



RELATÓRIOS CIENTÍFICOS E TÉCNICOS

SÉRIE DIGITAL

ESTUDO DO CRESCIMENTO DE *Solen marginatus*
E DE *Venerupis pullastra* NA RIA DE AVEIRO
BASES CIENTÍFICAS PARA A GESTÃO DESTES RECURSOS

Francisco Maia, Maria Preciosa Sobral, Miguel Gaspar
e Joana Pimenta



2006

34



Os **RELATÓRIOS CIENTÍFICOS E TÉCNICOS DO IPIMAR** destinam-se a uma divulgação rápida de resultados preliminares de carácter científico e técnico, resultantes de actividades de investigação e de desenvolvimento e inovação tecnológica. Esta publicação é aberta à comunidade científica e aos utentes do sector, podendo os trabalhos serem escritos em português, em francês ou em inglês.

A **SÉRIE COOPERAÇÃO** destina-se, primordialmente, à divulgação de trabalhos realizados com países terceiros no âmbito de programas de cooperação.

A **SÉRIE DIGITAL** destina-se a promover uma consulta mais diversificada e expedita dos trabalhos na área da investigação das pescas e do mar.

Edição

IPIMAR
Avenida de Brasília
1449-006 LISBOA
Portugal

Corpo Editorial

Francisco Ruano - Coordenador
Aida Campos
Fátima Cardador
Irineu Batista
Manuela Falcão
Maria José Brogueira
Maria Manuel Martins
Rogélia Martins

Edição Digital

Anabela Farinha/Irineu Batista/Luís Catalan

As instruções para os autores estão disponíveis no “site” do IPIMAR w.w.w.ipimar.pt ou podem ser solicitadas aos membros do Corpo Editorial desta publicação.

Capa

Luís Catalan

ISSN

1645-863X

Todos os direitos reservados.

ESTUDO DO CRESCIMENTO DE *Solen marginatus* E DE *Venerupis pullastra* NA RIA DE AVEIRO. BASES CIENTÍFICAS PARA A GESTÃO DESTES RECURSOS.

Francisco Maia ¹; Maria Preciosa Sobral ¹; Miguel Gaspar ²; Joana Pimenta ¹

¹CRIPC – Centro Regional de Investigação Pesqueira do Centro do INIAP/IPIMAR

²CRIPS – Centro Regional de Investigação Pesqueira do Sul do INIAP/IPIMAR

Recebido em 2006-03-22

Aceite em 2006-10-09

RESUMO

A Ria de Aveiro, localizada na costa norte-ocidental de Portugal, é uma importante zona de exploração de moluscos bivalves. O longueirão (*Solen marginatus*) e a amêijoia-macha (*Venerupis pullastra*) encontram-se, do ponto de vista sócio-económico, entre as espécies mais importantes da Ria. Contudo, a sobrepesca exercida por pescadores profissionais e por pescadores ilegais tem conduzido a uma aparente exaustão dos stocks. Torna-se assim imperativo a implementação de medidas de gestão e de conservação. Neste contexto, estudou-se o crescimento de duas populações de longueirão e de amêijoia-macha da Ria de Aveiro. O crescimento e a idade do longueirão e da amêijoia-macha foram estimados com base na leitura dos anéis externos visíveis na superfície da concha e a partir da análise do padrão da microestrutura interna da mesma (técnica da película de acetato). A técnica da película de acetato apresentou bons resultados para ambas as espécies. As curvas de crescimento de von Bertalanffy estimadas por esta técnica foram as seguintes:

$$\text{longueirão (} \textit{Solen marginatus} \text{)} \quad L_t = 139,9 [1 - e^{-0,30(t+0.03)}]$$

$$\text{amêijoia-macha (} \textit{Venerupis pullastra} \text{)} \quad L_t = 54,3 [1 - e^{-0,29(t+0.30)}]$$

Palavras chave: *Solen marginatus*, *Venerupis pullastra*, bivalves, crescimento, gestão de recursos pesqueiros.

ABSTRACT

Title: Growth Study of *Solen marginatus* and *Venerupis pullastra* in Ria de Aveiro. Scientific Basis for Management Proposals. The Ria de Aveiro, an estuarine lagoon located in the portuguese north-west coast, is an important area of commercial exploitation of bivalves. The grooved razor shell clam (*Solen marginatus*) and the pullet carpet shell clam (*Venerupis pullastra*) are, from an economical point of view, among the most important bivalves species in the lagoon. However, the overfishing of these populations, both by professional and illegal fishermen, has led to an apparent exhaustion of the stocks. Thus, there is an urgent need for the implementation of management and conservation measures. In this context, it was studied the growth of the grooved razor shell and the pullet carpet shell in Ria de Aveiro. Shell growth and age determination of the grooved razor shell and the pullet carpet shell were investigated using both surface growth rings and internal shell microgrowth patterns (by the acetate peel method). The acetate peel method showed good results for both species. The estimated von Bertalanffy growth curves were the following:

$$\text{grooved razor shell (} \textit{Solen marginatus} \text{)} \quad L_t = 139,9 [1 - e^{-0,30(t+0.03)}]$$

$$\text{pullet carpet shell (} \textit{Venerupis pullastra} \text{)} \quad L_t = 54,3 [1 - e^{-0,29(t+0.30)}]$$

Keywords: *Solen marginatus*, *Venerupis pullastra*, bivalves, growth, fisheries management.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MAIA, F.; SOBRAL, M.P.; GASPAR, M.; PIMENTA, J., 2006. Estudo do crescimento de *Solen marginatus* e *Venerupis pullastra* na Ria de Aveiro. Bases científicas para a gestão destes recursos. *Relat. Cient. Téc. IPIMAR, Série digital* (<http://ipimar-iniap.ipimar.pt>) n° 34, 40p. + Anexo

INTRODUÇÃO

Os moluscos bivalves são animais de simetria bilateral providos de uma concha externa, cuja existência facilita a determinação da idade e permite o estudo do crescimento. O estudo do crescimento assume dois aspectos fundamentais: por um lado, a caracterização morfológica da espécie, e por outro, a determinação da relação entre um determinado parâmetro morfométrico (geralmente o comprimento da concha ou o peso do animal) e a idade.

A caracterização morfológica baseia-se fundamentalmente na relação entre as três medidas lineares (comprimento, altura e espessura) e na relação entre o comprimento e o peso. Esta informação permite comparar espécies de diferentes áreas geográficas (determinação de subespécies, variações dentro da mesma espécie, etc.). Desempenha também um papel relevante em modelos de gestão de pescas e na regulamentação do exercício da pesca, quando aplicada em estudos de selectividade das artes (Gaspar, 2002).

A primeira preocupação na gestão racional dos recursos haliêuticos consiste na determinação do ponto de equilíbrio entre a capacidade de crescimento da população explorada e o esforço de pesca exercido pelo Homem. Um dos objectivos do estudo do crescimento é a determinação, com a maior exactidão possível, da relação entre a idade e o parâmetro morfométrico escolhido, e expressá-la por modelos matemáticos de crescimento. Estes modelos traduzem o aumento de peso ou comprimento por unidade de tempo, sendo por isso particularmente úteis em estudos de avaliação de pescarias.

Neste trabalho pretende-se caracterizar morfológicamente *Solen marginatus* (longueirão) e *Venerupis pullastra* (amêijoa-macha) através da determinação das respectivas relações alométricas; estudar a variação sazonal do crescimento para uma das classes de idade; validar a periodicidade de formação dos anéis anuais de crescimento e estabelecer as equações de crescimento linear e ponderal das duas espécies, a partir da observação directa dos anéis anuais visíveis na superfície da concha e a partir dos anéis anuais postos em evidência pela técnica da película de acetato.

MATERIAL E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DAS ESPÉCIES

Relações Alométricas Comprimento/Altura e Comprimento/Espessura

Para estabelecer as relações alométricas comprimento/altura e comprimento/espessura foram utilizados 2100 exemplares de cada espécie com comprimentos que variaram entre os 5,0 mm e 51,7 mm para a amêijoia-macha, e entre os 23,2 mm e 146,0 mm para o longueirão. A amêijoia-macha e o longueirão foram colhidos nos locais de amostragem 1 e 2, respectivamente (Fig. 1).



Figura 1. Localização da área de estudo e do local de recolha de *Venerupis pullastra* (1) e de *Solen marginatus* (2). (A), Portugal; (B), Ria de Aveiro; (C), Canal de Mira.

Utilizaram-se no estudo alométrico as seguintes dimensões: o comprimento (L), maior distância no sentido antero-posterior; a altura (A), distância vertical que separa o umbo do bordo ventral; e a espessura (E), maior distância entre as duas valvas (Fig. 2).

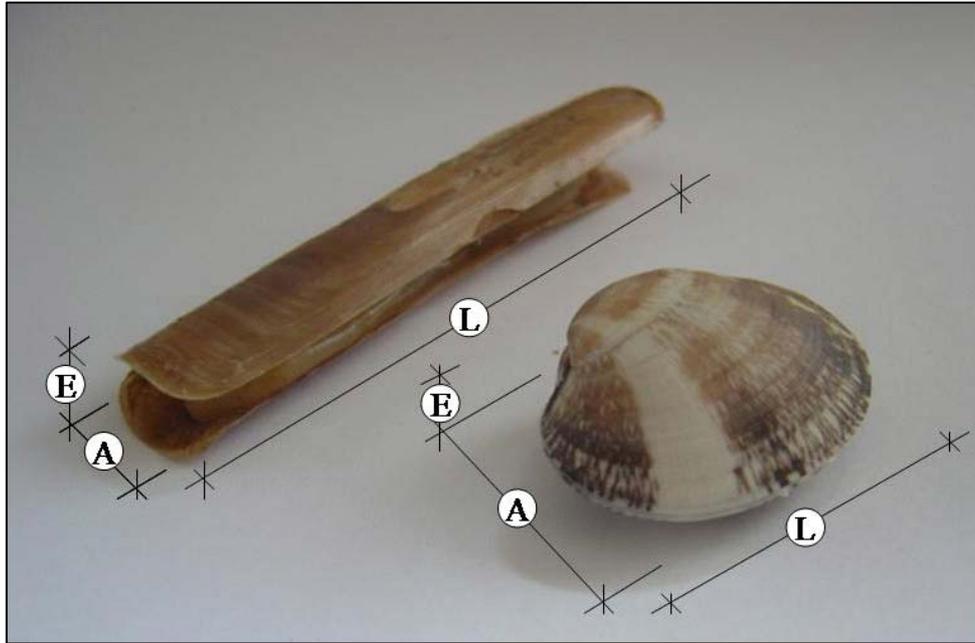


Figura 2. Representação esquemática das dimensões da concha. (L), comprimento; (A), altura; (E), espessura.

A relação entre as diferentes dimensões da concha, comprimento/altura e comprimento/espessura foi expressa por uma equação do tipo exponencial:

$$L=aY^b \quad (1)$$

em que, L corresponde ao comprimento (mm), Y à altura ou espessura (mm) e a e b são os parâmetros de alometria, sendo a o índice inicial de crescimento e b a relação entre as diferentes variáveis e o comprimento (Gaspar, 1996).

O ajuste da equação aos dados observados foi efectuado com o software STATISTICA 6.0. Os parâmetros a e b foram estimados pelo método da iteração progressiva dos mínimos quadrados (método Gauss-Newton). A significância das regressões efectuadas ao longo do trabalho foi avaliada pelo teste F (sendo significativa para $P < 0,05$) (Sokal & Rohlf, 1987).

Quando a relação entre as variáveis L e Y é constante ao longo do tempo, o expoente b é igual a 1 (relação isométrica). Valores de b superiores a 1 mostram que L aumenta mais do que Y (alometria positiva) e valores de b inferiores a 1 indicam o contrário (alometria negativa). Testou-se a significância da diferença de b relativamente ao valor de 1 através do teste t -Student, sendo considerada significativa para $P < 0,05$ (Sokal, *op. cit.*, p. 5).

Relação Alométrica Peso/Comprimento

Na alometria peso/comprimento foram utilizados cerca de 450 indivíduos de cada espécie. O comprimento da concha dos animais variou entre os 26,2 mm e 133,5 mm para o longueirão; e entre os 7,1 mm e 42,2 mm para a amêijoia-macha. Utilizou-se o peso escorrido dos exemplares. Nesta etapa as conchas foram abertas, lavadas com água do mar, deixadas a escorrer por breves minutos sobre papel absorvente e por fim, pesadas numa balança electrónica (Mettler PM 2000) com a precisão de 0,01 g.

Para o estudo da relação entre o peso e o comprimento foi ajustada uma expressão do tipo exponencial aos pontos observados:

$$W=aL^b \quad (2)$$

em que, W representa o peso (g), L o comprimento (mm), a o índice inicial de crescimento e b a relação entre as diferentes variáveis e o peso. O ajuste desta expressão aos pontos observados foi efectuado com o programa STATISTICA 6.0.

Quando o crescimento é isométrico, o peso de um animal é proporcional ao cubo do seu comprimento, a relação entre o peso e o comprimento mantém-se constante ao longo do tempo e o expoente b assume valores próximos de 3. Quando b é superior a 3, diz-se que existe uma alometria positiva entre as duas variáveis, se apresenta valores inferiores a 3, então ocorre uma alometria negativa. Testou-se a significância da diferença de b relativamente ao valor de 3 através do teste t -Student, sendo considerada significativa para $P < 0,05$ (Sokal, *op. cit.*, p. 5).

CRESCIMENTO LINEAR

Consideraram-se dois aspectos no estudo do crescimento linear: o crescimento sazonal, caracterizado pela variação da taxa de crescimento ao longo dos meses do ano e o crescimento anual, definido por uma equação de crescimento capaz de traduzir toda a vida do animal.

Crescimento Sazonal e Validação da Periodicidade dos Anéis de Crescimento

As experiências de marcação-recaptura (Barroso, 1995a; Kesler, 1997; Sejr, 2002; Lomovasky, 2005) e o estudo do crescimento em cativeiro (Vilela, 1941; Camacho, 1980; Urban, 2002; Oshima, 2004) permitem estudar a variação da taxa de crescimento sazonal e validar a periodicidade de formação dos anéis anuais de crescimento. Neste trabalho utilizaram-se as duas metodologias referidas.

O estudo do crescimento da amêijoia-macha foi efectuado em cativeiro. Em Junho de 2004, capturaram-se cerca de 500 exemplares com comprimentos entre os 14,4 mm e 48,5 mm, na estação de amostragem 1 (Fig. 1). De seguida, numeraram-se todos os indivíduos em laboratório com a aplicação de tinta acrílica na concha. Os exemplares marcados foram posteriormente introduzidos numa cesta de rede plástica, utilizada no cultivo de ostra, e colocados num viveiro particular perto do local de amostragem (ver figura 1 em anexo). A experiência não correu da forma esperada porque, em Outubro do mesmo ano, todos os exemplares marcados foram “removidos” por desconhecidos. O desaparecimento dos animais, antes do período de um ano, pôs fim a este estudo.

No caso do longueirão optou-se por uma experiência de marcação-recaptura. Em Julho de 2004, capturaram-se cerca de 250 exemplares com comprimentos entre os 27,2 mm e 132,1 mm, na estação de amostragem 2 (Fig. 1). Para evitar que os ferimentos provocados pela adriça pudessem interferir no crescimento, os animais foram colhidos com sal comum. O processo de marcação foi o descrito anteriormente, e a libertação dos indivíduos marcados ocorreu no local da sua captura. Infelizmente, não se conseguiu recapturar nenhum dos exemplares.

Resolveu-se então aplicar outro método no estudo da variação da taxa de crescimento sazonal e na validação da periodicidade de formação dos anéis anuais de crescimento. Este método,

que consistiu no acompanhamento da evolução do bordo das conchas ao longo do ano, permitiu a consecução destes objectivos.

O crescimento sazonal da amêijoa-macha foi caracterizado através da representação gráfica da diferença entre a altura total do animal e a altura do último anel de crescimento, ou seja, a partir da distância entre o último anel e o bordo ventral da concha. Estas medidas foram posteriormente convertidas em comprimentos pela equação (1). Foram utilizados cerca de 200 exemplares com dois anéis de crescimento, colhidos entre Abril de 2002 e Março de 2003. A época de formação dos anéis anuais de crescimento foi determinada com base nos mesmos indivíduos tendo sido calculada para o efeito, a percentagem mensal daqueles que apresentavam o último anel de crescimento a menos de 1 mm do bordo ventral da concha.

No caso do longueirão, o crescimento sazonal foi descrito a partir da diferença entre o comprimento total da concha e o comprimento do último anel. Estudaram-se cerca de 180 exemplares com dois anéis de crescimento, capturados entre Setembro de 2002 e Agosto de 2003. A época de formação dos anéis anuais de crescimento foi determinada através do cálculo mensal da percentagem dos exemplares que apresentavam o último anel de crescimento a menos de 5 mm do bordo da concha.

Crescimento Anual

Determinação da idade

O crescimento da amêijoa-macha e do longueirão foi estudado a partir de uma amostra de cada espécie colhidas no Canal de Mira em Abril e Junho de 2002, respectivamente. Os dados de idade/comprimento, obtidos pela leitura dos anéis anuais de crescimento, provêm das medidas de retorno de cada animal. Assim, foram utilizados 20 exemplares de longueirão e 30 exemplares de amêijoa-macha representativos das classes etárias mais velhas das populações, tendo sido escolhidos os indivíduos que apresentavam os anéis mais nítidos e desprezados aqueles cujos anéis eram de difícil interpretação.

Na determinação da idade aplicaram-se dois métodos de análise: a leitura dos anéis anuais externos visíveis na superfície da concha e a leitura dos anéis internos pela técnica da película de acetato. As curvas de crescimento obtidas foram posteriormente comparadas.

A técnica da película de acetato permite a determinação da idade através da análise de micro-anéis de crescimento da concha dos bivalves. O exame microscópico destas estruturas só é possível após uma série de etapas:

Preparação da concha

Após a extracção dos animais com o auxílio de um bisturi, as conchas dos bivalves foram bem lavadas em água corrente, de forma a garantir a total remoção dos tecidos.

Inclusão em resina

A inclusão da valva em resina permite a execução do corte sem provocar a sua fractura. Depois de secas, as valvas foram colocadas em moldes próprios e, para facilitar o corte, orientadas segundo uma determinada posição. A inclusão fez-se numa mistura de resina e endurecedor (BUEHLER-EPOPLAST) na proporção de 2:1. Na homogeneização da mistura deve evitar-se a formação de bolhas de ar, pois estas podem dificultar a leitura dos anéis de crescimento.

Corte ou seccionamento

Após a secagem da resina, os blocos foram desenhados e cortados num torno com uma serra manual de arco. O corte da concha foi orientado de forma a intersectar os incrementos de crescimento em ângulos rectos e segundo o eixo de máximo crescimento que passa pelo umbo. Assim, o corte da valva do longueirão foi efectuado no sentido antero-posterior e o da amêijoa-macha no sentido dorso-ventral (Fig. 3).



Figura 3. Orientação do corte efectuado na concha do longueirão e da amêijoa-macha.

Alisamento

Nesta etapa foram eliminados da superfície de corte todos os riscos efectuados durante o seccionamento do bloco. Utilizaram-se para o efeito lixas de água com granulometrias progressivamente mais finas: 180, 360, 500, 600, 1000, 1200 e 2000.

Polimento

Este procedimento permite uma perfeita adesão entre a película de acetato e a superfície do bloco onde está a concha. A superfície foi polida com um pano embebido num polidor de metais (Coração) até adquirir um brilho vítreo.

Revelação

A microestrutura da concha foi revelada por imersão das secções polidas numa solução aquosa de HCl 0,01 M. Para cada espécie existe um tempo óptimo de exposição ao ácido que está relacionado com a composição mineralógica e o estado de conservação da concha dos bivalves. Dado que um tempo de imersão demasiado prolongado pode danificar a concha, foi necessário experimentar diversos tempos até se encontrar o mais conveniente. Assim, determinou-se um tempo de imersão de 30 minutos para o longueirão e de 20 minutos para a amêijoa-macha.

Lavagem e secagem

O ácido foi removido da secção polida através da imersão dos blocos em água, durante cerca de 10 minutos. Depois de lavados foram postos a secar à temperatura ambiente. Durante estas operações deve evitar-se o contacto com a superfície polida para não a danificar.

Aplicação da película de acetato

Nesta última operação a película de acetato (G255 Replication Material da Agar Scientific) foi mergulhada em acetato de etilo durante cerca de 10 segundos e aplicada sobre a concha. Depois de seca (cerca de 15 minutos), a película com a réplica da concha foi removida do bloco e montada entre uma lâmina e uma lamela. Após a montagem, as preparações foram observadas ao microscópio óptico ZEISS Axioskop 2 plus.

Uma vez identificados os anéis anuais de crescimento na película de acetato, mediu-se a distância entre o umbo e cada anel com uma craveira (Fig. 4). Dado que as distâncias medidas não correspondem ao comprimento dos animais, houve necessidade de converter estes valores através da equação (1). Para o efeito foram utilizados 601 exemplares de longueirão e 867 exemplares de amêijoa-macha, com comprimentos entre os 26,4 e 147,3 mm, e entre os 5,0 e 49,7 mm, respectivamente.

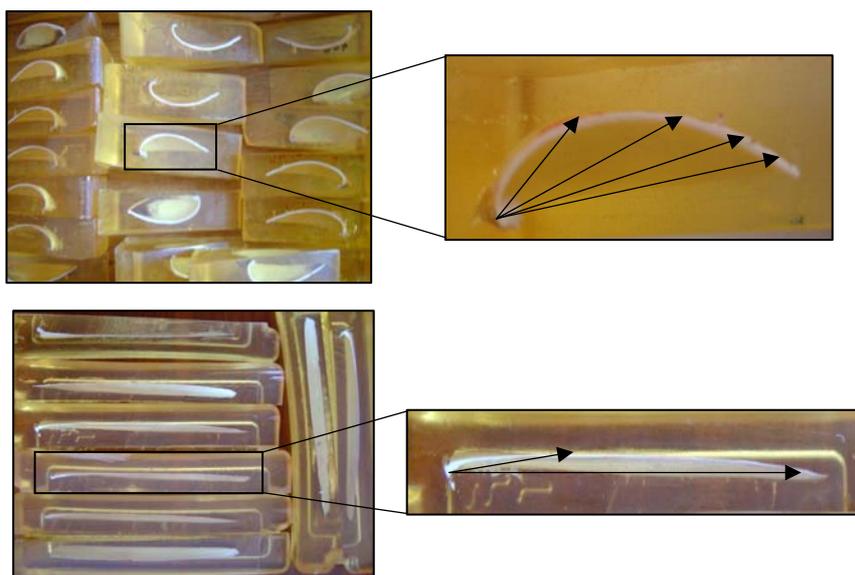


Figura 4. Indicação da forma como foram medidos os anéis anuais nas conchas de amêijoa-macha e de longueirão.

Com os dados obtidos construíram-se as “chaves idade-comprimento” e estabeleceram-se as respectivas equações de crescimento para a amêijoa-macha e para o longueirão. Neste estudo, consideraram-se os exemplares que exibiam 1 anel como tendo a idade 0^+ , os que apresentavam 2 como 1^+ e assim, sucessivamente.

Equações de crescimento

O crescimento das duas espécies foi descrito pela equação de von Bertalanffy (1938) (3). Este modelo matemático tem sido frequentemente aplicado com sucesso no crescimento de organismos aquáticos e foi equacionado a partir de conceitos fisiológicos, isto é, o crescimento foi considerado como a resultante da acção simultânea de processos anabólicos

(proporcionais à superfície de absorção do organismo) e catabólicos (proporcionais à sua massa).

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}] \quad (3)$$

em que, L_t (expresso em mm) é o comprimento na idade t ; L_∞ é o crescimento assintótico (mm), representa o comprimento máximo que um organismo pode teoricamente atingir, se lhe for permitido crescer por tempo indeterminado; k é o coeficiente de crescimento de Brody, determina a forma como o comprimento evolui ao longo do tempo (ano^{-1}); e t_0 é a idade teórica em que o comprimento é zero (expressa em anos).

Neste estudo os parâmetros (L_∞ , k e t_0) da equação de von Bertalanffy foram determinados através de métodos de estimativa linear (diagrama de Ford-Walford e método de Beverton & Holt), também designados por métodos gráficos, nos quais se procede à transformação da equação de von Bertalanffy numa equação de uma recta, e se determinam os referidos parâmetros directamente a partir de gráficos ou através de análise de regressão linear (Barroso, 1995b).

CRESCIMENTO PONDERAL

A equação de crescimento ponderal de von Bertalanffy foi determinada pela conversão da equação de crescimento em comprimento numa equação de crescimento em peso. A partir da relação alométrica entre estas duas variáveis (peso e comprimento) é possível representar a equação de crescimento ponderal em termos do comprimento:

$$W_t = a L_\infty^b [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b \quad (4)$$

em que, W_t (expresso em g) é o peso na idade t ; $W_\infty (= a L_\infty^b)$ é o peso assintótico (g), representa o peso máximo que o organismo pode teoricamente atingir, se lhe for permitido crescer por tempo indeterminado; k é o coeficiente de crescimento de Brody, determina a forma como o peso evolui ao longo do tempo (ano^{-1}); t_0 é a idade em que o peso é teoricamente nulo (expressa em anos); e b o coeficiente de alometria da relação peso-comprimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DAS ESPÉCIES

Relações Alométricas Comprimento/Altura e Comprimento/Espessura

A tabela 1 mostra as equações alométricas, determinadas para o longueirão e para a amêijoa-macha, que indicam a relação entre as dimensões comprimento/altura e comprimento/espessura. Nas figuras 5 e 6 representam-se graficamente estas relações e também a variação do comprimento com a altura e a espessura.

Da apreciação dos resultados apresentados na tabela 1 podemos verificar que no longueirão se estabelece uma alometria positiva entre o comprimento e a altura ($b = 1,13$; $t = 25,483$; $P < 0,001$) e entre o comprimento e a espessura ($b = 1,01$; $t = 2,100$; $P < 0,05$), o que significa que ao longo do tempo o crescimento em comprimento é significativamente maior do que o crescimento em altura e em espessura.

Na amêijoa-macha sucede o oposto, observando-se uma alometria negativa tanto na relação comprimento/altura ($b = 0,94$; $t = -15,673$; $P < 0,001$) como na relação comprimento/espessura ($b = 0,87$; $t = -30,353$; $P < 0,001$), o que indica que, com a idade, a concha tende a crescer mais em altura e em espessura do que em comprimento.

Tabela 1. Equações e caracterização das relações alométricas comprimento/altura (L/A) e comprimento/espessura (L/E), com indicação da significância do desvio de b relativamente ao valor de 1 (isometria), obtida através do teste t -Student.

ESPÉCIE	RELAÇÃO ALOMÉTRICA	EQUAÇÃO ALOMÉTRICA	ERRO PADRÃO DE b	t -STUDENT (t)	SIGNIFICÂNCIA (P)	TIPO DE RELAÇÃO
<i>SOLEN MARGINATUS</i>	L/A	$L = 4,35 A^{1,13}$	0,005	25,483	$P < 0,001$	Alometria +
	L/E	$L = 8,22 E^{1,01}$	0,006	2,100	$P < 0,05$	Alometria +
<i>VENERUPIS PULLASTRA</i>	L/A	$L = 1,84 A^{0,94}$	0,004	- 15,673	$P < 0,001$	Alometria -
	L/E	$L = 3,10 E^{0,87}$	0,004	- 30,353	$P < 0,001$	Alometria -

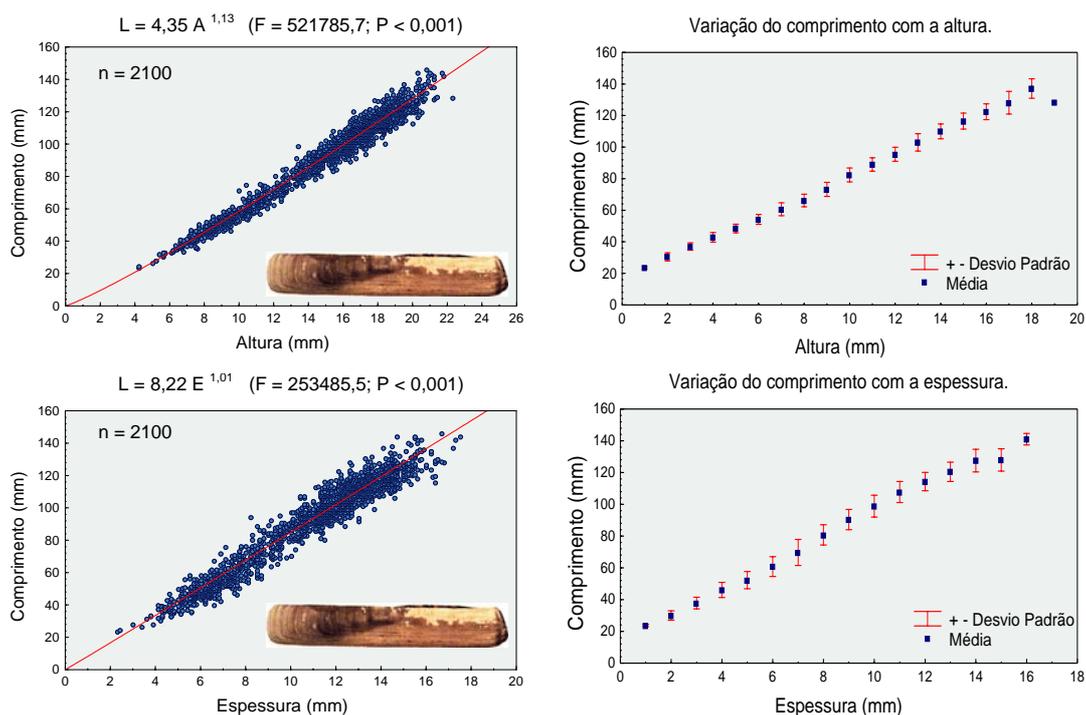


Figura 5. *Solen marginatus*. Representação gráfica das relações alométricas comprimento/altura (L/A) e comprimento/espessura (L/E) com indicação da significância da regressão e representação gráfica da variação do comprimento com a altura e com a espessura.

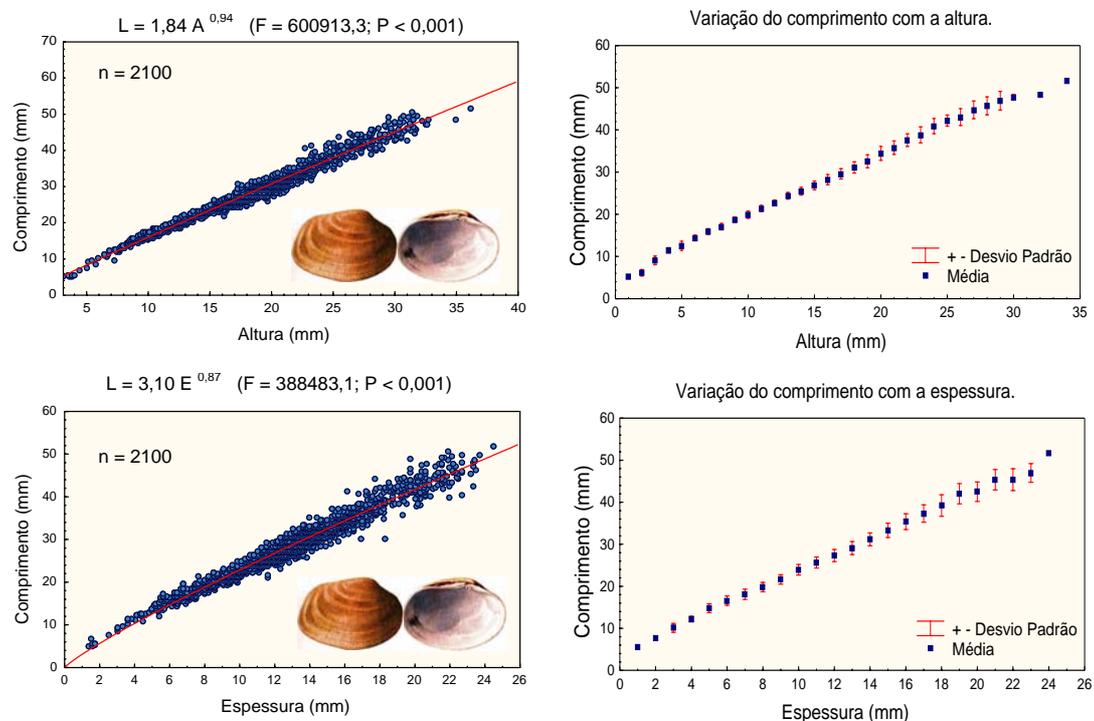


Figura 6. *Venerupis pullastra*. Representação gráfica das relações alométricas comprimento/altura (L/A) e comprimento/espessura (L/E) com indicação da significância da regressão e representação gráfica da variação do comprimento com a altura e com a espessura.

Relação Alométrica Peso/Comprimento

Na tabela 2 apresentam-se as equações alométricas que traduzem a relação entre o peso e o comprimento (W/L) das duas espécies estudadas. Nas figuras 7 e 8 encontram-se representadas graficamente estas equações.

Os resultados obtidos para a relação peso/comprimento do longueirão indicam que, com a idade, o comprimento aumenta relativamente mais do que o peso, observando-se uma alometria negativa ($b = 2,57$; $t = -10,642$; $P < 0,001$) entre estas duas variáveis. Na amêijoamacha a relação peso/comprimento é isométrica ($b = 2,97$; $t = -0,752$; $P > 0,05$), o que significa que o peso e o comprimento do animal aumentam proporcionalmente ao longo do tempo.

Tabela 2. Equações e caracterização da relação alométrica peso/comprimento (W/L), com indicação da significância do desvio de b relativamente ao valor de 3 (isometria), obtida através do teste t -Student.

ESPÉCIE	RELAÇÃO ALOMÉTRICA	EQUAÇÃO ALOMÉTRICA	ERRO PADRÃO DE b	t -STUDENT (t)	SIGNIFICÂNCIA (P)	TIPO DE RELAÇÃO
<i>SOLEN MARGINATUS</i>	W/L	$W = 0,0001 L^{2,57}$	0,041	- 10,642	$P < 0,001$	Alometria -
<i>VENERUPIS PULLASTRA</i>	W/L	$W = 0,0002 L^{2,97}$	0,035	- 0,752	$P > 0,05$	Isometria

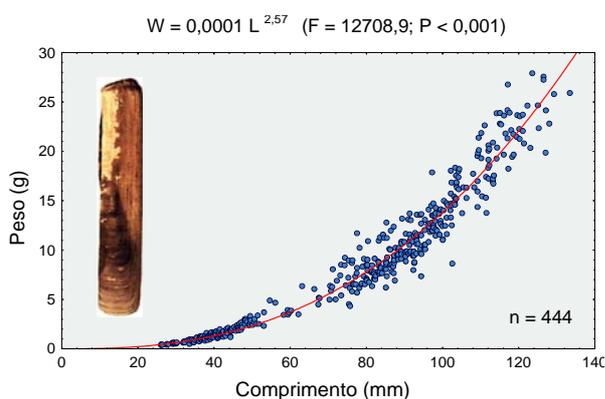


Figura 7. *Solen marginatus*. Representação gráfica da relação alométrica peso/comprimento (W/L) com indicação da significância da regressão.

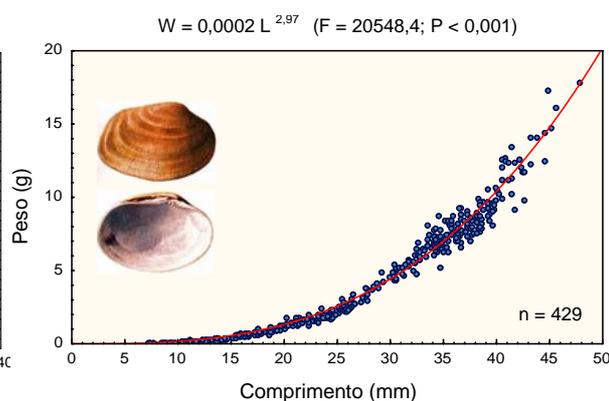


Figura 8. *Venerupis pullastra*. Representação gráfica da relação alométrica peso/comprimento (W/L) com indicação da significância da regressão.

CRESCIMENTO LINEAR

Crescimento Sazonal e Validação da Periodicidade dos Anéis de Crescimento

A variação sazonal do crescimento da concha do longueirão e da amêijoia-macha para indivíduos com dois anéis de crescimento encontra-se representada graficamente nas figuras 9 e 10, respectivamente. Para ambas as espécies, observam-se nitidamente dois períodos de crescimento diferenciados. Para *Solen marginatus* existe um período de crescimento quase nulo que decorre durante todo o Outono e parte do Inverno, e um período de crescimento que tem início no Inverno (em Janeiro/ Fevereiro) e se prolonga até Setembro. Para *Venerupis pullastra* o crescimento ocorre entre Novembro e Junho, sendo praticamente nulo entre Julho e Outubro.

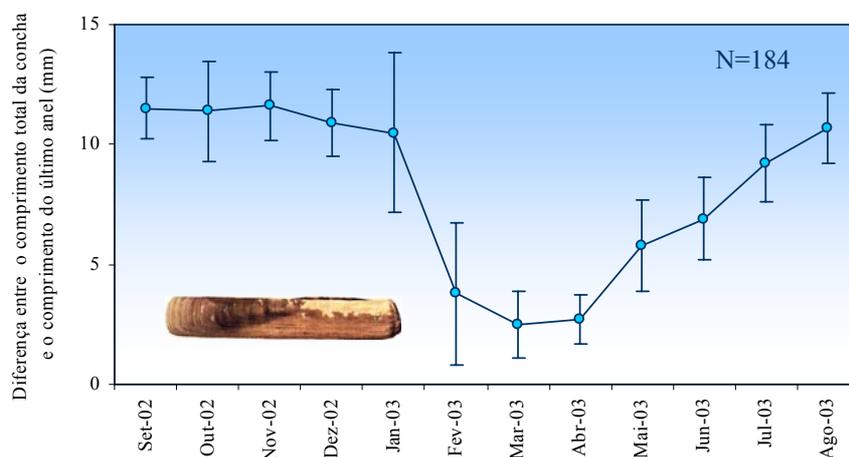


Figura 9. *Solen marginatus*. Variação sazonal do crescimento dos exemplares com dois anéis anuais de crescimento. No gráfico está indicado ± 1 desvio padrão.

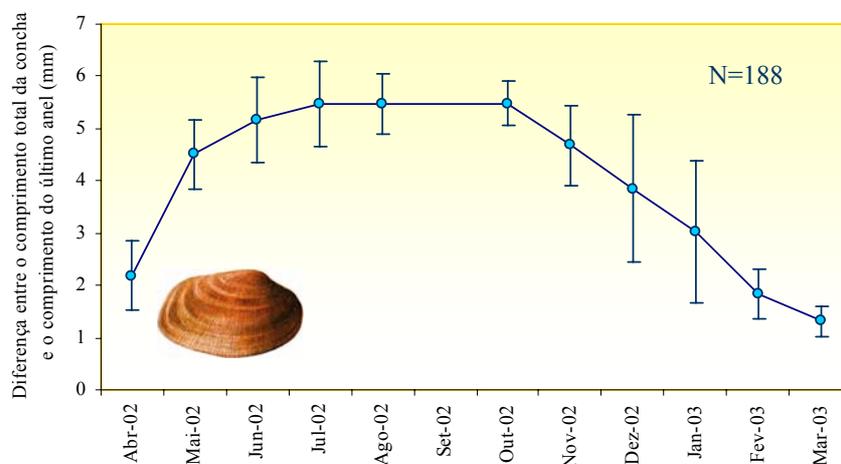


Figura 10. *Venerupis pullastra*. Variação sazonal do crescimento dos exemplares com dois anéis anuais de crescimento. No gráfico está indicado ± 1 desvio padrão.

O acompanhamento da evolução do bordo das conchas com dois anéis ao longo do ano permitiu validar a periodicidade de formação dos anéis anuais de crescimento. Nas figuras 11 e 12 pode ser observada a representação gráfica da época de formação dos anéis anuais de crescimento do longueirão e da amêijoia-macha, respectivamente. Pela análise da figura 11, é possível observar o aparecimento dos anéis anuais de crescimento no longueirão durante o Inverno e a Primavera, principalmente entre Janeiro e Fevereiro. Resultados idênticos foram obtidos por Santos *et al.* (1986). A formação dos anéis anuais de crescimento desta espécie é notória em Abril, altura em que 100% dos exemplares apresentam o anel anual a menos de 5 mm do bordo da concha. Na amêijoia-macha, a formação do anel anual de crescimento iniciase em Novembro e prolonga-se até à Primavera, apresentando-se formado em todos os indivíduos no mês de Março (Fig. 12). Camacho (1980) observou o começo da deposição do anel no início da Primavera, ou seja, mais tardiamente do que no presente estudo.

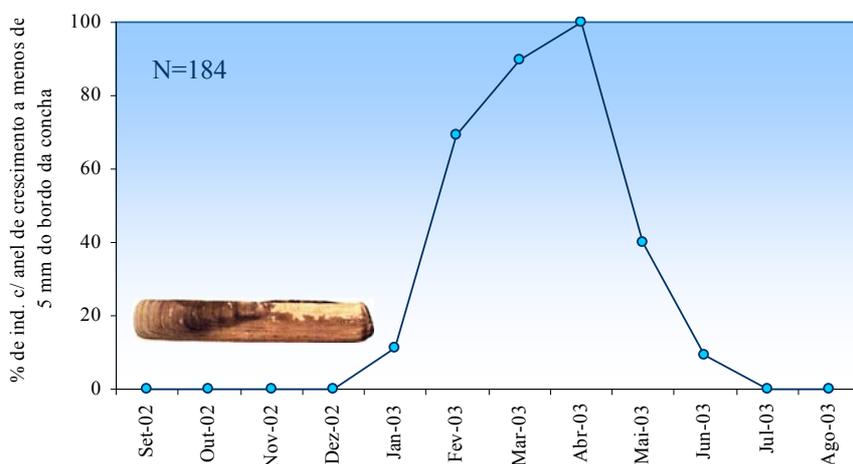


Figura 11. *Solen marginatus*. Variação sazonal do número de indivíduos que apresentam o último anel anual de crescimento a menos de 5 mm do bordo da concha.

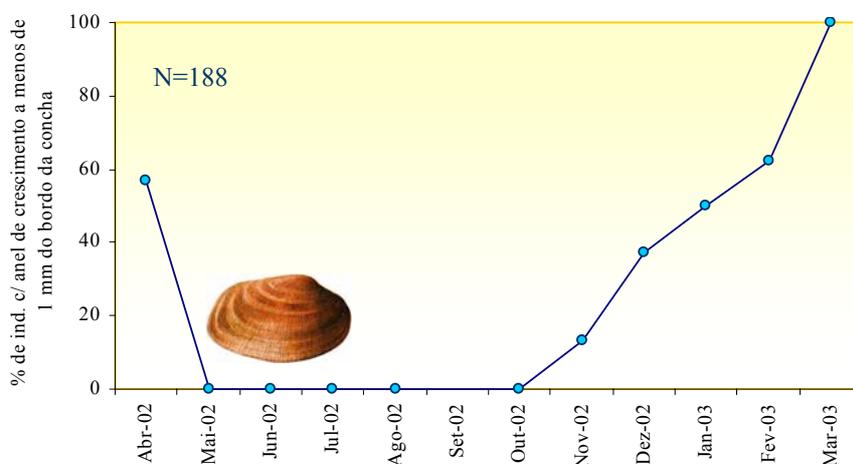


Figura 12. *Venerupis pullastra*. Variação sazonal do número de indivíduos que apresentam o último anel anual de crescimento a menos de 1 mm do bordo da concha.

Crescimento Anual

Determinação da idade

A concha dos moluscos bivalves apresenta, na sua superfície externa, anéis conspícuos e estrias concêntricas representativas do crescimento. Os anéis anuais formam-se devido a um processo de crescimento descontínuo da concha, ou seja, resultam de uma redução ou paragem do crescimento, seguida por uma fase de crescimento mais acelerado (Barroso, 1995a). Estas variações na taxa de crescimento podem ser provocadas por factores de ocorrência periódica ou ocasional.

Os verdadeiros anéis anuais de crescimento, de ocorrência periódica, são geralmente formados por: (i) flutuações sazonais da disponibilidade alimentar e dos parâmetros físico-químicos da água (Grant, 1996; Urutia, 1999; Pilditch, 1999; Marsden, 2004); (ii) alterações graduais do estado fisiológico dos animais, principalmente as relacionadas com a reprodução (durante este período a maior parte da energia acumulada é empregue na maturação e emissão de gâmetas) (Barroso, 1995b; Dame, 1996; Gaspar, 1996).

Podem ainda formar-se outros anéis (falsos anéis anuais) que não se enquadram no padrão normal de crescimento e que são provocados por factores de ocorrência ocasional: (i) alterações súbitas dos parâmetros físico-químicos da água devido a ciclones ou outros fenómenos naturais (Grassé, 1960; King, 1995); e (ii) doença, predação ou traumatismos causados por artes de pesca (Ramon, 1992; Gaspar, 1994; Ramsay, 2000; Kaiser, 2000).

A determinação da idade nos moluscos bivalves com base na leitura directa de anéis visíveis na superfície da concha pode conduzir a uma estimação errada da idade. Estes erros estão frequentemente associados à: incapacidade de distinção entre os falsos e os verdadeiros anéis anuais de crescimento; dificuldade na leitura dos primeiros anéis anuais, devido à erosão da concha; impossibilidade de distinguir os últimos anéis anuais em espécies de grande longevidade, dada a tendência para a sobreposição dos anéis de crescimento com a idade; e pouca perceptibilidade dos anéis anuais de crescimento em determinadas espécies. A análise da microestrutura da concha dos bivalves (micro-anéis) permite, em muitos casos, ultrapassar estes problemas. Esta microestrutura pode ser observada ao microscópio óptico a partir de réplicas em acetato de cortes transversais das valvas ou do umbo (Richardson, 1993; Gaspar, 1995; Cerrato, 2000).

Os micro-anéis apresentam um padrão característico que possibilita a identificação dos verdadeiros anéis anuais de crescimento. Cada anel anual, geralmente associado a uma fissura na superfície da concha, é antecedido por uma série de micro-anéis com uma espessura sucessivamente menor e com um ângulo de formação em relação à superfície externa da concha, progressivamente maior. A seguir a cada anel anual o sistema inverte-se, ou seja, ocorre um aumento gradual da espessura dos micro-anéis e uma diminuição do seu ângulo de formação (Barroso, 1995a). Por seu lado, os falsos anéis anuais, embora também associados a uma fissura na superfície externa da concha, são caracterizados pela súbita interrupção do padrão normal de deposição dos micro-anéis de crescimento.

A partir da leitura dos anéis anuais externos visíveis na superfície da concha do longueirão e da amêijoa-macha, determinaram-se as respectivas “chaves idade-comprimento” (Tab. 3 e 4).

Tabela 3. *Solen marginatus*. “Chave idade-comprimento” elaborada com base nas medidas dos anéis de crescimento externos visíveis na superfície da concha de 20 indivíduos com comprimentos compreendidos entre 111,0 e 135,0 mm colhidos no mês de Junho de 2002.

IDADE	0 ⁺	1 ⁺	2 ⁺	3 ⁺	4 ⁺	5 ⁺
COMPRIMENTO MÉDIO (mm)	36,5	61,6	83,3	98,8	109,2	118,8
DESVIO PADRÃO	7,0	6,8	7,6	5,1	3,2	3,6

Tabela 4. *Venerupis pullastra*. “Chave idade-comprimento” elaborada com base nas medidas dos anéis de crescimento externos visíveis na superfície da concha de 30 indivíduos com comprimentos compreendidos entre 41,1 e 50,6 mm colhidos no mês de Abril de 2002.

IDADE	0 ⁺	1 ⁺	2 ⁺	3 ⁺	4 ⁺
COMPRIMENTO MÉDIO (mm)	18,1	28,4	32,9	37,3	41,0
DESVIO PADRÃO	2,6	1,8	1,5	1,3	1,5

A análise microscópica do padrão de deposição dos micro-anéis de crescimento, observado nas réplicas em acetato das mesmas conchas do longueirão (Fig. 13) e da amêijoa-macha (Fig. 14), permitiu identificar os anéis anuais de crescimento. De facto, constatou-se que cada anel

anual é antecedido por uma sequência de micro-anéis de espessura sucessivamente menor e seguido de uma sequência de micro-anéis de espessura sucessivamente maior.

Verificou-se também, que o ângulo dos micro-anéis em relação à superfície externa da concha é progressivamente maior durante o abrandamento da taxa de crescimento e progressivamente menor durante a aceleração da mesma. Este ângulo é mais acentuado na amêijoia-macha do que no longueirão. Nas duas espécies estudadas o anel anual de crescimento encontra-se associado a uma fissura na superfície da concha.

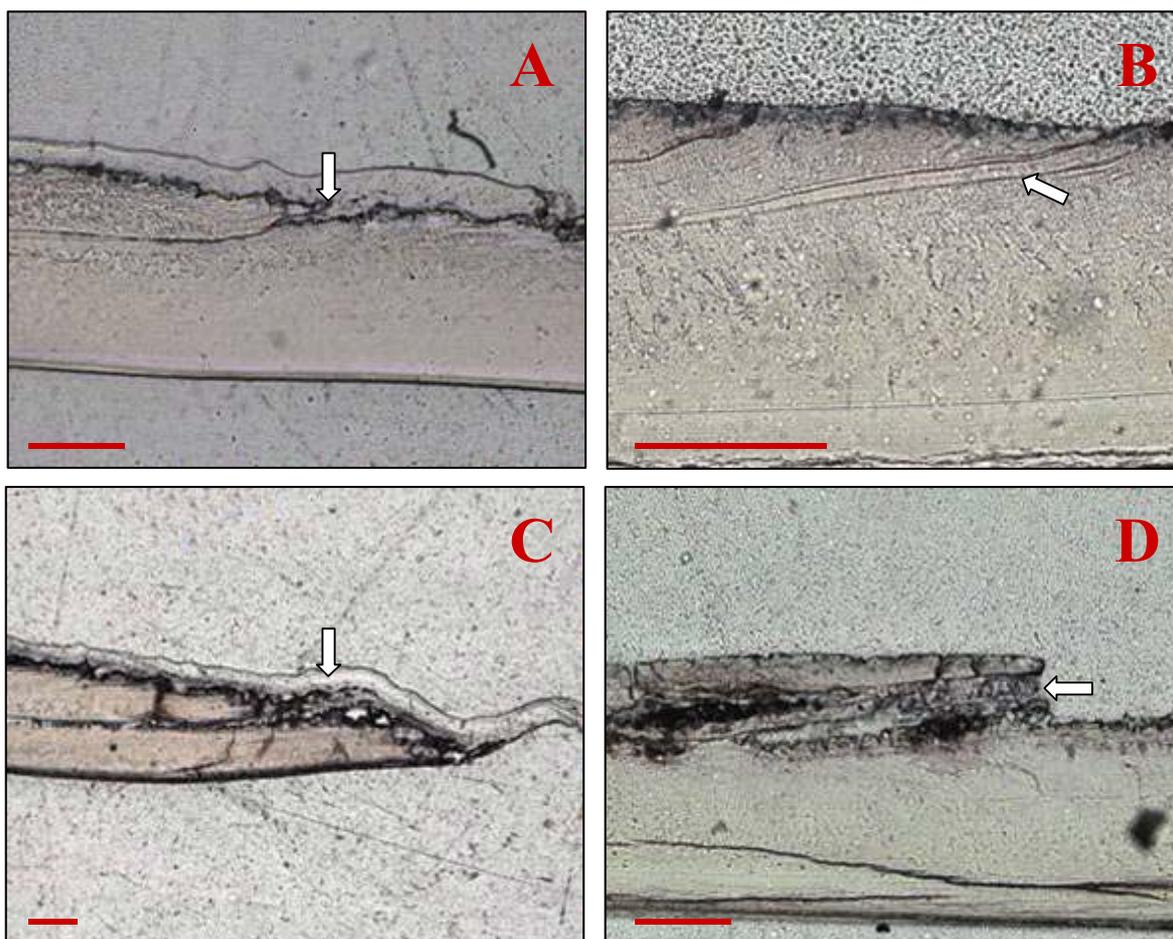


Figura 13. Microfotografias de réplicas em acetato da concha de *Solen marginatus*. A – Formação do anel anual (associado a uma fissura na superfície da concha); B – Micro-anéis de crescimento; C – Formação do último anel anual de crescimento no bordo da concha; D – Falso anel. Pode constatar-se a súbita interrupção do padrão normal de deposição dos micro-anéis de crescimento e a inclusão de grãos de areia na matriz da concha. Barras de escala: 200 μm .

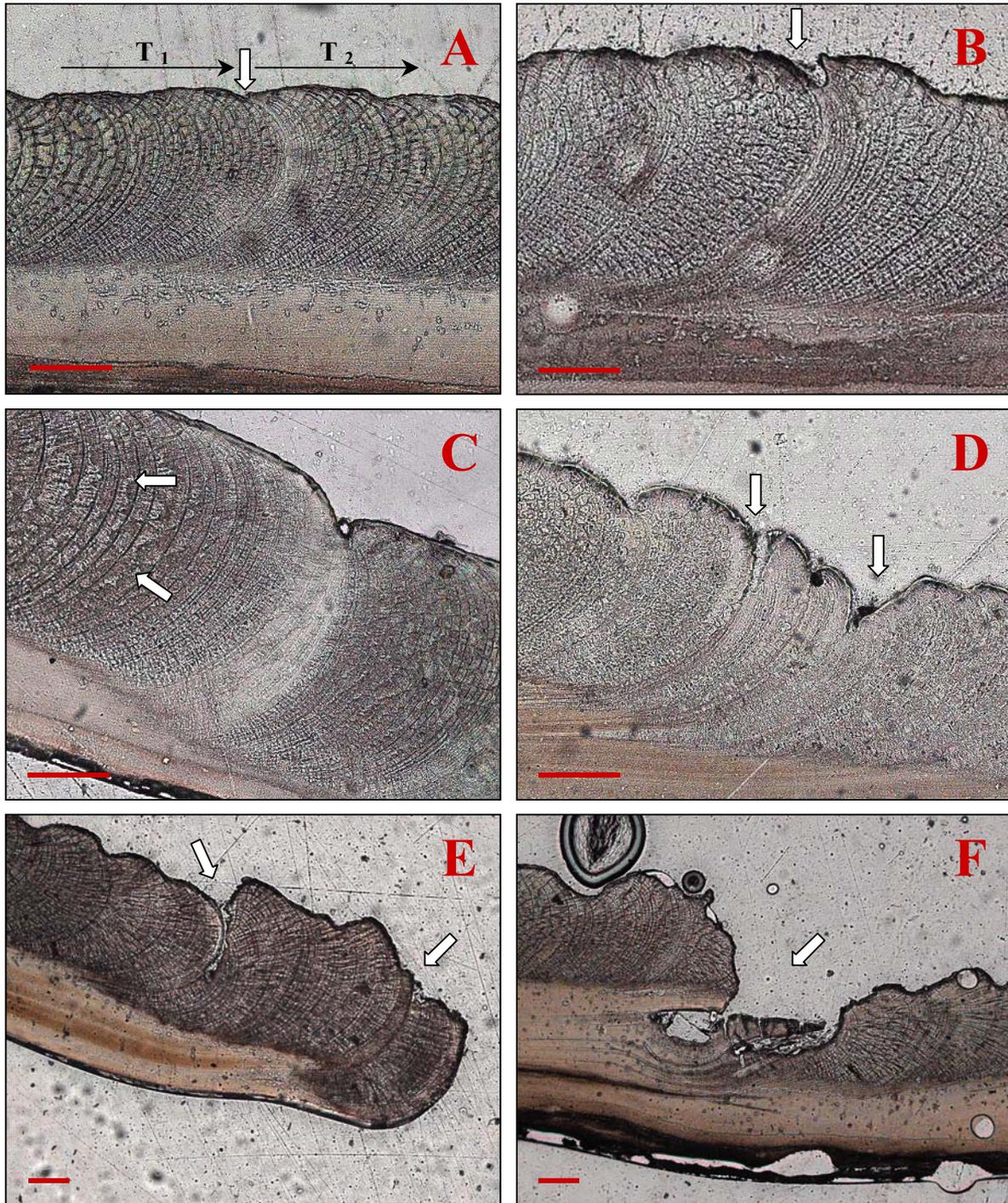


Figura 14. Microfotografias de réplicas em acetato da concha de *Venerupis pullastra*. A – Anel anual, (T_1) zona de abrandamento da taxa de crescimento e (T_2) zona de aceleração da taxa de crescimento; B – Formação do anel anual; C – Micro-anéis de crescimento; D – Ocasionalmente podem surgir duas fissuras durante a formação do anel anual de crescimento; E – Formação de anéis anuais perto do bordo da concha; F – Falso anel. Constata-se a súbita interrupção do padrão normal de deposição dos micro-anéis de crescimento. Barras de escala: 200 μm .

Uma vez identificados os anéis anuais de crescimento do longueirão e da amêijoia-macha, converteram-se as distâncias entre o umbo e cada anel (medidas segundo o plano de corte D-D') nos respectivos comprimentos. Nas figuras 15 e 16 encontram-se representadas graficamente estas relações.

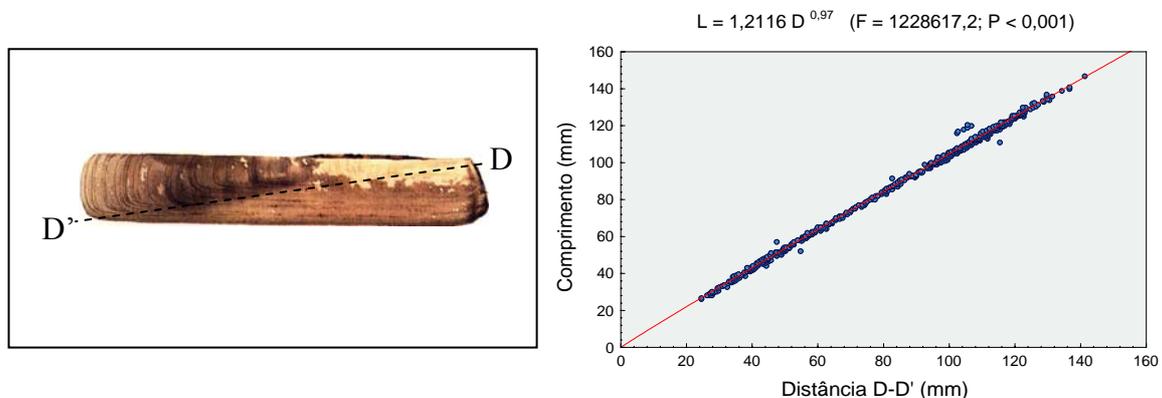


Figura 15. *Solen marginatus*. Representação gráfica da relação alométrica comprimento/distância D-D' (L/D).

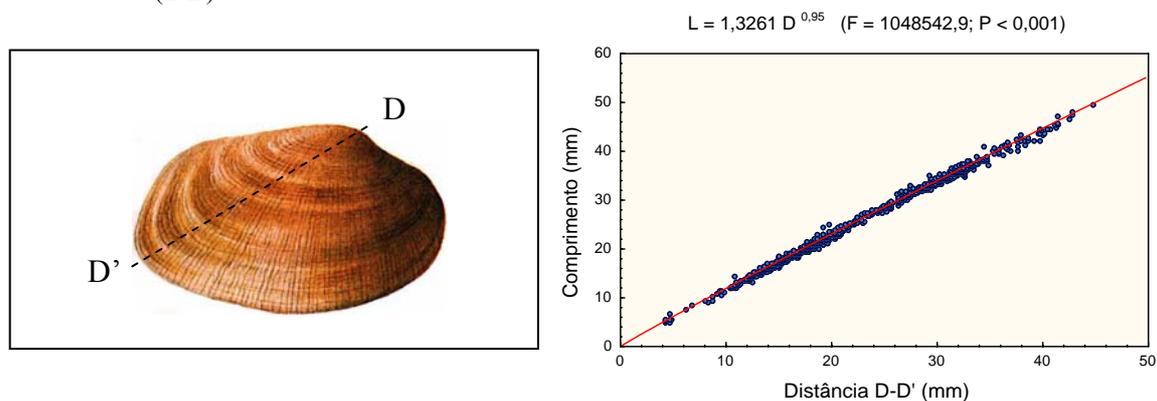


Figura 16. *Venerupis pullastra*. Representação gráfica da relação alométrica comprimento/distância D-D' (L/D).

Com os dados obtidos determinaram-se as “chaves idade-comprimento” para o longueirão (Tab. 5) e para a amêijoia-macha (Tab. 6).

Tabela 5. *Solen marginatus*. “Chave idade-comprimento” elaborada a partir dos anéis de crescimento observados em réplicas em acetato de cortes transversais da concha para os mesmos indivíduos referidos na tabela 3.

IDADE	0 ⁺	1 ⁺	2 ⁺	3 ⁺	4 ⁺	5 ⁺	6 ⁺	7 ⁺
COMPRIMENTO MÉDIO (mm)	36,4	62,1	84,7	100,4	109,9	117,3	122,8	127,6
DESVIO PADRÃO	5,9	8,9	7,9	5,8	5,9	5,4	3,9	4,8

Tabela 6. *Venerupis pullastra*. “Chave idade-comprimento” elaborada a partir dos anéis de crescimento observados em réplicas em acetato de cortes transversais da concha para os mesmos indivíduos referidos na tabela 4.

IDADE	0 ⁺	1 ⁺	2 ⁺	3 ⁺	4 ⁺
COMPRIMENTO MÉDIO (mm)	17,3	26,7	33,4	39,0	42,7
DESVIO PADRÃO	2,6	2,5	2,4	2,7	2,5

Equações de crescimento

Para ajustar as equações de von Bertalanffy aos dados das “chaves idade-comprimento” obtidos a partir dos anéis externos visíveis na superfície da concha (Tab. 3 e Tab. 4) e dos anéis observados na estrutura interna da mesma (Tab. 5 e Tab. 6), foi necessário estimar os parâmetros L_{∞} , k e t_0 . Neste estudo utilizaram-se métodos gráficos, nomeadamente o diagrama de Ford-Walford e o método de Beverton & Holt.

O diagrama de Ford-Walford foi usado para estimar o parâmetro L_{∞} . Nas figuras 17 e 18 apresentam-se os valores de L_{∞} determinados com base na leitura dos anéis visíveis na superfície da concha do longueirão e da amêijoa-macha, respectivamente.

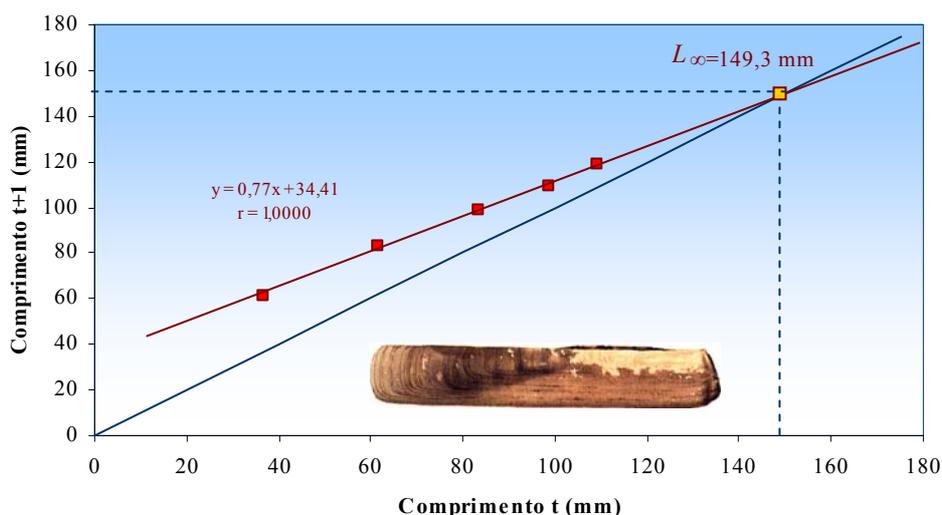


Figura 17. *Solen marginatus*. Estimativa do parâmetro L_{∞} pelo diagrama de Ford – Walford, com base na leitura dos anéis visíveis na superfície da concha ($F = 1277,0$; $P < 0,001$).

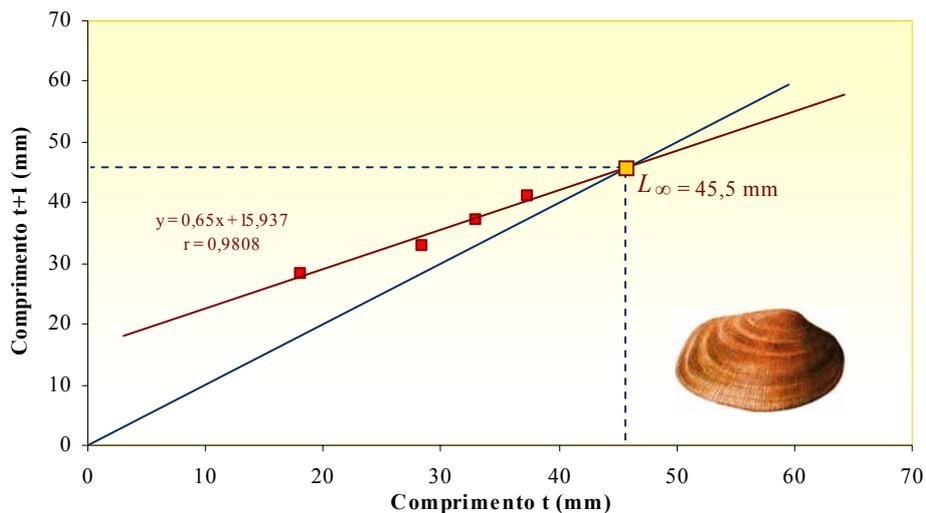


Figura 18. *Venerupis pullastra*. Estimativa do parâmetro L_{∞} pelo diagrama de Ford – Walford, com base na leitura dos anéis visíveis na superfície da concha ($F = 50,5$; $P < 0,05$).

Depois de calculado o valor de L_{∞} , estimaram-se os restantes parâmetros da equação de von Bertalanffy pelo método de Beverton & Holt. Nas figuras 19 e 20 encontram-se representados graficamente os valores de k e t_0 para o longueirão e para a amêijoia-macha, respectivamente.

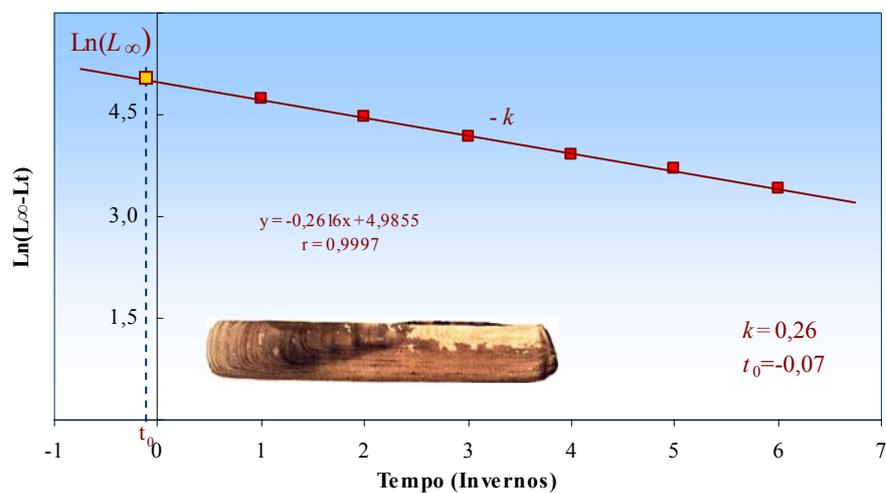


Figura 19. *Solen marginatus*. Estimativa dos parâmetros k e t_0 pelo método de Beverton & Holt, com base na leitura dos anéis visíveis na superfície da concha ($F = 6393,4$; $P < 0,001$).

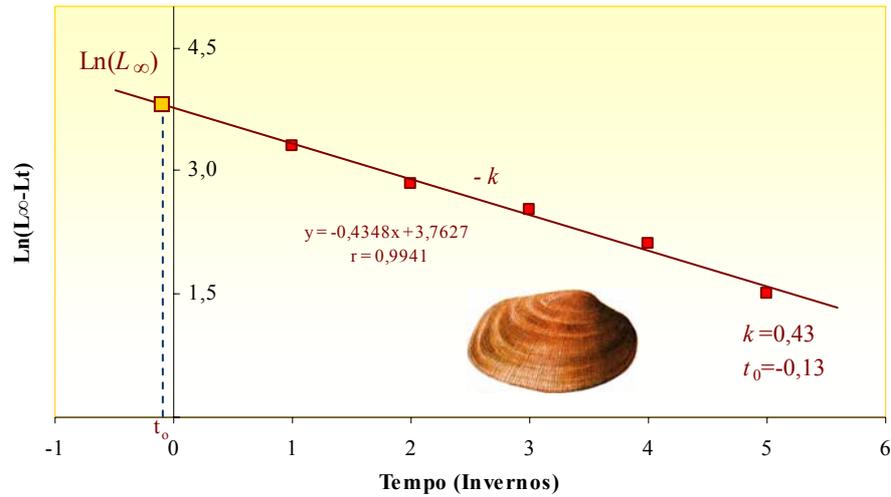


Figura 20. *Venerupis pullastra*. Estimativa dos parâmetros k e t_0 pelo método de Beverton & Holt, com base na leitura dos anéis visíveis na superfície da concha ($F = 251,3$; $P < 0,001$).

Com a substituição dos valores de L_∞ , k e t_0 na equação de von Bertalanffy obtiveram-se as equações de crescimento do longueirão (5) e da amêijoia-macha (6):

$$L_t = 149,3 [1 - e^{-0,26(t+0,07)}] \quad (5)$$

$$L_t = 45,5 [1 - e^{-0,43(t+0,13)}] \quad (6)$$

em que, L_t (expresso em mm) representa o comprimento da concha na idade t .

As figuras 21 e 22 representam as curvas de crescimento de von Bertalanffy definidas pelas equações 5 e 6, respectivamente. Pela análise das figuras verifica-se que existe um bom ajustamento da equação de von Bertalanffy aos dados da “chave idade-comprimento” do longueirão e da amêijoia-macha, dado que os pontos observados se ajustam e por vezes se sobrepõem às curvas teóricas estimadas. Observa-se também, para cada uma das espécies, uma assíntota em $Y = 149,3$ mm e em $Y = 45,5$ mm que correspondem aos valores de L_∞ e representam o comprimento máximo médio que a concha do longueirão e da amêijoia-macha pode teoricamente atingir, se lhes for permitido crescer por tempo indeterminado.

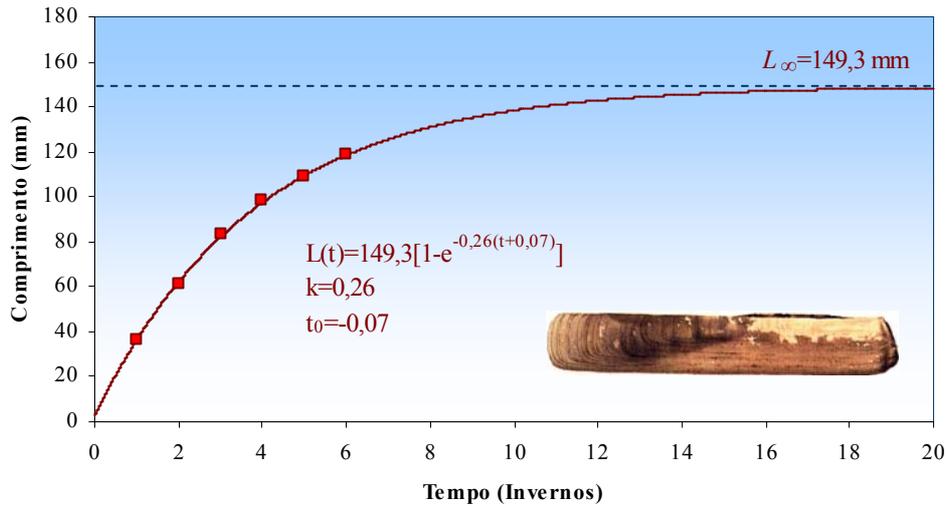


Figura 21. *Solen marginatus*. Curva de crescimento em comprimento de von Bertalanffy, ajustada aos pontos definidos pela “chave idade-comprimento” determinada pela leitura dos anéis externos visíveis na superfície da concha.

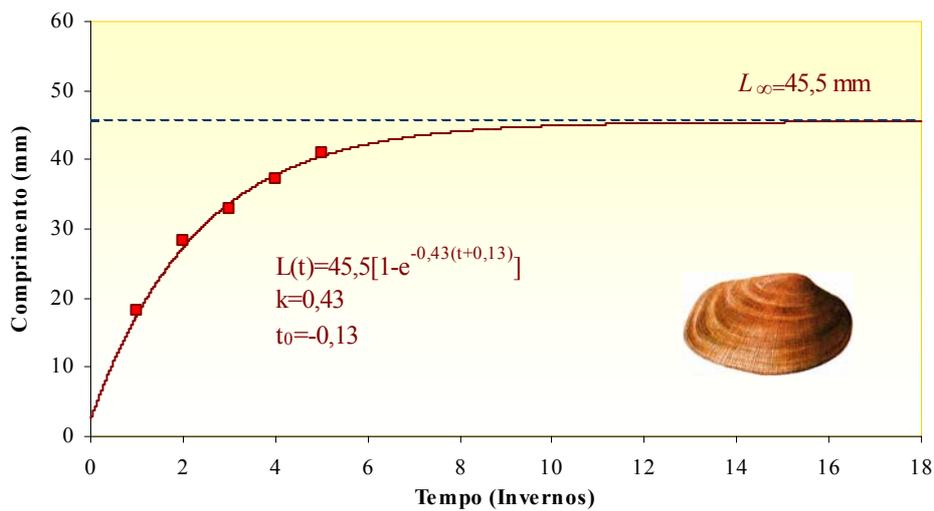


Figura 22. *Venerupis pullastra*. Curva de crescimento em comprimento de von Bertalanffy, ajustada aos pontos definidos pela “chave idade-comprimento” determinada pela leitura dos anéis externos visíveis na superfície da concha.

Com base na “chave idade-comprimento” obtida para cada uma das espécies a partir dos anéis de crescimento observados nas películas de acetato foram determinadas as equações de crescimento linear de von Bertalanffy. O parâmetro L_{∞} foi estimado graficamente pelo diagrama de Ford-Walford, tendo-se obtido para o longueirão e para a amêijoia-macha os valores de $L_{\infty} = 139,9 \text{ mm}$ (Fig. 23) e de $L_{\infty} = 54,3 \text{ mm}$ (Fig. 24), respectivamente.

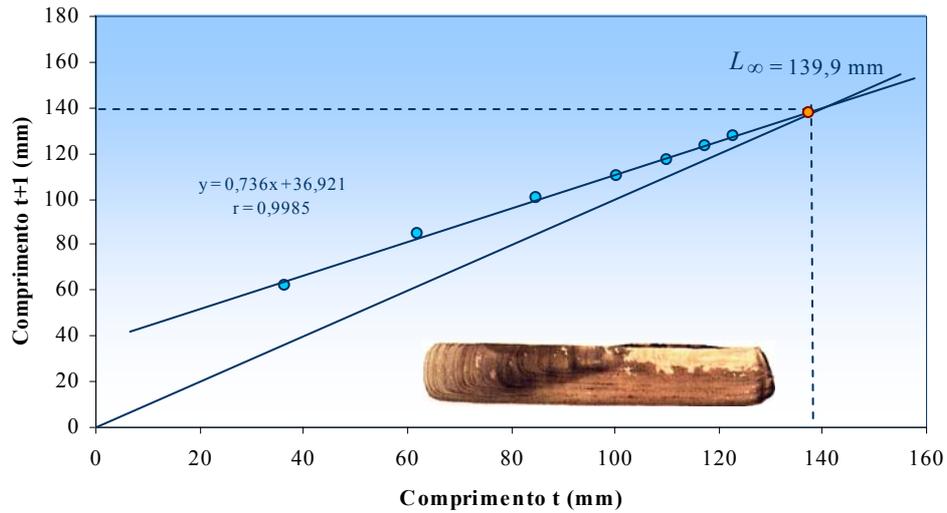


Figura 23. *Solen marginatus*. Estimativa do parâmetro L_{∞} pelo diagrama de Ford – Walford, com base na leitura dos anéis internos da concha observados nas películas de acetato ($F = 1696,5$; $P < 0,001$).

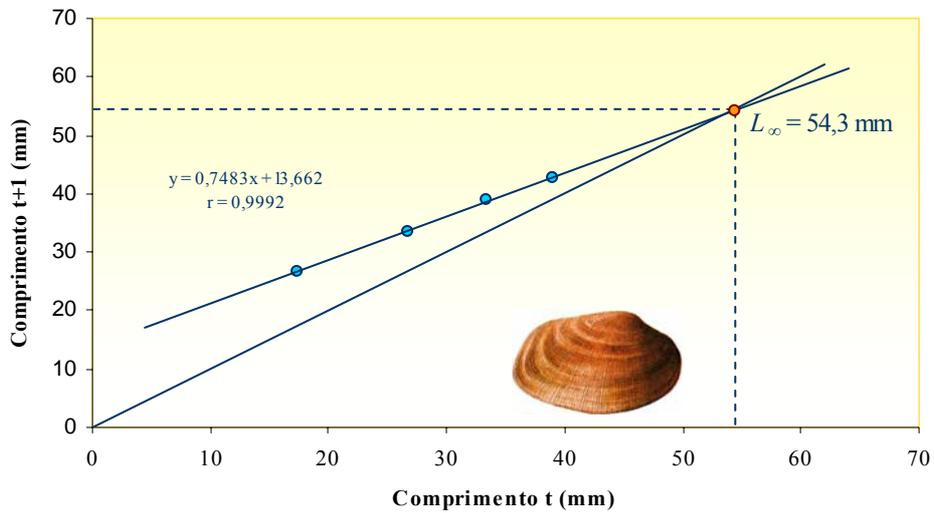


Figura 24. *Venerupis pullastra*. Estimativa do parâmetro L_{∞} pelo diagrama de Ford – Walford, com base na leitura dos anéis internos da concha observados nas películas de acetato ($F = 1374,9$; $P < 0,001$).

A partir dos valores de L_{∞} calculados para o longueirão e para a amêijoia-macha foram estimados os parâmetros k e t_0 pelo método de Beverton & Holt. Estes valores encontram-se representados graficamente nas figuras 25 e 26.

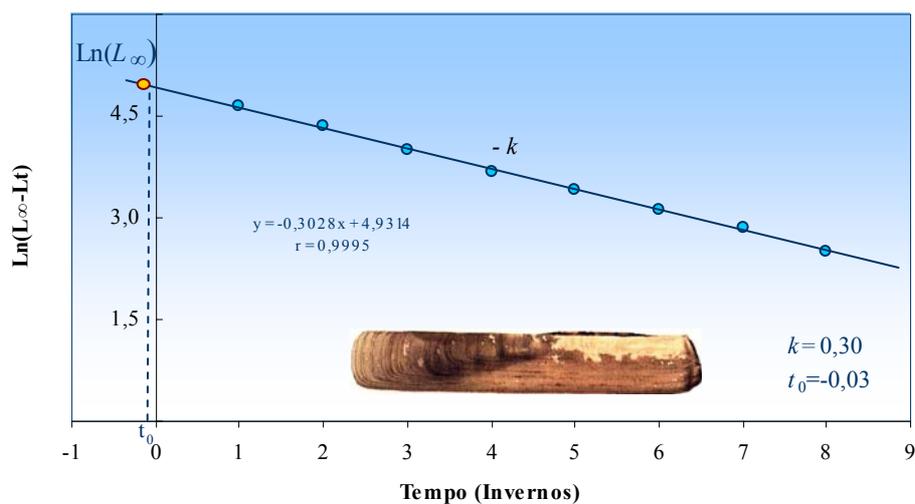


Figura 25. *Solen marginatus*. Estimativa dos parâmetros k e t_0 pelo método de Beverton & Holt, com base na leitura dos anéis internos da concha observados nas películas de acetato ($F = 5768,8$; $P < 0,001$).

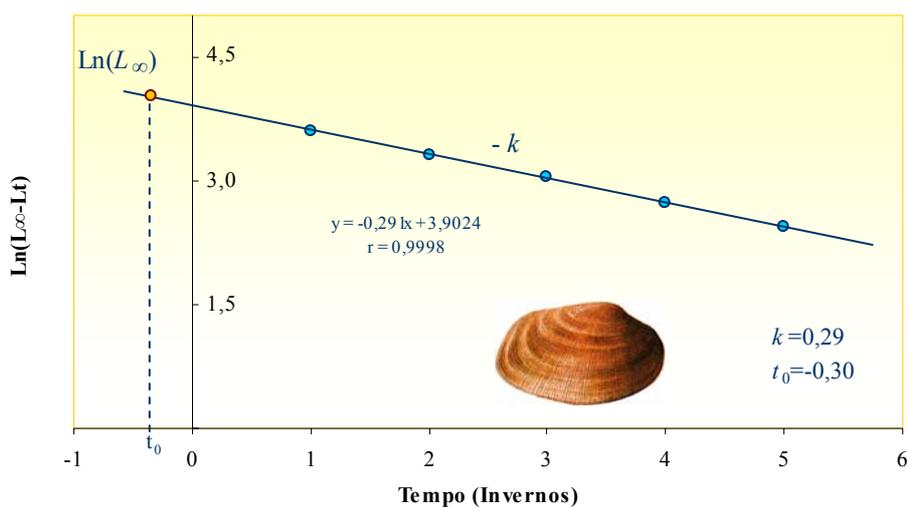


Figura 26. *Venerupis pullastra*. Estimativa dos parâmetros k e t_0 pelo método de Beverton & Holt, com base na leitura dos anéis internos da concha observados nas películas de acetato ($F = 10622,3$; $P < 0,001$).

Substituindo os valores de L_∞ , k e t_0 na equação de von Bertalanffy, obtém-se as equações de crescimento do longueirão (7) e da amêijoa-macha (8):

$$L_t = 139,9 [1 - e^{-0,30(t+0,03)}] \quad (7)$$

$$L_t = 54,3 [1 - e^{-0,29(t+0,30)}] \quad (8)$$

em que, L_t (expresso em mm) representa o comprimento da concha na idade t . As curvas de von Bertalanffy definidas pelas equações de crescimento do longueirão e da amêijoia-macha estão representadas nas figuras 27 e 28, respectivamente. Pela análise das figuras verifica-se que existe um bom ajustamento da equação de von Bertalanffy aos dados da “chave idade-comprimento” determinada para cada uma das espécies, dado que os pontos observados se sobrepõem às curvas teóricas estimadas com base na leitura dos anéis internos da concha.

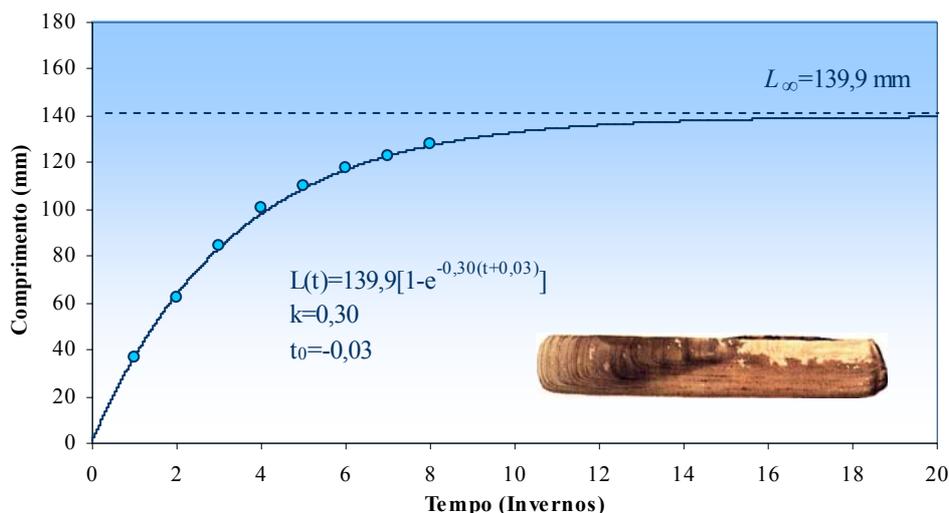


Figura 27. *Solen marginatus*. Curva de crescimento em comprimento de von Bertalanffy, ajustada aos pontos definidos pela “chave idade-comprimento” determinada pela leitura dos anéis internos da concha observados nas películas de acetato.

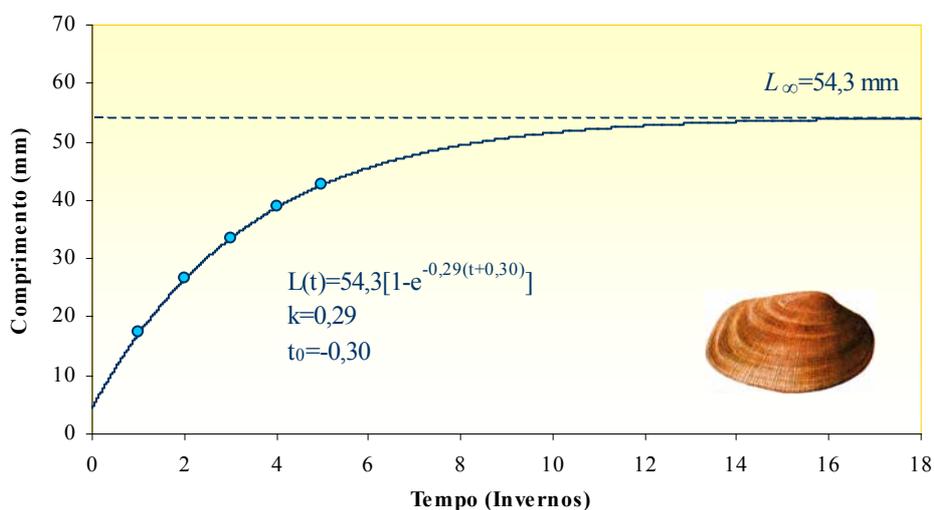


Figura 28. *Venerupis pullastra*. Curva de crescimento em comprimento de von Bertalanffy, ajustada aos pontos definidos pela “chave idade-comprimento” determinada pela leitura dos anéis internos da concha observados nas películas de acetato.

Na figura 29 apresentam-se as curvas de crescimento do longueirão estimadas pelos dois métodos. Verifica-se que o método da leitura dos anéis externos visíveis na superfície da concha subestima a idade. Na prática, constatou-se que este método não permite, ao contrário da técnica da película de acetato, distinguir os últimos anéis de crescimento do longueirão que se encontram sobrepostos no bordo da concha. No caso da amêijoia-macha não há subestimação da idade, observando-se apenas ligeiras diferenças no comprimento médio determinado para as diferentes idades (Fig. 30).

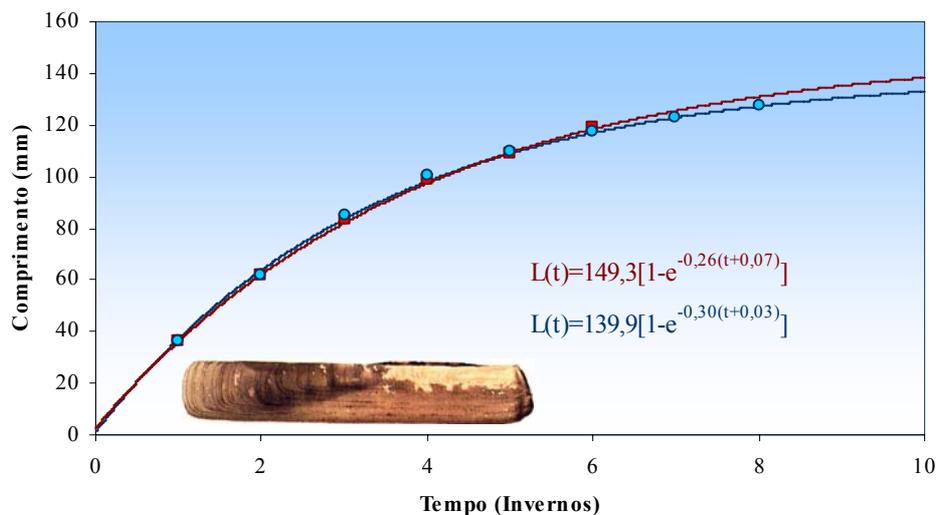


Figura 29. *Solen marginatus*. Curvas de crescimento em comprimento de von Bertalanffy determinadas a partir da leitura dos anéis internos da concha visíveis nas películas de acetato (●) e dos anéis externos visíveis na superfície da concha (■).

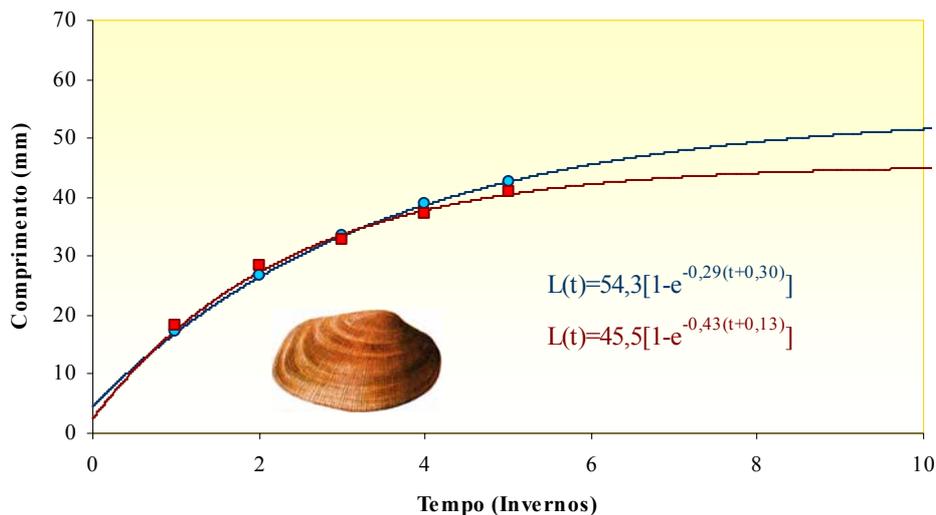


Figura 30. *Venerupis pullastra*. Curvas de crescimento em comprimento de von Bertalanffy determinadas a partir da leitura dos anéis internos da concha visíveis nas películas de acetato (●) e dos anéis externos visíveis na superfície da concha (■).

Dado que a técnica da película de acetato é mais precisa na determinação da idade do longueirão do que a técnica da leitura dos anéis externos na superfície da concha aconselha-se a sua utilização para estimar os parâmetros de crescimento desta espécie. No caso da amêijoamacha sugere-se a utilização do método tradicional da contagem dos anéis anuais visíveis na superfície da concha por ser um método simples e rápido, e apresentar resultados muito semelhantes aos da técnica da película de acetato.

Na figura 31 apresentam-se os parâmetros do crescimento da amêijoamacha estimados com base nos anéis externos da concha por diversos autores. Ao comparar os nossos resultados com os de Johannessen (1973), verifica-se que esta espécie apresenta um comprimento máximo teórico inferior ao valor encontrado por este autor ($L_{\infty} = 45,50$ mm e $L_{\infty} = 49,80$ mm, respectivamente) e um coeficiente de crescimento superior ($k = 0,43$ e $k = 0,27$, respectivamente). Estes resultados podem ser explicados pela diferente distribuição geográfica das populações estudadas. De facto, é praticamente consensual que dentro da mesma espécie, os bivalves de latitudes mais baixas apresentam um metabolismo rápido, relacionado com temperaturas e condições favoráveis, que origina coeficientes de crescimento elevados, e os de latitudes mais altas apresentam um metabolismo mais lento, associado às baixas temperaturas, que condiciona os coeficientes de crescimento e aumenta o comprimento máximo dos indivíduos (Grassé, 1960; Gimazane, 1971; Dame, 1996; Gaspar, 1996). No que respeita à comparação entre os nossos resultados e os dos restantes autores (Fig. 31), constata-se que são aproximadamente da mesma ordem de grandeza, exceptuando o estudo de Camacho (1980) que apresenta um coeficiente de crescimento ($k = 0,55$) e um comprimento máximo teórico ($L_{\infty} = 58,96$ mm) superiores. Estes resultados poderão estar associados a uma maior disponibilidade alimentar na Ria de Arosa.



Figura 31. *Venerupis pullastra*. Síntese dos parâmetros de crescimento obtidos por diversos autores em diferentes áreas geográficas.

No que diz respeito ao longueirão, apenas foi encontrado um estudo sobre o seu crescimento. Santos *et al.* (1986) estudaram o crescimento desta espécie na Ria Formosa e verificaram que o comprimento máximo atingido foi de 100,1 mm (Fig. 32). Este valor, substancialmente inferior aos por nós obtidos, pode ser segundo aqueles autores causado por um marisqueio demasiado intenso e por uma inadequada gestão desta espécie nos bancos naturais da Ria Formosa.



L_{∞} (mm)	K	Área geográfica	Referência
139,90	0,30	1 - Ria de Aveiro, Portugal	Presente estudo*
149,30	0,26	1 - Ria de Aveiro, Portugal	Presente estudo**
100,10	?	2 - Ria Formosa, Portugal	Santos <i>et al.</i> , 1986**

Figura 32. *Solen marginatus*. Síntese dos parâmetros de crescimento obtidos por diversos autores em diferentes áreas geográficas. * Técnica da película de acetato; ** Leitura de anéis externos.

CRESCIMENTO PONDERAL

Combinando as equações alométricas que traduzem a relação entre o peso e o comprimento do longueirão ($W = 0,0001L^{2,57}$) e da amêijoia-macha ($W = 0,0002L^{2,97}$) com as equações de crescimento em comprimento de von Bertalanffy determinadas pelos dois métodos de estimação de idade, obtiveram-se as respectivas equações de crescimento ponderal (Fig. 33 e 34). Assim, observa-se para o longueirão e para a amêijoia-macha um peso assintótico (W_{∞}) de 38,7 g e de 15,3 g quando estimado com base nos anéis externos da concha, e de 32,7 g e de 25,8 g quando estimado pela técnica da película de acetato. Estes valores simbolizam o peso máximo que as espécies podem atingir se lhes for permitido crescer por tempo indeterminado.

No estudo de Santos *et al.* (1986) o crescimento ponderal do longueirão não foi determinado com base no seu peso fresco, pelo que não nos foi possível comparar os resultados. Relativamente à amêijoia-macha, Camacho (1980) determinou um peso assintótico de 44,8 g, notoriamente superior aos nossos. Os dados determinados por este autor permitem confirmar o pressuposto de que a um maior crescimento linear corresponde um maior crescimento em peso.

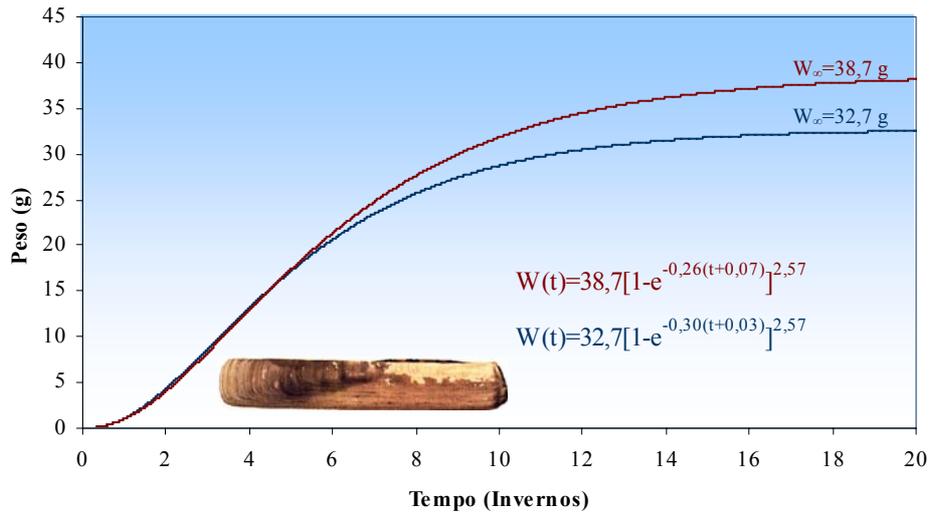


Figura 33. *Solen marginatus*. Curvas de crescimento ponderal de von Bertalanffy determinadas a partir da leitura dos anéis internos da concha visíveis nas películas de acetato (-) e dos anéis externos visíveis na superfície da concha (-).

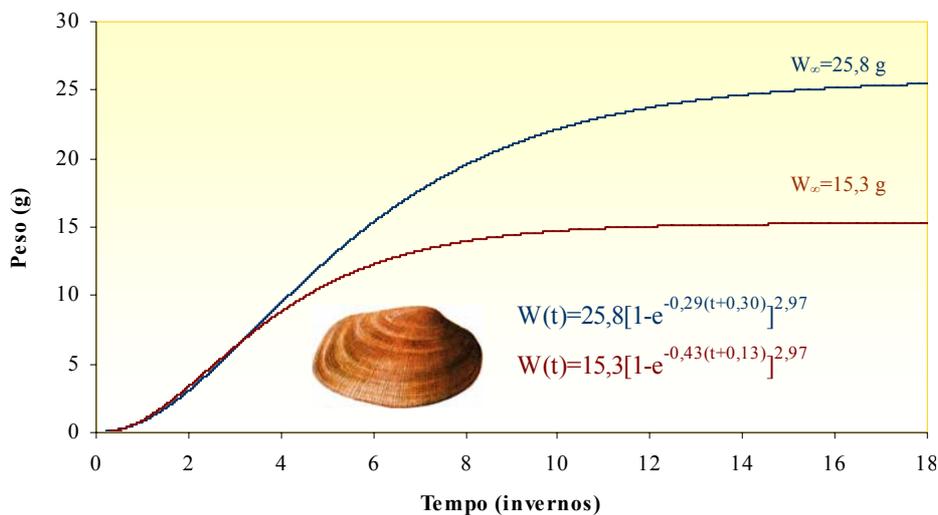


Figura 34. *Venerupis pullastra*. Curvas de crescimento ponderal de von Bertalanffy determinadas a partir da leitura dos anéis internos da concha visíveis nas películas de acetato (-) e dos anéis externos visíveis na superfície da concha (-).

CONCLUSÕES

O estudo do crescimento de *Solen marginatus* e de *Venerupis pullastra* na Ria de Aveiro permitiu caracterizar morfológicamente o longueirão e a amêijoia-macha e estimar as curvas de crescimento linear e ponderal das duas espécies, a partir da leitura dos anéis anuais externos visíveis na superfície da concha e da análise da estrutura interna da concha.

No que respeita à caracterização morfológica conclui-se que:

- i) com a idade, a concha do longueirão cresce mais em comprimento do que em altura e em espessura; as equações alométricas obtidas, $L = 4,35A^{1,13}$ e $L = 8,22E^{1,01}$, evidenciam a alometria positiva entre as variáveis comprimento/altura e comprimento/espessura; a equação $W = 0,0001L^{2,57}$ descreve a relação peso/comprimento do longueirão e evidencia a alometria negativa existente entre estes dois parâmetros, o que significa que ao longo do tempo, o comprimento aumenta relativamente mais do que o peso dos animais;
- ii) na amêijoia-macha, observa-se uma alometria negativa tanto na relação comprimento/altura ($L = 1,84A^{0,94}$), como na relação comprimento/espessura ($L = 3,10E^{0,87}$), o que indica que a concha, com a idade, cresce mais em altura e em espessura do que em comprimento; relativamente ao peso, verifica-se que este aumenta proporcionalmente com o comprimento, o que se corrobora pela equação $W = 0,0002L^{2,97}$.

Quanto ao crescimento sazonal dos indivíduos com dois anéis de crescimento e à validação da periodicidade de formação dos anéis de crescimento pode concluir-se que:

- i) o longueirão e a amêijoia-macha apresentam dois períodos de crescimento distintos; para *Solen marginatus* existe um período onde o crescimento é quase nulo que decorre durante todo o Outono e parte do Inverno, e um período de crescimento que tem início no Inverno (em Janeiro/Fevereiro) e se prolonga até Setembro; para *Venerupis pullastra* o crescimento ocorre entre Novembro e Junho, sendo praticamente nulo entre Julho e Outubro;
- ii) em ambas as espécies existe uma periodicidade anual na formação do anel de crescimento; no longueirão a formação do anel anual de crescimento tem início em Janeiro e na amêijoia-macha em Novembro.

Relativamente à determinação das curvas de crescimento linear e ponderal obtidas com base na leitura dos anéis externos da concha e na técnica da película de acetato, verificou-se que:

- i) no longueirão, a técnica da leitura dos anéis externos visíveis na superfície da concha subestima a idade, uma vez que não permite distinguir os últimos anéis de crescimento que se sobrepõem no bordo da concha dos exemplares de classes etárias mais velhas; no entanto, a análise da estrutura interna da concha pela técnica da película de acetato permite ultrapassar este problema e ainda distinguir, através do padrão de deposição dos micro-anéis de crescimento, os verdadeiros anéis anuais (de ocorrência periódica) dos falsos anéis anuais (de ocorrência ocasional); assim, apesar de ser um método lento e trabalhoso, sugere-se o uso desta técnica para estimar a idade do longueirão;
- ii) na amêijoa-macha, aconselha-se a utilização do método tradicional da leitura dos anéis externos visíveis na superfície da concha para determinar a idade desta espécie, pois é um método mais simples e mais rápido e apresenta resultados muito similares aos obtidos pela técnica da película de acetato;
- iii) a aplicação destas técnicas permitiu obter as equações de crescimento linear e ponderal de von Bertalanffy para as duas espécies estudadas:

- Longueirão (*Solen marginatus*)

$$\begin{aligned} \text{Anéis externos:} \quad L_t &= 149,3 [1 - e^{-0,26 (t+0,07)}] \\ W_t &= 38,7 [1 - e^{-0,26 (t+0,07)}]^{2,57} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Anéis internos:} \quad L_t &= 139,9 [1 - e^{-0,30 (t+0,03)}] \\ W_t &= 32,7 [1 - e^{-0,30 (t+0,03)}]^{2,57} \end{aligned}$$

- Amêijoa-macha (*Venerupis pullastra*)

$$\begin{aligned} \text{Anéis externos:} \quad L_t &= 45,5 [1 - e^{-0,43 (t+0,13)}] \\ W_t &= 15,3 [1 - e^{-0,43 (t+0,13)}]^{2,97} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Anéis internos:} \quad L_t &= 54,3 [1 - e^{-0,29 (t+0,30)}] \\ W_t &= 25,8 [1 - e^{-0,29 (t+0,30)}]^{2,97} \end{aligned}$$

Dado que não foi observado nenhum anel de crescimento junto ao umbo da concha (mesmo nos indivíduos mais pequenos) considera-se que o longueirão e a amêijoa-macha atingem respectivamente os comprimentos de 36,4 e de 17,3 mm (1º anel de crescimento), no primeiro Inverno das suas vidas. Assumindo que o período mais provável de assentamento de pós-larvas de *Solen marginatus* e de *Venerupis pullastra* ocorre no Verão, conclui-se que estes animais crescerão desde esta fase até aos referidos comprimentos ao fim de cerca de seis meses de vida. Trata-se de uma taxa de crescimento muito elevada mas que é comum observar-se em idades muito jovens. No entanto, a validade destes pressupostos deverá ser confirmada em estudos posteriores.

De acordo com Maia *et al.* (2006) o comprimento da primeira maturação (L_{50}) de *Solen marginatus* e de *Venerupis pullastra* é de 47,7 mm e de 22,0 mm, respectivamente. Os mesmos autores sugerem, de acordo com a biologia das espécies, a fixação de um tamanho mínimo de captura superior ao estimado pelos respectivos L_{50} .

Pelas curvas de crescimento em comprimento de von Bertalanffy estimadas a partir da técnica da película de acetato (Figs. 27 e 28), verifica-se que as duas espécies atingem aqueles comprimentos entre o 1º e o 2º Inverno de vida. Assim propõe-se que o tamanho mínimo de captura corresponda pelo menos ao comprimento atingido no fim do 2º Inverno de vida, ou seja, 62,1 mm para o longueirão e 26,7 mm para a amêijoa-macha; no caso da amêijoa-macha dever-se-á manter o actual tamanho mínimo de captura que se encontra legalmente fixado em 30 mm, proposto aliás na sequência do estudo de Maia *et al.* (2006) e transposto para a Portaria n.º 1266/2004 de 1 de Outubro.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos técnicos do INIAP/IPIMAR Danni Bettencourt e Christian Simões por todo o apoio, disponibilidade e amizade sempre presentes e ao Sr. Jacques pelo indispensável apoio logístico no estudo do crescimento de *Venerupis pullastra* em cativeiro.

BIBLIOGRAFIA

BARROSO, C.M.M., 1995a. Metodologia do estudo do crescimento de moluscos bivalves e gastrópodes. Aplicação a duas populações de gastrópodes prosobrânquios da Ria de Aveiro: *Hinia reticulata* (Linnaeus, 1758) e *Littorina littorea* (Linnaeus, 1758). Trabalho de Síntese e Investigação Científica. Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica. Universidade de Aveiro, 80 pp.

BARROSO, C.M.M., 1995b. Determinação da “Chave Idade-Comprimento” e da equação de crescimento individual para uma população de *Spisula solida* (Linnaeus, 1758) (Mollusca, Bivalvia) da zona costeira da região de Aveiro. Relatório de uma Aula Prática. (Nº 1 do Artigo 68º do Estatuto da Carreira Docente Universitária). Universidade de Aveiro, 71 pp.

BERTALANFFY, L., 1938. A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*, 10 (2): 181-213.

CAMACHO, A.P., 1980. Biología de *Venerupis pullastra* (Montagu, 1803) y *Venerupis decussata* (Linne, 1767), com especial referência a los factores determinantes de la producción. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, Tomo V, 281: 43-76.

CERRATO, M.R., 2000. What fish biologists should know about bivalve shells. *Fisheries Research*, 46: 39-49.

DAME, R.F., 1996. Ecology of Marine Bivalves. An Ecosystem Approach. CRC Marine Science Series (eds). Boca Raton, Florida, 254 pp.

GASPAR, M.B., RICHARDSON, C.A., MONTEIRO, C.C., 1994. The effects of dredging on shell formation in the razor clam *Ensis siliqua* from Barrinha, southern Portugal. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 74: 927-938.

GASPAR, M.B., CASTRO, M., MONTEIRO, C.C., 1995. Age and growth rate of the clam, *Spisula solida* L., from a site off Vilamoura, south Portugal, determined from acetate replicas of shell sections. *Scientia Marina*, 59: 87-93.

GASPAR, M.J.B., 1996. Bivalves do Litoral Oceânico Algarvio. Aspectos da Biologia, Ecologia e da Pescaria dos Mananciais de Interesse Económico: Aplicação à Gestão dos Recursos. Dissertação apresentada à Universidade do Algarve para obtenção do grau de Doutor em Ciências do Mar, Especialidade ciências e Tecnologias das pescas. Universidade do Algarve, Faro, 282 pp.

GASPAR, M.B., SANTOS, M.N., VASCONCELOS, P., MONTEIRO, C.C., 2002. Shell morphometric relationships of the most common bivalve species (Mollusca: Bivalvia) of the Algarve coast (southern Portugal). *Hydrobiologia*, 477: 73-80.

GIMAZANE, JEAN-PIERRE, 1971. Introduction à l'Étude Expérimentale du Cycle Sexuel d'un Mollusque Bivalve *Cardium edule* L. Analyse des populations, évolution de la gonade et action de quelques facteurs: nutrition, température, photopériode. Thèse présentée à l'Université de Caen pour obtenir le diplôme de Docteur de Spécialité en Océanographie. Université de Caen, Caen, 108 pp.

GRANT, J., 1996. The relationship of bioenergetics and the environment to the field growth of cultured bivalves. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 200: 239-256.

GRASSÉ, PIERRE-P., 1960. Traité de Zoologie. Anatomie, Systématique, BIOLOGIE. Bryozoaires, Brachiopodes, Chétognathes, Pogonophores, Mollusques, (Generalités, Aplacophores, Polyplacophores, Monoplacophores, Bivalves). Tome V, Fascicule II. Editeurs Masson et Cie, Paris.

GUERREIRO, J.A. & RAFAEL, T., 1995. Growth and production of *Venerupis pullastra* (Montagu, 1803) in the Mira estuary (Portugal). *Portugaliae Zoologica*, vol. 3 (2).

JOHANNESSEN, O.H., 1973. Population structure and individual growth of *Venerupis pullastra* (Montagu) (Lamellibranchia). *Sarsia*, 52: 97-116.

KAISER, M.J., RAMSAY, K., RICHARDSON, C.A., SPENCE, F.E., BRAND, A.R., 2000. Chronic fishing disturbance has changed shelf sea benthic community structure. *Journal of Animal Ecology*, 69: 494-503.

- KESLER, D.H. & DOWNING, J.A., 1997. Internal shell annuli yield inaccurate growth estimates in the freshwater mussels *Elliptio complanata* and *Lampsilis radiata*. *Freshwater Biology*, 37: 325-332.
- KING, M., 1995. Fisheries Biology. Assessment and Management. Fishing News Books (eds.). Oxford, 341 pp.
- LOMOVASKY, B.J., BREY, T., MORRICONI, E., 2005. Population dynamics of the veneridae bivalve *Tawera gayi* (Hupé, 1854) in the Ushuaia Bay, Beagle Channel. *Journal of Appl. Ichthyology*, 21: 64-69.
- MAIA, F.; SOBRAL, M.P.; GASPAR, M., 2006. Ciclo reprodutivo e primeira maturação de *Solen marginatus* e *Venerupis pullastra* na Ria de Aveiro. Bases científicas para a gestão destes recursos. *Relat. Cient. Téc. Inst. Invest. Pescas Mar*, em publicação.
- MARSDEN, I.D., 2004. Effects of reduced salinity and seston availability on growth of the New Zealand little-neck clam *Austrovenus stutchburyi*. *Marine Ecology Progress Series*, 266: 157-171.
- MEJUTO, J., 1984. Primeros datos sobre la dinámica de la población de *Venerupis pullastra* (Montagu) de la Ria do Pasage (NW de Galicia). Estratégias de explotación. *Actas do IV Simpósio Ibérico de estudos do Benthos Marinho*. Lisboa, 21-25 de Maio, 2: 71-81.
- OSHIMA, K., SUZUKI, N., NAKAMURA, M., SAKURAMOTO, K., 2004. Shell growth and age determination of the brackish water bivalve *Corbicula japonica* in the Lake Shinji, Japan. *Fisheries Science*, 70: 601-610.
- PILDITCH, C.A., GRANT, J., 1999. Effect of temperature fluctuations and food supply on the growth and metabolism of juvenile sea scallops (*Placopecten magellanicus*). *Marine Biology*, 134: 235-248.
- RAMÓN, M., RICHARDSON, C.A., 1992. Age determination and shell growth of *Chamelea gallina* (Bivalvia: Veneridae) in the western Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*, 89: 15-23.
- RAMSAY, K., KAISER, M.J., RICHARDSON, C.A., VEALE, L.O., BRAND, A.R., 2000. Can shell scars on dog cockles (*Glycymeris glycymeris* L.) be used as an indicator of fishing disturbance? *Journal of Sea Research*, 43: 167-176.

- RICHARDSON, C.A., COLLIS, S.A., EKARATNE, K., DARE, P., KEY, D., 1993. The age determination and growth rate of the European flat oyster, *Ostrea edulis*, in British waters determined from acetate peels of umbo growth lines. *Journal of Marine Science*, 50: 493-500.
- SANTOS, A., CASTRO, J., RAIMUNDO, L., 1986. O canal de Tavira (“Ria” formosa – Algarve): Caracterização geral do meio e análise da estrutura, dinâmica e produção das populações de *Cerastoderma edule* (L.), *Solen marginatus* MONTAGU e *Spisula solida* (L.). Relatório de estágio científico. Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Zoologia e Antropologia. Laboratório Marítimo da Guia.
- SEJR, M.K., JENSEN, K.T., RYSGAARD, S., 2002. Annual growth bands in the bivalve *Hiatella arctica* validated by a mark-recapture study in NE Greenland. *Polar Biology*, 25: 794-796.
- SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J., 1987. Introduction to Biostatistics. W.H. Freeman, New York, 363 pp.
- URBAN, H.J., 2002. Modelling growth of different developmental stages in bivalves. *Marine Ecology Progress Series*, 238: 109-114.
- URUTIA, M.B., IBARROLA, I., IGLESIAS, J.I.P., NAVARRO, E., 1999. Energetics of growth and reproduction in a high-tidal population of the clam *Ruditapes decussatus* from Urdaibai Estuary (Basque Country, N. Spain). *Journal of Sea Research*, 42: 35-48.
- VILELA, H., 1941. Notas sobre a biología da amêijoia (*Tapes decussatus* L.) - I: Crescimento. *Travaux de la Station de Biologie Maritime de Lisbonne*, n.º 47.

ANEXO

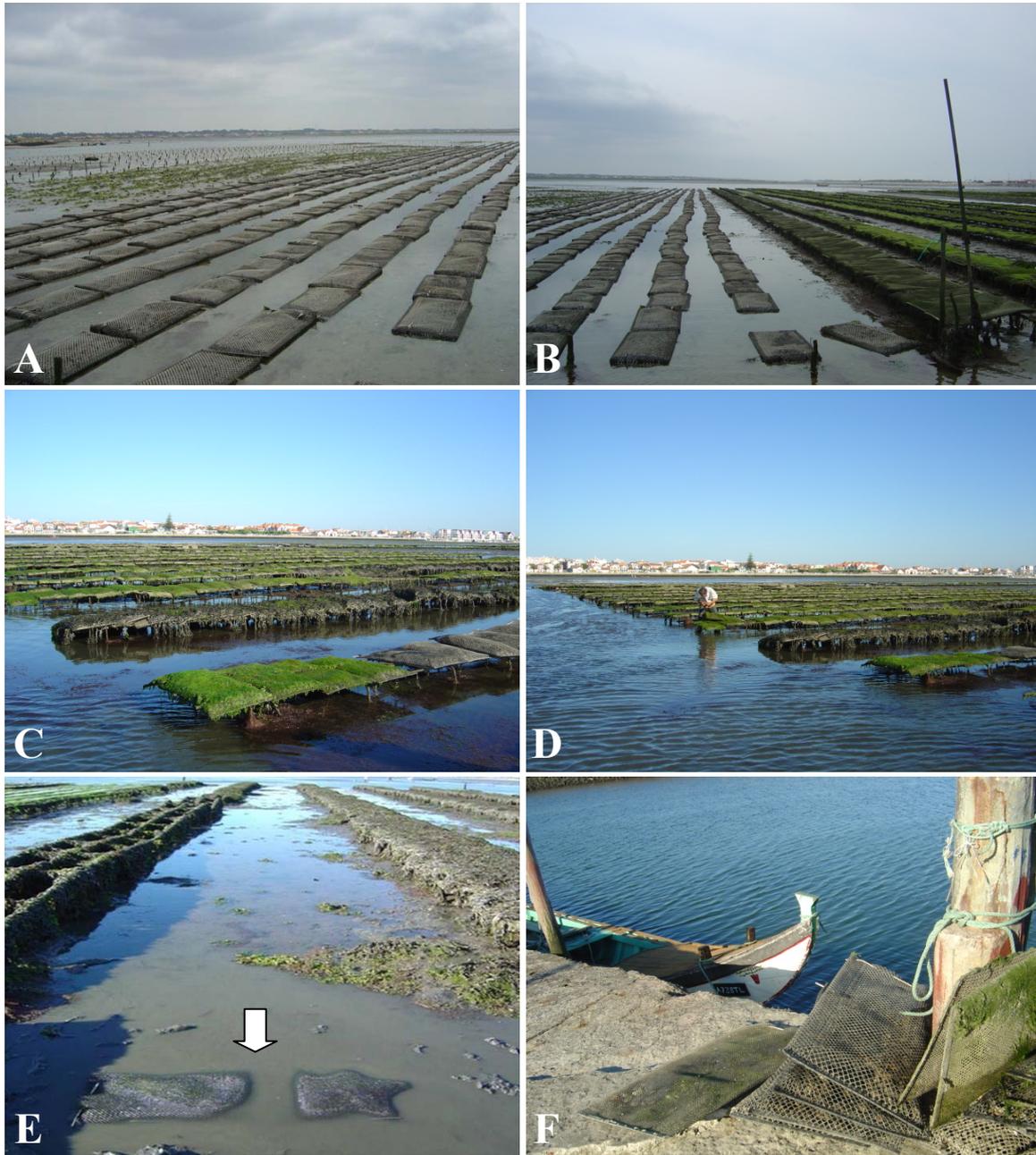


Figura 1. Canal de Mira. A, B, C e D – Área concessionada para o cultivo de ostras; E – Local onde se efectuou a experiência de crescimento em cativo de *Venerupis pullastra*; F – Cestas de rede utilizadas no cultivo de ostra.