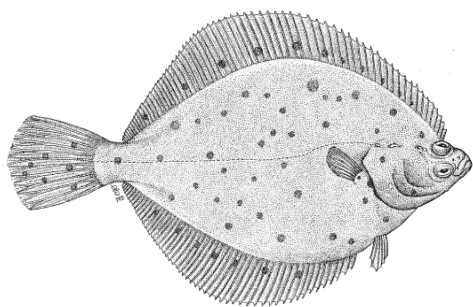


Fig. 1: *Pleuronectes platessa*, adaptado de FAO, 2010.

Seu corpo é oval e comprimido, com o perfil superior da cabeça distintamente côncavo (Fig. 1). Como os outros membros da família Pleuronectidae esta espécie possui ambos os olhos no lado direito do corpo. O olho inferior é ligeiramente mais a frente do que o olho anterior. Há a presença de uma proeminência óssea atrás dos olhos. Sua coloração varia entre o castanho e o cinza, com a presença de grandes manchas arredondadas de cor vermelha ou laranja, distribuídas irregularmente. A linha lateral é reta ligeiramente curvada acima da nadadeira peitoral. A nadadeira dorsal alcança o olho.

Podem alcançar comprimentos de 100 cm e pesar 7 kg, entretanto são mais comumente encontrados em tamanhos que variam entre os 35 e 50 cm, com peso de 1,1 kg. Em geral a maturidade sexual é atingida aproximadamente entre os 30 e 35 cm. A idade máxima reportada para esta espécie é de 50 anos.

Estes peixes são encontrados a temperaturas entre 2° e 15° C, reproduzindo-se a temperaturas próximas aos 6° C. Vivem em fundos mistos, desde poucos metros até 100 m de profundidade, sendo que quanto maior a idade mais profundas as áreas onde se encontram. Os juvenis podem ser encontrados no litoral bem próximos da costa. Habitam ambientes marinhos e estuarinos com raríssimas ocorrências em água doce. São mais ativos à noite quando nadam em menores profundidades, durante o dia enterram-se na areia. Alimentam-se basicamente de moluscos de conchas finas e poliquetas.

A fecundidade de *Pleuronectes platessa* é alta, as fêmeas podem desovar entre 25.000 e 500.000 ovos anualmente dependendo do tamanho (Hovenkamp, 1991a) A desova ocorre em grandes quantidades e em áreas restritas em alto mar onde os ovos e larvas são eficientemente transportados para berçários em áreas costeiras (FAO, 2010). Os juvenis permanecem nessas áreas por aproximadamente um ou dois anos antes de se juntarem aos adultos em áreas de maior profundidade (Hoarau *et al*, 2002).

1.2: Exploração

É um dos peixes planos comercialmente mais importantes no continente europeu, sendo Holanda e Dinamarca responsáveis pela maior captura. Em 2008, de um total de 74 180 toneladas, a Holanda desembarcou 20 757 toneladas e a Dinamarca 17 580 (FAO,

2010; ICES, 2010). A alta pressão exercida pela pesca nas últimas décadas tem reduzido consideravelmente sua captura, de acordo com FAO (2010) em 1990 a captura total foi de 202 510 toneladas enquanto em 2009 chegou a apenas 78 433 toneladas.

Na Noruega é o quarto peixe plano mais abundante (Albert *et al*, 1998). Em 2009 o total desembarcado foi de 1690 toneladas, entretanto este valor já chegou a mais de 3000 toneladas em 2003 (Fig. 2) (FAO, 2011).

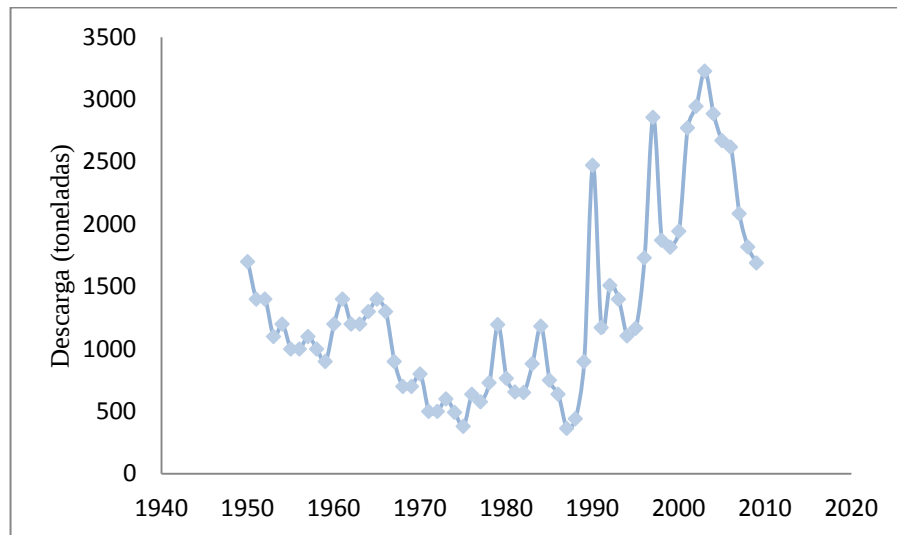


Fig. 2: Descarga de *Pleuronectes platessa* na Noruega entre 1950 e 2009. Adaptado de FAO (2011).

1.3: Otólitos e os incrementos diários

Os otólitos são estruturas localizadas no labirinto membranoso do ouvido interno dos peixes (Lecomte-Finiger, 1999), sua formação começa a partir de um primórdio que é

secretado pelo ouvido interno. Em geral estas são as primeiras estruturas calcificadas a serem formadas no decurso da ontogênese (Morales-Nin, 2000; Wright *et al*, 2002).

O processo de calcificação consiste na deposição de CaCO_3 em uma matriz orgânica. Este processo ocorre em um meio acelular secretado pelo ouvido interno, chamado endolinfa, da qual a calcificação do otólito é estritamente dependente, pois esta contém todos os precursores orgânicos e iônicos para a sua formação (Payan *et al*, 2004).

O processo de formação envolve variações rítmicas na deposição e no tamanho das fibras da matriz orgânica e dos cristais de carbonato, o que resulta na formação de anéis macroscópicos translúcidos e opacos além de zonas microscópicas, chamadas de incrementos de crescimento (Morales-Nin, 2000).

Nos anéis macroscópicos as camadas opacas e translúcidas representam épocas de crescimento rápido e lento respectivamente, e em zonas temperadas um par dessas duas camadas é formado a cada ano. Este conjunto de camadas designa-se *annulus* e é usado na determinação da idade em anos (Wright *et al*, 2002).

A determinação da idade é essencial para o estudo da dinâmica populacional de espécies comercialmente importantes (Alhossaini & Pitcher, 1988) e os *annuli* há muitos anos são utilizados com este propósito. Entretanto, em peixes jovens que ainda não têm o seu primeiro *annulus* formado, esta técnica não é possível de ser empregada. Neste caso utiliza-se a idade em dias dos indivíduos, inferida através da análise dos microincrementos diários (Campana & Neilson, 1985; Jones, 1992).

Incrementos diários são estruturas bipartidas, em geral formadas em 24 horas e, constituídas de uma zona incremental translúcida (rica em cálcio) e de uma zona descontínua mais estreita e opaca (rica em matriz proteica) (Campana & Neilson, 1985). Foram descritos pela primeira vez por Pannella em 1971, que verificou que o número destas estruturas existentes nos anéis anuais era correspondente ao número de dias de um ano (Campana & Neilson, 1985; Jones, 1992).

Na microestrutura dos otólitos além dos incrementos diários, podemos com frequência encontrar incrementos subdiários que podem induzir em erro a leitura da idade. Os anéis diários, sendo formados em resultado do ritmo endógeno, têm uma frequência constante e uma sequência regular. Os subdiários têm sua formação induzida por outros meios, como flutuações de temperatura e mudanças na periodicidade de alimentação, por exemplo, podendo assim serem formados em quaisquer momentos, deixando sua espessura muito variável (Campana & Neilson, 1985; Campana, 1992).

Quanto a formação do primeiro incremento, esta não ocorre na mesma altura para todas as espécies. Em algumas é possível verificar a deposição antes mesmo da eclosão, embora que nestes casos ainda não está provado que estes incrementos são de fato verdadeiros. Em outras espécies, como por exemplo o bacalhau, *Gadus morhua*, o primeiro incremento é formado no dia da eclosão, em outras como é o caso do linguado *Solea solea* somente há o aparecimento de um incremento mais proeminente quando há a abertura da boca (Wright *et al*, 2002). Para *P. platessa*, a primeira deposição ocorre somente entre o quarto e sexto dia após a eclosão (Karakiri *et al*, 1989; Karakiri & Westernhagen, 1989 *in* Geffen, 1992).

Em algumas espécies ainda é possível verificar a formação de novos centros de crescimento, os chamados primórdios acessórios, estes são frequentes em espécies que passam por uma transição de habitat bem marcada entre as fases larval e juvenil como é o caso dos peixes planos (Morales-Nin, 2000).

Em *Pleuronectes platessa* o aparecimento destas estruturas está associado ao assentamento (Karakiri *et al*, 1989). E de acordo com Modin *et al* (1996) seu aparecimento começa na fase inicial da metamorfose, quando a pupila do olho esquerdo assimétrico já completou a migração para o limite do dorso, nesta fase apresentam de um a dois novos primórdios. Os indivíduos que se encontram na fase final em que a nadadeira dorsal já alcançou a parte de trás do olho direito, apresentam 4 ou mais primórdios acessórios.

O aparecimento dos primórdios acessórios parece estar ligado à mudanças na direção da gravidade durante a mudança na orientação da natação que passa de dorso-ventral a lateral (Jearld *et al*, 1993).

A microestrutura dos otólitos nos fornece uma série de informações a respeito da vida dos indivíduos além de dados a respeito da idade. Podemos identificar e localizar em termos de tempo eventos importantes ocorridos, exemplo disto são a metamorfose e as transições entre habitats (Jearld *et al*, 1992; Jones, 1992).

Além disto, podemos ainda fazer inferências a respeito do crescimento somático dos mesmos. Devido a função de equilíbrio dos otólitos, estes tem de aumentar de tamanho conforme o peixe cresce (Campana, 2004), logo existe uma forte correlação entre o tamanho do otólito e o tamanho do peixe (Hunt, 1992).

Estas inferências a respeito do crescimento diário são feitas utilizando-se a espessura dos incrementos e a relação entre a idade e o comprimento total do peixe (Jones, 1992). Assim é possível a obtenção de modelos que vão nos permitir descrever o crescimento dos indivíduos em determinado período de tempo (Campana & Jones, 1992).

A descrição matemática do crescimento pode ser obtida a partir de equações derivadas de modelos empíricos ou generalistas como, por exemplo, o de von Bertalanffy, o de Gompertz, ou a regressão linear simples, entre outros. A escolha entre os modelos é arbitrária e depende da adequabilidade de um modelo a determinada espécie, mas a vantagem da utilização dos modelos generalistas é o fato de seus parâmetros serem facilmente interpretados por outros investigadores (Campana & Jones, 1992) e poderem ser incorporados em modelos mais complexos de dinâmica de populações (Sparre & Venema, 1997).

A equação de von Bertalanffy é amplamente utilizada na descrição do crescimento de peixes marinhos justamente por sua facilidade de incorporação em outros modelos, além de possuir um alto ajuste a inúmeras espécies (King, 1995; Jennings *et al*, 2001). A forma mais comum desta equação é expressa da seguinte maneira:

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

onde L_t é o comprimento médio à idade t do indivíduo, L_{∞} é o comprimento assintótico, que representa o comprimento máximo que a população pode atingir, K é a constante de crescimento e t_0 é idade em que o indivíduo teria se seu comprimento fosse zero.

A regressão linear simples é outra opção comumente utilizada, especialmente em fase juvenil, é apresentada da seguinte maneira (Campana & Jones, 1992):

$$L = aX + b$$

sendo L o comprimento e X a idade, normalmente em dias.

Outro produto muito importante da análise da microestrutura dos otólitos é o retro-cálculo dos comprimentos anteriores. O retro-cálculo baseia-se na premissa de que as espessuras dos incrementos refletem o crescimento diário, permitindo assim o cálculo do crescimento para cada dia de vida do indivíduo (Campana & Neilson, 1985; Campana & Jones, 1991).

1.4: *Pleuronectes platessa* e os incrementos diários

Desde o início do século XX que o crescimento desta espécie é estudado com base na análise dos otólitos (Rijnsdorp & van Leeuwen, 1992) mas só a partir do final de 1980 o crescimento dos juvenis de *Pleuronectes platessa* começou a ser amplamente estudado através da análise da microestrutura dos incrementos diários (Karakiri *et al* 1989).

Karakiri *et al* (1989) através da análise dos microincrementos exploraram diferenças de tamanho em grupos de mesma idade em dois anos (1981 e 1982) e em locais diferentes do Mar de Wadden. A mesma classe etária (88 – 98 dias) apresentou um maior comprimento no ano 1982, os indivíduos amostrados em maio de 1981 tinham tamanhos entre 16 e 25 mm enquanto os indivíduos em 1982 tinham tamanhos entre 30,5 e 36,5 mm. Ambas as coortes apresentaram diferenças de crescimento a nível da espessura dos

incrementos. A espessura dos incrementos da fase juvenil dos indivíduos de 1982 foi maior, de 2,8 a 4,2 μm enquanto em 1981 foi de 1 a 2,5 μm , indicando um crescimento mais rápido nos primeiros. Essas diferenças foram atribuídas a diferenças de disponibilidade de alimentos entre os anos.

Karakiri *et al* (1991) determinaram a data do assentamento (*settlement*), a duração da fase larvar e idade de indivíduos coletados em 13 estações no Mar de Wadden. Foram encontradas diferenças na duração da fase larvar e nas taxas de crescimento entre as diferentes regiões, sugerindo que estes indivíduos provêm de diferentes locais de reprodução ou tiveram uma fase larvar mais extensa na durante o período pelágico.

Em estudos mais recentes, Fox *et al* (2007) utilizaram microincrementos diários de juvenis de *P. platessa* para a localização do período de desova na parte oriental do Mar da Irlanda. A curva de distribuição das eclosões calculada a partir dos otólitos foi analisada em conjunto com a curva de produção de ovos. Desta maneira os autores conseguiram localizar a desova como ocorrendo entre dezembro e abril, com picos entre meados de fevereiro e março. Gunnarsson *et al* (2010) determinaram a variação na data de eclosão dos ovos e na taxa de crescimento de *P. platessa* ao longo da costa da Islândia também através da análise de seus otólitos. Estes autores encontram uma taxa global de crescimento de 0,44 mm d^{-1} , sendo que os juvenis encontrados ao sul eclodem mais cedo e tem um período larvar mais curto do que os juvenis encontrados a norte e leste da costa. As datas de eclosão variam significativamente entre as regiões, podendo ocorrer desde abril até junho dependendo do local.

A utilização dos microincrementos diários para a determinação das condições de crescimento desta espécie tem se demonstrado uma ferramenta importante para uma melhor compreensão de sua dinâmica populacional e conseqüentemente para o manejo de seus stocks.

1.5: Validação

A validação é um pré-requisito fundamental para podermos utilizar dados a respeito dos incrementos diários em qualquer tipo de trabalho (Campana & Neilson, 1985). Tem como objetivo relacionar o número de incrementos com a idade real do indivíduo (Geffen, 1992).

Em termos de validação da análise dos incrementos diários dos otólitos de *P. platessa*, Alhossaini & Pitcher (1988) analisaram os otólitos de juvenis (20-30 mm) criados em laboratório, marcados através da injeção de oxitetraciclina (0,025mL/g). Estes autores verificaram que em condições naturais onde taxas de crescimento maiores são atingidas ($> 0,1 \text{ mm d}^{-1}$) os incrementos diários podem ser utilizados na determinação da idade e em estudos de crescimento e mortalidade.

Karakiri & Westernhagen em 1989 (Karakiri *et al*, 1989; Geffen, 1992), também em laboratório, monitoraram larvas de idade conhecida, com base nos resultados observados definiram que:

- A primeira deposição ocorre entre o 4º e 6º dia depois da eclosão;

- Depois da primeira deposição, um incremento é depositado a cada dia sem interferência de fatores ambientais;
- A largura dos incrementos reflete o crescimento somático dos juvenis de *P. platessa*.

Hovenkamp (1990) em um estudo comparando larvas coletadas em campo com larvas criadas em laboratório, também verificou que o crescimento diário dos otólitos estava correlacionado ao crescimento somático diário dos indivíduos, sem efeitos da temperatura, e que a largura média dos incrementos pode ser usada como indicadora do crescimento somático. Além disso, verificou que o diâmetro do otólito é uma boa indicação do peso seco da larva.

1.6: Objetivos

Pleuronectes platessa é uma espécie de alta importância comercial que vem sendo sobreexplorada ao longo dos anos. Apesar da sua vasta distribuição, a maioria dos estudos acerca desta espécie tem-se concentrado na região do Mar do Norte e, como tal, muito pouca informação está disponível para as populações que vivem no limite norte da distribuição desta espécie. O conhecimento a respeito das condições de crescimento dos juvenis pode ser uma ferramenta importante para uma melhor compreensão da dinâmica populacional de *P. platessa* e, conseqüentemente, na determinação do padrão de exploração. Assim, são objetivos deste trabalho:

- Determinação da idade em dias dos indivíduos analisados
- Determinação da idade ao assentamento
- Determinação da data de eclosão
- Determinação da data do assentamento
- Análise da variação da espessura dos incrementos diários ao longo do tempo
- Determinação da taxa de crescimento (mm/dia) após o assentamento
- Determinação da equação de crescimento
- Relacionar o crescimento com a temperatura da água

Capítulo 2

MATERIAL E MÉTODOS

2.1: Área de estudo e métodos de amostragem

O material para análise neste trabalho foi previamente recolhido no estuário do Valosen (Bodø, Noruega) (Fig. 3). O local de amostragem fica totalmente exposto na maré baixa, com um pequeno córrego cruzando uma extensa zona intermareal, sendo o substrato composto por areia, conchas e lodo provindo do córrego. Por toda a área encontram-se pedras com algas epibenticas (Freitas *et al*, 2010). As solhas foram recolhidas com uma rede de arrasto de vara de abertura de 1 m e malha de 5 mm, entre Junho e Outubro de 2005 (Anexo 1) a uma profundidade inferior a 2,4 metros. Simultaneamente foram medidos os valores da temperatura continuamente com um data *logger* de temperatura (StowAway® TidbiT™) posicionado junto ao fundo.



Fig. 3: Área de amostragem: No mapa da esquerda está representada a Noruega e a cidade de Bodø, e no mapa da direita está ampliada a região de Bodø e o estuário do Valøen assinalado com um círculo (Adaptado de GoogleMaps, 2011)

Todos os indivíduos capturados foram contados e medidos (comprimento total, mm) e destes, 90 indivíduos foram selecionados ao acaso para análise de idade.

2.2: Processamento dos otólitos

Foram processados otólitos *sagitta* de 90 indivíduos, sendo que uma parte (4,44%) se danificou durante os processos de preparação. Assim, foram analisados 86 pares de otólitos de juvenis de solha *Pleuronectes platessa*, com dimensões entre 13 e 80 mm de comprimento total.

Neste trabalho foram utilizadas duas técnicas diferentes para preparação da observação, em função das características dos otólitos (Campana & Neilson, 1985). Os otólitos menores que 0,750 mm foram montados em lâminas de microscópio com uma gota de resina Entellan[®] (Merck), com o sulco virado para cima. Este procedimento facilitou o

manuseio e a leitura desses exemplares de dimensões reduzidas. Os otólitos maiores foram desgastados sem nenhum preparo prévio.

O desgaste dos otólitos foi feito manualmente (Fig. 4). Os otólitos de maior dimensão foram desgastados em ambas as faces em discos abrasivos (Struers Waterprof Silicon Carbide Paper) de granularidades 1000 e 4000. Os otólitos montados em lâmina



Fig. 4: Desgaste dos otólitos montados em lâmina com Entellan.

com Entellan foram desgastados em apenas uma face, primeiramente com discos de granularidades 800 e 1000 e depois com discos 2500 e 4000.

O desgaste de todos os exemplares foi controlado ao longo do processo à lupa binocular e ao microscópio óptico.

Os otólitos assim estão prontos para a análise da microestrutura. Para tal foi utilizado um microscópio óptico Leica em aumento 100x acoplado a uma câmera de vídeo. A câmera é ligada a um computador com o programa de análise de imagem Leica Application Suite V.3.7 que permite captar e melhorar as imagens, bem como fazer marcações para a medida dos incrementos.

Foram feitas fotografias em sequência desde o núcleo até a periferia em um raio de contagem escolhido de acordo com a nitidez dos incrementos. Na maior parte dos otólitos o raio de maior nitidez encontrava-se na direção do *rostrum*. Os incrementos foram então contados duas vezes e medidos. Tanto os incrementos da fase larval como os da fase pós

assentamento encontravam-se visíveis na mesma fase de desgaste, sendo que não foi necessário que a leitura fosse realizada em duas etapas. Nos casos em que a segunda leitura não foi coincidente com a primeira, efetuou-se uma terceira contagem.

A determinação da data de eclosão e da idade ao assentamento foram baseadas no descrito por Molenaar (2009). Assim, a data de eclosão foi calculada subtraindo-se a idade total da data de captura. Para a determinação da idade ao assentamento foram considerados todos os incrementos contados até o incremento da metamorfose, inclusive, excluindo-se o incremento correspondente à eclosão. Embora algumas larvas ainda permaneçam na coluna da água por algum curto período de tempo após a metamorfose, o incremento da metamorfose foi considerado aquele que corresponde ao início do aparecimento de primórdios acessórios e a suposta transição para o fundo (Fig. 5). A data de assentamento foi então calculada através da adição da idade ao assentamento à data de eclosão. Não foram adicionados à idade total 5 dias, que é o tempo médio para o aparecimento do incremento de eclosão, seguindo-se a metodologia de Molenaar (2009).

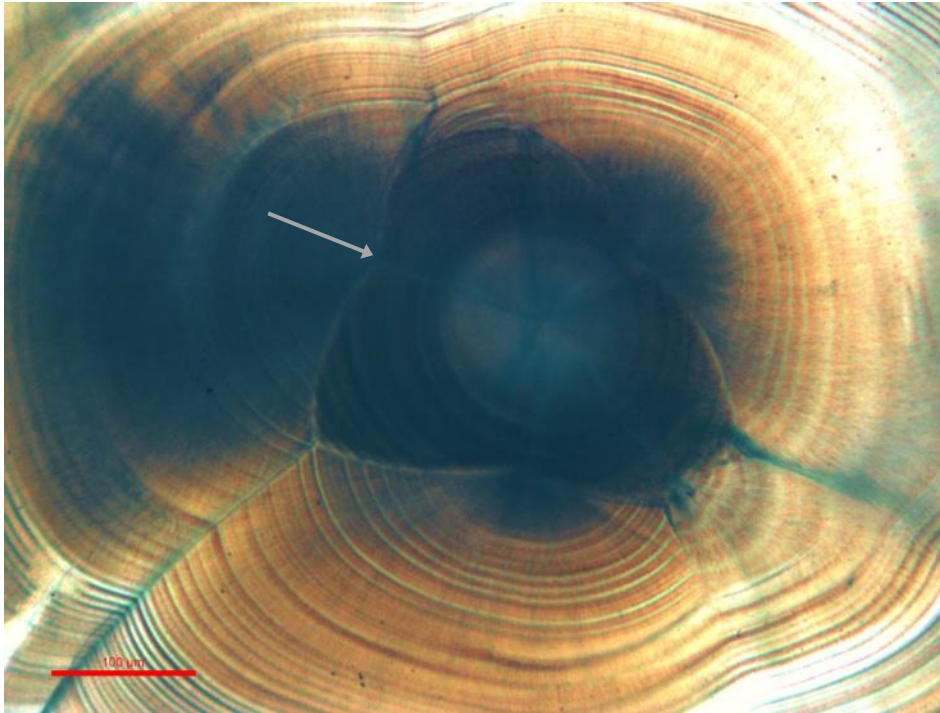


Fig. 5: Otólito após desgaste observado em microscopia óptica. A barra corresponde a 100µm, a seta indica o início da formação dos primórdios acessórios.

2.3: Análise Estatística e Numérica

Na análise de idade e crescimento foram utilizadas técnicas matemáticas simples em ambiente Excel e no programa SPSS 17.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois).

Regressões lineares foram utilizadas na verificação das relações entre diversas variáveis e também na determinação das equações de crescimento.

O tamanho corporal para os dias anteriores foi calculado através de retro-cálculo usando as dimensões do raio do otólito:

$$C_d = R_d (C_c / R_t)$$

onde C_d é comprimento do peixe ao dia d , R_d é o tamanho do raio de contagem ao dia d , C_c é o comprimento do peixe na data de captura e R_t é o raio total do otólito na data de captura (Lea, 1910 *in* Francis, 1990).

As taxas diárias de crescimento foram então calculadas através das diferenças entre os comprimentos calculados entre dias consecutivos.

Foram utilizadas técnicas básicas de comparação de amostras, nomeadamente análise de variância simples (One way ANOVA) para comparação dos resultados (Van Emden, 2008).

Para a determinação dos parâmetros da equação de Von Bertalanffy foi utilizado o programa Fishparm (Prager *et al*, 1989).

Capítulo 3

RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1: Aspectos gerais, datas de eclosão e assentamento

Foram analisados 86 pares de otólitos com um diâmetro entre 0,353 e 1,763 mm. Foram considerados ilegíveis 10 destes pares onde apenas foi possível observar microincrementos em uma porção muito pequena do raio de contagem, no que resulta uma percentagem de 11% de ilegibilidade.

Como esperado, os otólitos apresentaram um padrão típico dos peixes planos, apresentando o aparecimento de primórdios acessórios durante a metamorfose, o que permitiu a identificação da idade a que os indivíduos passam de larvas pelágicas a juvenis demersais (Al-Hossaini *et al*, 1989; Modin *et al*, 1996, Karakiri *et al*, 1991).

Os incrementos da fase larvar são menos espessos e mais regulares, apresentando uma espessura média de 1,48 μ m (DP = 0,312). Já a fase juvenil apresentou incrementos maiores com uma espessura média de 5,98 μ m (DP = 1,21). Estas diferenças nas espessuras nas diferentes fases foram já descritas no trabalho de Karakiri *et al* (1989). Uma imagem dos incrementos pós-assentamento pode ser observada no anexo 1.

Os indivíduos analisados apresentaram idades entre os 45 e 157 dias de vida, em média 95,41 dias, sendo as eclosões compreendidas entre os dias 17 de Março de 2005 e 30 de Junho de 2005 (Fig. 6). Quanto à idade ao assentamento esta variou entre os 27 e os 76 dias, em média 47,49 dias, com datas entre 14 de Maio de 2005 e 05 de Setembro de 2005

(Fig. 6). Por retro-cálculo o tamanho médio estimado destes indivíduos no momento do assentamento foi de 9,96 mm (DP= 3,42 mm), este valor está de acordo com o descrito por Van der Veer (1986) para o Mar de Wadden, entre os anos de 1980 e 1982 o tamanho ao assentamento variou entre 10 e 15 mm.

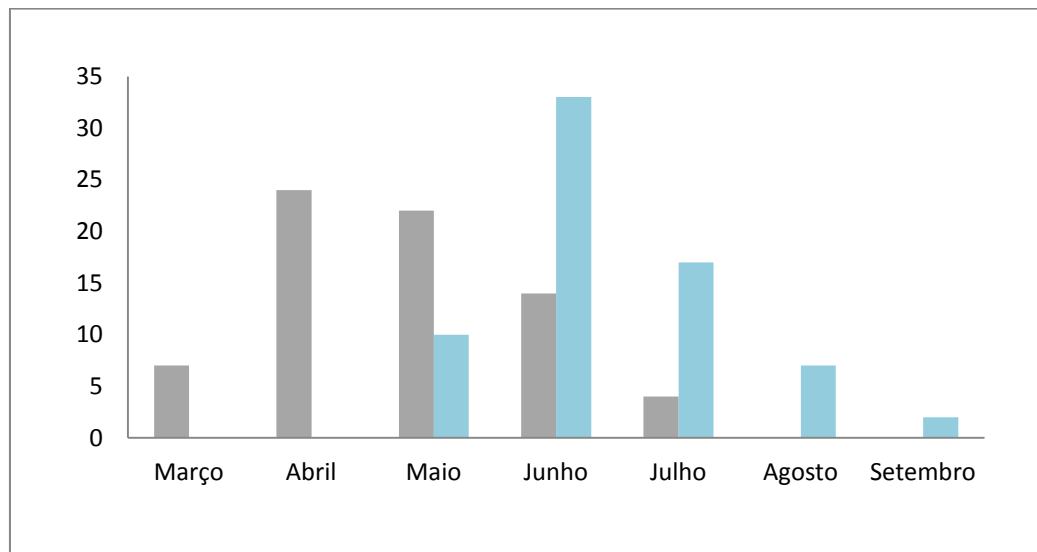


Fig 6: Distribuição das datas de eclosão e assentamento de *Pleuronectes platessa* ao longo dos meses. As barras cinzentas representam o número de eclosões, as barras azuis representam o de assentamentos.

No que diz respeito à duração do estágio larvar os resultados aqui obtidos para alguns indivíduos indicam valores inferiores ao que foi descrito por outros autores em outros locais. Assim, para Al-Hossaini *et al* (1989), na baía de Red Wharf, País de Gales, a duração do estágio larvar variou entre os 50 e os 53 dias, para Hovenkamp (1991b), na parte ocidental do Mar de Wadden, este valor variou entre 50 e 90 dias, para Karakiri *et al*

(1991) também no Mar de Wadden os valores ficam entre 52 e 61 dias, e em um estudo mais recente, Fox *et al* (2007) encontrou valores entre 31 e 55, no Mar da Irlanda oriental.

Variações deste gênero são esperadas para locais distintos e até para anos diferentes no mesmo local e podem estar relacionadas com variações na disponibilidade de alimento e na temperatura (Alhossaini *et al*, 1989; Fox *et al*, 2007)

As datas de eclosão aqui descritas vão de acordo com os resultados obtidos por Gunnarsson *et al* (2010) em águas Islândicas. Estes autores descrevem eclosões como ocorrendo entre finais de Março e finais de Junho. Entretanto em áreas mais a sul as eclosões parecem ocorrer mais cedo. Na parte ocidental do Mar de Wadden, a data de eclosão de larvas recém assentadas foi estimada entre Dezembro do ano anterior e Abril, com picos variáveis de acordo com o ano em estudo (Hovenkamp, 1991b). Também no Mar de Wadden, Karakiri *et al* (1991) encontraram as eclosões como ocorrendo estritamente no mês de Fevereiro.

Quanto as datas de assentamento, embora alguns poucos indivíduos apresentem um período larvar mais longo, com assentamentos entre Agosto e início de Setembro, a maioria faz o assentamento entre o final de Maio e meados de Julho. Estes resultados baseados na microestrutura dos otólitos confirmam o padrão verificado através da análise da distribuição de frequências de tamanhos ao longo do tempo (Freitas *et al* 2010).

No trabalho de Al-Hossaini *et al* (1989) na baía de Red Wharf, País de Gales, os assentamentos foram descritos como ocorrendo entre Março e Junho, com picos entre meados de Abril e início de Junho dependendo dos anos. Berghahn *et al* (1995) encontrou picos de assentamentos no final de Maio no leste do Mar do Norte. Hovenkamp (1991b), na

parte ocidental do Mar de Wadden, encontrou assentamentos ocorrendo entre Abril e Junho. Karakiri *et al* (1991) no Mar de Wadden holandês encontrou assentamentos ocorrendo antes de 19 Abril. Na costa francesa, Amara & Paul (2003) descrevem os assentamentos ocorrendo entre Março e início de Junho, com picos em Abril. Geffen *et al* (2011), no Mar da Irlanda descreve os assentamentos como ocorrendo entre Abril e Julho, com dois picos em Maio (Tab.1)

Tabela 1: Período de assentamento de *Pleuronectes platessa* em diferentes berçários.

Autor	Local	Período de assentamento
Presente estudo	Estuário do Valosen (Bodø, Noruega)	Picos entre final de Maio e meados de Julho
Al-Hossaini <i>et al</i> (1989)	Baia de Red Wharf, País de Gales	Março - Junho, com picos entre meados de Abril e início de Junho
Berghahn <i>et al</i> (1995)	Leste do Mar do Norte.	Picos no final de Maio
Hovenkamp (1991b)	Mar de Wadden ocidental	Abril – Junho
Karakiri <i>et al</i> (1991)	Mar de Wadden ocidental	Antes de 19 Abril
Amara & Paul (2003)	Costa francesa	Março - Junho, com picos em Abril
Geffen <i>et al</i> (2011)	Mar da Irlanda	Abril - Julho, com dois picos em Maio.

Uma análise mais fina, considerando o aparecimento sucessivo distintas coortes, pode dar indicações mais precisas sobre as datas reais a que corresponderão os pulsos de recrutamento.

3.2: Tamanho corporal X Tamanho do otólito

Como esperado e descrito por outros autores o tamanho corporal está relacionado com o tamanho dos otólitos (Alhossaini & Pitcher, 1988; Hovenkamp, 1990; Hovenkamp & Witte, 1991) (Fig. 7). A relação entre as duas variáveis é dada pela equação ($R^2=0,8883$; $n= 76$):

$$\text{Comprimento total} = 38,345 \text{ tamanho do otólito} + 2,1787$$

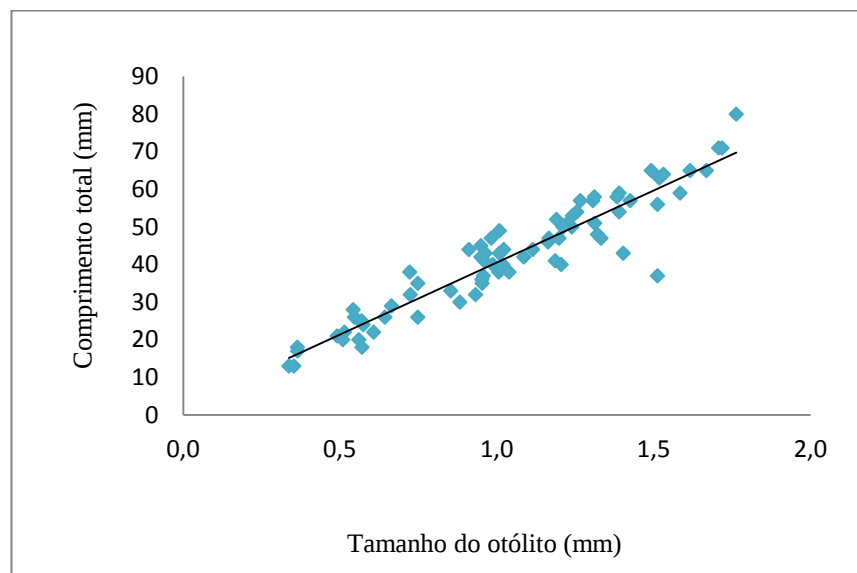


Fig. 7: Relação entre o tamanho corporal e o tamanho dos otólitos de *Pleuronectes platessa*.

Esta relação é útil em estudos tróficos dos predadores desta espécie que ingeriram as presas inteiras desta dimensão (aves), assim é possível a determinação do comprimento e biomassa de solhas das quais apenas são encontrados os otólitos no conteúdo gástrico (Van der Veer & Bergman, 1987).

3.3: Tamanho corporal X idade

O tamanho corporal e a idade se mostraram relacionados ($R^2=0,542$, $n=72$). A figura 8 mostra a relação entre a idade e o comprimento total de *P. platessa*, não só com os valores aqui obtidos, mas incluindo também valores obtidos por outros autores (Alhossaini *et al.*, 1989; Modin *et al.*, 1996; Molenaar, 2009) para efeitos comparativos.

A análise da figura 8 evidencia um bom enquadramento dos resultados dos vários autores, apesar de haverem diferenças que poderão ser o resultado de crescimento distinto em diferentes zonas e intervalos de tempo em que foi efetuado o estudo. Usando a análise de variância (ANOVA) para comparar os vários resultados, encontrou-se diferenças significativas entre os diferentes conjuntos de dados ($F=11,155$; $p=,000$; $n=105$). Além disto, o teste de Tukey dá-nos a informação de que os dados aqui obtidos só não são significativamente diferentes dos obtidos por Alhossaini *et al* (1989) no ano de 1986 (tabela 2.1, anexo2).

A relação entre as duas variáveis que representa o crescimento desta espécie no estuário do Valosen é dada pela equação:

$$\text{Comprimento total} = 0,4459 \times \text{idade (dias)} + 0,2437$$

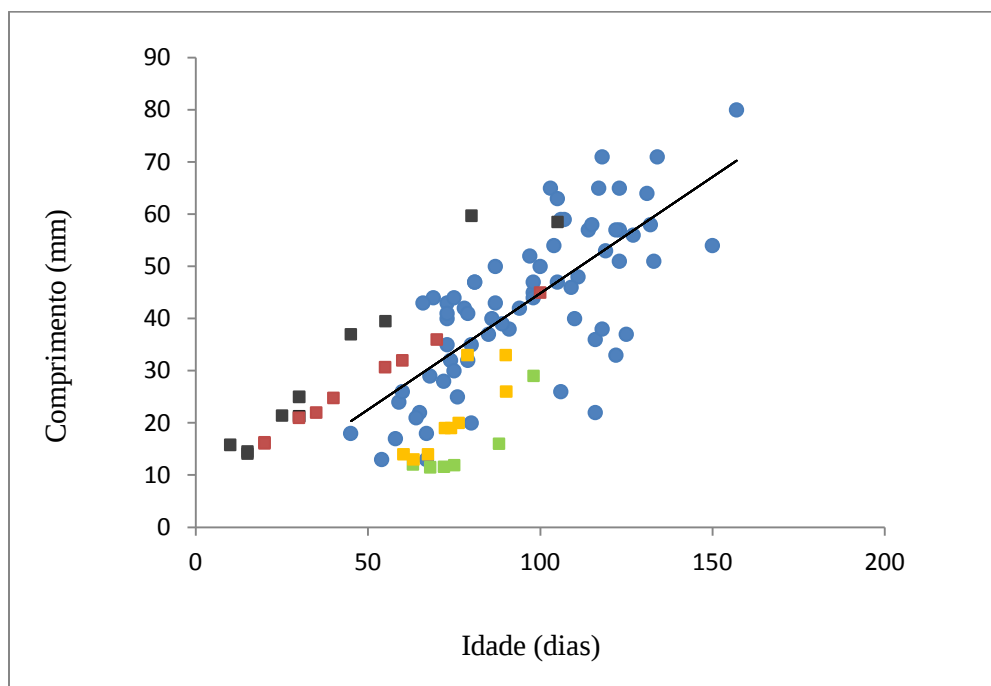


Fig. 8: Relação entre comprimento total e idade em *P. platessa*. Os pontos em azul representam dados do presente estudo ($R^2= 0,542$). Os restantes representam dados de estudos anteriores de outros autores, em diferentes locais da costa Atlântica. Os pontos em verde são dados de larvas criadas em laboratório de Modin *et al* (1996), os pontos amarelos são dados do Mar de Wadden ocidental de Molenaar , 2009). Os pontos em preto e vermelho são dados da Baía de Red Wharf, País de Gales de Alhossaini *et al* (1989) representando os anos de 1986 e 1987 respectivamente.

No que diz respeito à relação entre o tamanho corporal e a idade ao assentamento (Fig. 9), o coeficiente de correlação é muito próximo de zero ($R^2=0,0733$, $n=75$), mostrando não ser possível relacionar as duas variáveis, devido à grande dispersão de resultados obtidos.

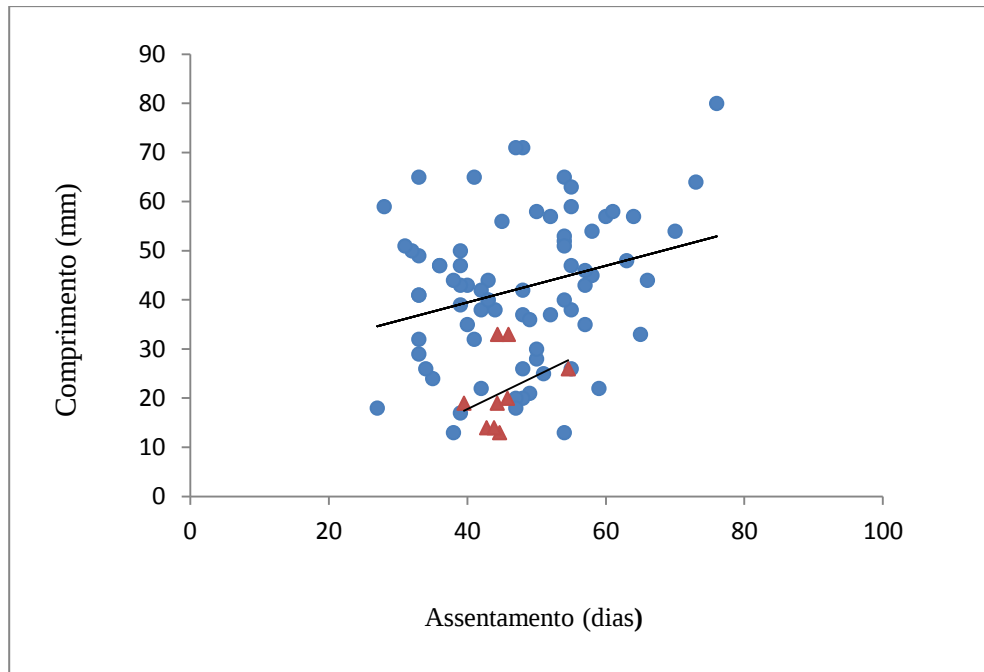


Fig. 9: Relação entre o tamanho corporal de *Pleuronectes platessa* e idade ao assentamento. Pontos em azul representam dados do presente estudo ($R^2=0,0733$). Pontos em vermelho representam dados do Mar de Wadden ocidental de Molennar (2009) ($R^2=0,125$).

3.4: Taxas de crescimento diárias

A taxa de crescimento média calculada após o assentamento foi de $0,7 \text{ mm d}^{-1}$ ($SD=0,4$). Este valor apresenta-se um pouco mais elevado do que o descrito por Freitas *et al* (2010) com base na evolução do comprimento médio da população ao longo do tempo, onde as taxas de crescimento encontradas foram de $0,5 \text{ mm d}^{-1}$ em 2005 e $0,46 \text{ mm d}^{-1}$ em 2006. No entanto, os valores não são diretamente comparáveis, pois foram obtidos com metodologias distintas, sendo o método utilizado neste trabalho mais adequado.

As taxas aqui descritas também são mais elevadas quando comparadas com dados de outros autores para berçários diferentes. Gunnarsson *et al* (2010) para indivíduos com tamanhos entre 11 mm e 62 mm obtiveram uma taxa global de crescimento de 0,44 mm d⁻¹ na costa islandesa. Amara & Paul (2003) obtiveram uma taxa média de crescimento de 0,52 mm d⁻¹ ao leste do Canal da Mancha, na costa Francesa, para indivíduos com tamanhos entre os 17 e os 70 mm. Recentemente, Geffen *et al* (2011) descreveram para o Mar da Irlanda taxas que variavam de 0,3 a 0,8 mm d⁻¹. As taxas de crescimento aqui obtidas terão de ser enquadradas num ambiente com condições extremas, no limite norte de distribuição da espécie, e com uma janela temporal para um maior crescimento muito reduzida.

3.4.1: Taxas de crescimento X Temperatura da água e Recrutamento

A relação do crescimento com fatores ambientais foi avaliada comparando a taxa de crescimento dos indivíduos de *P. platessa*, em cada dia, e a temperatura da água medida no mesmo dia e no mesmo local. A temperatura apresentou uma variação entre 7,01 e 14,16°C no período compreendido entre Maio e Setembro de 2005.

Como resultado, verificou-se que as taxas de crescimento diárias pós-assentamento apresentaram um coeficiente de correlação próximo de zero ($R^2=0,0884$, $n=72$) quando relacionadas com a temperatura da água nos mesmos dias (Fig. 10). Um conjunto de dados de base mais extenso poderia conduzir a resultados diferentes. Assim, a equação que relaciona a taxa de crescimento (mm/dia) com a temperatura da água (°C) deve ser usada apenas de modo indicativo:

$$\text{Taxa de crescimento diário (mm/dia)} = 0,0238 \times \text{temperatura} + 0,4595$$

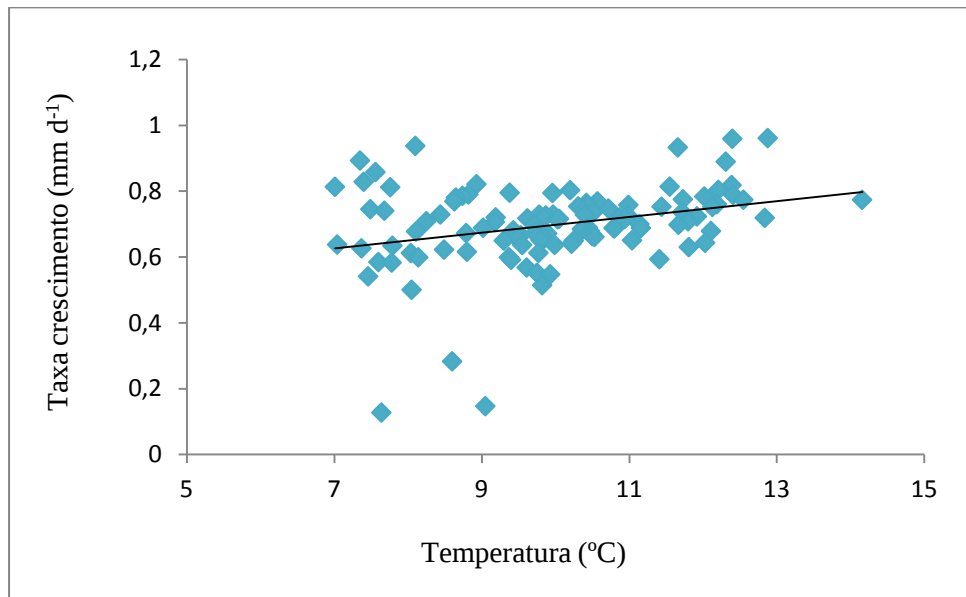


Fig. 10: Taxas de crescimento diárias de *Pleuronectes platessa*, após assentamento, em função da temperatura da água.

A temperatura é considerada um fator muito importante nos primeiros estágios da vida e possui grande influência no recrutamento (Hovenkamp & Witte, 1991, Hovenkamp, 1991a). No recrutamento de *P. platessa* baixas temperaturas estão associadas com classes anuais mais fortes (Van der Veer, 1986; Banister, 1978 in Rijnsdorp, 1993).

As baixas temperaturas supostamente prolongam o desenvolvimento dos ovos e das larvas podendo assim prolongar a deriva pelágica das larvas em direção aos berçários e ao assentamento (Hovenkamp, 1990). Para Hovenkamp & Witte (1991) quanto maior a temperatura menor a idade ao assentamento, indicando que o desenvolvimento parece estar mais relacionado com as condições de temperatura do que com o tamanho dos indivíduos no momento do assentamento.

As temperaturas elevadas além de causarem uma redução do período larvar, podem potencialmente aumentar o número de predadores durante a fase mais vulnerável dos primeiros estágios do desenvolvimento, contribuindo para uma diminuição da força da classe anual (Hovenkam & Witte, 1991, Fox *et al*, 2007).

Entretanto, no que diz respeito a fase juvenil, Geffen *et al* (2011) descreve maiores taxas de crescimento a temperaturas mais altas, e de acordo com Alhossaini *et al* (1989), o tamanho atingido nos berçários ao fim do primeiro período de crescimento é também crítico para o recrutamento. Um crescimento rápido neste período supostamente confere vantagens tais como um recrutamento e maturação antecipados.

Finalmente, é possível que o efeito da temperatura esteja mascarado por outros fatores, como a abundância diário do alimento.

3.5: Retro-cálculo

Na figura 11 podemos observar a linha que representa o crescimento médio dos indivíduos analisados, descrita pela variação dos tamanhos médios retro-calculados para cada dia, e no Anexo 3 pode-se observar o gráfico da variação do comprimento médio por dia.

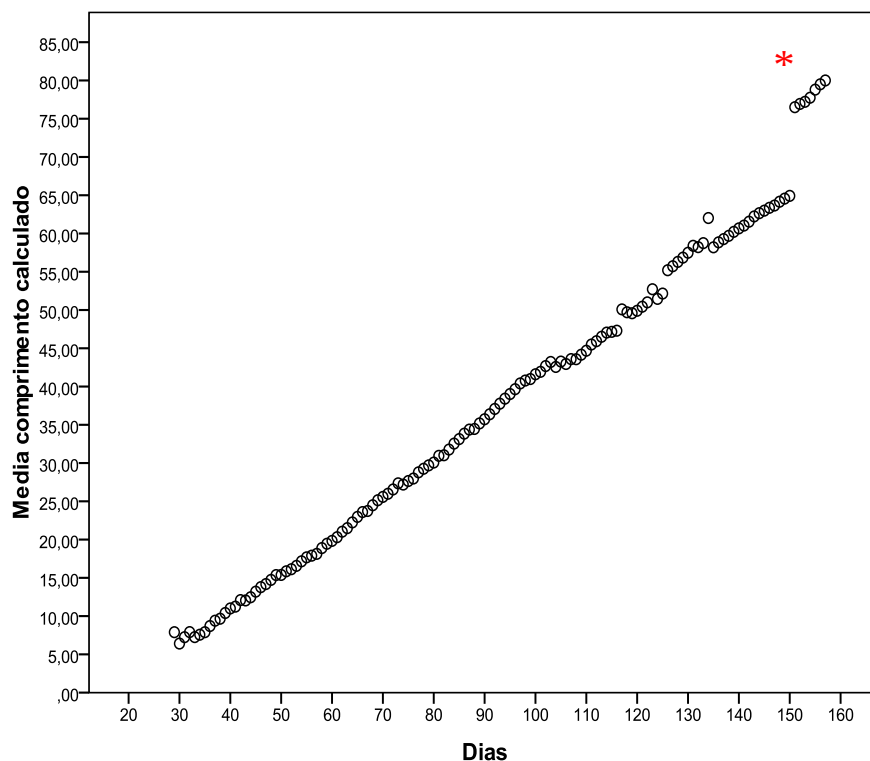


Fig. 11: Comprimento médio (mm) de *Pleuronectes platessa* em função da idade, após o assentamento, obtido por retro-cálculo. O sinal * marca um conjunto de pontos correspondentes a apenas um indivíduo.

Existe uma variação individual no que diz respeito ao ritmo do crescimento, tal como pode ser observada na figura 12, onde se apresenta a variação do comprimento total individual ao longo do tempo, obtido por retro-cálculo. Apresenta-se também a regressão linear do conjunto de pontos, a qual podemos usar para descrever o crescimento destes indivíduos ($R^2=0,982$; $n=128$):

$$\text{Comprimento (mm)} = 0,510 \times \text{idade(dias)} + 10,247$$

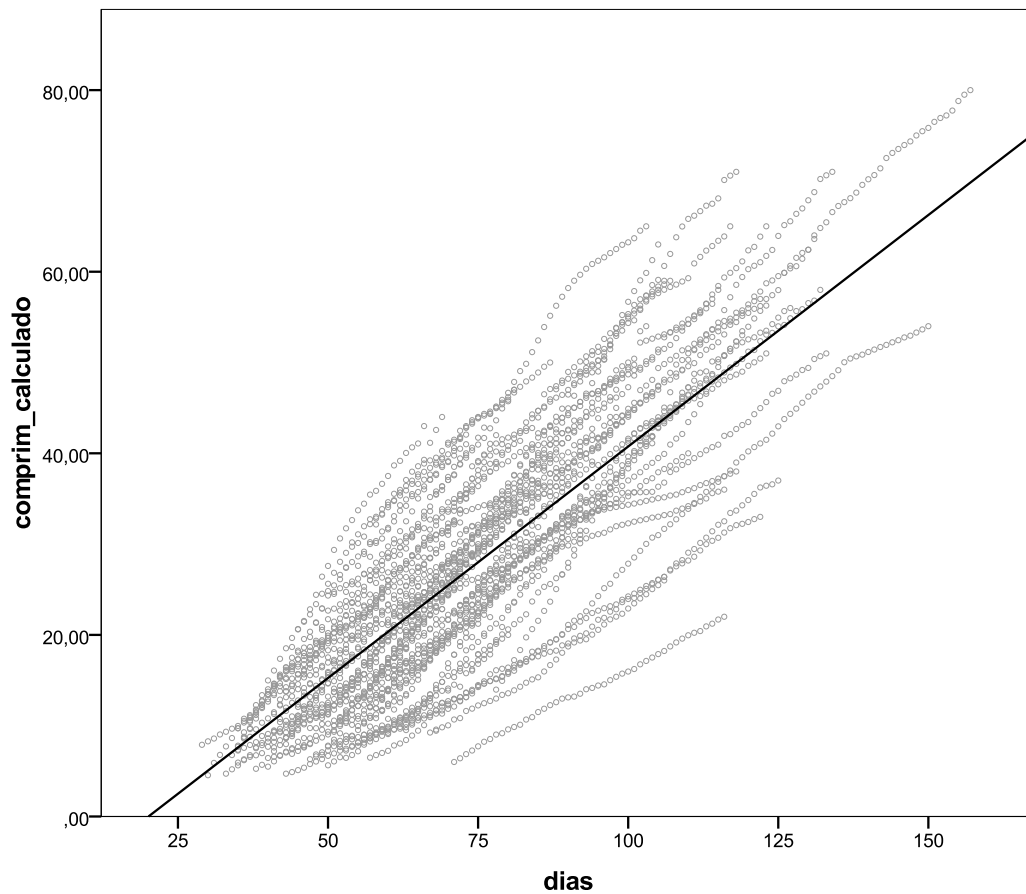


Fig. 12: Variação do comprimento individual de *Pleuronectes platessa* em função da idade após o assentamento, obtido por retro-cálculo. Apresenta-se igualmente a reta de regressão linear entre as duas variáveis: $R^2 = 0.659$; $n = 76$.

Quando comparamos os valores dos comprimentos obtidos através do retro-cálculo com os valores observados podemos verificar que há um bom ajuste dos dados (Fig.13). Através de uma análise de variância, não foram encontradas diferenças significativas entre estes valores ($F=2,251$, $p=0,137$ $n= 124$), o que confirma que o retro-cálculo é uma boa ferramenta para a determinação de tamanhos anteriores.

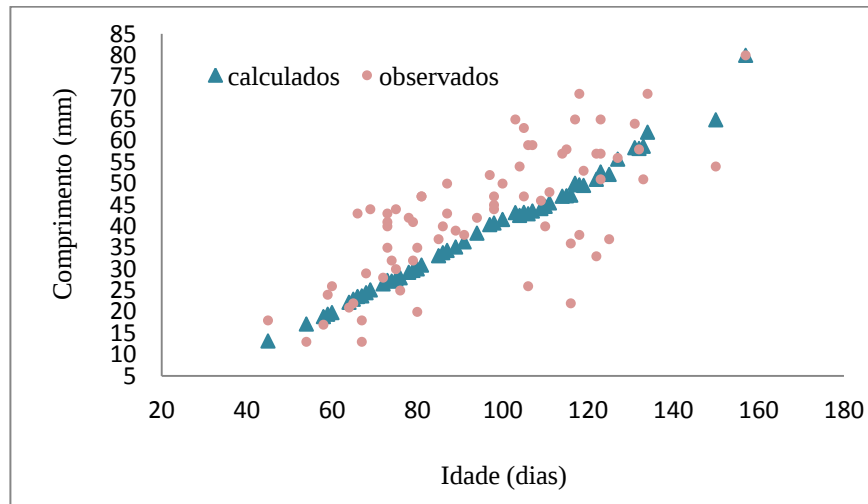


Fig.13: Comparação entre comprimentos retro-calculados e comprimentos observados de *P. platessa* em função da idade.

3.6: Equação de Von Bertalanffy

Os parâmetros de crescimento não foram possíveis de serem calculados pelo modelo de Von Bertalanffy por inadequação dos dados obtidos. Os valores dos parâmetros bem como a curva de crescimento podem ser observados no Anexo 4. Este modelo não é o mais adequado para descrever o crescimento das fases mais jovens dos peixes, e só em alguns casos poderá ser usado a título comparativo (Campana & Jones, 1992). Em um trabalho mais antigo, Alhossaini *et al* (1989) também não conseguiram um bom ajuste desta equação em larvas recém assentadas, e como tal estes autores descrevem o crescimento através da equação de Gompertz.

Capítulo 4

CONCLUSÕES

A análise da microestrutura dos otólitos de *Pleuronectes platessa* de fato representa uma ferramenta eficiente para a análise de idade e crescimento, e nos proporcionou uma gama de informações que ainda não haviam sido obtidas para este local.

Entre os resultados mais significativos obtidos com este trabalho, efetuado no limite norte da distribuição desta espécie, salienta-se a determinação das datas de eclosão e assentamento, as quais variaram entre 17 de Março e 31 de Junho e 14 de Maio e 05 de Setembro de 2005 respectivamente; a equação do crescimento dos juvenis para esta área é dada por:

$$\text{Comprimento total} = 0,4459 \times \text{dias} + 0,2437$$

A taxa de crescimento média calculada após o assentamento, foi de $0,7 \text{ mm d}^{-1}$ (DP= $0,4 \text{ mm d}^{-1}$).

Além disto, merece referência o bom ajuste dos valores retro-calculados com os valores observados o que confirma o retro-cálculo como uma boa ferramenta para a determinação do tamanhos anteriores.

Entretanto, para uma melhor compreensão do comportamento desses indivíduos recém assentados no estuário de Valosen seria necessário um estudo mais amplo, envolvendo amostragens em diferentes anos, recolha de dados a respeito de indicadores de abundância de alimento e das condições ambientais. Desta maneira seria possível verificar o impacto dos fatores ambientais nesta fase de vida e suas implicações para a força da classe anual.

REFERÊNCIAS

- Albert, O. T., Eliassen, J-E. & Høines, A. (1998). Flatfishes of Norwegian coasts and fjords. *Journal of Sea Research* , **40**: 153–171.
- Alhossaini, M., Pitcher, T. J. (1988). The relation between daily rings, body growth and environmental factors in plaice, *Pleuronectes platessa* L., juvenile otoliths. *J. Fish Biology*. **88**: 409-418.
- Alhossaini, M., Liu, Q. & Pitcher, T. J. (1989). Otolith microstructure indicating growth and mortality among plaice, *Pleuronectes platessa* L., post-larval sub-cohorts. *J. Fish Biology*. **35 (Supplement A)**: 81-90.
- Amara, R. & Paul, C. (2003). Seasonal patterns in the fish and epibenthic crustaceans community of an intertidal zone with particular reference to the population dynamics of plaice and brown shrimp. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. **56**: 807–818.
- Berghahn, R., Ludemann, K. & Ruth, M. (1995). Differences in individual growth of newly settled 0-group plaice (*Pleuronectes platessa* L.) in the intertidal of neighbouring Wadden Sea area. *Netherlands Journal of Sea Research*. **34 (1-3)**: 131-138.
- Campana, S. E. & Neilson, J. D. (1985). Microstructure of fish otoliths. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*, **42**: 1014-1032.
- Campana, S. E. & Jones, C. M. (1992). Analysis of otolith microstructure data. Em: D. K. Stevenson and S. Campana (eds) *Otolith microstructure examination and analysis*. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 117p
- Campana, S. E. (1992). Measurement and interpretation of the microstructure of fish otolith. Em: D. K. Stevenson and S. Campana (eds) *Otolith microstructure examination and analysis*. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 117.
- Campana, S. E. (2004). *Photographic Atlas of Fish Otoliths of the Northwest Atlantic Ocean*. NRC Research Press. 284p.
- FAO (2010). *Species Fact sheets: Pleuronectes platessa*. Acedido em 17 de Julho de 2010, em <http://www.fao.org/fishery/species/3354/en>
- FAO (2011). *Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service*. Acedido em 12 de Julho de 2011, em http://www.fao.org/figis/servlet/SQServlet?file=/usr/local/tomcat/FI/5.5.23/figis/webapps/figis/temp/hqp_57940.xml&outtype=html

- Fox, C. J.; Geffen, A. J.; 3, Taylor, N.; Davison, P; Rossetti, H. & Nash, R. D. M. (2007). Birth-date selection in early life stages of plaice *Pleuronectes platessa* in the eastern Irish Sea (British Isles). *Mar Ecol Prog Ser.* **345**: 255–269.
- Francis, R. (1990) Back-calculation of fish length: a critical review. *Journal of Fish Biology*, 36 (6): 883-902.
- Freitas, V.; Campos, J.; Skreslet, S. & Van der Veer, H. W. (2010). Habitat quality of a subarctic nursery ground for 0-group plaice (*Pleuronectes platessa*). *Journal of Sea Research.* **68**: 26-33.
- Geffen, A. J. (1992) Validation of otolith increment deposition rate, p 101-113. Em: D. K. Stevenson and S. Campana (eds) *Otolith microstructure examination and analysis*. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 117.
- Geffen, A. J., Nash, R. D. M., Dau, K. & Harwood, A. J. P. (2011). Sub-cohort dynamics of 0-group plaice, *Pleuronectes platessa* L., in the Northern Irish Sea: Settlement, growth and mortality. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.* **400**: 108–119.
- Gunnarsson B., Jonasson J.P. & McAdam B.J. (2010) Variation in hatch date distributions, settlement and growth of juvenile plaice (*Pleuronectes platessa* L.) in Icelandic waters *Journal of Sea Research*, **64** (1-2): 61-67.
- Hoarau, G., Rijnsdorp, A. D., Van Der Veer, H. W., Stam, W. T. & Olsen, J. L. (2002). Population structure of plaice (*Pleuronectes platessa* L.) in northern Europe: microsatellites revealed large-scale spatial and temporal homogeneity. *Molecular Ecology.* **11**: 1165–1176.
- Hovenkamp, F. (1990). Growth differences in larval plaice *Pleuronectes platessa* in the Southern Bight of the North Sea as indicated by otolith increments and RNA/DNA ratios. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **58**: 205-215.
- Hovenkamp, F. (1991a). *On the growth of larval plaice in the North Sea*. Dissertação, Universidade de Groningen, 96 p.
- Hovenkamp, F. (1991b). Immigration of larval plaice (*Pleuronectes platessa* L.) into the western wadden sea: A question of timing. *Netherlands Journal of Sea Research.* **27(3/4)**: 287-296.
- Hovenkamp, F., & Witte, J. I. (1991). Growth , otolith growth and RNA/DNA ratios of larval plaice *Pleuronectes platessa* in the North Sea 1987 to 1989. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **70**:105-116.
- Hovenkamp, F. (1992). Growth-dependent mortality of larval plaice *Pleuronectes platessa* in the North Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **82**: 95-101.

- Hunt, J.J. (1992). Morphological characteristics of otolith for selected fish in the northwest Atlantic. *J. Northwest Atl. Fish. Sci.*, **13**: 63-75.
- ICES (2010). *Fish map: Pleuronectes platessa*. Acedido em 17 de Julho de 2010, em <http://www.ices.dk/marineworld/fishmap/ices/pdf/plaice.pdf>
- Jearld, A. Jr., Sass, S. L. & Davis, M. F. (1993). Early growth, behavior and otolith development of the winter flounder *Pleuronectes americanus*. *Fishery Bulletin* **9**(1): 65-75.
- Jennings, S.; Kaiser, M. J. & Reynolds, J.D. (2001). *Marine Fisheries Ecology*. Blackwell Sinergy. 417p.
- Jones, C. M. (1992) Development and application of the otolith increment technique, p 1-11. Em: D. K. Stevenson and S. Campana (eds) *Otolith microstructure examination and analysis*. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 117.
- Karakiri, M., & von Westernhagen, H. (1988). Apparatus for grinding otoliths of larval and juvenile fish for microstructure analysis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **49**: 195-198.
- Karakiri, M.; Berghanh, R. & von Westernhagen, H. (1989). Growth differences in 0-group plaice *Pleuronectes platessa* as revealed by otolith microstructure analysis. *Marine ecology progress series*, **55**: 15-22.
- Karakiri, M.; Berghahn, R. & Van der Veer, H. W. (1991). Variations in settlement and growth of 0-group plaice (*Pleuronectes plateas* L.) in the Dutch Wadden Sea as determined by otolith microstructure analysis. *Netherlands Journal of Sea Research*, **27** (3/4): 345-351.
- King, M. (1995). *Fisheries Biology, Assessment and Management*. Fishing News Books. 341p.
- Lecomte-Finiger, R. (1999). L'otolithe : la « boîte noire » des Téléostéens. *L' Année biologique*, **38**: 107-122.
- Luna, S. M & Capuli, E. E. (2010). Species Summary: *Pleuronectes platessa*. Fishbase. Acedido em 17 de Julho de 2010, em <http://www.fishbase.org/Summary/speciesSummary.php?ID=1342&genusname=Pleuronectes&speciesname=platessa>
- McCurdy, W. J.; Panfili, J.; Meunier, F. J.; Geffen, A. J. & Pontual, H de. (2002). Preparation of calcified structures. Em: Panfili, J., H. de Pontual, H. Troadec and P. J. Wright (eds.) *Manual of fish sclerochronology*. Ifremer-ird: 463 pp.
- Modin, J., Fagerholm, B., Gunnarsson, B., & Pihl, L. (1996). Short communication Changes in otolith microstructure at metamorphosis of plaice, *Pleuronectes platessa* L. *ICES Journal of Marine Science*, **53**: 745-748.

- Molenaar, S. D. (2009). *To count or not to count otolith rings: A trial study to estimate age in tropical flatfish and North Sea plaice (Pleuronectes platessa)*. Internship report of Master programme in Limnology and Oceanography, University of Amsterdam. 32 p.
- Morales-Nin, B. (2000). Review of the growth regulation processes of otolith daily increment formation. *Fisheries Research*. **46**: 53-67.
- Payan, P., Pontual, H. de, Bœuf, G. & Mayer-Gostan, N. (2004). Endolymph chemistry and otolith growth in fish. *General Palaeontology*. **3**: 535-547.
- Popper, A.N., J. Ramcharitar & S. E. Campana. (2005). Why otoliths? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. *Marine and Freshwater Research*, **56**: 497-504.
- Prager, M. H., Saila, S. B. & Recksiek, C. W. (1989). FISHPARM: a microcomputer program for parameter estimation of nonlinear models in fishery science, second edition. *Old Dominion University Oceanography Technical Report* **87-10**
- Rijnsdorp, A. D. & P.I. van Leeuwen. (1992). Density-dependent and independent changes in somatic growth of female North Sea plaice *Pleuronectes platessa* between 1930 and 1985 as revealed by back-calculation of otoliths. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **8**: 19-32.
- Rijnsdorp, A. D. (1993). Fisheries as a large-scale experiment on life-history evolution: disentangling phenotypic and genetic effects in changes in maturation and reproduction of North Sea plaice, *Pleuronectes platessa* L. *Oecologia*. **96**(3): 391-401
- Secor, D. H.; Dean, J. M. & Laban, E. H. (1991). *Manual for Otolith Removal and Preparation for Microstructural Examination*. Columbia, SC : Electric Power Research Institute and the Belle W. Baruch Institute for Marine Biology and Coastal Research. 84pp
- Secor, D. H.; Dean, J. M. & Laban, E. H. (1992). Otolith removal and preparation for microstructural examination. Em: D. K. Stevenson and S. Campana (eds) *Otolith microstructure examination and analysis*. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 117.
- Sparre, P. & Venema, S. C. (1997). Introdução à avaliação de peixes tropicais. Parte 1- Manual. *FAO Documento Técnico Sobre as Pescas*, **306**(1): 404p.
- Van der Veer, H.W. & Bergman, M. J. N. (1987). Predation by crustaceans on a newly settled 0-group plaice *Pleuronectes platessa* population in the western Wadden Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **35**: 203-215.
- Van der Veer, H.W. (1986). Immigration, settlement, and density-dependent mortality of a larval and early postlarval 0-group plaice (*Pleuronectes platessa*) population in the western Wadden Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **29**: 223-236
- Van Emden, H. F. (2008). *Statistics for terrified biologists*. Blackwell Publishing. 343p.

Wright, P. J.; Panfili, J.; Morales-Nin, B & Geffen, J. (2002). Types of calcified structures: Otoliths. Em: Panfili, J., H. de Pontual, H. Troadec and P. J. Wright (eds.) *Manual of fish sclerochronology*. Ifremer-ird: 463 p.

ANEXOS

ANEXO 1- Comprimento total à captura e respectivas datas de coleta.

Tabela 1.1: Datas de capturas e comprimentos totais.

Data de Captura	Comprimento total (mm)
20-06-2005	17
20-06-2005	21
20-06-2005	29
20-06-2005	18
20-06-2005	14
20-06-2005	23
20-06-2005	26
20-06-2005	35
20-06-2005	22
20-06-2005	28
20-06-2005	16
20-06-2005	31
20-06-2005	24
05-07-2005	42
05-07-2005	25
05-07-2005	45
05-07-2005	27
05-07-2005	37
05-07-2005	30
05-07-2005	24
05-07-2005	44
05-07-2005	34
05-07-2005	13
05-07-2005	20
05-07-2005	14
05-07-2005	38
05-07-2005	20
05-07-2005	32
18-07-2005	57
18-07-2005	22
18-07-2005	53
18-07-2005	13
18-07-2005	18

Tabela 1.1: Datas de capturas e comprimentos totais
(*cont.*)

Data de Captura	Comprimento total (mm)
18-07-2005	40
18-07-2005	26
18-07-2005	33
18-07-2005	47
18-07-2005	29
18-07-2005	49
18-07-2005	36
18-07-2005	25
18-07-2005	52
18-07-2005	43
05-08-2005	43
05-08-2005	32
05-08-2005	51
05-08-2005	33
05-08-2005	50
05-08-2005	57
05-08-2005	38
05-08-2005	47
05-08-2005	37
05-08-2005	43
05-08-2005	54
05-08-2005	58
05-08-2005	59
05-08-2005	26
05-08-2005	25
17-08-2005	30
17-08-2005	35
17-08-2005	57
17-08-2005	50
17-08-2005	39
17-08-2005	42
17-08-2005	40
17-08-2005	44
17-08-2005	47
01-09-2005	58
01-09-2005	80
01-09-2005	62
01-09-2005	64
01-09-2005	65
01-09-2005	54

Tabela 1.1: Datas de capturas e comprimentos totais
(*cont.*)

Data de Captura	Comprimento total (mm)
01-09-2005	41
01-09-2005	36
01-09-2005	48
29-09-2005	46
29-09-2005	65
29-09-2005	24
29-09-2005	38
29-09-2005	63
29-09-2005	44
29-09-2005	64
29-09-2005	54
29-09-2005	51
18-10-2005	70
18-10-2005	71
18-10-2005	59
18-10-2005	56
18-10-2005	40
18-10-2005	47
18-10-2005	71
18-10-2005	65
18-10-2005	41
18-10-2005	37

ANEXO 2- Imagem de parte do raio de contagem de um otólito *sagitta* de *Pleuronectes platessa* , incrementos pós-metamorfose.

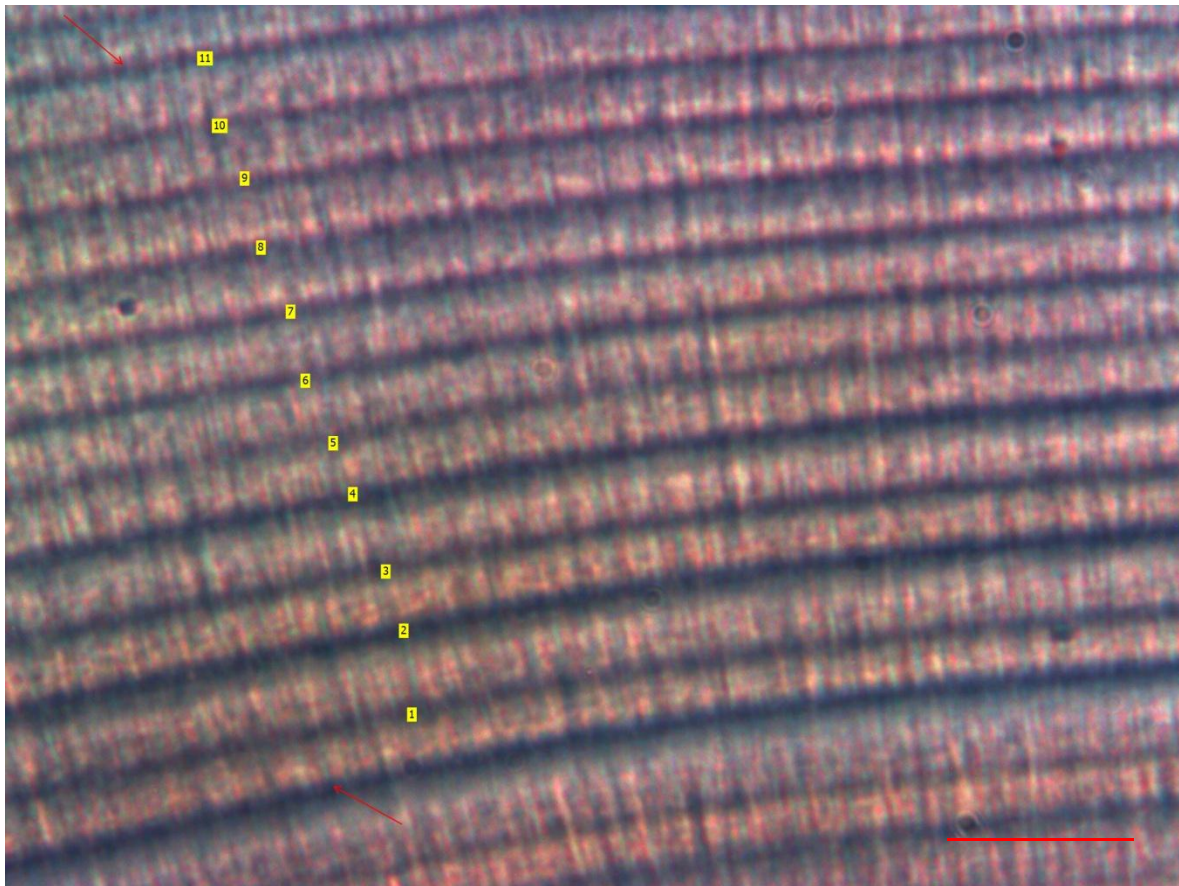


Fig. 2.1: Incrementos pós-metamorfose de *Pleuronectes platessa* observados ao microscópio óptico com objectiva de 100X. As setas vermelhas indicam onde se inicia e termina a contagem dos incrementos nesta foto, a escala representa 10 μm.

ANEXO 3- Teste de Tuckey, comparando a relação comprimento total e idade de *Pleuronectes platessa* do estuário de Valosen no ano de 2005 com os resultados obtidos por outros autores em outros locais.

Tabela 3.1: Resultados relativos ao teste de Tuckey, comparando a relação comprimento total e idade de *Pleuronectes platessa* do estuário de Valosen no ano de 2005 com os resultados obtidos por outros autores em outros locais. 1: Dados do presente estudo; 2: Modin *et al* (1996); 3: dados de Molenaar (2009); 4: Dados de Alhossaini *et al* (1989) representando o ano de 1986 e 5: Dados de Alhossaini *et al* (1989) representando o ano 1987.

Multiple Comparisons

(J) (I) autor	autor	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	27,455*	5,994	,000	10,80	44,11
	3	21,567*	4,989	,000	7,71	35,43
	4	10,267	4,989	,247	-3,59	24,13
	5	16,989*	4,762	,005	3,76	30,22
2	1	-27,455*	5,994	,000	-44,11	-10,80
	3	-5,889	7,431	,932	-26,53	14,76
	4	-17,189	7,431	,149	-37,83	3,46
	5	-10,467	7,281	,605	-30,69	9,76
3	1	-21,567*	4,989	,000	-35,43	-7,71
	2	5,889	7,431	,932	-14,76	26,53
	4	-11,300	6,646	,439	-29,76	7,16
	5	-4,578	6,478	,955	-22,57	13,42
4	1	-10,267	4,989	,247	-24,13	3,59
	2	17,189	7,431	,149	-3,46	37,83
	3	11,300	6,646	,439	-7,16	29,76
	5	6,722	6,478	,837	-11,27	24,72
5	1	-16,989*	4,762	,005	-30,22	-3,76
	2	10,467	7,281	,605	-9,76	30,69
	3	4,578	6,478	,955	-13,42	22,57
	4	-6,722	6,478	,837	-24,72	11,27

ANEXO 4- Box plot demonstrando a evolução dos comprimentos médios calculados por dia.

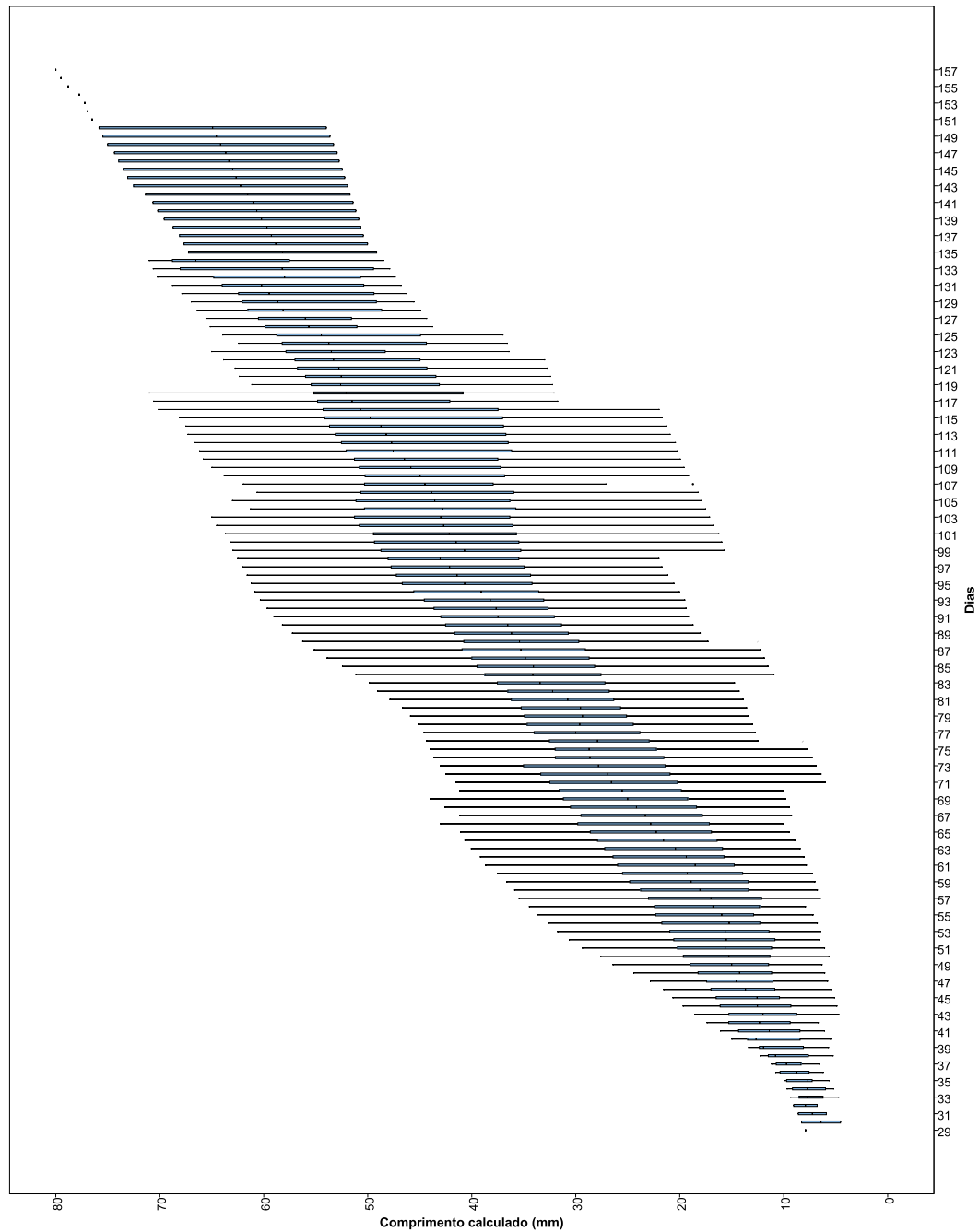


Fig. 4.1: Box plot demonstrando a evolução dos comprimentos médios diários retrocalculados de *Pleuronectes platessa*.

ANEXO 5- Resultados obtidos para a equação de Von Bertalanffy.

Tabela 5.1: Parâmetros de crescimento de *Pleuronectes platessa* estimados pela equação de Von Bertalanffy, através do programa Fishparm.

Parameter	"Estimate"
L_{∞}	8,00E+04
K	6,59E-06
t0	2,13E+01

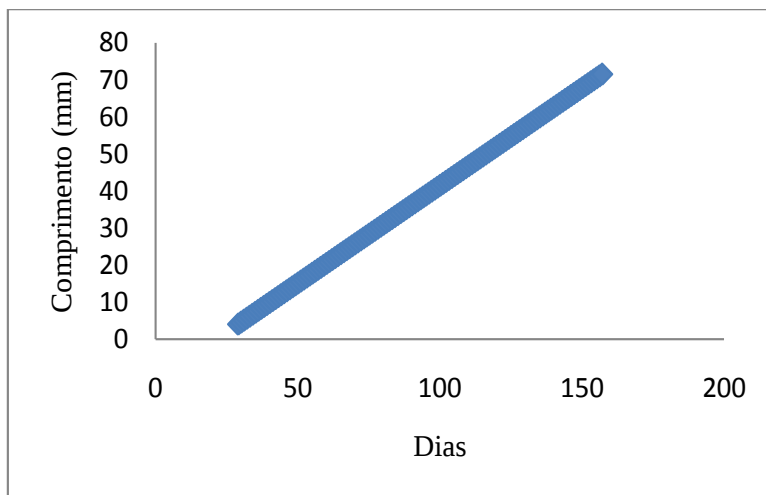


Fig. 5.1: Linha que representa o crescimento de *Pleuronectes platessa*, obtida através dos comprimentos calculados pela equação de Von Bertalanffy.