

Carla Alexandra Morim Vale Lopes

Estudo dos Otólitos de juvenis de Robalo, *Dicentrarchus labrax* (LINNAEUS, 1758) da Ria de Aveiro: relações alométricas, microincrementos e relação com variações ambientais.

Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar
Universidade do Porto

2004

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências
Biomédicas de Abel Salazar para obtenção do grau de
Mestre em Ciências do Mar-Recursos Marinhos, Biologia
Marinha

Resolução 12/SC/95, D.R. nº 169, II série, de 24 de Julho de 1995

Orientação: José Eduardo Campos da Silva Rebelo

Co-orientação: Paulo José Talhadas dos Santos

*A todos aqueles que contribuíram
para a minha formação*

AGRADECIMENTOS

Ao concluir o presente trabalho gostaria de deixar registado o meu reconhecimento a um conjunto de individualidades e entidades que tornaram possível a sua realização.

Ao Prof. Doutor José Eduardo Rebelo, pelo seu incentivo, apoio e encorajamento que determinaram a minha iniciação na investigação científica, expresso o mais sincero reconhecimento.

Ao Prof. Doutor Paulo Santos, cujo contagiante entusiasmo pela investigação científica me estimulou a levar a bom termo este trabalho, agradeço reconhecidamente a disponibilidade sempre manifestada na resolução de todas as contrariedades surgidas.

À Dra. Violante Gomes, pela sua disponibilidade e por toda a ajuda prestada nestes últimos meses, bem como por toda a sua simpatia e atenção.

Ao Sr. Aldiro, técnico do Departamento de Biologia, agradeço o modo paciente e a amabilidade com que prontamente se disponibilizou para as amostragens efectuadas.

A todos os amigos, com especial destaque para a Mestre Lúcia Pombo e os Licenciados Carla Coelho e Miguel Oliveira, que de uma forma directa ou indirecta contribuíram para a concretização das diferentes fases deste estudo gostaria de agradecer o modo solícito com que sempre o fizeram.

A todos que graciosamente se ofereceram para me auxiliar e aos quais não tive de me socorrer o meu muito obrigado.

Aos meus pais, irmã, avó e demais família pela tolerância, apoio e incentivo demonstrados ao longo destes últimos anos, a minha sincera gratidão.

"Quanto mais estudamos, mais descobrimos a nossa ignorância."

Percy Bysshe Shelley

Poeta, 1901-1999

RESUMO

Os otólitos são pequenas estruturas compostas principalmente por carbonato de cálcio, sob a forma cristalina de aragonite, e por matéria orgânica numa matriz proteica de otolina, estando localizados ao nível do ouvido interno fazendo parte do órgão estado-acústico dos peixes.

O microcrescimento dos otólitos por deposição de incrementos diários é um fenómeno bastante estudado em muitas espécies, fornecendo a sua sequência um registo cronológico de eventos passados no historial do animal. Neste contexto, a análise da microestrutura do otólito, é usada na determinação da idade, na estimação da taxa de crescimento, na detecção de transições próprias do indivíduo, nas estimativas do recrutamento e da mortalidade, e ainda em estudos taxonómicos. Visto ao microscópio óptico, um incremento diário é uma estrutura bipartida composta por duas zonas adjacentes, uma mais larga e translúcida (zona incremental) e uma mais estreita e opaca (zona descontínua). O conhecimento das razões subjacentes à formação dos incrementos diários e dos factores que a afectam é importante, de forma a validar o uso e a interpretação da microestrutura do otólito. Um conhecimento preciso da influência de factores ambientais bióticos e abióticos, no microcrescimento do otólito, poderá contribuir para um melhor conhecimento da fisiologia do animal com possíveis aplicações ao nível ecológico, na identificação de parâmetros indutores de stresse como a temperatura, e na aquicultura, através da monitorização do crescimento.

Tendo em vista a determinação da idade, em dias, a estimativa de taxas de crescimento e ainda a determinação de potenciais relações do crescimento com as variações ambientais, foram analisados otólitos extraídos a juvenis de robalo, capturados na Ria de Aveiro.

Os resultados sugerem que o crescimento dos otólitos segue o crescimento dos peixes, apresentando o robalo um crescimento isométrico. A relação é descrita pela equação: Comprimento = $28,058 \times (\text{Diâmetro Maior} - 4533,7)$.

Os incrementos de periodicidade diária revelaram variações no ritmo de deposição, apresentando uma taxa de crescimento mais rápida nos primeiros dias após a eclosão definida pela expressão: Comprimento = $(0,040 \times \text{Dias}) - 0,0396$. O número de nascimentos foi predominante no Outono e Inverno.

Os parâmetros abióticos, particularmente a temperatura da água, têm um papel importante na regulação do comportamento da espécie. Da comparação efectuada entre a variação da largura dos incrementos e a insolação foi possível verificar uma proporcionalidade entre os dois parâmetros, sugerindo assim a influência da temperatura da água na taxa de crescimento diário de robalo.

ABSTRACT

Otoliths are small structures composed mainly of calcium carbonate, under the crystalline form of aragonite, and organic substance in a protein matrix of otolin, being located at the internal ear level.

The otoliths microgrowth by deposition of daily increments is an already well studied phenomenon in species of many biotopes, its sequence supplying a chronological record of events passed in the animal's history. In this context, the otolith microstructure analysis is used in age determination, estimation of the growth rate, detection of transitions related with the life cycle, estimates of the recruitment and mortality, and in taxonomic studies.

Seen in the light microscope, a daily increment is a bipartite structure composed by two adjacent zones, one wider and translucent (incremental zone) and one narrower and opaque (discontinuous zone). The knowledge of the underlying reasons to the formation of the daily increments and the factors that affect it are important, in order to validate the use and the interpretation of the otoliths' microstructure. A precise knowledge of the biotic and abiotic environmental factors' influence, on the otoliths microgrowth, may contribute for a better knowledge of the animal physiology with possible applications at the ecological level, in the identification of stress inducing parameters such as temperature, and in aquaculture, through growth monitoring.

Having in mind the age determination, in days, the growth rate estimate and the determination of potential growth relations with environmental variables, otolith extracted from juvenile sea bass, captured in Ria de Aveiro, were analyzed.

The analysis of the results suggests that the growth of the otoliths follows the growth of the fish, presenting sea bass a isometric growth. The relation is described by the equation: $\text{Total Length} = 28,058 \times (\text{Diameter} - 4533,7)$.

The daily periodical increments revealed deposition rhythm variation, presenting a faster growth rate in the first days after birth defined for the expression: $\text{Length} = (0,040 \times \text{Days}) - 0,0396$. The number of births was predominant in the autumn and winter.

The abiotic parameters, particularly water temperature have an important role in the species internal regulation. From the performed comparison between the width increments' variation and the insulation was possible to verify proportionality between the two parameters, being thus suggested the influence of water temperature in the rate of sea bass daily growth.

ÍNDICE

| | |
|---|------------|
| AGRADECIMENTOS..... | I |
| RESUMO..... | III |
| ABSTRACT..... | IV |
| INTRODUÇÃO..... | 1 |
| OTÓLITOS DE ROBALO E CRESCIMENTO | 6 |
| METODOLOGIAS EMPREGUES NA PREPARAÇÃO DE OTÓLITOS PARA OBSERVAÇÃO AO SEM | 8 |
| INTERPRETAÇÃO DO CRESCIMENTO DE OTÓLITOS | 10 |
| EFEITOS AMBIENTAIS NOS OTÓLITOS E NO CRESCIMENTO..... | 11 |
| METODOLOGIA..... | 13 |
| RESULTADOS | 17 |
| <i>RELAÇÕES BIOMÉTRICAS</i> | <i>18</i> |
| <i>MICROESTRUTURA DOS OTÓLITOS.....</i> | <i>20</i> |
| <i>RELAÇÃO NÚMERO DE INCREMENTOS / DIAS.....</i> | <i>23</i> |
| <i>TAXA DE CRESCIMENTO.....</i> | <i>24</i> |
| <i>ÉPOCA REPRODUTIVA.....</i> | <i>25</i> |
| <i>VARIAÇÃO DA LARGURA DO INCREMENTO COM A INSOLAÇÃO E A PRECIPITAÇÃO AO LONGO DO TEMPO</i> | <i>25</i> |
| DISCUSSÃO..... | 30 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 35 |
| ANEXOS..... | 48 |

INTRODUÇÃO

Os otólitos são pequenas concreções acelulares compostas principalmente por carbonato de cálcio (Simkiss, 1974), e por outros sais inorgânicos que se desenvolvem sobre uma matriz proteica de otolina (Carlström, 1963; Blacker, 1969; Degens *et al.* 1969; Pannella, 1971), ao nível do ouvido interno dos vertebrados, em estreita associação com as *maculae* sensitivas dos compartimentos membranosos (Cordier & Dalcq, 1954; Weichert & Prech, 1981; Hildebrand, 1988; Jobling, 1995).

Enquanto que na maior parte dos vertebrados, nomeadamente nos peixes cartilagíneos, anfíbios, répteis, aves e mamíferos, os otólitos apresentam o aspecto de minúsculos cristais de carbonato de cálcio (Cordier & Dalcq, 1954; Carlström, 1963; Romer, 1966; Hadorn & Wehner, 1978), nos peixes ósseos são peças que, em número de três pares por indivíduo (Grassé, 1958; Lagler *et al.*, 1977; Moyle & Cech, 1996), cristalizam sob a forma de aragonite (Carlström, 1963; Maisey, 1987) e atingem normalmente dimensões apreciáveis, preenchendo quase completamente o interior do compartimento do labirinto em que se desenvolvem (Cordier & Dalcq, 1954; Grasse, 1958; Romer, 1966; Hildebrand, 1988).

No interior de cada um dos compartimentos labirínticos, os otólitos são banhados por endolinfa e mantidos em posição pela membrana otolítica, que estabelece a ligação entre eles e as *maculae*, e por faixas de tecido conjuntivo, que os ligam às paredes internas do labirinto membranoso (Werner, 1928; Grassé, 1958; Lowenstein, 1971; Lagler *et al.*, 1977; Rojo, 1988; Chardon & Vandewalle, 1991).

O labirinto dos peixes ósseos é um sistema par e simétrico (Fig.1), constituído por um complexo conjunto de bolsas e canais membranosos intercomunicantes, preenchidos por endolinfa, um fluido com características semelhantes às do líquido intersticial (Lagler *et al.*, 1977), geralmente dividido numa *pars superior*, que compreende três canais semicirculares e a câmara de um otólito, denominada *utrículus*, e numa *pars inferior* onde estão localizadas as restantes duas câmaras de otólitos, o *sacculus* e a *lagna* (Rebelo, 1985).

Sendo cerca de três vezes mais densos que o resto do corpo dos peixes (Popper & Coombs, 1982), os otólitos desempenham funções essencialmente estáticas e/ou acústicas (Grasse, 1958; Romer, 1966; Lowenstein, 1971; Harder, 1975; Lagler *et al.*, 1977; Popper & Platt, 1993; Moyle & Cech, 1996) e, devido a algumas das suas características (dimensões, especificidade morfológica, acessibilidade, composição química, microestrutura, fase da ontogenia em que são formados e modo de crescimento), e à dependência dessas propriedades em relação à variação dos factores do meio em que o animal vive, encontram-se actualmente entre as peças anatómicas dos peixes que maior utilidade têm, e cujo estudo um maior número de aplicações práticas permite (Assis, 2000).

Tais aplicações não se limitam ao domínio da Ictiologia, estendendo-se amplamente a alguns aspectos dos domínios da Paleontologia, da Mamalogia, da Ornitologia, da Arqueologia e da Zoogeografia.

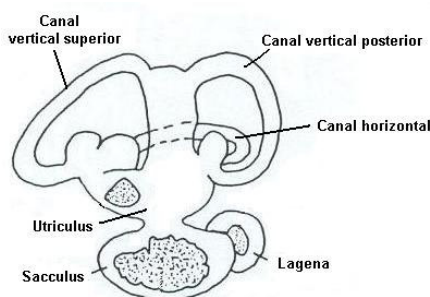


Figura 1 – Aspecto do sistema membranoso labiríntico dos peixes ósseos
(Adaptado de Secor *et al.*, 1992).

A importância do conhecimento dos otólitos dos peixes e a velocidade com que o seu estudo evolui é actualmente tal, que se reconheceu já a necessidade de organizar reuniões internacionais periódicas, especificamente dedicadas aos vários aspectos e aplicações da investigação sobre estas estruturas.

A informação sobre a idade dos peixes é fundamental em Ictiologia, podendo, nos primeiros estados de vida do indivíduo, ser usada no esclarecimento da influência das condições ambientais no crescimento do peixe (Jones, 1992), resultando basicamente, da interpretação de marcas observadas em otólitos, escamas, vértebras e outras peças esqueléticas. O conhecimento desta informação forma a base da estimação das taxas de crescimento, mortalidade e produtividade, sendo usada na detecção de transições próprias do indivíduo, nas estimativas do recrutamento e ainda em estudos taxonómicos, constituindo a mais influente variável biológica (Campana, 2001). Devido essencialmente à sua natureza, posição anatómica e ao seu crescimento continuado ao longo da vida do animal, os otólitos têm vantagens sobre escamas e outras estruturas ósseas, constituindo o indicador mais fidedigno da idade do peixe.

A determinação da idade nos peixes pode ocorrer numa de duas escalas, anual ou diária. Em termos anuais a informação sobre a idade é usada frequentemente no estudo das populações, e pode ser baseada em toda a estrutura óssea dos peixes embora as escalas e os otólitos constituam as estruturas mais utilizadas (Casselman, 1987). Por outro lado, a informação obtida a partir dos registos diários, baseados na microestrutura do otólito tende a dar resposta a questões sobre o recrutamento e a estudos com indivíduos de idade juvenil (Pannella, 1971; Wilson & Larkin, 1982; Ré,

1984; Campana & Neilson, 1985), uma vez que esta sequência diária de incrementos fornece um registo cronológico de eventos passados no historial do animal.

O microcrescimento dos otólitos por deposição de incrementos diários é um fenómeno já bastante estudado em espécies de muitos biótopos (Campana & Neilson, 1985), havendo muitas e importantes razões para o escolher para a determinação da idade e do crescimento dos peixes. O acesso a novos sistemas computadorizados de análise de imagem, facilitou a tarefa da identificação dos incrementos, das contagens diárias e anulares e dos cálculos da largura do incremento de forma mais rápida e mais precisa (Jones, 1992).

Visto ao microscópio, um incremento diário é uma estrutura bipartida composta por duas zonas adjacentes, uma mais larga e translúcida (zona incremental) e uma mais estreita e opaca (zona descontínua), produzido provavelmente através da deposição de carbonato do cálcio, na forma de aragonite, e de proteína, otolina (Mugiya *et al.*, 1981).

O conhecimento das razões subjacentes à formação dos incrementos diários e dos factores que a afectam é importante, de forma a validar o uso e a interpretação da microestrutura do otólito. Embora as diferenças sazonais na largura do incremento possam também ser associadas às mudanças na espessura e na compactação dos micro-cristais (Morales-Nin, 1987), diversos estudos indicam a existência provável de ritmos circadianos endógenos na base da periodicidade dos incrementos (Rosa & Ré, 1985), sendo em idades superiores a um ano desencadeados pelo fotoperíodo, agindo como um “zeitgeber” (Brothers, 1981; Campana & Neilson, 1982; Geffen, 1982; Neilson & Geen, 1982), e por outros factores ambientais, tais como a temperatura e a alimentação (Campana & Neilson, 1985).

Um conhecimento preciso da influência de factores ambientais bióticos e abióticos, no microcrescimento do otólito, poderá contribuir para um melhor conhecimento da fisiologia do animal com possíveis aplicações ao nível ecológico, na identificação de parâmetros indutores de stresse, como o alimento (Campana & Neilson, 1984) e a temperatura (Taubert & Coble, 1977; Marshal & Parker, 1982), e na aquicultura, através da monitorização do crescimento.

Uma das espécies mais abundantes nos ecossistemas lagunares e estuarinos temperados europeus é o robalo, *Dicentrarchus labrax* (LINNAEUS, 1758). Esta espécie marinha, euri-halina, apresenta uma larga distribuição no Atlântico (da costa marroquina, 30º N, à costa irlandesa, 55º N) e no Mediterrâneo (Barnabé, 1980). A elevada riqueza proteica e o baixo teor lipídico da sua carne (Stirling, 1972) fazem com

que seja muito apreciada na alimentação, pelo que o seu valor económico é muito elevado.

O robalo é uma espécie com grande capacidade de sobrevivência a situações limite de temperatura e salinidade (Alliot *et al.*, 1983; Marangos *et al.*, 1986; Dupin & Lagardère, 1990), evidenciando mesmo uma taxa de crescimento mais elevada em meio dulceaquícola do que no seu meio natural (Chervinsky, 1975). É uma espécie carnívora, com uma dieta diversificada (Barnabé, 1980; Costa, 1981; Roblin & Bruslé, 1984; Kelley, 1987), adaptando-se com facilidade a mecanismos controlados de fornecimento alimentar em cativeiro. É pelas razões aduzidas, uma espécie de grande sucesso em piscicultura.

A biologia do robalo tem sido alvo de diversos estudos quer ao nível de organismo, englobando o cariótipo (Cataudella *et al.*, 1973; Aref'yev, 1989), o comportamento (Anthouard & Desportes, 1987), o regime alimentar (Labourg & Stequert, 1973; Ktari *et al.*, 1978; Ferrari & Chierigato, 1981; Aprahamian & Barr, 1985), a reprodução (Kennedy & Fitzmaurice, 1968 e 1972-, Barnabé & Tournamille, 1972; Dando & Demir, 1985), a idade e o crescimento com base em incrementos anuais, quer em Portugal (Costa, 1982; Andrade, 1983; Ré *et al.*, 1986; Gordo, 1989; Rebelo, 1993), quer noutros países (Barahona-Fernandes, 1981; Guérin-Ancey, 1973; Arias, 1980; Chevalier, 1980; Roblin, 1980; Gutiérrez & Morales-Nin, 1986; Kelley, 1988; Wassef & El Emary, 1989) e as doenças e parasitas (Barahona-Fernandes, 1977; Silan *et al.*, 1983; Silan *et al.*, 1987; Silan & Maillard, 1989), quer ao nível de população, englobando a distribuição, as migrações e os stocks (Holden & Williams, 1974; Kelley, 1979; Claridge & Potter, 1983; Pawson *et al.*, 1987).

A postura desta espécie é marinha (Barnabé, 1980; Kennedy & Fitzmaurice, 1972 e a migração para os sistemas estuarinos e lagunares costeiros decorre no início da fase juvenil (Rebelo, 1993). A espécie permanece nestes sistemas nos três primeiros anos de vida, sendo a partir de então raros os que permanecem nesse meio de forma continuada, migrando a quase totalidade para o meio marinho, mas frequentando as águas interiores com alguma frequência.

A Ria de Aveiro (Fig.2) é uma laguna estuarina localizada na costa ocidental portuguesa que abrange uma área húmida de 43 km², em baixa-mar, e 47 km², em preia-mar, com valores máximos de comprimento de 45 km segundo o eixo longitudinal, à qual afluem numerosas linhas de água dulçaquícola com destaque para os rios Vouga (e seus afluentes Águeda, Cértima e Caima) e Antuã. A comunicação com o oceano é feita permanentemente através de uma barra com 400 m de largura

(Barrosa, 1980), mantida aberta artificialmente através de dragagens frequentes (Hall, 1980).



Figura 2 – Mapa da Ria de Aveiro.

Com o presente trabalho, pretende-se desenvolver metodologia para a atribuição da idade, em dias, a juvenis de robalo, estimar taxas de crescimento diário e suas potenciais relações com variações ambientais, bem como registar possíveis marcas ou influência induzidas por essas variações ambientais no crescimento dos otólitos de robalo, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758). A caracterização das relações alométricas entre o otólito sagitta e as dimensões corporais e o peso total constitui igualmente um alvo do presente estudo.

Otólitos de robalo e crescimento

O crescimento do robalo é influenciado pela temperatura, apresentando taxas de crescimento mais elevadas no Verão e pouco acentuadas no Outono. No Inverno e Primavera, o crescimento situa-se entre estes dois extremos. (Kelley, 1988; Rebelo, 1993). Esta variação é determinada por factores inerentes à espécie, dependendo também das condições do meio, particularmente da temperatura da água (Alliott et al., 1983; Rebelo, 1993) e da disponibilidade de alimento (Rebelo, 1993). A época da

reprodução e a maturidade dos indivíduos são outros dos factores que poderão influenciar o ritmo de crescimento da espécie (Kelley, 1988).

Na Ria de Aveiro, o robalo evidencia uma elevada taxa de crescimento durante o período de adaptação (primeiro ano de ocorrência lagunar) quando comparada com a registada durante o restante período de colonização da laguna (Rebelo, 1993). Estes valores apresentados pela espécie neste período inicial da sua ontogenia comprovam as condições particulares da Ria de Aveiro para um crescimento bastante célere do robalo nesta laguna (Andrade, 1983).

A estrutura dos otólitos desta espécie é complexa, apresentando uma forte interacção entre os seus componentes, exibindo em termos de crescimento diário, dois períodos distintos de calcificação (Mugiya *et al.*, 1981; Morales-Nin, 1984). Um período activo, durante o qual os micro-cristais são dispostos na matriz de forma densa e um outro onde a taxa de calcificação é menor, no qual se agrupam fibras formando camadas concêntricas. O resultado deste processo repetido diariamente é a formação de uma estrutura composta por duas unidades, uma mais larga e translúcida (unidade incremental) formada no período activo da calcificação e uma mais estreita e opaca (unidade descontínua) formada durante o período de menor actividade (Morales-Nin, 1987) próximo do amanhecer (Morales-Nin, 1987).

O incremento dos micro-cristais ao longo de um único eixo central de crescimento conduz à formação de fibras cristalinas que, juntamente com a matriz orgânica que as circunvizinha e em que estão incluídas origina prismas de aragonite, causando um elevado nível de homogeneidade cristalina em otólitos de robalo. O tamanho destes micro-cristais e a espessura dos incrementos parecem estar relacionados com o estágio de crescimento, sendo mais espessos em épocas de crescimento activo, originando unidades incrementais largas com prismas bem definidos. Durante os períodos de crescimento mais lento, os micro-cristais são mais estreitos e dispostos mais espaçadamente (Morales-Nin, 1987).

As descontinuidades estruturais são frequentes nesta espécie, particularmente em indivíduos mais velhos, sendo o seu surgimento consequência de alterações no processo de mineralização. É sabido que o carbonato de cálcio tem um papel importante na manutenção do equilíbrio osmótico do organismo, pelo que períodos de tensão ou mudança para o indivíduo provocarão períodos de cessação na segregação de carbonato de cálcio e consequentemente alterações na continuidade da estrutura cristalina do otólito. Em indivíduos juvenis, as condições ambientais parecem ter influência directa sobre a estrutura do otólito (Morales-Nin, 1987).

Metodologias empregues na preparação de otólitos para observação ao SEM

Os três pares de otólitos que ocorrem nos teleósteos, diferem, entre si, na posição (Fig.3), na função, no tamanho, na forma, e na microestrutura, influenciando desta forma o protocolo a seguir. O conhecimento da anatomia do peixe bem como da morfologia dos otólitos torna-se importante para uma remoção eficiente dos mesmos e na posterior escolha do tipo de otólito e plano de polimento a utilizar (Secor, *et al.*, 1992).

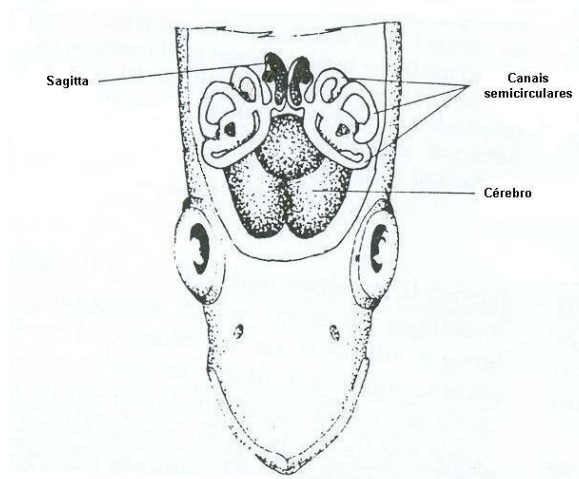


Figura 3 – Vista dorsal do sistema labiríntico de um peixe ósseo, com especial evidência para a localização da *sagitta* (Adaptado de Secor *et al.*,

A decisão do tipo de otólito a escolher deve ter em conta o plano de secção e de polimento a utilizar (sagital, frontal, transversal, ou oblíquo). No entanto, a qualidade da secção dependerá também do tipo de crescimento do otólito (Secor, *et al.*, 1992). Em geral, num *sagitta* o melhor plano coincide com a linha central de crescimento antero-posterior (Pannella, 1980a), dada a grande probabilidade de inexistência de incrementos visíveis nas zonas periféricas.

Ao contrário dos otólitos de menores dimensões, em que uma simples montagem e/ou lavagem permite uma resolução suficiente para a observação da sua microestrutura, os otólitos maiores dadas as irregularidades e sulcos presentes necessitam de uma preparação prévia para que a sua microestrutura possa ser estudada. Essa preparação envolve um processo intensivo e tedioso, que requer muita persistência e determinação e consiste em seccionar o otólito através do polimento da superfície, num plano anômico consistente que contenha todos os incrementos microestruturais. Muitas vezes, é obtida uma definição suficiente da microestrutura do otólito apenas com o polimento de uma única face do mesmo, sendo o procedimento

mais vantajoso para as observações no Microscópio Electrónico de Varrimento (SEM) (Secor, *et al.*, 1992).

Neste tipo de equipamentos ópticos, a qualidade e a definição da imagem dependem do tamanho do feixe de electrões (voltagem e ajuste do condensador), da orientação da amostra relativamente ao mesmo feixe e da qualidade da superfície da amostra.

A escolha da técnica de polimento depende dos objectivos do estudo estrutural a fazer, dos recursos disponíveis do laboratório, da preferência individual, e das diferenças na microestrutura dos otólitos devido à espécie e ao estágio de crescimento do espécime (Secor, *et al.*, 1992).

Existem dois tipos de procedimento prévio ao polimento. Um que consiste em embutir os otólitos em moldes plásticos com resina de modo a formar blocos (Haake *et al.*, 1982), sendo estes blocos geralmente muito maiores do que os otólitos que contêm e um outro que consiste em afixar os otólitos em lâminas de vidro (Secor, *et al.*, 1992). Os meios de suporte são geralmente adquiridos em kits com as instruções para a mistura dos componentes e respectivo ajuste da rigidez. A orientação do otólito no bloco de resina dependerá dos planos da secção desejados.

Dependendo da necessidade ou da preferência individual, os otólitos são polidos recorrendo-se a diversos abrasivos de rigidez decrescente, concluindo-se o processo com alumina. No final o bloco deve ser lavado com água destilada (e ultra sons). Por se tratar de uma técnica realizada manualmente, é possível um maior controlo sobre a qualidade da preparação podendo ser constantemente aferida, a qualidade da superfície.

Depois do polimento, e uma vez que as superfícies polidas dos otólitos exibem pouco contraste (Haake *et al.*, 1982), é necessário fornecer padrões de relevo consistentes ao longo de toda a secção e ao mesmo tempo limitar artefactos das preparações (Secor, *et al.*, 1992). Para que se torne possível o realce tridimensional da superfície polida do otólito, transmitindo o contraste entre as zonas de crescimento (unidades incrementais) e as zonas descontínuas é feito um ataque ácido (“etching”) de tempo controlado à superfície desgastada. A escolha do agente a utilizar depende também do exame microestrutural previsto, sendo utilizado vulgarmente o HCl (ácido clorídrico) e o EDTA (etil-diaminatetracetato). O sucesso do ataque ácido depende do agente utilizado, tempo de exposição e do estágio de desenvolvimento do otólito, sendo sempre precedido de diversas tentativas e de erros.

Interpretação do crescimento de otólitos

Os conceitos actualmente aceites relativamente à formação diária dos incrementos apontam para que estes sejam o resultado de um ritmo circadiano endógeno (Mugiya et al. 1981; Campana & Neilson, 1985) sincronizado nas primeiras fases de vida pelo fotoperíodo e/ou por factores externos (Tanaka et al., 1981; Radtke & Dean, 1982; Campana, 1984; Campana & Neilson, 1985; Eckmann & Rey, 1987; Radtke & Fey, 1996). No entanto estas estruturas anelares podem ser mascaradas por incrementos subdiários de padrão similar aos diários, em consequência de efeitos ambientais e/ou influenciados pelo estágio de desenvolvimento (Campana & Neilson, 1985; Rice et al., 1985; Jones, 1986; Campana, 1992; Morales-Nin, 2000).

A selecção de um transecto de contagem apropriado é uma etapa imperativa antes de estudos adicionais. Dois critérios devem ser considerados neste processo de selecção: o comprimento do eixo central (quase sempre paralelo ao diâmetro maior do otólito) e a perceptibilidade dos incrementos. O comprimento do eixo central é um factor chave, uma vez que nem todos os raios do otólito exibem uma sequência completa dos incrementos, nomeadamente ao longo dos raios mais curtos. Contudo, a escolha de um transecto ao longo do eixo central, pressupõe a existência de um maior número de potenciais incrementos falsos. Assim e como compromisso prático assume-se geralmente como transecto mais consistente, um dos raios menores que contenha uma sequência completa dos incrementos. A selecção do transecto de contagem fica assim condicionada pelo segundo critério, a perceptibilidade dos incrementos, sendo de grande importância evitar regiões da ambiguidade ou pouco perceptíveis. As variações na nitidez dos incrementos ao longo do transecto podem ter origem em inconsistências na preparação ou em factores descontrolados, associados ao crescimento do otólito (Campana, 1992).

A distinção entre incrementos diários "reais" e a maioria de outras estruturas anelares é um procedimento rotineiro no estudo de otólitos. No entanto, esta distinção nem sempre é fácil podendo ser introduzidos enormes erros na contagem dos incrementos. Este elemento de subjectividade é uma das fontes de erros mais significativas no estudo microestrutural dos otólitos e explica em grande parte a ausência actual de instrumentos de contagem automatizados (Campana, 1992). Este facto explica também porque a validação das contagens se torna mais importante como uma confirmação da aptidão interpretativa do investigador, do que como uma verificação da verdadeira frequência de incrementos formados. Não surpreende pois, se dissermos que a facilidade de interpretação aumenta com a experiência e com a qualidade de preparação da amostra (Geffen, 1992).

As particularidades ópticas que maior subjectividade provoca no discernimento dos incrementos diários de crescimento são os incrementos sub-diários, os artefactos visuais e as interrupções na estrutura. O critério utilizado para a diferenciação é em grande parte baseado no aspecto visual da estrutura, nomeadamente no seu contraste e na sua espessura. No entanto, também a localização da área observada no otólito pode fornecer informação relativamente a alguma estrutura particular. As espessuras, por exemplo, dos incrementos diários são frequentemente mais estreitas na região nuclear do que os incrementos que caracterizam o crescimento durante a etapa juvenil. Com o desenvolvimento do indivíduo, os incrementos tendem a estreitar, podendo mesmo desaparecer ou tornarem-se irregulares. O conhecimento deste padrão geral de crescimento é frequentemente útil na interpretação de uma sequência incremental (Campana, 1992).

Os incrementos diários e sub-diários são morfologicamente semelhantes, resultando daí a dificuldade em distinguir estas duas estruturas. Os incrementos diários são formados com uma frequência diária, sendo o resultado directo do crescimento do otólito, apresentando um aspecto sequencial regular. Por outro lado, os incrementos sub-diários podem ser formados em qualquer época ou dia, sendo a sua aparência menos regular. Quando dispostos de forma adjacente a incrementos diários são menos evidentes, variando a sua nitidez com a intensidade do agente responsável pela sua formação. As interrupções ao crescimento, muitas vezes observadas na estrutura microestrutural dos otólitos, nunca foram adequadamente definidas, devido em parte à variedade de agentes responsáveis pela sua formação. Quando observadas, são estruturas particularmente proeminentes. Uma interpretação possível passa por serem o resultado da resposta a uma situação de stress. Muitas vezes associadas aos ciclos lunares ou ao crescimento interrompido do otólito, facilmente são confundidas com rachas ou fissuras, podendo ocorrer em zonas diferentes das zonas adjacentes aos incrementos (Campana, 1992).

Efeitos ambientais nos otólitos e no crescimento

A ocorrência de alguns fenómenos biológicos e a variação dos factores ambientais conduz a variações no metabolismo e, conseqüentemente na taxa de crescimento dos peixes. Tais variações são induzidas no crescimento e na composição das sucessivas camadas depositadas nos seus otólitos (Brothers & McFarland, 1981; Campana & Neilson, 1985).

Assim, sendo possível relacionar a ocorrência de certos fenômenos biológicos e a variação de alguns parâmetros ambientais com o seu efeito ao nível da microestrutura dos otólitos, estes podem ser tomados como registros permanentes de informação, proporcionando o estudo retrospectivo e calendarizado de tais fenômenos (Brothers, 1981; Campana & Neilson, 1985; Radtke *et al.*, 1990; Secor *et al.*, 1995b).

METODOLOGIA

Tendo em conta os objectivos do presente estudo, foram utilizados otólitos provenientes de uma colecção do LIPA - Laboratório de Ictiologia, Piscas e Aquacultura da Universidade de Aveiro, extraídos a espécimes capturados entre Maio de 1998 e Agosto de 2000 de comprimento total compreendido entre 2,64 e 16,61 cm.

A captura dos indivíduos foi efectuada com uma regularidade mensal, com recurso a uma rede de cerco (“*chinha*”) com o auxílio de um barco a motor fora de borda. A rede, com malha de 19 mm nas asas, 17 mm na boca do saco, 16 mm no saco e 10 mm na cuada, foi lançada de bordo do barco e presa à margem, sendo recolhida posteriormente no sentido da corrente. Os lances foram sempre feitos durante a baixa-mar de marés vivas.

Os valores de intensidade luminosa foram solicitados ao Instituto de Meteorologia e os de precipitação ao Departamento de Física da Universidade de Aveiro.

Após a captura, os espécimes de *Dicentrarchus labrax*, foram preservados a baixa temperatura, em caixa térmica, até chegarem ao laboratório onde foram imediatamente congelados. Nas semanas seguintes, o material amostrado, após descongelação à temperatura ambiente, foi identificado individualmente, utilizando as chaves dicotómicas de Bauchot & Pras, 1987 e Whitehead *et al.*, 1986. Para os indivíduos analisados foi tido em conta, o comprimento total recorrendo-se ao uso do ictiómetro *Mitutoyo SD* e o peso fresco total determinado até ao centésimo do grama, com o auxílio de uma balança electrónica *And FX – 3000*.

Os otólitos *sagitta* foram removidos sob o microscópio, lavados com água e guardados em pequenos envelopes devidamente etiquetados para posterior observação à lupa e consequente determinação da idade anual dos indivíduos. Foi ainda determinado o seu peso até ao décimo do miligrama com o auxílio de uma balança electrónica *AND HR-60*.

O estudo da microestrutura dos otólitos dos peixes envolveu três passos metodológicos básicos: a montagem, a preparação e a observação. Os otólitos foram montados em blocos cilíndricos de resina epoxy (ATM KEM 91) dissolvida em ¼ de solvente (ATM KEM 91), repousando 48h.

Depois de secos cada bloco foi desgastado no plano longitudinal (Fig.4) do otólito até se atingir o seu núcleo com o auxílio de lixas de água de granularidade decrescente (1000 e 4000) numa lixadeira/polideira de um disco (*STRUERS Lapobol -5*). Estes blocos foram posteriormente polidos com alumina (*STRUERS AP-Paste 0,3µm*) em

disco de flanela molhado. Durante o processo, o aspecto da secção polida foi controlado sob uma lupa binocular.

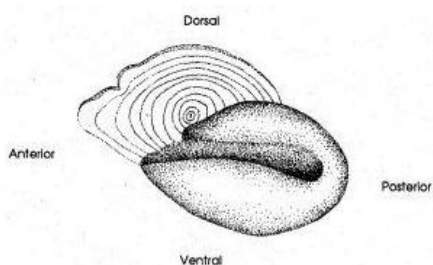


Figura 4 – Modelo do plano de secção utilizado nos otólitos analisados
(Adaptado de Secor *et al.*, 1991).

Depois de polidos, os blocos foram lavados com água destilada. Seguidamente procedeu-se ao “etching” dos otólitos, utilizando como agentes ácidos, o HCl (0,1%) durante 45 segundos e o EDTA durante 60 segundos (Stevenson & Campana, 1992). Após lavagem com água destilada em banho de ultrasons durante um minuto, os blocos foram colocados sobre um cilindro de alumínio de 25 mm de diâmetro, sendo alguns revestidos com ouro e outros com uma mistura de ouro/paládio numa câmara de pulverização catódica.

Em seguida procedeu-se à sua observação nos microscópios electrónicos de varrimento Modelo JEOL JSM-6301F e JEOL JSM-5400, do Centro de Metalurgia e Ciências dos Materiais da Universidade do Porto e no Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro respectivamente.

A morfologia do otólito foi estudada de forma a determinar os incrementos produzidos durante o crescimento. Em cada *sagitta*, foi seleccionado um transecto de contagem do núcleo à periferia do otólito, sempre que possível ao longo da linha que une o *rostrum* e o *postrostrum*, contando os incrementos e medindo as respectivas larguras usando um sistema de medição digital (*ImageTool for Windows version 3.00*, UTHSC, San Antonio, USA, 2002). As medidas foram feitas para cada um dos incrementos diários. A distinção entre incrementos diários e incrementos sub-diários foi feita observando a estrutura dos incrementos, tendo sido considerados como incrementos diários aqueles que se apresentam como o conjunto de uma zona descontínua distintamente escura e outra mais clara. Nos casos em que a visibilidade não permitiu a selecção de um transecto objectivo ao longo do eixo maior, foram seleccionados um ou mais raios menores contendo uma sequência contabilizável de incrementos. Foi ainda medido o diâmetro maior do otólito, considerado do *rostrum* ao *postrostrum*. No caso de contagens efectuadas fora desse eixo, foi também medido o diâmetro do eixo

de contagem utilizado. A relação entre o diâmetro maior do otólito e o comprimento total dos peixes foi calculado. As espessuras dos incrementos bem como os diâmetros dos otólitos foram medidos em μm .

Foram contabilizados os incrementos diários efectuando-se uma extrapolação para obter a idade estimada, em dias.

Os resultados obtidos foram usados para o cálculo da idade de nascimento através do retrocálculo a partir da data de captura. Foi estimada uma curva de crescimento, correspondendo à relação do comprimento do peixe vs. idade em dias. A taxa de crescimento diária (TCD) específica do otólito foi estimada de acordo com a expressão usada por Laurence (1974):

$$\text{TCD} = 100 \times \frac{\ln R_1 - \ln R_0}{t}$$

onde o R_0 é a medida do incremento no começo de um dia, R_1 a medida do incremento no fim do mesmo dia e t o tempo.

As diferenças nas larguras dos incrementos foram testadas analisando as declives das regressões lineares por análise da variância (ANOVA).

Foi confrontada a variação da largura dos incrementos com os valores de insolação e de precipitação registados no mesmo dia, estimando-se a correlação entre elas.

Todas as análises estatísticas foram efectuadas tendo por base o pacote estatístico *SigmaStat for Windows version 2.03, ANON., 1997*.

RESULTADOS

Relações biométricas

A relação entre o peso (P) e o comprimento total (C) dos 26 espécimes estudados (Fig.5), pode ser descrita pela equação:

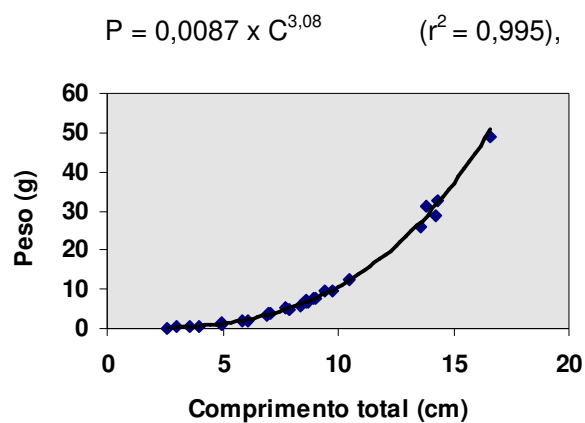


Figura 5 – Relação peso/comprimento para os espécimes de robalo amostrados.

onde o valor do coeficiente de regressão obtido, 3,08, revelou um crescimento isométrico.

A equação de crescimento de Gulland, que relaciona o comprimento do peixe com o seu peso foi adaptada ao crescimento dos otólitos. A relação obtida (Fig.6) foi a seguinte:

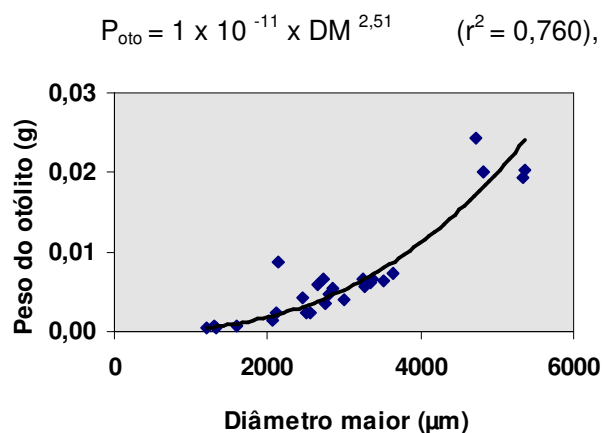


Figura 6 – Relação entre o peso e o diâmetro maior dos otólitos de robalo amostrados.

onde P_{oto} é o peso do otólito e DM o diâmetro maior do respectivo otólito.

Por sua vez a relação entre o diâmetro maior dos otólitos (DM) e o comprimento total dos peixes (C) amostrados (Fig.7) revelou-se linear e pode ser descrita pela equação seguinte:

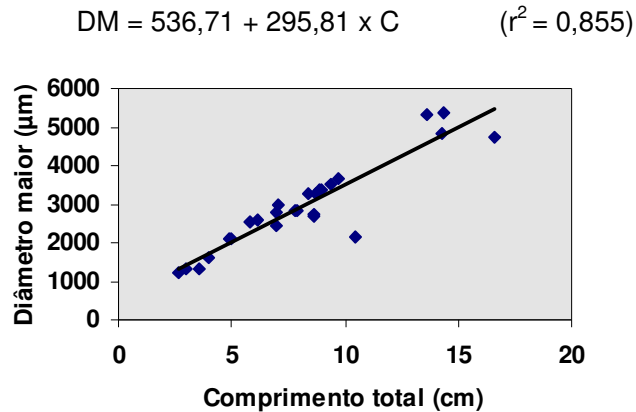


Figura 7 – Relação entre o diâmetro maior dos otólitos e o comprimento total dos

Considerando P_{oto} , o peso do otólito e C o comprimento total dos indivíduos amostrados (Fig.8) encontramos a seguinte equação:

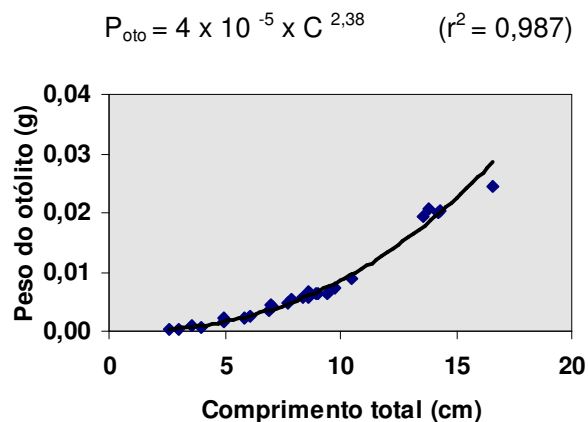


Figura 8 – Relação entre o peso do otólito e o comprimento total dos espécimes de robalo

Com base no diâmetro dos otólitos analisados determinou-se a equação “previsão” do tamanho do robalo. A relação obtida foi a seguinte:

$$C = 28,058 \times DM - 4533,7 \quad (r^2 = 0,955),$$

onde C é o comprimento do peixe e DM o diâmetro maior do otólito. A proporção diâmetro maior do otólito/comprimento do peixe obtida variou entre 1:25-1:60.

Microestrutura dos otólitos

Os otólitos *sagitta* de robalo analisados apresentaram de uma maneira geral, uma forma oval, com o *rostrum* e *postrostrum* claramente diferenciados (Fig.9).

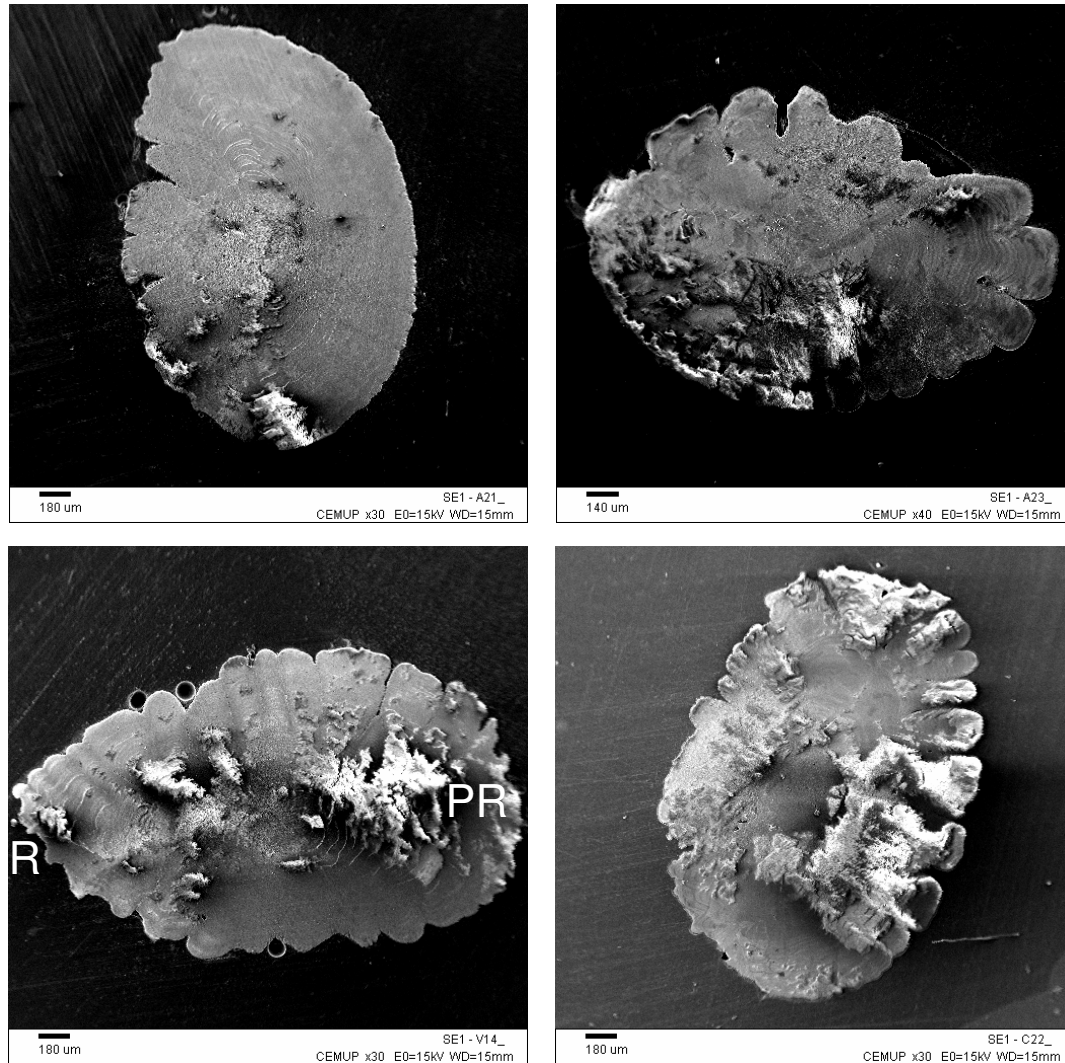


Figura 9 – Secções de otólitos de robalo vistos ao SEM. R- *rostrum*; PR – *postrostrum*.

A face interna apresentou-se ligeiramente convexa, sendo essa concavidade maior em otólitos provenientes de espécimes mais velhos.

Todas as secções apresentaram estruturas prismáticas cristalinas constituídas por material disposto radialmente do centro para as extremidades do otólito (Fig.10).

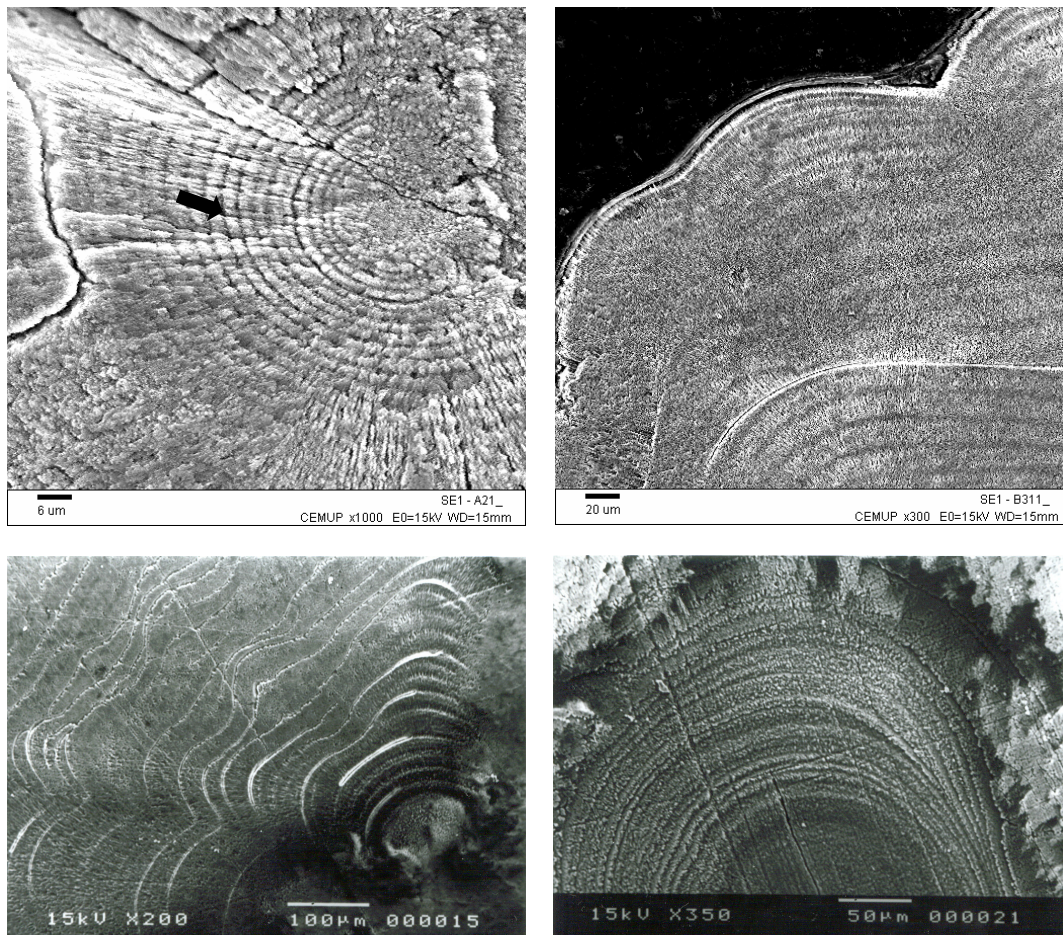


Figura 10 – Secções de otólitos de robalo vistos ao SEM realçando a estrutura anelar. A seta evidencia a deposição diária dos incrementos.

Cada uma destas estruturas é composta por um grande número de incrementos sendo por vezes interceptados por pequenas descontinuidades dispostas quer de modo transversal quer perpendiculares ao eixo de crescimento (Fig.11).



Figura 11 – Aspecto das descontinuidades da estrutura dos otólitos.

Em alguns otólitos foram observadas diferentes orientações de crescimento e, a partir de determinado momento, o aparecimento de múltiplos centros de crescimento, dificultando a interpretação (Fig.12).

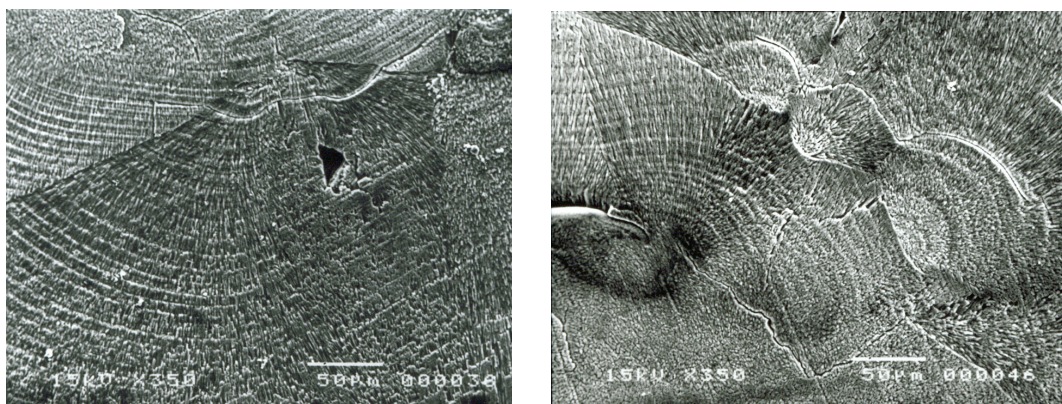


Figura 12 – Otólitos de robalo com orientações diferentes no sentido do crescimento.

Os incrementos de periodicidade diária apresentaram, geralmente, uma forma arredondada junto do núcleo, acompanhando posteriormente a forma do otólito. Na maioria dos otólitos observados foram visíveis incrementos sub-diários, mais visíveis com o aumento da largura dos incrementos diários. A visibilidade dos incrementos diferiu marcadamente entre os otólitos estudados, sendo em alguns, dificultada pela presença de áreas de elevada desestruturação sob o ponto de vista orgânico.

Relação Número de Incrementos / Dias

A totalidade dos otólitos analisados apresentou incrementos diários. A tabela 1 apresenta o número de dias estimados para cada um dos otólitos analisados.

Tabela 1 – Valores de comprimento total dos peixes, diâmetro maior dos otólitos e estimativa da idade em dias dos espécimes estudados.

| Peixe | Comprimento (cm) | Diâmetro maior do otólito (µm) | Idade estimada (dias) |
|-------|------------------|--------------------------------|-----------------------|
| 37 | 14,34 | 5364,04 | 260 |
| 39 | 14,24 | 4810,00 | 301 |
| 42 | 13,59 | 5340,00 | 381 |
| A21 | 6,11 | 2564,89 | 118 |
| A23 | 4,92 | 2077,42 | 109 |
| B17 | 8,91 | 3360,69 | 147 |
| B310 | 9,00 | 3346,00 | 211 |
| B311 | 7,76 | 2808,00 | 158 |
| C22 | 6,93 | 2757,86 | 140 |
| C23 | 5,83 | 2520,01 | 158 |
| C24 | 2,98 | 1336,38 | 151 |
| C37 | 4,00 | 1606,84 | 164 |
| C36 | 3,58 | 1294,70 | 173 |
| L14 | 9,73 | 3650,00 | 278 |
| R13 | 9,40 | 3510,00 | 198 |
| V11 | 2,64 | 1216,56 | 178 |
| V121 | 4,95 | 2113,55 | 114 |

A relação entre o comprimento dos espécimes e a idade (em dias) é representada pela regressão linear de equação (Fig.13):

$$C = (0,040 \times D) - 0,0396 \quad (r^2 = 0,611; P < 0,001),$$

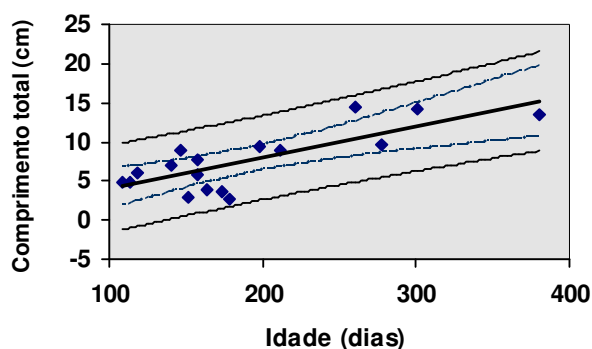


Figura 13 – Relação entre o comprimento total dos espécimes amostrados e o número de dias estimados nos otólitos, de *Dicentrarchus labrax*.

onde C é o comprimento em cm e D a idade em dias.

Taxa de Crescimento

A taxa de crescimento diário é de 0,4 mm/dia, considerando a totalidade do intervalo de tempo analisado. No entanto, usando a formulação de Laurence, 1974, podemos fazer uma caracterização mais adequada. Assim, a evolução da taxa de crescimento diária, em 10 otólitos analisados mostrou que o crescimento do otólito é mais pronunciado nos primeiros dias de vida do indivíduo diminuindo depois uniformemente (Fig.14).

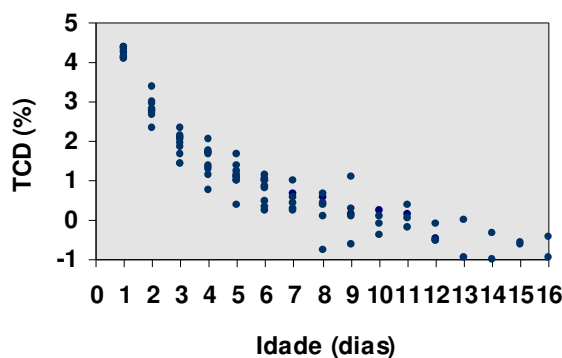


Figura 14 – Taxa de crescimento diária (TCD).

A largura dos incrementos observados nesses 10 otólitos variou significativamente ($P \leq 0,001$) entre 2,12 e 38,43 μm , mostrando tendência para diminuir à medida que aumenta a idade, não tendo sido, no entanto, registradas diferenças significativas ($P = 0,757$) em termos médios (Fig.15).

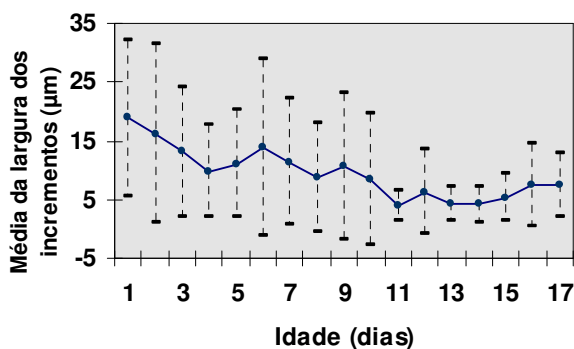


Figura 15 – Variação da largura média do incremento ao longo do tempo

Época reprodutiva

Os retrocálculos obtidos para as datas de nascimento sugerem que a época de reprodução não se verifica apenas em épocas de baixas temperaturas ambientais, mas ao longo de todo o ano com maior evidência, no entanto para o Inverno (Fig.16).

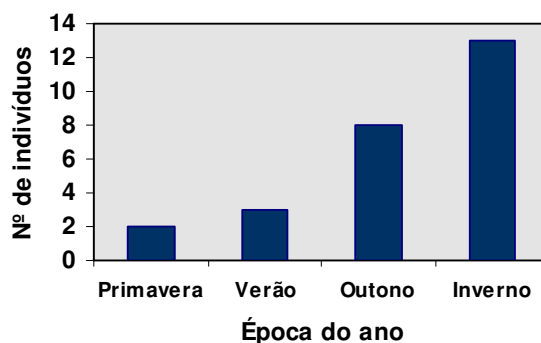


Figura 16 – Número de nascimentos ao longo das estações do ano.

A distribuição foi agrupada nas quatro estações do ano de forma a ser mais fácil a sua visualização.

Variação da largura do incremento com a insolação e a precipitação ao longo do tempo

Foram comparadas graficamente as variações da largura dos incrementos com a insolação (Fig.17 e Fig.18) e pluviosidade (Fig.19) nos mesmos dias, ao longo do tempo. Perante os dados obtidos, foi possível sobrepor os valores de insolação e de precipitação a alguns períodos do crescimento de alguns indivíduos, mas em intervalos de tempo relativamente curtos.

A comparação efectuada permite verificar, para quase todos os indivíduos em que foi possível efectuar a comparação, um acompanhamento da largura dos incrementos em relação aos valores de insolação. O coeficiente de correlação obtido para esses valores (Tabela 2) mostra que existe uma proporcionalidade positiva e directa entre a insolação e a largura dos incrementos diários. Tal poderá sugerir, sendo a insolação um indicador da temperatura da água, e sendo a largura dos incrementos um indicador da taxa de crescimento diário, que a temperatura exerce uma acção mensurável na taxa de crescimento diário de robalo.

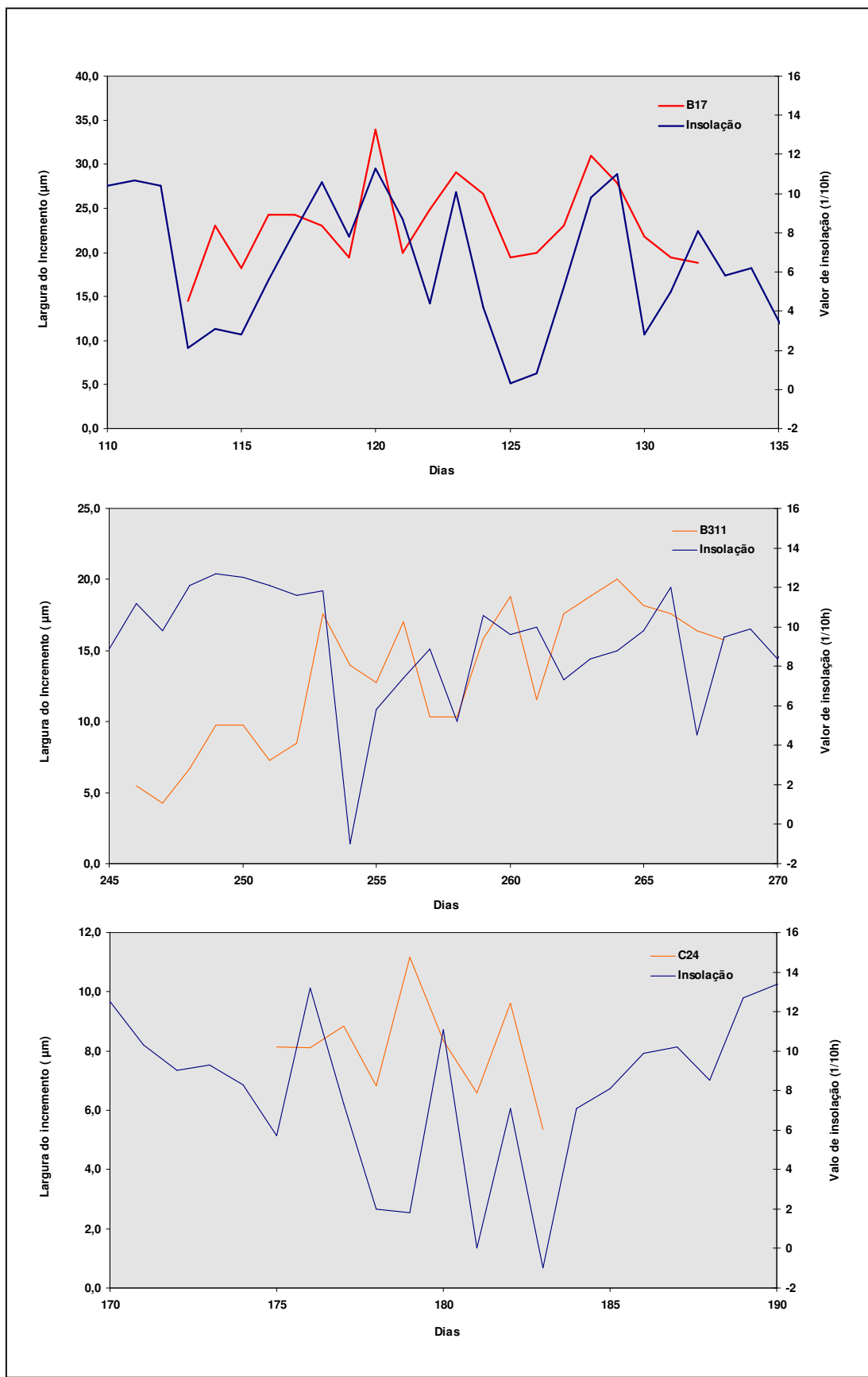


Figura 17 – Relação entre a largura dos incrementos dos otólitos B17, B311 e C24 e os valores de insolação nos mesmos dias.

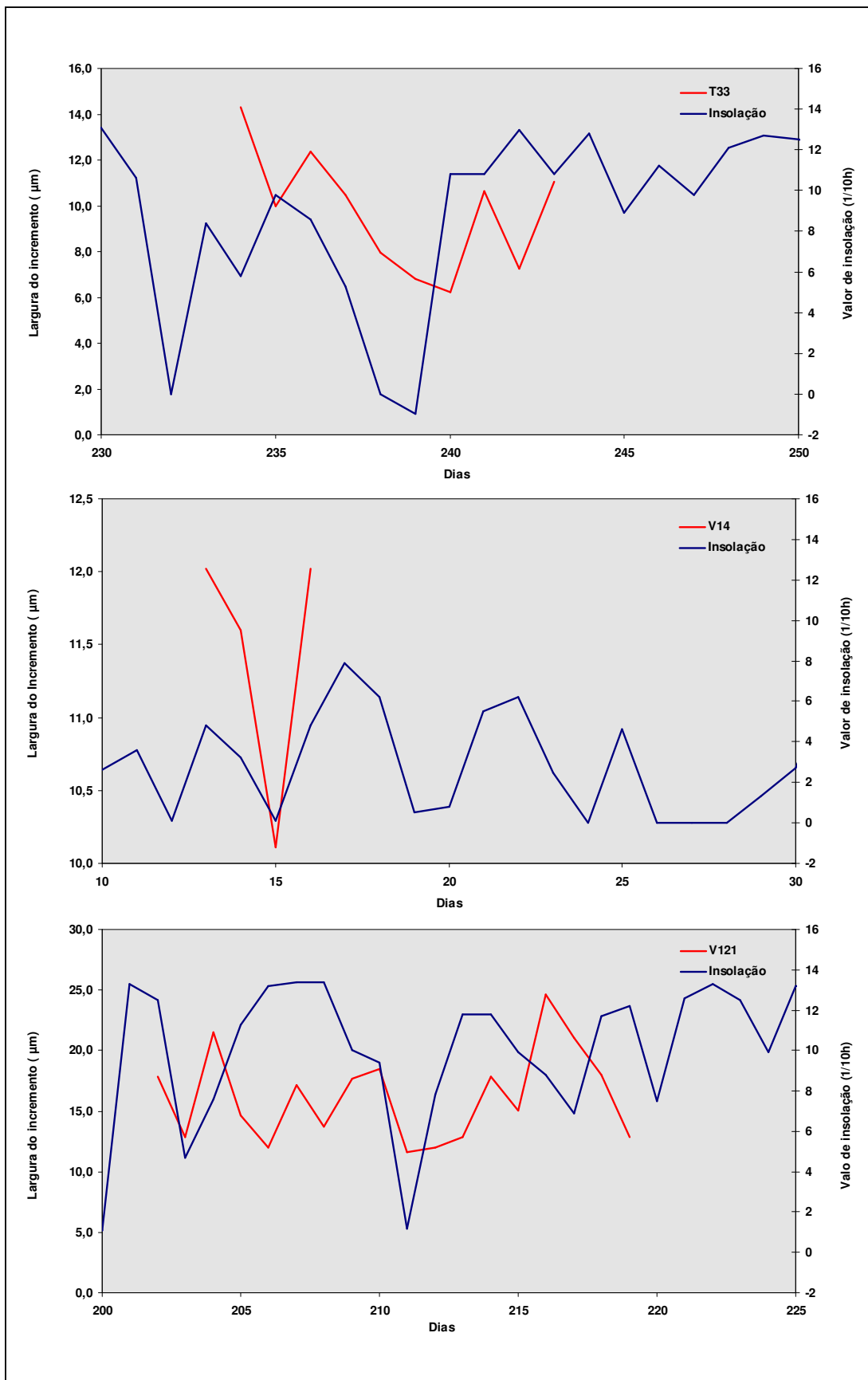


Figura 18 – Relação entre a largura dos incrementos dos otólitos T33, V14 e V121 e os valores de insolação.

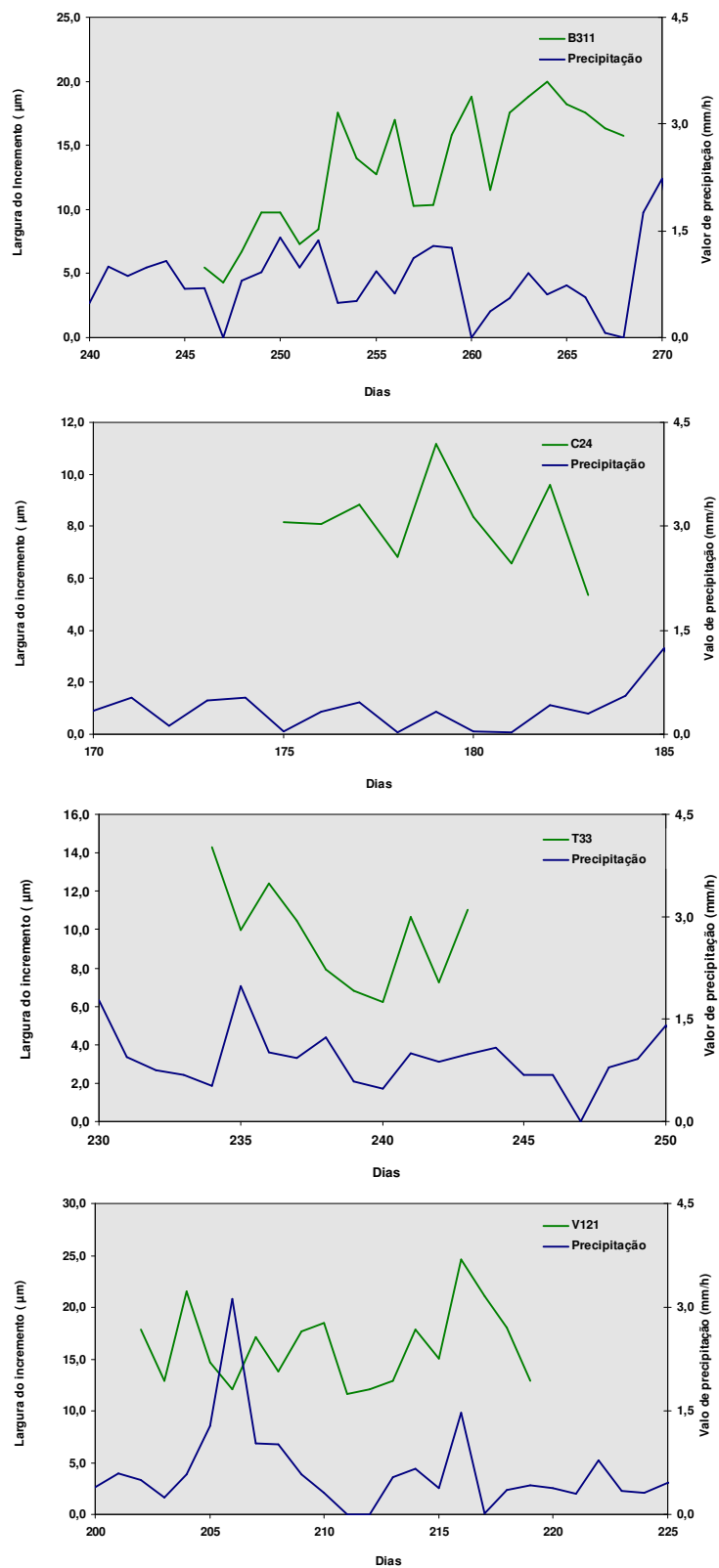


Figura 19 – Relação entre a largura dos incrementos dos otólitos B311, C24, T33 e V121 e os valores de precipitação nos mesmos dias.

Tabela 2 – Valores do coeficiente de correlação obtidos entre as larguras dos incrementos e a variação dos parâmetros abióticos (insolação e precipitação); n – número de incrementos comparados.

| Otólito | Coeficiente de correlação | | |
|---------|---------------------------|--------------|----|
| | Insolação | Precipitação | n |
| B17 | 0,322 | - | 20 |
| B311 | -0,223 | 0,320 | 23 |
| C24 | 0,517 | 0,492 | 9 |
| T33 | 0,124 | 0,389 | 10 |
| V14 | 0,992 | - | 4 |
| V121 | 0,023 | 0,094 | 18 |

No que respeita à pluviosidade, o coeficiente de correlação obtido parece indicar uma relação directa entre a pluviosidade e a largura dos incrementos diários (Tabela 2).

DISCUSSÃO

Os otólitos são uma fonte abundante de informação, conquanto seja necessário muito trabalho para ser obtida uma estimativa precisa do crescimento de uma dada população suficientemente razoável. A realização deste trabalho vem mais uma vez comprovar a extensa aplicação do estudo destas estruturas em estudos de idade e crescimento dos peixes.

A análise dos coeficientes de regressão obtidos para cada uma das relações estudadas sugere que o crescimento dos otólitos segue o crescimento dos peixes. A determinação da relação peso/comprimento permitiu evidenciar que o crescimento é isométrico confirmando assim resultados obtidos em trabalhos anteriores (Andrade, 1986; Gordo, 1989; Rebelo, 1993). Este facto poderá indicar que a espécie está bem adaptada às circunstâncias que prevalecem na laguna. A existência de uma relação linear entre o diâmetro maior do otólito e o crescimento do corpo do peixe admite a existência de uma proporcionalidade estreita entre as duas variáveis ($r^2 = 0,855$), apesar do número reduzido da amostra. A obtenção deste valor de coeficiente de correlação relativamente mais baixo do que esperado poderá ficar a dever-se a erros aleatórios durante a medição ou ao tamanho da amostra. Todavia, a regressão obtida entre o comprimento do peixe e o diâmetro do otólito é bastante aceitável, sendo os otólitos grandes em relação ao tamanho do peixe. A proporção obtida no presente trabalho (1:25-1:60) revela uma gama de tamanhos maior comparativamente à referida por Härkönen (1986) de 1:30-1:40. Conjuntamente, a relação obtida entre o peso do otólito e o comprimento total do peixe parece revelar um crescimento rápido da espécie.

Embora as medidas mais correctas das larguras de incrementos resultem da análise de imagens provenientes do Microscópio Electrónico de Varrimento (SEM), uma vez que não são sujeitas a efeitos de refacção como as imagens obtidas no microscópio óptico, a exactidão e a precisão das leituras e consequentes medidas são limitadas pela clareza da fotografia (Campana, 1992) bem como pelos métodos utilizados no “manuseamento” dos incrementos. À excepção da acessibilidade, o maior constrangimento da utilização do SEM é o tratamento da amostra com ácido (“etching”), dada a dificuldade em ajustar um tempo óptimo para o fazer e à complexidade maior ou menor da estrutura interna do otólito.

As várias tentativas efectuadas de ataque ácido ao otólito não proporcionaram resultados completamente satisfatórios, produzindo bastantes otólitos não interpretáveis e dificultando a obtenção de imagens claras e objectivas, que permitissem a escolha de um transecto completo, devido essencialmente à destruição

da matriz cristalina e à presença de zonas de fraca visibilidade. Contudo, esta dificuldade não é inédita deste trabalho uma vez que, de acordo com Campana (1983) o tempo de ataque ácido conveniente para a observação ao SEM é impossível de determinar nomeadamente quando o otólito apresenta uma curvatura, constituindo uma das desvantagens da utilização do SEM. A presença dessa mesma curvatura em grande parte dos otólitos analisados poderá explicar a “perda” de alguns incrementos, evidenciando a necessidade de um polimento de dupla face em otólitos extraídos a espécimes mais velhos. Também o uso de HCl no tratamento da amostra, poderá estar na origem de um grande número de microcristais danificados, devido à alteração da estrutura cristalina pela maior ou menor quantidade de carbonato dissolvido (Brothers, 1981). Dada a dificuldade de obtenção de uma sequência completa de incrementos, verificados nos otólitos de robalo com as dimensões por nós trabalhados, utilizando este tipo de preparação poder-se-à dizer que a obtenção de dados métricos dos incrementos a partir do SEM será mais apropriada para regiões restritas do otólito do que para raios completos (Campana, 1992).

A relação entre o crescimento dos indivíduos e os incrementos diários identificados nos otólitos, para esta fase precoce do ciclo de vida, apresenta-se como uma recta, como seria de esperar (Campana, 1992). Estes resultados são similares aos encontrados por Gutiérrez & Morales-Nin (1986) para a mesma espécie e por Ré (1984) para a *Sardina pilchardus*, os quais referem que o crescimento do peixe está linearmente relacionado com a largura dos incrementos diários.

Os incrementos revelaram variações no ritmo de crescimento, tendo uma taxa de crescimento diária mais rápida nos primeiros dias após o nascimento, confirmando a elevada taxa de crescimento apresentada pela espécie no período inicial da sua ontogenia (Andrade, 1983; Gordo, 1989; Rebelo, 1993) na Ria de Aveiro. Este ecotono dado o seu papel de “berçário”, reúne condições particulares que favorecem o rápido crescimento das espécies e nomeadamente do robalo nestes estádios de vida (Andrade, 1983).

O abrandamento do crescimento após estes primeiros estádios, traduzido pela redução na largura dos incrementos poderá ser associado ao desenvolvimento das gónadas e à diferenciação sexual (Moreno & Morales-Nin, 2003), bem como a possíveis períodos de stress e/ou alterações das condições ambientais. Estudos recentes demonstraram que as características do ambiente pelágico, como a temperatura, o alimento e a qualidade da água podem ter impacto no crescimento das larvas (McCormick, 1999) e consequentemente nos juvenis.

A estreita dependência entre a fisiologia dos animais aquáticos e os factores ambientais tem sido estudada por diversos autores (Alliot *et al.*, 1983). Os parâmetros abióticos, particularmente a temperatura da água têm um papel importante na regulação do comportamento da espécie (Rebelo, 1993). O robalo como espécie euritérmica que é evidencia taxas de crescimento mais altas durante o Verão (Andrade, 1983; Gordo, 1989; Rebelo, 1993), época do ano em que registam valores mais altos de insolação. Este facto embora não confirmado de forma estatística, parece ser determinante na variação da largura dos incrementos registada ao longo dos dias. Ainda que não tenha sido comprovada, para a grande maioria das espécies (Beamish & McFarlane, 1983; Campana & Neilson, 1985), a deposição dos incrementos parece fazer-se ao que tudo indica na fase iluminada do dia (Jones, 1986), sendo mais rápida no verão, em dias considerados de maior luminosidade (Kelley, 1986). A comparação efectuada entre a variação da largura dos incrementos com os valores de insolação parece abonar esta ideia dada a existência de uma proporcionalidade positiva e directa entre as duas variáveis. Tal poderá sugerir, sendo a insolação um indicador da temperatura da água, e sendo a largura dos incrementos um indicador da taxa de crescimento diário, que a temperatura exerce uma acção mensurável na taxa de crescimento diário de robalo corroborando com as taxas de crescimento rápido obtidas por Alliot *et al.*, a altas temperaturas, em aquacultura bem como em indivíduos mais novos (Kelley, 1988), como é o caso do presente estudo.

A época de reprodução do robalo na Ria de Aveiro tendo em conta as idades estimadas verifica-se predominantemente no Outono e Inverno, existindo no entanto nascimentos ao longo de todo o ano. Tal deve-se provavelmente à permanência constante de indivíduos na laguna independentes da migração habitual na espécie, embora a conclusão deva ser feita de forma cautelosa dado o escasso número de exemplares estudados.

Ainda que, o objectivo do presente estudo não contemplasse a análise de todos os grupos de idade do robalo, o número de indivíduos estudados ficou aquém das expectativas. A maioria deste tipo de estudos, mesmo aqueles mais simples, como os cálculos de taxas de crescimentos, requer uma amostragem completa e representativa de todos os estágios relevantes dos *cohorts* da espécie (Campana & Jones, 1992).

Muito embora as análises deste tipo não sejam particularmente difíceis de entender requerem alguma conjectura quanto ao melhor método a seguir. No entanto, a informação obtida com estes resultados poderá contribuir para a compreensão geral

destes aspectos no robalo, dada a notória falta de estudos deste tipo nesta espécie. Embora tenham sido estimadas, para a mesma laguna, algumas taxas de crescimento baseadas em frequências de comprimento (Andrade, 1983; Gordo, 1989; Rebelo, 1993), nenhum estudo foi feito tendo em conta a contagem e medição dos incrementos de periodicidade diária dos otólitos, representando este um dos primeiros ensaios em que se quantifica o ritmo diário da formação dos microincrementos em otólitos de robalo na Ria de Aveiro e se obtém informação sobre o crescimento e data de nascimento.

Os horizontes perspectivados com este trabalho deverão ser otimizados com o investimento em trabalhos suplementares e estudos adicionais de estádios larvares e adultos, investindo tempo e esforços na preparação dos otólitos com vista a uma melhor estimativa do crescimento nesta e noutras espécies, bem como o melhoramento das técnicas e a sempre necessária e saudável confrontação de resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

A

- 📖 Alliot E, Pastoureaud A, Thebault H: **Influence de la température sur la croissance et la composition corporelle d'alevins de *Dicentrarchus labrax***. *Aquaculture* 1983, **31**:181-194.
- 📖 Andrade JP: **Contribuição para o conhecimento da biologia (determinação da idade e estudo do crescimento) do robalo *Dicentrarchus labrax* (L.) (Pisces, Moronidae) da Ria de Aveiro**. *Publicações Científicas Universidade do Algarve* 1983, **1**:1-21.
- 📖 Andrade JP: **Morphological study of the sea bass, *Dicentrarchus labrax*, of the Aveiro lagoon (Portuguese coast)**. *Publicações Científicas Universidade do Algarve* 1986, **2**:1-23.
- 📖 Anthouard M, Desportes C: **Operant learning in a discriminative situation by *Dicentrarchus labrax*** (Pisces, Teleostei, Serranidae). *Bull. S.F.E.C.A.* 1987, **2(1)**:67-70.
- 📖 Aprahamian MW, Barr CD: **The growth, abundance and diet of 0-group sea bass, *Dicentrarchus labrax*, from the Severn estuary**. *Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom* 1985, **65**:169-180.
- 📖 Aref'yev VA: **Cytogenetic analysis and nuclear organization of the sea bass *Dicentrarchus labrax***. *Journal of Ichthyology* 1989, **29 (8)**:1-12.
- 📖 Arias A: **Crecimiento, régimen alimentario y reproducción de la dorada (*Sparus aurata* L.) y del robalo (*Dicentrarchus labrax* L.) en los esteros de Cádiz**. *Inv. Pesq.* 1980, **44 (1)**:59-83.
- 📖 Assis C: **Estudo morfológico dos otólitos *sagitta*, *asteriscus* e *lapillus* de teleósteos (Actinopterygii, Teleostei) de Portugal Continental**. *PhD thesis*. Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências; 2000.

B

- 📖 Barahona-Fernandes MH: **Bacterial disease of sea bass (*Dicentrarchus labrax* (L.)) reares in the laboratory: an approach to treatment**. *Aquaculture* 1977, **10**:317-322.

- Barahona-Fernandes MH: **Growth and survival of the sea bass larvae (*Dicentrarchus labrax* (L.)) according to the date of spawning and the batch of spawners, at the Centre Oceanologique de Bretagne.** *Arquivos do Museu Bocage* 1981, **Série A. 1(2)**:17-27.
- Barnabé G, Tournamille JC: **Expériences de reproduction artificielle du loup *Dicentrarchus labrax* (Linné, 1758).** *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.* 1972, **36 (2)**:185-189.
- Barnabé G: **Exposé synoptique des données biologiques sur le loup ou bar, *Dicentrarchus labrax* (Linné, 1758).** *Synopsis FAO Pêches* 1980, **126** : 70 p.
- Barrosa JO: **A Ria de Aveiro e a sua influência na economia da região.** *Recursos Hídricos* 1980, **3**:83-96.
- Bauchot ML, Pras A: *Guía de los peces de mar de España y de Europa.* Barcelona: Ediciones Omega; 1987.
- Blacker RW: **Chemical composition of the zones in cod (*Gadus morhua* L.) otoliths.** *Journal du Conseil International de l'Exploration de la mer* 1969, **33**:107-108.
- Brothers EB: **What can otolith microstructure tell us about daily and subdaily events in the early life history of fish?** *Rapp. P. V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer.* 1981, **178**:393-394.
- Brothers EB, McFarland WN: **Correlations between otolith microstructure, growth and life history transitions in newly recruited French grunts [*Haemulon flavolineatum* (Desmarest), Haemulidae].** *Rapp. P. V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer.* 1981, **178**:369-374.

C

- Campana SE: **Feeding periodicity and the production of daily growth increments in otoliths of steelhead trout (*Salmo gairdneri*) and starry flounder (*Platichthys stellatus*).** *Canadian Journal of Zoology* 1983, **61(7)**:1591-1597.
- Campana SE: **Lunar cycles of otolith growth in the juvenile starry flounder, *Platichthys stellatus*.** *Marine Biology* 1984, **80**:239-246.

- 📖 Campana SE: **Measurement and Interpretation of the Microstructure of Fish Otoliths.** In *Otolith Microstructure Examination and Analysis*. Edited by Stevenson DK and Campana SE. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences. 117; 1992: 59-71.
- 📖 Campana SE: **Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods.** *Journal of Fish Biology* 2001, **59**:197-242.
- 📖 Campana SE, Jones CM: **Analysis of Otolith Microstructure Data.** In *Otolith Microstructure Examination and Analysis*. Edited by Stevenson DK and Campana SE. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences. 117; 1992:73-100.
- 📖 Campana SE, Neilson JD: **Daily growth increments in otoliths of starry flounder (*Platichthys stellatus*) and the influence of some environmental variables in their production.** *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1982, **39**:937-942.
- 📖 Campana SE, Neilson, JD: **Interactive effects of age and environmental modifiers on the production of daily growth increments in otoliths of plainfin midshipman, *Porichthys notatus*.** *Fish. Bull.* 1984, **82**:165-177.
- 📖 Campana SE, Neilson JD: **Microstructure of fish otoliths.** *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1985, **42**:1014-1032.
- 📖 Carlström D: **A crystallographic study of vertebrate otoliths.** *Biological Bulletin* 1963, **125**:441-463.
- 📖 Casselman JM: **Determination of age and growth.** In *The Biology of Fish Growth*. Edited by Weatherley AH and Gill HS. New York: Academic Press; 1987:209-242.
- 📖 Cataudella S, Civitelli MV, Capanna E: **The chromosomes of some Mediterranean teleosts: Scorpaenidae, Serranidae, Labridae, Blenniidae, Gobiidae (Pisces – Scorpaeniformes, Perciformes).** *Boll. Zool.* 1973, **40**:385-389.
- 📖 Chardon M, Vandewalle P: **Acoustico-lateralis system.** In *Cyprinid Fishes Systematics, Biology and Exploitation*. Edited by Winfield IJ & Nelson JS. London: Chapman and Hall; 1991:332-352.

- 📖 Chervinsky J: **Sea bass, *Dicentrarchus labrax* (Linné) and *D. punctatus* (Bloch) (Pisces, Serranidae), a control fish in fresh water.** *Aquaculture* 1975, **6**:249-256.
- 📖 Chevalier C: **Contribution à l'étude de la croissance des juvéniles de *Dicentrarchus labrax* L. en Bretagne nord.** *CIEM CM* 1980, **L35** : 9 p.
- 📖 Claridge PN, Potter IC: **Movements, abundance, age composition and growth of bass, *Dicentrarchus labrax*, in the Severn estuary and Inner Bristol Channel.** *Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom* 1983, **63**:871-879.
- 📖 Cordier R, Dalcq A: **Organe stato-acoustique.** In *Traité de Zoologie, vol. XII.* Edited by Grassé PP. Paris: Masson; 1954:453-521.
- 📖 Costa MJ: **Food and sexual maturity of *Dicentrarchus labrax* (Pisces, Serranidae) in "Tejo Estuary".** *Arquivos do Museu Bocage* 1981, **Série B. 1(1)**:1-8.
- 📖 Costa MJR: **Contribution à l'étude de l'écologie des poissons de l'estuaire du Tage (Portugal).** *MS thesis.* Université Paris VII ; 1982.

D

- 📖 Dando PR, Demir N: **On the spawning and nursery grounds of bass, *Dicentrarchus labrax*, in the Plymouth area.** *Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom* 1985, **65**:159-186.
- 📖 Degens ET, Deuser WG, Haedrich RL: **Molecular structure and composition of fish otoliths.** *Marine Biology* 1969, **2**:105-113.
- 📖 Dupin JM, Lagardère JP: **Réactions comportementales du bar *Dicentrarchus labrax* (Linné, 1758) aux basses températures. Premières données recueillies en marais maritime par télémétrie acoustique.** *C. R. Acad. Sci. Paris* 1990, **310(2)**: 279-284.

E

- 📖 Eckmann R, Rey P: **Daily increments on the otoliths of larval and juvenile *Coregonus* spp., and their modification by environmental factors.** *Hydrobiologia* 1987, **148**:137-143.

F

- 📖 Ferrari I, Chiericato AR: **Feeding habits of juvenile stages of *Sparus aurata* L., *Dicentrarchus labrax* L. and Mugilidae in a brackish embayment of the Po river delta.** *Aquaculture* 1981, **25**:243-257.

G

- 📖 Geffen AJ: **Otolith ring deposition in relation to growth rate in herring (*Clupea harengus*) and turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae.** *Marine Biology* 1982, **71**:317-326.
- 📖 Geffen AJ: Validation of otolith increment deposition rate. In *Otolith Microstructure Examination and Analysis*. Edited by Stevenson DK and Campana SE. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences. 117; 1992:101-113.
- 📖 Gordo LS: **Age, growth and sexuality of sea bass, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) (Perciformes, Moronidae) from Aveiro lagoon, Portugal.** *Scient. Mar.* 1989, **53(1)**:121-126.
- 📖 Grassé PP: **L'oreille et ses annexes.** In *Traité de Zoologie, vol. XIII*. Edited by P.P. Grassé. Paris : Masson & Cie; 1958:1063-1098.
- 📖 Guérin-Ancey O: **Contribution à l'étude de la croissance des jeunes de *Dicentrarchus labrax* L. du golfe de Marseille.** *Cahiers de Biologie Marine* 1973, **14** :65-77.
- 📖 Gutiérrez E, Morales-Nin B: **Time series analysis of daily growth in *Dicentrarchus labrax* L. otoliths.** *J.Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1986, **103**:163-179.

H

- 📖 Haake PW, Wilson CA, Dean JM: **A technique for the examination of otoliths by SEM with application to larval fishes.** In *Proceedings of the Fifth Annual Larval Fish Conference*: 1982; Edited by Bryan CF, Conner JV and Truesdale, FM:Louisiana State University Press; 1982: 12-15.
- 📖 Hadorn E, Wehner R: *Zoologia Geral*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian; 1978.

- 📖 Hall A: **Sobre a qualidade da água na Ria de Aveiro. Impacto dos efluentes industriais.** *Boletim da Associação de Defesa do Património Natural e Cultural da Região de Aveiro* 1980, **5**:12-14.
- 📖 Harder W: *Anatomy of fishes.* Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung; 1975.
- 📖 Härkönen, T: *Guide to the otoliths of the bony fishes of the Northeast Atlantic.* Denmark: Danbiu ApS; 1986.
- 📖 Hildebrand M: *Analysis of Vertebrate Structure.* New York: John Wiley & Sons; 1988
- 📖 Holden MJ, Williams T: **The biology, movements and population dynamics of bass, *Dicentrarchus labrax*, in English waters.** *Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom* 1974, **54**:91-107.

J

- 📖 Jobling M: *Environmental Biology of Fishes.* London: Chapman and Hall; 1995
- 📖 Jones C: **Determining age of larval fish with the otolith increment technique.** *Fish. Bull.* 1986, **84**:91-103.
- 📖 Jones CM: **Development and Application of the Otolith Increment Technique.** In *Otolith Microstructure Examination and Analysis.* Edited by Stevenson DK and Campana SE. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences. 117; 1992:1-11.

K

- 📖 Kelley D: **Bass populations and movements on the west coast of the U.K.** *Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom* 1979, **59**:889-935.
- 📖 Kelley D: **Bass Nurseries on the West Coast of the U.K.** *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 1986, **66**:439-464.
- 📖 Kelley DF: **Food of bass in U.K. waters.** *Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom* 1987, **67**:275-286.

- 📖 Kelley DF: **Age determination in bass and assessment of growth and year-class strength.** *Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom* 1988, **68**:179-214.
- 📖 Kennedy M, Fitzmaurice P: **Occurrence of eggs of bass *Dicentrarchus labrax* on the southern coasts of Ireland.** *Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom* 1968, **48**:585-592.
- 📖 Kennedy M, Fitzmaurice P: **The biology of the sea bass, *Dicentrarchus labrax*, in the Irish waters.** *Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom* 1972, **52**:557-597.
- 📖 Ktari MH, Bou Ain A, Quignard JP: **Régime alimentaire des loups (Poissons, Téléostéens, Serranidae) *Dicentrarchus labrax* (Linné, 1758) et *Dicentrarchus punctatus* (Bloch, 1892) des côtes tunisiennes.** *Bull Inst. Natn. Scient. Tech. Océanogr. Pêche Salammbô* 1978, **5(1-4)**:5-15.

L

- 📖 Labourg PJ, Stequert B: **Régime alimentaire du bar *Dicentrarchus labrax* L. des réservoirs a poissons de la région d’Arcachon.** *Bull. Ecol.* 1973, **4(3)**:187-194.
- 📖 Lagler K, Bardach JE, Miller RR, Passino DRM: *Ichthyology*. New York: John Willey & Sons; 1977.
- 📖 Laurence CG: **Growth and survival of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) larvae in relation to planktonic prey concentration.** *J. Fish Res. Bd. Can.* 1974, **31**:1414-1419.
- 📖 Lowenstein O: **The Labyrinth.** In *Fish Physiology*, vol. V. Edited by W.S. Hoar & D.J. Randall. New York: Academic Press; 1971:207-240.

M

- 📖 Maissey J: **Notes on the Structure and Phylogeny of Vertebrate Otoliths.** *Copeia* 1987, **2**:495-499.
- 📖 Marangos C, Yagi H, Ceccaldi, HJ: **Role de la température et de la salinité sur le taux de survie et la morphogénèse au cours du développement embryonnaire**






chez les œufs du loup de mer *Dicentrarchus labrax* (LINNAEUS, 1758) (PISCES, TELEOSTEI, SERRANIDAE). *Aquaculture* 1986, **54** :287-300.

- 📖 Marshal SL, Parker SS: **Pattern identification in the microstructure of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) otoliths.** *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1982, **39**:542-547.
- 📖 McCormick M: **Experimental test of the effect of maternal hormones on larval quality of a coral reef fish.** *Oecologia* 1999, **118**:412-422.
- 📖 Morales-Nin B: **Microarquitectura, características y composición de los otólitos de los peces Teleósteos.** *Tesis Doctoral.* Universidad Barcelona; 1984.
- 📖 Morales-Nin B: **Ultrastructure of the organic and inorganic constituents of the otoliths of the sea bass.** In *Age and growth of fish.* Edited by Summerfelt RC and Hall GE. Ames: Iowa State University Press; 1987:331-343.
- 📖 Morales-Nin B: **Review of the growth regulation processes of otolith daily increment formation.** *Fisheries Research* 2000, **46**:53-67.
- 📖 Moreno T, Morales-Nin B: **Age determination and validation on otoliths of the sand-smelt *Atherina presbyter* (Cuvier, 1829) (Pisces: Atherinidae) from the central-east Atlantic.** *Fisheries Research* 2003, **62**:77-87.
- 📖 Moyle PB, Cech JJr: *Fishes – An Introduction Ichthyology.* New Jersey: Prentice Hall; 1996.
- 📖 Mugiya Y, Watabe N, Yamada J, Dean JM, Dunkelberger DG, Shimuzu M: **Diurnal rhythm in otolith formation in the goldfish, *Carassius auratus*.** *Comp. Biochem. Physiol.* 1981, **68A**:659-662.





N

- 📖 Neilson JD, Geen GH: **Otoliths of Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*): daily growth increments and factors influencing their production.** *Can.J. Fish. Aquat. Sci.* 1982, **39**:1340-1347.

P

-  Pannella G: **Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns.** *Science (Washington, D.C.)* 1971, **173**:1124-1127.
-  Pannella G: **Growth patterns of fish sagittae.** In *Skeletal growth of aquatic organisms*. Edited by Rhoads DC and Lutz RA. New York: Plenum Press; 1980:519-560.
-  Pawson MG, Kelley DF, Pickett GD: **The distribution and migrations of bass, *Dicentrarchus labrax* L., in waters around England and Wales as show by tagging.** *et al., Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom* 1987, **67**:183-217.
-  Popper AN, Coombs S: **The morphology and evolution of the ear in Actinopterygian fishes.** *American Zoologist* 1982, **22**:311-328.
-  Popper AN, Platt C: **Inner Ear and Lateral Line.** In *The Physiology of Fishes*. Edited by Evans D. Boca Raton: CRC Press; 1993:99-136.

R

-  Radtke RL, Dean JM: **Increment formation in the otoliths of embryos, larvae and juveniles of the mummichog, *Fundulus heteroclitus*.** *Fish. Bull* 1982, **80**:201-215.
-  Radtke R, Fey DP: **Environmental effects on primary increments formation in the otoliths of newly-hatched Arctic charr.** *Journal of Fish Biology* 1996, **48**:1238-1255.
-  Radtke RL, Townsend DW, Folsom SD, Morrison MA: **Strontium:Calcium Concentration Ratios in Otoliths of Herring Larvae as Indicators of Environmental Histories.** *Environmental Biology of Fishes* 1990, **27**:51-61.
-  Ré P: **Evidence of Daily and Hourly Growth in Pilchard Larvae Based on Otolith Growth Increments, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792).** *Cybium* 1984, **8(1)**:33-38.

- 📖 Ré P, Rosa HC, Dinis MT: **Daily microgrowth increments in the sagittae of *Dicentrarchus labrax* (L.) larvae under controlled conditions.** *Inv. Pesq.* 1986, **50(3)**:397-402.
- 📖 Rebelo JE: **Biologia e crescimento no verdinho (*Micromesitius poutassou* Risso).** *Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica.* Universidade de Aveiro, Departamento de Biologia; 1985
- 📖 Rebelo JE: **A Ictiofauna da Ria de Aveiro e o período lagunar do ciclo de vida do robalo, *Dicentrarchus labrax* (LINNAEUS, 1758).** *Tese de Doutoramento.* Universidade de Aveiro, Departamento de Biologia; 1993.
- 📖 Rice JA, Crowder LB, Binkowski FP : **Evaluating otolith analysis for bloater *Coregonus hoyi*: do otoliths ring true?** *Transactions of the American Fisheries Society* 1985, 114:532-539.
- 📖 Roblin C: **Étude comparée de la biologie du development (gonadogénese, croissance, nutrition) du loup en milieu naturel et en élevage contrôlé.** *These de Doctorat de 3^{ème} cycle.* Université de Perpignan ; 1980.
- 📖 Roblin C, Bruslé J: **Le régime alimentaire des alevins et juvéniles de loup (*Dicentrarchus labrax* L.) des lagunes littorales du Golf du Lion (Étangs Roussillonnais, France).** *Vie et Milieu* 1984, **34(4)** :195-207.
- 📖 Rojo AL: *Diccionario Enciclopedico de Anatomia de Peces.* Madrid : Monografias del Instituto Español de Oceanografia: 3; 1988.
- 📖 Romer AS: *Anatomia Comparada (Vertebrados).* México: Editorial Interamericana; 1966.
- 📖 Rosa HC, Ré P: **Influence of exogenous factors on the formation of daily microgrowth increments in otoliths of *Tilapia mariae* (Boulenger, 1899) juveniles.** *Cybium* 1985, **9 (4)**: 341-357.

S

- 📖 Secor DH, Dean JM, Laban EH: **Manual for otolith removal and preparation for microstructure examination.** In *Baruch Institute Technical Report.* Univ. South Carolina; 1991: **91(1)**.

- 📖 Secor DH, Dean JM, Laban EH: **Otolith Removal and Preparation for Microstructural Examination.** In *Otolith Microstructure Examination and Analysis*. Edited by Stevenson DK and Campana SE. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences. 117; 1992:19-57.
- 📖 Secor DH, Dean JM, Campana SE: **Fish otoliths: faithful biological and environmental chronometers?** In *Recent Developments in fish otolith research*. Edited by Secor DH, Dean JM, Campana SE. Columbia: University of South Carolina Press; 1995b:xxv-xxvii.
- 📖 Silan P, Maillard C: **Biology of *Serranicotyle labracis*, ectoparasite of *Dicentrarchus labrax* (Teleostei): contribution to the study of its populations.** *Marine Biology* 1989, **103**:481-487.
- 📖 Silan P, Euzet L, Maillard C: **La reproduction chez *Diplectanum aequans* (MONOGENEA, MONOISTHOCOTYLEA). Nouvelles données sur l'anatomie du complexe génital et son fonctionnement.** *Bulletin de la Société Française de Parasitologie* 1983, **1**:31-36.
- 📖 Silan P, Euzet L, Maillard C, Cabral P: **Le biotope des ectoparasites branchiaux de poissons : facteurs de variations dans le modèle bar-monogènes.** *Bull. Ecol.* 1987, **18(4)**:383-391.
- 📖 Simkiss K: **Calcium metabolism of fish in relation to ageing.** In *Ageing of fish*. Edited by Bagenal TB. London: Unwin Bros. Ltd; 1974:1-12.
- 📖 Stevenson DK, Campana SE: **Otolith microstructure examination and analysis.** Ottawa: Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 117; 1992.
- 📖 Stirling HP: **The proximate composition of the European bass, *Dicentrarchus labrax* (L.) from the Bay of Naples.** *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 1972, **34(3)**:357-364.

T

- 📖 Tanaka K, Mugiya Y, Yamada J: **Effects of photoperiod and feeding on daily growth patterns in otoliths of juvenile *Tilapia nilotica*.** *Fish. Bull* 1981, **79**:459-466.

- 📖 Taubert BD, Coble DW: **Daily increments in otoliths of three species of *Lepomis* and *Tilapia mossambica***. *J. Fish. Res. Board Can.* 1977, **34**:332-340.

W

- 📖 Wassef E, El Emary H: Contribution to the biology of bass, *Dicentrarchus labrax* L. in the Egyptian Mediterranean waters off Alexandria. *Cybium* 1989, **13(4)**:327-345.
- 📖 Weichert CK, Prech W: *Elementos de Anatomia de los Cordados*. Mexico: Libros McGraw-Hill de Mexico; 1981.
- 📖 Werner CF: **Studien über die Otolithen der Knochenfishe**. *Zeitschrift für Wissenschaftliche Zoologie* 1928, **131**:502-587.
- 📖 Whitehead PJP, Bauchot ML, Hureau JC, Nielsen J, Tortonese E: *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. Paris: UNESCO; 1986
- 📖 Wilson KH, Larkin PA: **Relationship between thickness of daily growth increments in sagittae and change in body weight of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) fry**. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1982, **37**:1335-1339.

ANEXOS

Tabela 1 – Informação biométrica, idade anual e peso dos otólitos dos peixes estudados.

| | Peixe | | Otolito | | |
|--------|------------------|----------|---------|----------|-------------|
| Data | Comp. Total (cm) | Peso (g) | Anéis | Peso (g) | Espécime nº |
| Mai-98 | 3,9 | 0,7 | 0* | 0,0015 | 15 |
| Mai-98 | 3,8 | 0,5 | 0* | 0,0008 | 16 |
| Mai-98 | 3,7 | 0,6 | 0* | 0,0040 | 17 |
| Mai-98 | 3,6 | 0,5 | 0* | 0,0030 | 18 |
| Mai-98 | 3,7 | 0,5 | 0* | 0,0007 | 19 |
| Mai-98 | 3,1 | 0,3 | 0* | 0,0004 | 20 |
| Jul-99 | 7,83 | 5,2 | 0* | 0,0041 | 13 |
| Jul-99 | 19,50 | 63,4 | 1* | 0,0341 | 1 |
| Jul-99 | 19,63 | 73,4 | 1* | 0,0114 | 4 |
| Set-99 | 15,20 | 34,1 | 1* | 0,0180 | 1 |
| Jun-00 | 2,98 | 0,3 | 0* | 0,0004 | 4 |
| Jun-00 | 3,58 | 0,3 | 0* | 0,0008 | 6 |
| Jun-00 | 4,00 | 0,6 | 0* | 0,0007 | 7 |
| Jun-00 | 3,27 | 0,4 | 0* | 0,0006 | 15 |
| Jun-00 | 3,00 | 0,4 | 0* | 0,0006 | 9 |
| Jun-00 | 2,64 | 0,2 | 0* | 0,0004 | 1 |
| Jul-00 | 6,42 | 2,8 | 0* | 0,0029 | 2 |
| Jul-00 | 5,83 | 1,9 | 0* | 0,0023 | 3 |
| Jul-00 | 6,11 | 2,1 | 0* | 0,0024 | 1 |
| Jul-00 | 5,69 | 1,8 | 0* | 0,0017 | 2 |
| Jul-00 | 4,92 | 1,1 | 0* | 0,0015 | 3 |
| Jul-00 | 7,32 | 3,7 | 0* | 0,0040 | 1 |
| Jul-00 | 6,12 | 2,2 | 0* | 0,0024 | 2 |
| Jul-00 | 5,93 | 1,8 | 0* | 0,0024 | 5 |
| Jul-00 | 6,52 | 2,4 | 0* | 0,0027 | 6 |
| Jul-00 | 7,23 | 3,6 | 0* | 0,0035 | 2 |
| Jul-00 | 6,28 | 2,3 | 0* | 0,0027 | 1 |
| Jul-00 | 6,56 | 2,8 | 0* | 0,0031 | 1 |
| Jul-00 | 7,17 | 3,3 | 0* | 0,0036 | 1 |
| Jul-00 | 6,83 | 3,1 | 0* | 0,0031 | 2 |
| Jul-00 | 5,82 | 1,9 | 0* | 0,0021 | 3 |
| Jul-00 | 7,04 | 3,6 | 0* | 0,0040 | 4 |
| Jul-00 | 4,95 | 1,4 | 0* | 0,0023 | 21 |
| Jul-00 | 5,33 | 1,6 | 0* | 0,0022 | 1 |
| Jul-00 | 6,15 | 2,4 | 0* | 0,0030 | 9 |
| Jul-00 | 10,28 | 9,8 | 0* | 0,0084 | 6 |
| Jul-00 | 8,37 | 5,9 | 0* | 0,0056 | 7 |
| Jul-00 | 11,15 | 16,1 | 0* | 0,0097 | 2 |
| Jul-00 | 9,22 | 9,9 | 0* | 0,0070 | 3 |
| Jul-00 | 7,89 | 4,8 | 0* | 0,0055 | 3 |
| Jul-00 | 8,73 | 6,8 | 0* | 0,0065 | 1 |
| Jul-00 | 7,87 | 5,1 | 0* | 0,0052 | 2 |
| Jul-00 | 9,19 | 8,6 | 0* | 0,0072 | 1 |
| Jul-00 | 6,93 | 3,5 | 0* | 0,0035 | 2 |
| Ago-00 | 6,90 | 3,6 | 0* | 0,0041 | 1 |
| Ago-00 | 8,62 | 7,3 | 0* | 0,0058 | 2 |
| Ago-00 | 9,40 | 9,8 | 0* | 0,0064 | 3 |
| Ago-00 | 7,00 | 3,8 | 0* | 0,0043 | 4 |
| Ago-00 | 6,76 | 3,6 | 0* | 0,0047 | 5 |
| Ago-00 | 10,80 | 14,5 | 0* | 0,0082 | 6 |
| Ago-00 | 7,99 | 6,1 | 0* | 0,0054 | 2 |
| Ago-00 | 8,64 | 6,7 | 0* | 0,0066 | 3 |
| Ago-00 | 9,73 | 9,8 | 0* | 0,0074 | 4 |
| Ago-00 | 10,46 | 12,6 | 0* | 0,0088 | 5 |
| Ago-00 | 6,99 | 4,1, | 0* | 0,0041 | 1 |
| Ago-00 | 9,53 | 9,1 | 0* | 0,0068 | 3 |
| Ago-00 | 10,23 | 13,4 | 0* | 0,0065 | 4 |
| Ago-00 | 7,57 | 4,3 | 0* | 0,0044 | 1 |
| Ago-00 | 6,75 | 3,1 | 0* | 0,0040 | 2 |
| Ago-00 | 8,91 | 7,7 | 0* | 0,0065 | 7 |

Tabela 2 – Valores da largura dos incrementos diários dos otólitos analisados, nos diversos raios de contagem utilizados.

| | Otólitos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|------|--|--|--|
| | 23 | | | 31 | | | 37 | | | 39 | | | 42 | | | A21 | | | A23 | | | B17 | | | B310 | | | B311 | | | |
| | Raio de contagem | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | R ₁ | R ₁ | R ₂ | R ₁ | R ₁ | R ₂ | R ₁ | R ₂ | R ₃ | R ₁ | R ₂ | R ₃ | R ₄ | R ₁ | R ₂ | R ₁ | R ₁ | R ₂ | R ₃ | R ₁ | R ₂ | R ₃ | R ₄ | R ₅ | R ₆ | R ₇ | | | | | |
| Incremento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 15,11 | 20,7 | 14,2 | 30,46 | 19,5 | 16,2 | 20,3 | 16,8 | 11,4 | 30,6 | 26,5 | 23,3 | 19,4 | 18 | 22,5 | 14,55 | 30,6 | 9,7 | 23,7 | 9,09 | 7,27 | 13,3 | 42,4 | 18,8 | 29 | 6,58 | | | | | |
| 2 | 16,89 | 17,8 | 14,6 | 29,55 | 22 | 12,5 | 16,1 | 13,8 | 8,7 | 34,3 | 24,4 | 23,3 | 16,2 | 18,5 | 24,1 | 23,03 | 22,3 | 7,43 | 29,8 | 9,7 | 12,1 | 15,2 | 15,2 | 24,2 | 28,6 | 8,74 | | | | | |
| 3 | 17,33 | 23 | 18,9 | 25,45 | 15,5 | 18 | 19,3 | 9,95 | 9,83 | | 19,1 | 11,4 | 23,1 | 19,2 | 10,3 | 18,19 | 34 | 3,71 | 24,9 | 12,7 | 12,7 | 19,4 | 15,8 | 30,3 | 33,8 | 5,24 | | | | | |
| 4 | 18,67 | 15,9 | 13,8 | 33,18 | 13 | 12,5 | 14,8 | 9,72 | 10,2 | 27,1 | 15,6 | 23,7 | 16,7 | | | 24,24 | 30,7 | 4,25 | 26,5 | 9,09 | 9,11 | 14 | 12,1 | 26,1 | 19,4 | 5,72 | | | | | |
| 5 | 20,00 | 23,7 | 12,4 | 21,82 | 27,2 | 11,00 | 13,3 | 8,7 | 8,03 | | | 23,3 | 23,3 | 19 | | 24,24 | 28,4 | 5,05 | 18,7 | 9,11 | 8,51 | 17,6 | 13,9 | 18,8 | | 5,72 | | | | | |
| 6 | 16,89 | 17,4 | | 15,46 | 21,30 | 15,40 | 21,1 | 9,29 | 8,82 | | | 19,6 | 17,7 | 14,2 | | 23,03 | 35,3 | 6,24 | 13,7 | 7,88 | 9,11 | 19,4 | 20,6 | 14,6 | | 5,67 | | | | | |
| 7 | 21,00 | 15,6 | | 17,73 | 29,1 | 10,3 | 19,7 | 9,58 | 10,5 | | | 12,9 | | | | 19,39 | 28,1 | 10,2 | | 15,8 | 26,1 | 18,8 | 20,6 | 30,9 | | 11,9 | | | | | |
| 8 | 21,33 | 19,3 | | 18,64 | 18,1 | 6,61 | 17,4 | 11,5 | 10,3 | | | 15,6 | | | | 33,94 | 37,9 | 12,1 | | 26,1 | 20,6 | 18,8 | 15,2 | 14,6 | | 17,7 | | | | | |
| 9 | 19,30 | 13,7 | | 23,20 | 13 | 6,61 | 13,1 | | 11,5 | | | 16,2 | | | | 20 | 36,4 | 6,63 | | 20,6 | 20,6 | 15,8 | 21,8 | 21,3 | | 23,7 | | | | | |
| 10 | 18,67 | 15,9 | | 23,18 | 13 | 9,16 | 22,8 | | 11,3 | | | 18,3 | | | | 24,86 | 32,6 | 5,3 | | 23,6 | 31,5 | 22,4 | 7,88 | 12,1 | | 9,22 | | | | | |
| 11 | 19,11 | 20,7 | | 20,46 | 11,7 | 7,33 | 23,9 | | 11 | | | 17,3 | | | | 29,1 | | 15,2 | | 26,1 | 12,7 | 23,6 | | 18,8 | | 8,71 | | | | | |
| 12 | 23,56 | 14,8 | | 13,18 | 16,9 | 7,33 | 19,5 | | 12,8 | | | 29,1 | | | | 26,67 | | 12,4 | | 15,2 | 20,6 | 21,8 | | 19,4 | | 18,5 | | | | | |
| 13 | 25,79 | 12,6 | | 19,55 | 12,3 | | 15,4 | | | | | 32,9 | | | | 19,39 | | 8,38 | | 14,3 | 16,4 | | | 9,11 | | 12,7 | | | | | |
| 14 | 18,23 | 13,7 | | 25,46 | 21,4 | | 12,4 | | | | | 20,6 | | | | 20 | | 10,1 | | 17 | 16,4 | | | | 9,7 | 11,4 | | | | | |
| 15 | 10,22 | 12,2 | | 17,28 | 24 | | 15,4 | | | | | 15,8 | | | | 23,03 | | 7,59 | | 18,2 | 17,6 | | | | | 14,6 | | | | | |
| 16 | 12,89 | | | 20,91 | 16,8 | | 14,5 | | | | | 28,5 | | | | 30,91 | | 11,3 | | 17,6 | 16,4 | | | | | 14,7 | | | | | |
| 17 | 18,67 | | | 15,01 | 20,1 | | 10,3 | | | | | 22,5 | | | | 27,88 | | 5,74 | | 15,2 | 14 | | | | | 12,4 | | | | | |
| 18 | 18,22 | | | 16,82 | 28,5 | | 24,4 | | | | | 22,5 | | | | 21,83 | | 7,43 | | 18,8 | 23 | | | | | 13,6 | | | | | |
| 19 | 12,89 | | | 18,64 | 24,6 | | 23,9 | | | | | 15,2 | | | | 19,39 | | 6,63 | | 18,2 | 25,5 | | | | | | | | | | |
| 20 | 14,23 | | | 14,09 | 20,7 | | 10,8 | | | | | 17,9 | | | | 18,79 | | 4,95 | | 27,3 | 21,8 | | | | | | | | | | |
| 21 | 18,69 | | | 16,82 | 14,3 | | 12 | | | | | 13,5 | | | | | | 6,63 | | 14,6 | | | | | | | | | | | |
| 22 | 21,78 | | | 18,66 | 20 | | 14,7 | | | | | 6,91 | | | | | | 6,9 | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | 8,89 | | 30,92 | 20,7 | | 11,4 | | | | | | | | | | | 3,72 | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | 28,64 | 17,4 | | 31,1 | | | | | | | | | | | 6,63 | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | 34,09 | | | 19,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | 35,45 | | | 16,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | 43,65 | | | 17,7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | 34,09 | | | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | 29,12 | | | 11,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | 28,65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | 28,19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | 33,64 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | 27,73 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | | 15,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | 18,64 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | 15,91 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | 19,55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | | | | 16,36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | 15,94 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | 15,65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | | | | 16,36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | | | 24,10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | | 14,55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | | 10,92 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | 10,01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | | 9,56 | | | | | | | | | | | | | </ | | | | | | | | | | | | | | |

Tabela 2 A – Valores da largura dos incrementos diários dos otólitos analisados, nos diversos raios de contagem utilizados.

| Otolitos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|--|
| C11 | | C22 | | C23 | | C24 | | C36 | | C37 | | L14 | | L15 | | R12 | | R13 | | R14 | | T17 | | T33 | | V11 | | V14 | | V121 | |
| Raio de contagem | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R ₁ | R ₂ | R ₁ | R ₂ | R ₃ | R ₁ | R ₁ | R ₁ | R ₁ | R ₁ | R ₁ | R ₁ | R ₁ | R ₁ | R ₁ | R ₂ | R ₁ | R ₂ | R ₁ | R ₂ | R ₁ | R ₁ | R ₁ | R ₁ | R ₂ | R ₁ | R ₁ | R ₁ | R ₁ | R ₂ | | |
| 18,2 | 23,6 | 8,5 | 8,64 | 25,8 | 11,6 | 7,57 | 10,6 | 8,3 | 13 | 14,7 | 6,8 | 9,15 | 18,9 | 19,7 | 8,65 | 24,4 | 5,91 | 11,1 | 7,1 | 19 | 3,5 | 26,2 | | | | | | | | | |
| 13,3 | 23 | 7,3 | 3,00 | 19,3 | 18,9 | 7,6 | 11,3 | 6,85 | 11,8 | 13,5 | 6,5 | 7,98 | 13,6 | 20,1 | 8,77 | 21,6 | 5,91 | 7,24 | 6,7 | 15,4 | 4,6 | 21,7 | | | | | | | | | |
| 15,8 | 19,4 | 9,1 | 4,20 | 32,2 | 14,2 | 8,36 | 10,6 | 8,19 | 12,2 | 11,2 | 7,9 | 14,3 | 14 | 20,3 | 9,92 | 16,9 | 8,32 | 10,6 | 7,4 | 17,5 | 4,4 | 26,2 | | | | | | | | | |
| 6,06 | 13,3 | 7,7 | 11,91 | 18 | 18 | 4,97 | 8,61 | 8,87 | 10,4 | 13,4 | 9,2 | 9,29 | 12,7 | 18,6 | 5,42 | 20 | 4,57 | 6,22 | 7,1 | 17 | 4,4 | 29,6 | | | | | | | | | |
| | | 7,9 | 9,62 | 23,9 | 16,3 | 6,55 | 8,97 | 8,19 | 10,2 | 11,2 | 7,9 | 13 | 18,4 | 19 | 7,41 | 11,8 | 9,66 | 6,81 | 6,3 | 11 | 3,4 | 25,8 | | | | | | | | | |
| | | 7,1 | | 36,9 | 17,2 | 11,6 | 8,97 | 9,31 | 13,3 | 13,5 | 7,3 | 14,4 | 18,8 | 17,2 | 6,47 | 10,4 | 6,18 | 7,94 | 7,4 | 12,9 | 3,7 | 31,4 | | | | | | | | | |
| | | 6,9 | | 29 | 11,6 | 11,2 | 7,08 | 13 | 16,1 | 17,2 | 7,3 | 12,9 | 21,9 | 15,9 | 8,35 | 9,27 | 7,13 | 10,5 | 6,7 | 15,5 | 3,7 | 31 | | | | | | | | | |
| | | 7,1 | | 25,2 | 13,3 | 11,6 | 7,24 | 7,97 | 9,92 | 13,5 | | 8,61 | 25,1 | 16,5 | 9,42 | 7,27 | 10,9 | 12,4 | 7,8 | 11,3 | 2,2 | 22,8 | | | | | | | | | |
| | | | | 56,8 | 20,6 | 11,3 | 6,52 | 11 | 13 | 13,1 | | 4,97 | 21,9 | | 7,52 | 10,7 | 11,9 | 9,99 | 7,1 | 4,1 | | 24,9 | | | | | | | | | |
| | | | | 56,4 | 24,9 | 9,83 | 7,43 | 11,5 | 8,74 | 16,4 | | 10,1 | 21 | | 8,45 | | 24,7 | 14,3 | 9,3 | | | 33,5 | | | | | | | | | |
| | | | | 53 | 6,24 | 9,83 | 5,79 | 10 | 9,61 | 15,3 | | | | | 13,6 | | 23,2 | | 7,9 | | | 28 | | | | | | | | | |
| | | | | | | 7,24 | 7,33 | 8,43 | 9,05 | 16,8 | | | | | 12,4 | | 12,4 | | 8,2 | | | 25,5 | | | | | | | | | |
| | | | | | | 8,81 | 6,61 | 7,97 | 9,92 | 18,3 | | | | | 10 | | 19,7 | | 5,9 | | | 21,5 | | | | | | | | | |
| | | | | | | 11,3 | 6,38 | 12,9 | 11 | 14,2 | | | | | 11,1 | | 7,38 | | 7,1 | | | 17,1 | | | | | | | | | |
| | | | | | | 9,6 | 6,15 | 11,6 | 13,8 | 16,4 | | | | | 9,8 | | | | 9 | | | 22,8 | | | | | | | | | |
| | | | | | | 8,24 | 7,21 | | 19 | 11,6 | | | | | 9,4 | | | | | | | 25 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 9,33 | | 13,3 | 9,7 | | | | | 8,58 | | | | | | | 26,2 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 6,61 | | 16,7 | 10,5 | | | | | 8,35 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | 15,3 | 5,97 | | | | | 5,22 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | 19,3 | 6,34 | | | | | 7,3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | 18,7 | | | | | | 9,49 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | 18,6 | | | | | | 9,64 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | 11,9 | | | | | | 6,99 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 9,18 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 7,3 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabela 3 – Valores diários de insolação (décimos de hora) no ano de 1999.

| | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|----|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| 1 | 2,4 | 8,9 | 9,4 | 8,2 | 5,8 | 10,4 | 9,9 | 10,7 | 5,1 | 9,4 | 0 | 5 |
| 2 | 7,2 | 9,0 | 9,8 | 8,6 | 3,2 | 5,6 | 13,4 | 11,6 | 2,8 | 8,9 | 1,8 | 8,2 |
| 3 | 5,0 | 9,0 | 7,2 | 10,0 | 10,2 | 9,0 | 10,3 | 11,3 | 8 | 4,9 | -1 | 8,1 |
| 4 | 5,7 | 9,0 | 4,6 | 11,6 | 1,4 | 9,3 | 3,2 | 4,7 | 5,6 | 9,7 | -1 | 6,5 |
| 5 | 1,7 | 9,1 | 6,5 | 11,4 | 0,7 | 11,3 | 6,4 | 9,3 | 7,2 | 9,8 | -1 | 2,6 |
| 6 | 8,0 | 9,1 | 6,4 | 11,4 | 8,5 | 5,8 | 8,4 | 8,3 | 8,1 | 8,3 | -1 | 7,3 |
| 7 | 7,9 | 8,3 | 7,7 | 5,7 | 8,9 | 7,1 | 13,5 | 8,8 | 9,9 | 8,8 | -1 | 8,1 |
| 8 | 7,4 | 7,9 | 0,0 | 11,1 | 9,0 | 10,4 | 13,4 | 6,1 | 11,1 | 9,4 | -1 | 7,1 |
| 9 | 0,1 | 9,1 | 2,9 | 11,5 | 10,9 | 13,6 | 13,3 | 6,7 | 11,2 | 9,2 | 8,8 | 2,8 |
| 10 | 4,5 | 0,9 | 0,3 | 10,8 | 7,1 | 13,5 | 13,3 | 5,7 | 11,2 | 9,8 | 8,9 | 2,6 |
| 11 | 6,1 | 9,3 | 2,3 | 9,7 | 6,4 | 12,9 | 5,6 | 12,1 | 9,1 | 8,3 | 8,9 | 3,6 |
| 12 | -1,0 | 9,3 | 3,9 | 11,3 | 7,9 | -1,0 | 9,7 | 9 | 9 | 4,4 | 8,7 | 0,1 |
| 13 | 8,2 | 2,3 | 5,6 | 9,2 | 6,8 | 8,6 | -1 | 11 | 10,8 | -1 | 8,8 | 4,8 |
| 14 | 6,4 | 9,4 | 5,2 | 12,1 | 3,8 | -1,0 | 10,3 | 12 | 9,4 | 0,1 | 6,9 | 3,2 |
| 15 | 7,4 | 9,4 | 9,4 | 5,6 | 1,7 | 11,1 | 12,8 | 11,1 | 11,2 | 4,5 | 5,5 | 0,1 |
| 16 | 8,0 | 9,4 | 7,7 | 11,1 | 7,2 | 10,5 | 13 | 5,8 | 9,8 | 6,5 | 8,6 | 4,8 |
| 17 | 1,0 | 9,4 | 9,8 | 3,7 | 2,6 | 8,5 | 7,3 | 4,8 | 4,7 | 2,6 | 8,5 | 7,9 |
| 18 | 1,0 | 9,3 | 10,5 | 11,0 | 6,5 | 10,6 | 7,7 | 9,5 | 7 | 1 | 8,6 | 6,2 |
| 19 | 3,1 | 9,4 | 10,5 | 12,3 | 2,8 | 13,6 | -1 | 10,4 | 0,4 | 5,7 | 6,8 | 0,5 |
| 20 | 0,6 | 6,7 | 10,7 | 7,0 | 8,5 | 13,6 | 9,3 | 12,1 | 7 | 4,1 | 2,8 | 0,8 |
| 21 | 0,0 | 9,0 | 10,6 | 2,6 | 12,9 | 13,6 | 11,5 | 11,9 | 7 | 5,2 | 8,4 | 5,5 |
| 22 | 0,3 | 4,5 | 10,7 | 3,6 | 13,2 | 13,7 | 9,8 | 10,6 | 2,5 | 0,5 | 8,5 | 6,2 |
| 23 | 3,8 | 6,3 | 10,8 | 7,2 | 13,0 | 13,1 | 12,8 | 10,3 | 5,1 | 5,1 | 7,5 | 2,5 |
| 24 | 7,1 | 7,7 | 11,0 | 11,3 | 11,8 | 11,3 | 11,8 | 9,6 | 6,9 | 0,2 | 8,3 | 0 |
| 25 | 8,6 | 0,9 | 2,1 | 12,0 | 9,0 | 9,8 | 4,4 | 8,3 | 1,2 | 3,8 | 8,2 | 4,6 |
| 26 | 8,6 | 5,3 | 3,3 | 8,4 | 12,9 | 2,7 | 10,8 | 8,1 | 7,2 | 3,6 | 8,4 | 0 |
| 27 | 0,5 | 9,5 | 7,5 | 5,9 | 9,4 | 6,4 | 10 | 9,1 | 1,9 | 4,5 | 6,6 | 0 |
| 28 | 5,5 | 1,9 | 4,2 | 5,3 | 7,9 | 6,6 | 8,2 | 10,8 | 4 | 5,4 | 8,1 | 0 |
| 29 | 8,3 | | 8,7 | 4,4 | 4,3 | 12,7 | 11,5 | 11,8 | 9,4 | 3,1 | 4 | 1,3 |
| 30 | 8,1 | | 7,2 | 5,3 | 11,0 | 10,7 | 7,7 | 8,5 | 1,7 | 3,6 | 0 | 2,7 |
| 31 | 8,7 | | 10,1 | | 11,3 | | 7,3 | 7,4 | | 0 | | 7,2 |

Tabela 4 – Valores de insolação (décimos de hora) no ano de 2000.

| | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| 1 | -1,0 | 7,7 | 5,9 | 10,1 | 3,5 | 7,1 | 11,8 | 8,9 | 11,4 | 7,9 | 6,9 | 0 |
| 2 | -1,0 | 2,1 | 4,5 | 4,2 | 2,4 | 8,1 | 9,9 | 11,2 | 8,8 | 0,4 | 1,8 | 4,4 |
| 3 | -1,0 | 1,4 | 9,9 | 0,3 | 9,6 | 9,9 | 8,8 | 9,8 | 11,4 | 9,6 | 2,6 | 5,4 |
| 4 | -1,0 | 5,8 | 9,8 | 0,8 | 5,6 | 10,2 | 6,9 | 12,1 | 9,1 | 8,2 | 7,1 | 0 |
| 5 | 0,6 | 8,4 | 9,9 | 5,2 | 3,2 | 8,5 | 11,7 | 12,7 | 11 | 5,9 | 0,6 | 0,2 |
| 6 | 6,5 | 7,8 | 10,0 | 9,8 | 2,5 | 12,7 | 12,2 | 12,5 | 11,1 | 5,8 | 0 | 0,4 |
| 7 | 7,9 | 2,5 | 1,9 | 11,0 | 4,2 | 13,4 | 7,5 | 12,1 | 11,1 | 10 | 4,4 | 0 |
| 8 | -1,0 | 3,3 | 7,4 | 2,8 | 2,1 | 13,4 | 12,6 | 11,6 | 7,7 | 9,9 | 5,2 | -1 |
| 9 | 2,4 | 1,8 | 8,9 | 5,0 | 3,9 | 7,2 | 13,3 | 11,8 | 8,7 | 9,9 | 5,1 | 3 |
| 10 | 8,0 | 2,5 | 9,3 | 8,1 | 3,9 | 10,4 | 12,5 | -1 | 6,8 | 5,5 | 7,1 | 2,5 |
| 11 | 8,1 | 0,1 | 9,6 | 5,8 | 4,6 | 10,7 | 9,9 | 5,8 | 0 | 2,3 | 6,8 | 0 |
| 12 | 7,1 | 6,9 | 6,5 | 6,2 | 7,5 | 9,5 | 13,2 | 7,4 | 8,1 | 0,1 | 8,6 | 5 |
| 13 | 7,7 | 6,1 | 6,0 | 3,5 | 12,4 | 13,5 | 13,2 | 8,9 | 5,3 | 7,3 | 0 | 4,6 |
| 14 | 0,1 | -1,0 | 3,8 | 0,9 | 13,1 | 13,4 | 13,2 | 5,2 | 7,2 | 9,5 | 6,9 | 0,9 |
| 15 | 5,0 | 4,7 | 9,4 | 7,0 | 12,3 | 13,4 | 13 | 10,6 | 9 | 2,1 | 4,7 | 0,9 |
| 16 | -1,0 | 6,7 | 10,3 | 0,9 | 7,1 | 13,4 | 13,2 | 9,6 | 9,8 | 8 | 8,5 | 6,6 |
| 17 | -1,0 | 4,3 | -1,0 | 6,2 | 5,5 | 1,1 | 13,1 | 10 | 10,2 | 8,1 | 2,7 | 0 |
| 18 | 3,7 | 1,9 | 10,3 | 5,8 | 12,5 | 13,3 | 10,6 | 7,3 | 7,8 | 9,4 | 8,4 | 0 |
| 19 | 8,4 | 8,3 | 10,4 | 0,0 | 10,3 | 12,5 | 0 | 8,4 | 6,1 | 4,3 | 1,5 | 0,6 |
| 20 | 8,5 | 6,6 | 10,7 | 3,2 | 9,0 | 4,7 | 8,4 | 8,8 | 4,8 | 3,5 | 0 | 1,5 |
| 21 | 8,5 | 8,7 | 10,4 | 2,6 | 9,3 | 7,6 | 5,8 | 9,8 | 9,5 | 1,2 | 0,7 | 3,8 |
| 22 | 8,5 | 3,0 | 2,1 | 6,4 | 8,3 | 11,3 | 9,8 | 12 | 10,3 | 9,3 | 0 | 0 |
| 23 | 8,4 | 4,8 | 3,1 | 7,6 | 5,7 | 13,2 | 8,6 | 4,5 | 10,3 | 8,7 | 0,5 | 1,5 |
| 24 | -1,0 | 9,0 | 2,8 | 8,6 | 13,2 | 13,4 | 5,3 | 9,5 | 5,1 | 8,8 | 6,4 | 1,2 |
| 25 | 8,7 | 9,2 | 5,6 | 0,0 | 7,3 | 13,4 | 0 | 9,9 | 10,3 | 9 | 0 | 3,4 |
| 26 | 8,5 | 9,6 | 8,1 | 5,2 | 2,0 | 10,0 | -1 | 8,4 | 10,2 | 6,5 | 1,2 | 0,3 |
| 27 | 5,4 | 9,2 | 10,6 | 7,2 | 1,8 | 9,4 | 10,8 | 10,6 | 4,7 | 4,8 | 0,2 | 1,7 |
| 28 | 6,4 | 0,5 | 7,8 | 9,7 | 11,1 | 1,2 | 10,8 | 10,7 | 9,1 | 5,1 | 0 | 3,7 |
| 29 | 6,6 | 0,2 | 11,3 | 1,7 | 0,0 | 7,8 | 13 | 11,4 | 3,2 | 0,3 | 3 | 4,6 |
| 30 | 8,4 | | 8,7 | 1,0 | 7,1 | 11,8 | 10,8 | 4,9 | 6,9 | 7,8 | 6 | 1,8 |
| 31 | 7,9 | | 4,4 | | -1,0 | | 12,8 | 10,8 | | 0,7 | | 2,8 |

Tabela 5 – Valores de precipitação (milímetros por hora) no ano de 2000.

| | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 0.00 | 12.0 | 0.08 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 0.66 | 0.68 | 0.17 | 0.66 | 0.41 |
| 2 | 0.00 | 0.25 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.55 | 0.38 | 0.69 | 0.04 | 0.98 | 0.21 |
| 3 | 0.00 | 0.00 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.24 | 1.47 | 0.00 | 0.04 | 1.23 | 0.31 |
| 4 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.01 | 0.80 | 0.03 | 0.35 | 0.82 |
| 5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | 0.35 | 0.92 | 0.00 | 1.28 | 2.52 |
| 6 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.42 | 1.41 | 0.03 | 1.03 | 0.97 |
| 7 | 0.00 | 0.08 | 0.00 | 0.00 | - | 0.00 | 0.02 | 0.38 | 0.98 | 0.03 | 0.52 | - |
| 8 | 2.79 | 1.42 | 0.00 | 0.00 | - | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 1.36 | 0.01 | 1.81 | - |
| 9 | 0.17 | 1.29 | 0.00 | 0.00 | - | 0.07 | 0.00 | 0.78 | 0.48 | 0.12 | 0.28 | - |
| 10 | - | 1.58 | 0.00 | 0.00 | - | 0.00 | 0.66 | 0.34 | 0.51 | 0.13 | 0.05 | - |
| 11 | - | - | 0.00 | - | - | 0.01 | 0.02 | 0.31 | 0.93 | 1.56 | 0.32 | - |
| 12 | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | - | 0.03 | 0.47 | 0.46 | 0.62 | 0.14 | 1.89 | - |
| 13 | 4.96 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.08 | 0.34 | 0.48 | 1.12 | 0.32 | 0.41 | - |
| 14 | 0.33 | 0.00 | 0.08 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.85 | 0.74 | 1.28 | 0.12 | 0.98 | 0.67 |
| 15 | 7.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.54 | 0.51 | 1.26 | 0.12 | 0.03 | 0.06 |
| 16 | 0.00 | 0.21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.63 | 0.64 | 0.41 | - | 0.05 | 0.60 | 0.01 |
| 17 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.25 | 1.78 | 0.37 | 0.10 | 0.04 | 0.00 |
| 18 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.34 | 0.39 | 0.95 | 0.55 | 0.27 | 0.00 | 0.25 |
| 19 | 0.00 | 0.08 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.53 | 0.59 | 0.75 | 0.91 | 0.39 | 0.02 | 0.03 |
| 20 | 0.00 | 0.08 | 0.08 | 0.00 | 0.00 | 0.12 | 0.50 | 0.68 | 0.61 | 0.40 | 0.12 | 0.55 |
| 21 | 0.00 | 0.08 | 7.33 | 0.00 | 0.00 | 0.48 | 0.24 | 0.52 | 0.73 | 0.01 | 0.21 | 0.23 |
| 22 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.09 | 0.52 | 0.58 | 1.99 | 0.57 | 0.00 | 0.83 | 0.48 |
| 23 | 0.00 | 0.00 | 0.42 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 1.28 | 1.01 | 0.06 | 0.03 | 0.08 | 0.69 |
| 24 | 0.00 | 0.08 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.32 | 3.12 | 0.93 | 0.00 | 0.04 | 1.73 | 0.33 |
| 25 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.17 | 0.46 | 1.03 | 1.23 | 1.76 | 0.03 | 0.12 | 0.52 |
| 26 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.21 | 0.03 | 1.02 | 0.59 | 2.23 | 0.03 | 0.88 | 0.22 |
| 27 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.33 | 0.58 | 0.48 | 0.68 | 0.02 | 0.06 | 0.28 |
| 28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.34 | 0.04 | 0.31 | 1.00 | 3.54 | 0.08 | 0.73 | 0.86 |
| 29 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.03 | 0.00 | 0.87 | 1.27 | 0.00 | 0.53 | 0.60 |
| 30 | 0.00 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.42 | 0.00 | 0.99 | 0.57 | 0.88 | 2.39 | 0.00 |
| 31 | 0.00 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.54 | 1.08 | | 0.23 | | 0.01 |