

## **CRESCIMENTO E MORTALIDADE DE *Penaeus subtilis* (DECAPODA, PENAEIDAE) NA PLATAFORMA CONTINENTAL AMAZÔNICA**

Growth and mortality of *Penaeus subtilis*  
(Decapoda, Penaeidae) on the amazonian continental shelf

**José Augusto Negreiros Aragão<sup>1</sup>, Israel Hidenburgo Aniceto Cintra<sup>2</sup>,  
Kátia Cristina de Araújo Silva<sup>3</sup>, Miguel Petreire Junior<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Analista Ambiental do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.  
E-mail: j\_aragao@hotmail.com

<sup>2</sup> Professor do Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, Universidade Federal Rural da Amazônia.  
E-mail: israelcintra@hotmail.com

<sup>3</sup> Professora do Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, Universidade Federal Rural da Amazônia.  
E-mail: kcasilva@hotmail.com

<sup>4</sup> Professor da Universidade Federal do Pará. E-mail: mpetreire@ufscar.br

### **RESUMO**

O presente artigo determina os parâmetros de crescimento e mortalidade do *Penaeus subtilis* na plataforma continental amazônica, utilizando-se dados de amostras biométricas obtidas a bordo de arrasteiros industriais no período de 2000 a 2004. Esses parâmetros foram estimados com a utilização do programa computacional FiSAT II. Verificou-se que as fêmeas crescem mais que os machos e estão presentes sempre em maior proporção nas capturas (61%). Os comprimentos assintóticos foram estimados em 231 mm ( $k = 1,6 \text{ ano}^{-1}$ ) e 205 mm ( $k = 0,94 \text{ ano}^{-1}$ ) e os valores da mortalidade total foram  $5,2 \text{ ano}^{-1}$  e  $5,5 \text{ ano}^{-1}$  para fêmeas e machos respectivamente. As estimativas de mortalidade natural foram:  $2,53 \text{ ano}^{-1}$  para fêmeas e  $1,83 \text{ ano}^{-1}$  para machos. Os valores de longevidade para fêmeas (1,88 anos) parecem razoáveis, mas para machos (3,19 anos) são muito elevados, devido ao baixo valor de  $k$  e ao fato de a fórmula utilizada ( $3/k$ ) ser apenas uma aproximação empírica. Os valores estimados para o índice de performance de crescimento  $\emptyset'$  para fêmeas (1,54) se enquadram na grade auximétrica proposta para peneídeos, porém para machos (1,2) são também muito baixos. Para fêmeas a mortalidade por pesca ( $F$ ) estimada foi de  $2,67 \text{ ano}^{-1}$ ,

Recebido em: 27/03/2019  
Aprovado em: 01/12/2020  
Publicado online em: 20/05/2021

para uma taxa de sobrevivência de 60%, e para machos de 3,67 ano<sup>-1</sup>, para uma taxa de sobrevivência de 40%.

**Palavras-chaves:** camarão-rosa, pesca industrial, dinâmica populacional, região Norte.

### ABSTRACT

The present paper determines the growth parameters and mortality of *Penaeus subtilis* in the Amazonian continental shelf. Data from biometric samples obtained on board industrial trawlers from 2000 to 2004 were utilized. The growth parameters and natural mortality were estimated using the computer software FiSAT II. It has been found that females grow more than males and are always present in greater proportion in catches (61%). Asymptotic lengths were estimated at 231 mm ( $k = 1,6 \text{ year}^{-1}$ ) and 205 mm ( $k = 0,94 \text{ year}^{-1}$ ) and the values of total mortality were 5,2 year<sup>-1</sup> and 5,5 year<sup>-1</sup>, for females and 1,83 year<sup>-1</sup> males respectively. Estimates of natural mortality were: 2,53 year<sup>-1</sup> for females e 1,83 year<sup>-1</sup> for males. The values of longevity for females (1.88 years) seem reasonable, but for males (3.19 years) they are very high due to the low value of  $k$  and the fact that the formula used ( $3/k$ ) is only an empirical approximation. The estimated values for the growth performance index  $\phi'$  for females (1,54) are compatible with the auximetric grid proposed for peneids, but for males (1,2) they are also very low. For females, the estimated fishing mortality (F) was 2,67 year<sup>-1</sup>, for a survival rate of 60%, and for males 3,67 year<sup>-1</sup>, for a survival rate of 40%.

**Keywords:** brow shrimp, industrial fishing, population dynamics, North region.

### INTRODUÇÃO

O camarão-rosa *Penaeus subtilis* (Pérez Farfante, 1967) possui ampla distribuição em águas tropicais costeiras do Atlântico Oeste, estendendo-se desde Cuba até o estado do Rio de Janeiro, Brasil (Pérez Farfante, 1969). O Norte do Brasil suporta importante pesca industrial conduzida com arrasto de fundo, principalmente entre a costa dos estados do Pará e Amapá, em profundidades variando de 40 a 80 metros. Belém, capital do Pará, é o principal porto de desembarque e sede da indústria de processamento na região (Aragão *et al.*, 2001; Aragão; Cintra & Silva, 2004; Aragão; Silva & Cintra, 2013; Aragão; Silva & Cintra, 2015b; Aragão; Pretere-Júnior & Cintra, 2017).

O monitoramento dessas pescarias, a avaliação do padrão e o nível de exploração dos estoques são fundamentais para que se mantenha o uso adequado e sustentável do recurso. Nesse sentido, estimativas de parâmetros populacionais de crescimento e mortalidade natural são essenciais como dados de entrada para aplicação dos modelos analíticos de avaliação de estoques. Diferentes métodos, principalmente baseados em chaves de idade e comprimento, estão disponíveis para estimação desses parâmetros, embora nem sempre se disponha de dados suficientes e adequados para obtenção de estimativas acuradas.

A estimação dos parâmetros de crescimento ( $K$  e  $L_{\infty}$ ) em crustáceos, como é o caso de camarões peneídeos, é dificultada ainda mais pela inexistência de estruturas calcárias rígidas, por serem invertebrados que mudam frequentemente de carapaça (Pauly, 1984). Nesses casos, são utilizados, em geral, métodos derivados das distribuições de frequência de comprimento, mas existem outras limitações para a utilização desses métodos quando

se trata de camarões peneídeos tropicais. As flutuações e os extensos períodos de maior intensidade de reprodução e recrutamento resultam na mistura dos grupos desovantes, dificultando o seguimento de uma geração ao longo de seu ciclo de vida (Pauly, 1980; Munro & Pauly, 1983).

A taxa instantânea de mortalidade natural ( $M$ ) é, também, um parâmetro fundamental para os estudos de avaliação de estoques, estando diretamente relacionada à produtividade do estoque, ao rendimento que dele pode ser obtido e às taxas de exploração ótima e pontos de referência para o ordenamento da pesca. Porém, é um dos parâmetros mais difíceis de ser estimado para populações de organismos aquáticos, apresentando, geralmente, pouca acuidade (Pauly, 1980; Garcia, 1985).

Apesar das dificuldades, grande número de trabalhos tem utilizado as técnicas citadas anteriormente para estimar parâmetros populacionais e realizar avaliação de estoques, como, entre outros: Tzeng e Yeh (2001); Ramírez-Rodríguez e Arreguín-Sánchez (2003); Ramírez-Rodríguez, Arreguín-Sánchez e Lluch-Belda (2003); Leite-Júnior e Petrere-Júnior (2006); Nevárez-Martínez *et al.* (2006); Feijó-Filho *et al.* (2009); Aragão, Cintra e Silva (2015a).

O estudo determinou os parâmetros de crescimento e mortalidade de *P. subtilis* na plataforma continental amazônica.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados nas análises os dados de comprimento das amostras obtidas a bordo de barcos industriais durante as temporadas de pesca, de fevereiro a outubro, no período de 2000 a 2004, agrupados para todas as áreas de pesca. Tabelas de distribuição de frequência foram elaboradas para cada ano e para os dados consolidados para todo o período, agrupados em classes de 5 mm e 10 mm, de forma que se pudesse avaliar qual o melhor conjunto de dados e qual intervalo de classe que iria permitir análises mais consistentes.

Os parâmetros de crescimento e mortalidade natural, bem como o padrão de recrutamento, foram estimados com a utilização do programa computacional FiSAT II - FAO/ICLARM Stock Assessment Tools (Gayaniilo-Júnior *et al.*, 2005). As estimações dos parâmetros de crescimento ( $L_{\infty}$  e  $k$ ) foram conduzidas por meio da rotina de análise eletrônica de frequência de comprimento ELEFAN (Eletronic Length Frequency Analysis) do programa FiSAT, descrita originalmente por Pauly e David (1981), bem como por meio das rotinas que aplicam o método de Powell-Wetherall (Sparre & Venema, 1998) e a análise de progressão modal de Bhattacharya (1967). Devido à dificuldade de separação de modas, tentou-se utilizar também um ajuste por meio de distribuição de frequência multinomial (Haddon, 2011). Os resultados da análise de progressão modal foram então utilizados, tentativamente, como dados de entrada para o método de Gulland e Holt (Sparre & Venema, 1998).

As estimativas dos parâmetros de crescimento  $L_{\infty}$  e  $k$ , por meio dos diferentes métodos citados, foram comparadas procurando-se identificar aquele método e conjunto de parâmetros que ofereciam o melhor índice de ajuste e compatibilidade com o comportamento biológico da espécie. Os procedimentos descritos a seguir foram, então, aplicados inicialmente para fêmeas e depois para machos, levando-se em conta os vários pares de anos consecutivos e os dados agrupados para todo o período. Para efeito apenas de comparação com outros trabalhos, foram estimados também os parâmetros para os sexos agrupados.

Diante das evidências constatadas de que, em geral, os dados agrupados para todo o período fornecem melhores resultados, no corpo do trabalho somente os resultados detalhados obtidos para fêmeas para os vários pares de anos são apresentados, com o objetivo de ilustrar esta conclusão. As estimativas dos vários parâmetros para machos se referem somente aos resultados consolidados obtidos para todo o período.

A rotina ELEFAN, incorporada ao FiSAT II, cujos detalhes de procedimentos são descritos por Pauly e David (1981), estima os parâmetros de crescimento por meio da equação de von Bertalanffy, com uma modificação para contemplar a sazonalidade do crescimento, dada pela expressão:

$$L_t = L_\infty \left( 1 - e^{-[k(t-t_0) + S_{t_s} + S_{t_0}] } \right)$$

Onde:

$$S_{t_s} = \left( \frac{Ck}{2\pi} \right) \sin [2\pi (t-t_s)]$$

$$S_{t_0} = \left( \frac{Ck}{2\pi} \right) \sin [2\pi (t_0-t_s)]$$

$L_t$  é o comprimento no tempo

$t_0$  é a "idade do indivíduo" quando o comprimento ( $L_t$  é igual a zero;

$L_\infty$  é o comprimento assintótico;

$k$  é a taxa de crescimento (a taxa na qual  $L_t$  se aproxima de  $L_\infty$ );

$t_s$  corresponde ao início da oscilação senoidal do crescimento, relativa a  $t = 0$ ;

$C$  representa a intensidade da oscilação sazonal do crescimento.

Na rotina ELEFAN II, ao invés de , utiliza-se, no entanto, outro parâmetro, denominado *winter point* (Wp). Neste trabalho, porém, não se considerou a sazonalidade no crescimento, uma vez que a variação de temperatura na área de pesca é pequena, sendo os valores de e fixados em zero. Vale ressaltar que Pauly, Ingles e Neal (1984) citam vários estudos de crescimento de camarões penéideos tropicais, onde os parâmetros da curva de crescimento foram estimados sem considerar a oscilação sazonal. Utilizou-se, assim, a expressão simplificada de von Bertalanffy:

$$L_t = L_\infty [1 - \exp(k(t - t_0))]$$

O ajuste da curva foi feito seguindo os procedimentos sugeridos na literatura (Pauly; Ingles & Neal, 1984; Pauly, 1987), procurando-se obter a combinação de parâmetros que fornecesse o melhor índice de ajuste ( $R_n$ ) a partir das amostras. Nos procedimentos sugeridos por esses autores não se faz referência à correção das distribuições de frequência com base na curva de seleção, e, assim, os seguintes passos para estimar os parâmetros de crescimento foram adotados:

a) Estimação dos parâmetros de crescimento  $L_\infty$  e  $K$  utilizando-se a rotina Automatic Search com ponto inicial variável;

b) Nova estimativa do parâmetro de crescimento  $K$  foi obtida através da rotina K Scan. Este procedimento permite que se obtenha estimativas mais refinadas do parâmetro  $K$  da equação de von Bertalanffy (Palomares *et al.*, 1987);

- c) Estimação dos parâmetros de crescimento  $L_{\infty}$  e  $K$  utilizando-se a rotina Automatic Search com o ponto inicial fixo obtido no procedimento anterior;
- d) Estimação dos parâmetros de crescimento  $L_{\infty}$  e  $K$  utilizando-se também a rotina Automatic Search com um ponto inicial fixo determinado visualmente;
- e) Os valores foram comparados e selecionados aqueles considerados compatíveis com os parâmetros de crescimento, levando-se em conta, principalmente, o índice de ajuste ( $R_n$ ) e o gráfico da curva de crescimento.

As estimações foram feitas com distribuições de frequência agrupadas em classes de 10 mm, uma vez que foram consideradas mais adequadas para a faixa de variação de comprimento da espécie, de acordo com critérios sugeridos por Erzini (1990). Tentativas com classes de 5 mm não apresentaram resultados que pudessem ser considerados satisfatórios, com  $R_n$  muito baixos.

Para efeito de comparação, procurando-se obter valores mais consistentes para os parâmetros, foram calculadas estimativas levando-se em conta as distribuições de frequência de comprimento mensais para diferentes pares de anos consecutivos e os dados consolidados para o período como um todo. Assim, a primeira estimativa foi obtida utilizando-se somente as distribuições de frequência de comprimentos mensais dos anos de 2000 e 2001, numa sequência contínua de meses que vai de maio de 2000 a outubro de 2001. Novas estimativas foram calculadas com os pares de anos 2001-2002, 2002-2003 e 2003-2004. Em seguida, as distribuições de frequência disponíveis para todo o período de 2000 a 2004 foram agrupadas numa base mensal e os parâmetros reestimados.

O parâmetro de crescimento  $L_{\infty}$  foi estimado aplicando-se, também, o método de Powell-Wetherall (Wetherall; Polovina & Ralston, 1987; Sparre & Venema, 1998). O método é um aprimoramento da equação de Beverton-Holt, baseada em comprimentos, permitindo a estimação de  $L_{\infty}$  e  $Z/K$ , pois utiliza, além do comprimento médio dos indivíduos em exploração total ( $\bar{L}$ ), a relação linear entre este comprimento médio e o comprimento a partir do qual os indivíduos estejam sob exploração total  $L'$ , denominado comprimento de corte.

Deve-se notar que  $L'$  pode assumir qualquer valor igual ou maior que o menor comprimento a partir do qual todos os indivíduos sofrem exploração total. Para uma série de comprimentos de corte arbitrários ( $L'$ ) obtém-se um conjunto de estimativas de  $Z$ , o que permite converter a equação de Beverton-Holt em uma regressão onde  $L'$  é variável independente (Sparre & Venema, 1998):

$$L - L' = a + bL'$$

Onde:

$$Z/k = -(1+b)/b \text{ e } L_{\infty} = a/-b$$

Os valores encontrados para o comprimento assintótico através desse método foram então utilizados como dados de entrada para se obter valores alternativos de  $L_{\infty}$  e  $K$  que foram comparados com aqueles obtidos em outras rotinas.

Foi realizada também uma tentativa de estimar os parâmetros de crescimento através de progressão modal. A separação das modas e a estimação dos respectivos comprimentos médios foram feitas pelo método de Bhattacharya (1967) e também ajustando os dados das distribuições de frequência mensal a uma da distribuição multinomial, através de um pro-

cesso iterativo, calibrado por uma função objetiva de máxima verossimilhança (Haddon, 2011). Os incrementos de comprimentos foram utilizados tentativamente como dados de entrada para aplicação do método gráfico de Gulland e Holt.

A estimação da mortalidade total pode ser feita a partir da curva de captura linearizada que consiste basicamente de um gráfico dos logaritmos naturais dos números de indivíduos nos vários grupos de idade ( $N_i$ ) versus suas correspondentes idades ou grupos de idade ( $t_i$ ), onde  $Z$  é estimado a partir da declividade ( $b$ ) correspondente à parte descendente da curva dada pela expressão:  $\ln(N_i) = a + bt$  (Sparre & Venema, 1998). O pressuposto fundamental desse método é que a parte linear da curva pode ser extrapolada, de forma legítima, até a região anterior, onde os pontos estão fora da reta e a declividade da reta corresponde à mortalidade total ( $Z$ ). Assim,  $Z$  poderia ser considerado constante para uma ampla faixa de comprimentos, e para toda a extensão da curva, não fosse o efeito da seleção do aparelho de pesca (Pauly, 1984).

Tendo em vista que os métodos fornecem apenas estimativas aproximadas da mortalidade total, bem como por nem sempre se dispõem dos dados necessários para aplicar alguns deles, utilizou-se neste trabalho apenas o método da curva de captura convertida a comprimentos linearizada e o método de gráfico de Jones e Van Zalinge (1981). Vale ressaltar ainda que as mortalidades totais e por pesca serão determinadas com mais acuidade por meio dos métodos de avaliação de estoques que serão utilizados posteriormente.

A formulação original da curva de captura convertida para comprimentos resulta numa subestimação da mortalidade total quando os indivíduos mais velhos crescem lentamente e diferentes idades se sobrepõem, como é o caso de camarões peneídeos. Para corrigir o efeito das diferentes taxas de crescimento por idade, Pauly (1983) sugere a seguinte expressão que leva em conta o tempo necessário para um indivíduo passar de uma classe de comprimento a outra:

$$\ln \left( \frac{N_i}{\Delta t_i} \right) = a + bt'_i$$

Onde:

$N_i$  número de indivíduos na classe

$\Delta t_i$  é o intervalo de tempo para um indivíduo crescer de  $L_i$  a  $L_{i+1}$  dado por

$$\Delta t_i = (1/k) \ln \left( \frac{L_\infty - L_{i+1}}{L_\infty - L_i} \right)$$

$L$  é o comprimento médio ou centro de classe de  $L_i$  a  $L_{i+1}$  dado por

$$L = \frac{(L_i + L_{i+1})}{2}$$

$$t'_i = (1+k) \ln[1 - (L/L_\infty)]$$

Neste trabalho, a estimação do coeficiente de mortalidade total ( $Z_{ano}^{-1}$ ) foi feita por meio da curva de captura convertida por comprimentos, incorporada ao FiSAT II, a partir das estimativas finais de  $L_\infty$  e  $K$  e dos dados de distribuição de frequência mensais de comprimento agrupadas para todo o período.

A curva de captura baseada em comprimentos de Jones e Van Zalinge (1981) fundamenta-se na relação entre a captura acumulada em número de indivíduos de tamanhos

maiores ou iguais a determinado tamanho  $L_i$  e a captura acumulada em número de indivíduos de tamanhos maiores ou iguais a determinado tamanho maior  $L_{i+1}$ . A razão entre essas quantidades fornece uma estimativa direta da taxa de sobrevivência de  $L_i$  a  $L_{i+1}$ :

$$S = \frac{\sum_{L_{i+1}}^{\infty} N_{L_{i+1}}}{\sum_{L_i}^{\infty} N_{L_{i+1}}}$$

A partir dessa relação e da equação de crescimento de von Bertalanffy, Jones e Van Zalinge (1981) derivaram um método gráfico relacionando os logaritmos do número capturado acumulado de cada tamanho maior que determinado tamanho *versus* os logaritmos dos valores de  $L_{\infty} - L_i$ , em que uma parte da curva é linear e sua inclinação corresponde a  $Z/K$ , conforme a expressão:

$$\ln C_{(L_i, L_{\infty})} = a + \frac{Z}{k} \ln(L_{\infty} - L_i)$$

Onde:

$C_{(L_i, L_{\infty})}$  captura acumulada de  $L_i$  a  $L_{\infty}$

$$\frac{Z}{k} = \text{declividade} \rightarrow Z = k * \text{declividade}$$

Pauly, Ingles e Neal (1984) sugerem que, para um  $K$  constante, espécies de pequeno porte geralmente têm uma taxa de mortalidade natural maior que animais de maior porte. Pode ser demonstrado também que a temperatura média do ambiente, pelo menos em peixes, tem influência direta sobre o crescimento. Com base nesses pressupostos e em vários conjuntos de estimativas de parâmetros de crescimento, Pauly (1980) propôs uma equação empírica para estimação aproximada da mortalidade natural ( $M \text{ ano}^{-1}$ ) que relaciona  $M$  com  $t_0$ ,  $L_{\infty}$  e  $k$  e a temperatura média ( $T$ ) na área de ocorrência do recurso:

$$\log_{10}(M) = -0,0066 - 0,279\log_{10}(L_{\infty}) + 0,6543\log_{10}(k) + 0,4634\log_{10}(T)$$

Onde:

$L_{\infty}$  comprimento assintótico expresso em cm;

$k$  é a constante de crescimento;

$T$  é a temperatura expressa em °C.

Embora a equação tenha sido desenvolvida para peixes, os autores sugerem que pode ser aplicada para estimar de forma aproximada a mortalidade natural de camarões peneídeos, com base no fato de que ambos os grupos geralmente compartilham o mesmo ambiente, tendo sido o método aqui utilizado para estimar o coeficiente de mortalidade natural.

Pauly, Ingles e Neal (1984) propõem também que, se o crescimento dos indivíduos é descrito pela equação de von Bertalanffy e for assumido que o comprimento máximo atingido por eles corresponde a aproximadamente 95% do comprimento assintótico ( $L_{\infty}$ ), a longevidade pode ser estimada pela expressão:  $t_{max} = 3/k$ .

Para grupos de organismos “afins”, a relação entre o logaritmo do coeficiente de crescimento,  $K$ , versus o logaritmo do peso assintótico,  $W_\infty$  é linear, com uma declividade de  $2/3 = 0,67$  (Pauly, 1980):

$$\log_{10}(K) = \emptyset - 0,67 \log_{10}(W_\infty)$$

A equação acima pode ser usada para caracterizar os organismos de uma dada família onde o crescimento é descrito pela equação de von Bertalanffy. O parâmetro está diretamente relacionado ao metabolismo e, portanto, ao consumo de alimentos. Se for assumido que  $W_\infty = a(L_\infty)^3$ , obtém-se o índice de performance de crescimento em termos de comprimento assintótico, determinado pela equação de Munro e Pauly (1983):

$$\emptyset' = \log_{10}(k) + 2 \log_{10}(L_\infty)$$

Por meio dessas equações determinou-se o índice de performance do crescimento do *P. subtilis* que foi comparado com aqueles calculados por outros autores para outros peneídeos.

Uma vez que os coeficientes de mortalidade total ( $Z$ ) e mortalidade natural ( $M$ ) tenham sido estimados, por meio da curva de captura e da equação empírica de Pauly (1980), respectivamente, estimativas de igual forma grosseiras do coeficiente de mortalidade por pesca ( $F$ ) podem ser obtidas simplesmente subtraindo a mortalidade natural ( $M$ ) da mortalidade total ( $F = Z - M$ ); a taxa de exploração ( $E$ ), pela razão entre o coeficiente de mortalidade por pesca ( $F$ ) e o coeficiente de mortalidade total ( $Z$ ) por meio da expressão:  $E = F/Z$ . O parâmetro  $E$  descreve a proporção de uma dada coorte da população que morre efetivamente devido à pressão de pesca (Sparre & Venema, 1998).

## RESULTADOS

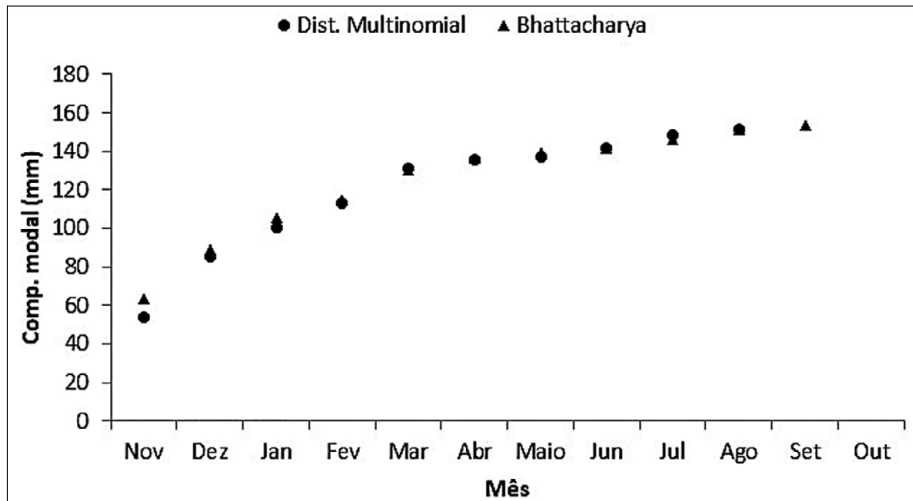
A estimação dos parâmetros de crescimento do *P. subtilis* por meio de progressão modal não foi possível ser realizada dada a dificuldade de separação acurada das modas. O método de Bhattacharya envolve muita subjetividade e o ajuste da distribuição multinomial, embora mais objetivo, fica dificultado pela mistura dos grupos, seja devido ao recrutamento contínuo e longo período de maior intensidade, seja devido aos movimentos migratórios do camarão, aliados à diversidade de áreas de operação da frota.

A tentativa de se utilizar os incrementos entre as modas como dados de entrada para o método de Beverton e Holt foi infrutífera, pois os pontos ficaram dispersos, impossibilitando a obtenção de valores coerentes para os parâmetros. Mas a progressão dos comprimentos modais obtidos para fêmeas, por meio dos dois métodos citados anteriormente, evidencia que os indivíduos iniciaram sua fase de vida pós-larvar entre os meses de agosto e outubro (Figura 1), coincidindo com o período de maior intensidade de assentamento das larvas no estuário.

Em função das considerações anteriores, optou-se por utilizar e assumir os valores obtidos por meio da análise eletrônica de frequência (ELEFAN), uma vez que a técnica foi desenvolvida visando facilitar e tornar mais objetivo o processo de estimação dos parâmetros de crescimento, especialmente quando há dificuldade na separação de modas utilizando outros métodos. Os resultados obtidos para as estimativas de parâmetros de crescimento do *P. subtilis*, por meio do ELEFAN, para fêmeas e machos são apresentados na Tabela I.



Figura 1 – Progressão modal dos comprimentos de fêmeas de *P. subtilis* na plataforma continental amazônica – amostras agrupadas de 2000 a 2004



As estimativas dos parâmetros são apresentadas por períodos, a título de ilustração, apenas para as fêmeas, assumindo-se como estimativas finais os valores médios obtidos com os dados agrupados para todo período, uma vez que, embora sejam admitidas variações interanuais nos parâmetros de crescimento de crustáceos (López-Martínez *et al.*, 2003), não se dispõe de dados para estimar os parâmetros para cada um dos anos. Por outro lado, o melhor ajuste, evidenciado pelo índice  $Rn$ , foi obtido quando se utilizou os dados agrupados de todo o período e, assim, acredita-se que assumir o valor médio seja mais apropriado.

Tabela I - Estimativas dos parâmetros de crescimento do *P. subtilis* na plataforma continental amazônica, determinadas pela rotina ELEFAN do FiSAT II.  $L_{\infty}$ : comprimento assintótico expresso em cm;  $K$ : constante de crescimento;  $Rn$ : medida de qualidade do ajuste

Sexo	Dados/Ano	$L_{\infty}$	$K$	SS	SP	$Rn$
Fêmeas	2000 a 2001	225,8	1,80	6	190	0,208
	2001 a 2002	236,3	1,50	9	190	0,250
	2002 a 2003	236,3	1,40	1	120	0,314
	2003 a 2004	225,8	1,40	1	120	0,322
	Média anos	231,0	1,53			
	2000 a 2004	236,3	1,60	1	120	0,325
Machos	2000 a 2004	215,3	0,94	2	110	0,286
Agrupados	2000 a 2004	236,3	1,90	1	110	0,306

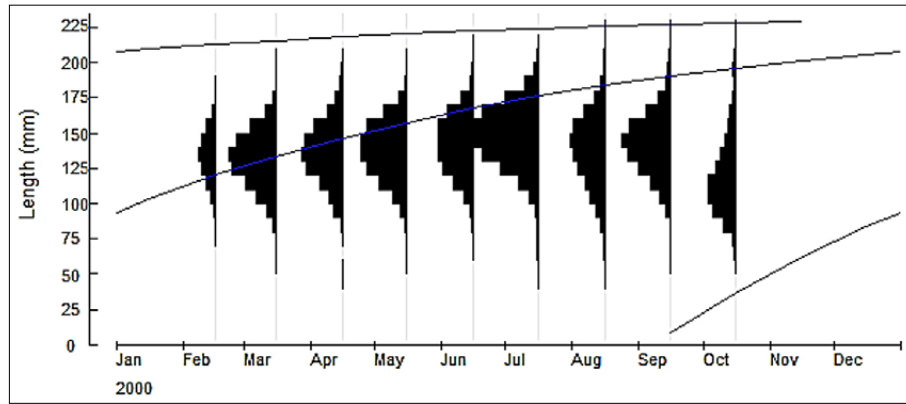
Na Figura 2 são apresentadas as distribuições de frequência de comprimentos mensais, sobrepostas pelas curvas de crescimentos determinadas pelo ELEFAN, obtidas com os dados agrupados para todo o período, assumindo-se  $L_{\infty} = 236,3 \text{ mm}$  e  $K = 1,6 \text{ ano}^{-1}$  para fêmeas e  $L_{\infty} = 215,3 \text{ mm}$  e  $K = 0,94 \text{ ano}^{-1}$  para machos. Embora se admitam diferenças entre os parâmetros de crescimento de juvenis e adultos, as curvas começam aproximadamente entre julho e setembro, mostrando coerência com o período sugerido de maior intensidade de reprodução e início do assentamento das larvas na região costeira.

Verifica-se também coerência com o período de recrutamento dos subadultos às áreas de pesca, que se inicia em setembro/outubro, e que, assim como em outros peneí-

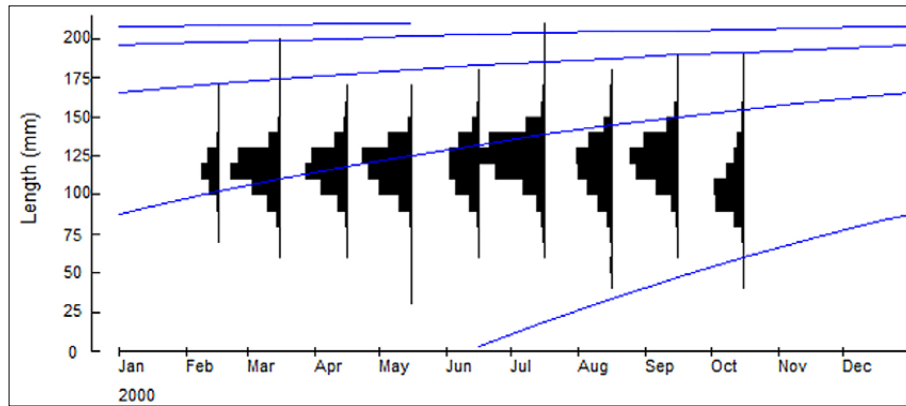
deos, as fêmeas atingem tamanhos maiores que os machos e as estimativas dos parâmetros de curvatura das curvas de crescimento ( $K$ ) são numericamente diferentes entre sexos, sendo o valor bem maior para as fêmeas, obviamente.

Figura 2 – Distribuição de frequências de comprimento de (a) fêmeas e (b) machos de *P. subtilis* na plataforma continental amazônica e respectivas curvas de crescimento estimadas

a) Fêmeas



b) Machos



Os resultados das estimativas de  $K$  e  $L_{\infty}$  pelo método de Powell-Wetherall, apresentados na Tabela II, são bem divergentes, dependendo do par de anos utilizados e do ponto selecionado para início da reta de regressão. Quando se utiliza os dados dos anos agrupados, são obtidos dois resultados para o valor de  $K$ , cujo valor médio é bem próximo daquele encontrado pela rotina ELEFAN do FISAT.

Os resultados para os pares de anos 2000-2001 e 2003-2004 foram inferiores àqueles obtidos para os pares de anos 2001-2002 e 2002-2003, uma tendência semelhante àquela já observada para os valores obtidos pelo ELEFAN. Para os dados agrupados, os valores médios encontrados para fêmea foram  $K = 0,0001$  e  $L_{\infty} = 200$  e para machos  $K = 0,0002$  e  $L_{\infty} = 150$ . Utilizando esses valores de  $K$  e  $L_{\infty}$  como dados de entrada para o ELEFAN, obtêm-se os valores de  $K$  e  $L_{\infty}$  apresentados na Tabela III.

Tabela II – Estimativa do comprimento assintótico e Z/K para fêmeas de *P. subtilis* na plataforma continental amazônica.  $L_{\infty}$ : comprimento assintótico expresso em cm; a e b: coeficientes da equação; r: índice de regressão

Sexo	Dados/Ano	L-L'	$L_{\infty}$	Z/K	b	a	r
Fêmeas	2000 a 2001	130	197,9	2,56	55,51	-0,281	0,986
		150	205,7	3,21	48,89	-0,238	0,984
	2001 a 2002	130	236,5	4,31	43,15	-0,185	0,917
		140	277,8	7,58	32,38	-0,117	-0,889
	2002 a 2003	130	227,4	3,61	48,73	-0,217	-0,930
		140	257,4	5,91	37,23	-0,145	-0,924
	2003 a 2004	150	216,3	3,84	44,71	-0,207	0,980
		160	233,0	5,55	35,54	-0,153	-0,982
	Média anos		231,5	4,6			
	2000 a 2004	140	221,5	3,9	45,42	-0,205	-0,955
		150	250,3	6,3	34,18	-0,136	-0,969
	Média 2000 a 2004		235,9	5,1			
	Machos	2000 a 2004	170	222,3	4,3	42,13	-0,189

Tabela III – Estimativas de  $\mu$  para o *P. subtilis*, obtidas pelo método de Powell-Wetherall, a partir do comprimento assintótico médio estimado.  $L_{\infty}$ : comprimento assintótico expresso em cm; k: constante de crescimento; Rn: medida de qualidade do ajuste

Sexo	$L_{\infty}$	k	SS	SL	Rn
Fêmeas	235,9	1,70	2	120	0,318
Machos	222,3	0,90	2	110	0,276

A representatividade das amostras é um fator crucial para a utilização da curva de captura para estimar a mortalidade total e, no caso de camarões, a distribuição espacial está correlacionada com o tamanho dos indivíduos e a profundidade. Por outro lado, as amostras geralmente são coletadas nas áreas de maior concentração de indivíduos, onde a pesca é mais intensa e também maior o recrutamento, podendo resultar na superestimação da mortalidade total. Uma vez que o método se fundamenta no sistema de parâmetros constantes (“*steadystate*”), é imperativo que sejam utilizadas amostras que contemplem períodos de um ou mais anos (Pauly; Ingles & Neal, 1984).

Os resultados obtidos na análise, considerando os vários pares de anos, para as fêmeas, e o período como um todo são apresentados na Tabela IV. Verifica-se que os valores são instáveis, dependem da combinação de valores de  $L_{\infty}$  e k e são sensíveis à seleção dos pontos de início e final da curva. Maiores valores de  $L_{\infty}$  e menores valores de k resultam em valores mais elevados da mortalidade total. Para todos os casos, porém, os valores são relativamente elevados, indicando que o nível de exploração dos estoques se encontrava intenso no período considerado.

O método de Jones e Van Zalinge (1981) fornece os valores apresentados na Tabela V. Observa-se que, em geral, os valores para as estimativas da mortalidade total são mais baixos, em relação ao método de Powell-Wetherall, especialmente para as fêmeas (5,2 ano<sup>-1</sup>), mas podem ainda ser considerados comparativamente elevados. Para machos o valor estimado foi de 5,5 ano<sup>-1</sup>.

Tabela IV – Estimativas da mortalidade total para o *P. subtilis* na plataforma continental amazônica pela curva de captura baseada em comprimentos linearizada.  $L_{\infty}$ : comprimento assintótico expresso em cm;  $K$ : constante de crescimento;  $Z$ : mortalidade total

Sexo	Dados/Ano	Ponto selecionado		$L_{\infty}$	$K$	$Z$	Intervalo de confiança		$r^2$
		Início	Fim				Inferior	Superior	
Fêmeas	2000 a 2001	13	18	225,8	1,80	9,6	8,7	10,5	0,995
	2001 a 2002	11	18	236,3	1,50	6,6	5,6	7,6	0,978
	2002 a 2003	12	18	236,3	1,40	6,2	5,2	7,1	0,983
	2003 a 2004	13	18	225,8	1,40	6,9	6,2	7,7	0,994
	Média anos			231,0	1,53	7,3			
	2000 a 2004	12	18	236,3	1,60	7,2	7,94	8,70	0,993
Machos	2000 a 2004	10	18	215,3	0,94	5,6	4,53	6,59	0,959
Agrupados	2000 a 2004	12	19	236	1,9	9,5	8,8	10,2	-0,995

Tabela V – Estimativa da mortalidade total para o *P. subtilis* na plataforma continental amazônica calculada pelo método de Jones e Van Zalinge (1981).  $L_{\infty}$ : comprimento assintótico expresso em cm;  $K$ : constante de crescimento;  $Z$ : mortalidade total

Sexo	Dados/Ano	Ponto selecionado		$L_{\infty}$	$K$	$Z$	Intervalo de confiança		$r^2$
		Início	Fim				Inferior	Superior	
Fêmeas	2000 a 2001	18	13	226	1,80	5,8	5,4	6,3	0,997
	2001 a 2002	19	12	236	1,50	4,5	4,1	4,9	0,991
	2002 a 2003	19	12	136	1,40	4,6	4,1	5,0	0,992
	2003 a 2004	18	13	136	1,40	5,0	4,5	5,4	0,996
	Média anos			231	1,53	5,0			
	2000 a 2004	19	13	236	1,60	5,2	4,9	5,4	0,998
Machos	2000 a 2004	17	12	215	0,94	5,5	3,8	7,3	0,953
Agrupados	2000 a 2004	19	13	236	1,9	5,1	4,9	5,4	0,998

A mortalidade natural ( $M$ ) é um dos parâmetros populacionais mais difíceis de ser estimado. Os métodos de Beverton e Holt (Sparre & Venema, 1998) e Rikhter e Efanov (1976) baseados, respectivamente, na idade máxima ( $T_{max}$ ) e idade de primeira maturação ( $t_m$ ) permitem obter apenas uma ideia grosseira da ordem de magnitude de  $M$ , uma vez que as relações gerais entre  $M$  e a idade máxima e a idade de primeira maturação são imprecisas para animais de vida curta (Garcia & Lereste, 1981). A equação empírica desenvolvida por Pauly (1980) fornece também valores apenas aproximados, mas por sua simplicidade será utilizada nesta análise.

As estimativas de mortalidade natural do *P. subtilis*, obtidas a partir da equação empírica de Pauly (1980), usando como dados de entrada os valores de  $L_{\infty} = 236,3 \text{ mm}$  e  $K = 1,6 \text{ ano}^{-1}$  para fêmeas e  $L_{\infty} = 215,3 \text{ mm}$  e  $K = 0,94 \text{ ano}^{-1}$  para machos, obtidos com o ELEFAN, são apresentadas na Tabela VI. O valor final assumido para fêmeas foi de  $2,53 \text{ ano}^{-1}$  e para machos  $1,83 \text{ ano}^{-1}$ . Embora o método possa ser passível de questionamento, uma vez que foi desenvolvido para peixes, espera-se que forneça resultados melhores que algumas estimativas de mortalidade natural encontradas anteriormente na literatura (Pauly, 1984).

Na Tabela VI são também apresentados os valores de longevidade estimados pela fórmula, também empírica, sugerida por Pauly (1980), onde estimativas grosseiras da longevidade são dadas por  $3/K$ . Os valores de longevidade para fêmeas parecem razoáveis (1,88 anos), mas para machos (3,19 anos) são muito elevados devido ao baixo valor de  $K$ . São também apresentados os índices de performance de crescimento  $\phi'$  determinados pelo método também empírico sugerido por Pauly (1980). O índice de performance de crescimento para fêmeas (1,54) se enquadra na grade auximétrica proposta por Pauly (1984) para peneídeos, porém para machos (1,20) é também muito baixo. Deve-se ressaltar, no entanto, que a citada grade apresenta valores para sexos agrupados.

Tabela VI – Estimativa dos parâmetros de crescimento, mortalidade natural e performance de crescimento do *P. subtilis* na plataforma continental amazônica.  $L_{\infty}$ : comprimento assintótico expresso em cm;  $K$ : constante de crescimento;  $W_{\infty}$ : peso assintótico em g;  $\emptyset'$ : índice de desempenho de crescimento

Sexo	Dados/Ano	$L_{\infty}$	K	M (Pauly)	Longevity (3/K)	$W_{\infty}$	$\emptyset'$
Fêmeas	2000 a 2001	226	1,80	2,76	1,67	85,3	1,54
	2001 a 2002	236	1,50	2,42	2,00	99,0	1,51
	2002 a 2003	236	1,40	2,32	2,14	99,0	1,48
	2003 a 2004	226	1,40	2,35	2,14	85,3	1,43
	Média anos	231	1,53	2,46	1,99	92,1	1,49
	2000 a 2004	236	1,60	2,53	1,88	99,0	1,54
Machos	2000 a 2004	215	0,94	1,83	3,19	68,6	1,20
Agrupados	2000 a 2004	236	1,90	1,49	1,58	99,0	1,54

Na Tabela VII são apresentados os parâmetros de comprimento estimados e assumidos neste trabalho para o *P. subtilis* e aqueles encontrados por outros autores para algumas espécies de peneídeos no Brasil. Verifica-se que os valores de  $Rn$  aqui encontrados são mais elevados, para fêmeas e para machos, quando comparados com os valores obtidos para o *P. subtilis* por Isaac, Dias-Neto e Damasceno (1992) e para outras espécies por Leite-Júnior e Petreire-Júnior (2006).

Tabela VII – Comparação entre as estimativas dos parâmetros de crescimento para o *P. subtilis* obtidas nesta análise e para outros peneídeos na costa brasileira.  $L_{\infty}$ : comprimento assintótico expresso em cm;  $K$ : constante de crescimento;  $Rn$ : medida de qualidade do ajuste;  $W_{\infty}$ : peso assintótico em g;  $\emptyset'$ : índice de desempenho de crescimento

Sexo	Autor	Espécie	Comprimento (mm)		ELEFAN			Longevity (3/K)	Growth Performance	
			Mínimo	Máximo	$L_{\infty}$	K	$Rn$		% de $L_{máx}$	$W_{\infty}$
Fêmeas	Leite Jr. e Petreire Jr. (2006)	<i>P. brasiliensis</i>	87	260	280	0,90	0,217	0,93	3,3	
	Leite Jr. e Petreire Jr. (2006)	<i>P. paulensis</i>	91	236	250	1,10	0,21	0,94	2,7	
	Isaac et al. (1992)	<i>P. subtilis</i>	60	220	225	1,00	0,337	0,98	3,0	
	Esta Análise	<i>P. subtilis</i>	40	231	236	1,60	0,325	0,98	1,9	99,0 1,54
Machos	Leite Jr. e Petreire Jr. (2006)	<i>P. brasiliensis</i>	79	219	230	0,84	0,268	0,95	3,60	
	Leite Jr. e Petreire Jr. (2006)	<i>P. paulensis</i>	89	180	210	0,83	0,279	0,86	3,60	
	Isaac et al. (1992)	<i>P. subtilis</i>	80	180	187	1,08	0,245	0,96	2,8	
	Esta Análise	<i>P. subtilis</i>	35	205	215	0,94	0,286	0,95	3,2	68,6 1,20
Agrupados	Leite Jr. e Petreire Jr. (2006)	<i>P. brasiliensis</i>	79	260	290	1,24	0,176	0,90	2,4	
	Leite Jr. e Petreire Jr. (2006)	<i>P. paulensis</i>	89	236	275	1,34	0,168	0,86	2,2	
	Isaac et al. (1992)	<i>P. subtilis</i>	60	220	220	1,08	0,289	1,00	2,8	
	Esta Análise	<i>P. subtilis</i>	35	231	236	1,90	0,306	0,98	1,6	99,0 1,54

Assumindo as estimativas de mortalidade natural ( $M$ ) e de mortalidade total ( $Z$ ), obtidas, respectivamente, pela equação empírica de Pauly (1980) e pelo método de Jones e Van Zalinge (1981), foram obtidas as estimativas de mortalidade por pesca ( $F$ ), taxa de sobrevivência ( $S$ ) e taxa de exploração ( $E$ ) apresentadas na Tabela VIII. Para fêmeas, a mortalidade por pesca estimada foi de 2,67 ano<sup>-1</sup>, para uma taxa de sobrevivência de 60%; para machos, 3,67 ano<sup>-1</sup>, para uma taxa de sobrevivência de 40%.

Na Tabela IX, verifica-se que os valores aqui encontrados estão dentro da faixa dos valores apresentados por outros autores, mas são sempre superiores aos valores dos parâmetros estimados para *P. subtilis* por Isaac, Dias-Neto e Damasceno (1992).

Tabela VIII – Estimativas dos coeficientes de mortalidade total (Z), mortalidade natural (M), mortalidade por pesca (F) e taxa de sobrevivência (S) do *P. subtilis*

Sexo	Z (ano <sup>-1</sup> )	M (ano <sup>-1</sup> )	F (ano <sup>-1</sup> )	S (%)
Fêmeas	5,2	2,53	2,6	56,4
Machos	5,5	1,83	3,7	39,2
Agrupados	5,1	1,49	3,7	58,4

Tabela IX – Coeficientes de mortalidade total (Z), natural (M) e por pesca (F) e taxa de exploração (E) do *P. subtilis* e de outros peneídeos

Sexo	Autor	Espécie	Z (ano <sup>-1</sup> )	M (ano <sup>-1</sup> )	F (ano <sup>-1</sup> )	E
Fêmeas	Leite Jr. e Petreire Jr. (2006)	<i>P. brasiliensis</i>	4,3	1,45	2,9	0,66
	Leite Jr. e Petreire Jr. (2006)	<i>P. paulensis</i>	5,1	1,71	3,4	0,66
	Pauly <i>et al.</i> (1984)	<i>L. setiferus</i>	6,7	2,03	4,7	0,70
	Isaac <i>et al.</i> (1992)	<i>P. subtilis</i>	3,8	2,11	1,6	0,44
	Esta Análise	<i>P. subtilis</i>	6,2	2,53	3,7	0,59
Machos	Leite Jr. e Petreire Jr. (2006)	<i>P. brasiliensis</i>	5,3	1,45	3,9	0,73
	Leite Jr. e Petreire Jr. (2006)	<i>P. paulensis</i>	6,2	1,71	4,5	0,72
	Pauly <i>et al.</i> (1984)	<i>L. setiferus</i>	5,4	2,55	2,9	0,53
	Isaac <i>et al.</i> (1992)	<i>P. subtilis</i>	4,8	1,90	2,9	0,60
	Esta Análise	<i>P. subtilis</i>	5,6	1,83	3,7	0,67
Agrupados	Leite Jr. e Petreire Jr. (2006)	<i>P. brasiliensis</i>	6,5	1,80	4,7	0,72
	Leite Jr. e Petreire Jr. (2006)	<i>P. paulensis</i>	6,7	1,90	4,8	0,72
	Pauly <i>et al.</i> (1984)	<i>L. setiferus</i>	7,1	2,40	4,7	0,66
	Isaac <i>et al.</i> (1992)	<i>P. subtilis</i>	3,7	2,01	1,7	0,45
	Esta Análise	<i>P. subtilis</i>	5,1	2,82	2,3	0,45

## DISCUSSÃO

O crescimento de peixes, e também de crustáceos, pode ser descrito, geralmente, pela equação de von Bertalanffy. Em peneídeos, os parâmetros de crescimento,  $L_{\infty}$  e  $k$ , são estimados a partir de distribuições de frequência de comprimento e geralmente diferem entre sexos, uma vez que as fêmeas atingem tamanhos maiores que os machos (Garcia & Lereste, 1981; Courtney; Dredge & Masel, 1989; Buckworth, 1992). Portanto, neste trabalho, as estimativas desses parâmetros foram conduzidas para os sexos separados, utilizando-se a equação de von Bertalanffy.

Considera-se que a estimação para sexos separados é de fundamental importância, uma vez que a diferença entre os comprimentos de machos e fêmeas é relativamente grande e os parâmetros de crescimento e mortalidade natural têm forte influência nos resultados das avaliações do estoque com métodos baseados em comprimento. Embora não seja possível fazer um ordenamento das pescarias para sexos separados, os resultados obtidos por sexo podem ser analisados de forma conjunta e medidas de regulação mais adequadas poderão ser estabelecidas.

A definição de comprimento assintótico ( $L_{\infty}$ ) seria o tamanho médio da coorte de uma população que cresce indefinidamente (Ricker, 1975). É um parâmetro definido de forma imprecisa e pode variar ao longo dos anos, mas atribuir as variações nas estimativas ao comportamento biológico da espécie, com base em dados obtidos da pesca comercial, pode ser precipitado. Embora possam ser bastante informativas, por serem mais abundantes, as operações de pesca não são delineadas de forma aleatória e, conseqüentemente,

deve-se ter cuidado ao tratar as amostras de comprimento como amostras aleatórias não viciadas da população (Laslett; Eveson & Polacheck, 2004).

Os métodos utilizados na determinação dos parâmetros de crescimento de organismos tropicais, especialmente invertebrados aquáticos, através de distribuição de frequência de comprimentos, apresentam maior ou menor grau de subjetividade. Peneídeos tropicais podem ter somente uma ou duas coortes identificáveis em uma amostra e, assim, os dados têm de ser coletados em diferentes períodos para que possa ser feita progressão modal (Sparre & Venema, 1998). Mesmo assim, a dificuldade de separação das modas pode ser grande. No caso do método de Powell-Wetherall a dificuldade está na seleção dos pontos e na sensibilidade dos resultados a essa seleção.

Embora o ajuste de uma função de crescimento por meio do seguimento de modas a uma série temporal de dados de frequência de comprimento reduza o número de parâmetros a serem estimados (Schnute & Fournier, 1980), o prolongado período de recrutamento em algumas espécies de peneídeos irá retardar a taxa de progressão dos comprimentos médios e, portanto, viciar as estimativas dos parâmetros de crescimento, pois a separação de coortes baseada na mistura de distribuições pode não ser viável. De fato, não é nem mesmo claro como definir diferentes coortes biológicas quando a população tem um período de desova e, conseqüentemente, recrutamento estendido (Wang & Somers, 1996; Laslett; Eveson & Polacheck, 2004). Isso ficou claro na tentativa de se separar as modas por meio do método de Bhattacharya (1967) e do ajuste da distribuição multinomial.

A análise eletrônica de frequência (ELEFAN) é, portanto, um método mais objetivo e utiliza uma técnica especialmente desenvolvida para contornar, pelo menos em parte, as dificuldades de separação de modas. Porém, apresenta, como todos os demais métodos, alguma subjetividade, embora Pauly e David (1981) o considerem um método totalmente objetivo, uma vez que o índice de ajuste ( $Rn$ ) eliminaria o grau de subjetividade das estimativas, e os valores obtidos podem ser reproduzidos.

Pauly, Ingles e Neal (1984) sugerem, porém, que o método não está livre de falhas, principalmente quando se trata de amostras pouco representativas, mas resultados inconsistentes podem ser identificados por meio de valores muito baixos de  $Rn$ . Assim, diante das dificuldades de utilização de dados de distribuição de frequência de crescimento para estimar parâmetros de crescimento, o ELEFAN é uma alternativa viável quando se dispõe de amostras bem representativas da população. Nesses casos, os resultados são superiores àqueles obtidos por métodos de marcação.

Os pontos iniciais a partir dos quais o ELEFAN começa os cálculos da curva de crescimento nas rotinas Automatic Search e K-Scan podem ser fixos ou variáveis. Quando um ponto inicial é fixo, diferentes curvas de crescimento, definidas por diferentes combinações de parâmetros de crescimento, serão forçadas a passar por este ponto. No caso do ponto inicial variável, curvas de crescimento serão testadas para várias possíveis escolhas do ponto inicial e somente aquela que apresentar o melhor ajuste será retida. Espera-se que os cálculos utilizando ponto inicial variável forneçam curvas de melhor ajuste, devendo ser usados como regra geral, exceto quando, por razões específicas, a curva deva passar por determinadas coordenadas. A rotina Response Surface Analysis, por sua vez, pode ser eficiente, mas, ao mesmo tempo, pode também parecer confusa (Gayanilo-Júnior & Pauly, 1997).

Quando duas coortes ocorrem por ano, o ELEFAN irá, se não sofrer interferência, ajustar a curva de crescimento mais proeminente das duas coortes. Os parâmetros da segunda coorte podem ser ajustados selecionando-se visualmente uma moda proemi-

nente pertencendo à segunda coorte, deixando então o ELEFAN identificar o melhor conjunto de parâmetros de crescimento para uma curva forçada através dessa moda. Nesta análise partiu-se da premissa de que a população é formada apenas de uma coorte principal e somente em alguns períodos do ano, como nos meses de recrutamento, duas coortes se sobrepõem.

Deve-se chamar a atenção, também, para valores mais baixos de  $L_{\infty}$  encontrados por Isaac, Dias-Neto e Damasceno (1992) para o *P. subtilis*. Acredita-se que isso se deveu à utilização de dados de um único ano, bem como pelo fato de as amostras utilizadas não cobrirem a amplitude de variação dos tamanhos da espécie. As faixas de comprimento dos dados observados aqui utilizados sugerem que o valor de  $L_{\infty}$  encontrado pelos mencionados autores deve ter sido subestimado.

Em relação aos valores de  $k$ , nota-se que, embora se encontrem na faixa sugerida por Pauly, Ingles e Neal (1984), variam entre  $0,25 \text{ ano}^{-1}$  e  $2,5 \text{ ano}^{-1}$ , e o valor encontrado para os machos ( $0,94 \text{ ano}^{-1}$ ) é bem menor que o das fêmeas ( $1,6 \text{ ano}^{-1}$ ). Isso, no entanto, parece coerente com a realidade, uma vez que os machos atingem um comprimento máximo bem menor que o das fêmeas. Deve-se ressaltar que os métodos baseados em comprimentos incorporados ao ELEFAN são similares a métodos estatísticos não paramétricos e, portanto, não fornecem intervalos de confiança ou níveis de incertezas (Silvestre & Garces, 2004).

Embora haja variações nos valores de longevidade de algumas espécies apresentadas anteriormente, nota-se que os valores estimados na presente análise apresentaram grandes diferenças entre fêmeas (1,9 anos), machos (3,2 anos) e sexos agrupados (1,6 anos). Como a fórmula empírica de Pauly (1980) depende exclusivamente de  $K$ , as variações nas estimativas desse parâmetro explicam as variações nas estimações da longevidade. Garcia (1988) sugere que a longevidade máxima de camarões peneídeos do gênero *Penaeus* Fabricius, 1798, é de cerca de 2 a 3 anos, apesar de o período de exploração ser de aproximadamente 1 ano. De acordo com Pauly, Ingles e Neal (1984), em peneídeos, o valor anual de  $K$  varia entre  $0,25$  a  $2,5 \text{ ano}^{-1}$  e a longevidade entre  $1,5$  a  $2,5$  anos.

O índice de performance de crescimento ( $\phi'$ ) obtido para fêmeas na presente análise está dentro da faixa de valores da grade auximétrica proposta por Pauly (1984) para peneídeos, embora próximo ao limite inferior. Já os valores para machos estão abaixo daqueles indicados na grade. Isso se deve ao fato de esse índice ser derivado da combinação de valores de  $L_{\infty}$  e  $W_{\infty}$  com valores de  $K$ . O baixo valor de  $K$  encontrado para machos resultou num baixo valor do índice de performance de crescimento.

Assumindo-se nesta análise os valores obtidos pelo método de Jones e Van Zalinge (1981) para os parâmetros de mortalidade total para fêmeas ( $6,2 \text{ ano}^{-1}$ ), machos ( $5,6 \text{ ano}^{-1}$ ) e sexos agrupados ( $5,1 \text{ ano}^{-1}$ ), verifica-se que apresentam coerência com aqueles encontrados por outros autores no Brasil e em outras regiões do mundo. Leite-Júnior e Petrere-Júnior (2006) relatam coeficientes de mortalidade total de  $6,5 \text{ ano}^{-1}$  e  $6,7 \text{ ano}^{-1}$  para o *Penaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) e *Penaeus paulensis* (Pérez Farfante, 1967) respectivamente, considerando sexos agrupados. Pauly *et al.* (1984) reportam valores de  $5,43 \text{ ano}^{-1}$  para machos e  $6,71 \text{ ano}^{-1}$  para fêmeas de *Penaeus setiferus* (Linnaeus, 1767) e  $7,07 \text{ ano}^{-1}$  para sexos agrupados do *Penaeus duorarum* (Burkenroad, 1939) no Golfo do México.

Os valores para mortalidade total apresentados para fêmeas ( $3,8 \text{ ano}^{-1}$ ) e para machos ( $4,8 \text{ ano}^{-1}$ ) por Isaac, Dias-Neto e Damasceno (1992), no entanto, ficaram abaixo daqueles aqui obtidos. Embora os valores encontrados pelos métodos que estão sendo considerados sejam apenas aproximações, é preciso ressaltar que naquelas estimações foram



utilizadas amostras mensais de um único ano. Segundo Pauly (1987), curvas de captura para cálculo de  $Z$  devem ser representativas de uma condição de equilíbrio, que significa uma distribuição estável de idades, durante as quais o recrutamento variou pouco ou aleatoriamente, de forma que a mortalidade total possa ser considerada constante. Mas deve-se levar em conta também que os movimentos migratórios da espécie e as áreas onde foram obtidas as amostras podem resultar numa superestimação de  $Z$ .

Por possuírem elevados valores para a constante de crescimento ( $K$ ), camarões peneídeos teriam igualmente elevados valores de mortalidade natural ( $M$ ) (Garcia & Lereste, 1981). Os coeficientes de mortalidade natural aqui encontrados mostraram-se elevados para fêmeas ( $2,53 \text{ ano}^{-1}$ ) e para machos ( $1,86 \text{ ano}^{-1}$ ), mas compatíveis com aqueles indicados na literatura especializada. Mesmo no caso dos sexos agrupados, o valor bem mais alto ( $2,82 \text{ ano}^{-1}$ ) ainda se encontra dentro das faixas sugeridas.

No Sudeste do Brasil, Leite-Júnior e Petrere-Júnior (2006) encontraram valores médios para o coeficiente de mortalidade natural ( $M$ ) da ordem de  $1,8 \text{ ano}^{-1}$  e  $1,9 \text{ ano}^{-1}$ , para o *P. brasiliensis* e *P. paulensis*, respectivamente. Pauly, Ingles e Neal (1984), utilizando a equação empírica de Pauly (1980), indicam valores de mortalidade natural entre  $2,4 \text{ ano}^{-1}$  e  $4,8 \text{ ano}^{-1}$  para estoques adultos de peneídeos em exploração.

Garcia (1985) sugere que os valores do coeficiente de mortalidade natural de peneídeos sejam da ordem de  $2,4 (\pm 0,3) \text{ ano}^{-1}$  para estoques adultos, o que corresponde aproximadamente 0,2 por mês, e apresenta os seguintes valores médios de mortalidade natural para peneídeos em várias regiões do mundo:  $2,4 \text{ ano}^{-1}$  para o *Penaeus aztecus* Ives, 1891, com variação entre  $1,8$  a  $2,5 \text{ ano}^{-1}$ ;  $2,2 \text{ ano}^{-1}$  para o *P. setiferus*;  $2,5$  a  $3,0 \text{ ano}^{-1}$  para o *Penaeus notialis* Pérez Farfante, 1967;  $2,5 \text{ ano}^{-1}$  para o *Penaeus indicus* H. Milne Edwards, 1837;  $2,4 \text{ ano}^{-1}$  para o *Penaeus merguensis* de Man, 1888.

A partir da mortalidade total e da mortalidade natural são obtidos os valores semelhantes para mortalidade por pesca para machos e fêmeas, aproximadamente  $3,7 \text{ ano}^{-1}$ . Para os sexos agrupados, o valor foi de  $2,3 \text{ ano}^{-1}$ , consequência dos menores valores da mortalidade total e do elevado valor encontrado para o coeficiente de mortalidade natural. Esses valores estão muito abaixo daqueles encontrados por Leite-Júnior e Petrere-Júnior (2006) para o *P. brasiliensis* e o *P. paulensis*,  $4,7 \text{ ano}^{-1}$  e  $6,8 \text{ ano}^{-1}$ , respectivamente. Por outro lado, a mortalidade por pesca em pescarias bem desenvolvidas, onde a captura e o esforço têm se mantido estáveis por um longo período, depois de uma fase de rápido crescimento, tem sido estimada ao redor de  $1,6 (\pm 0,5)$  por ano (Garcia, 1985).

A mortalidade por pesca não é constante com a idade, dependendo da fase de vida em que a população está sendo explorada e do padrão de pesca. É claro que o poder de pesca dos aparelhos artesanais é menor em relação aos industriais, mas exploram a fase juvenil da espécie enquanto os aparelhos industriais podem dirigir sua atuação para diferentes tamanhos (idades) ao longo dos meses. Ressalte-se, no entanto, que a mortalidade por pesca estimada com esses métodos é apenas uma aproximação grosseira.

Aceitando-se que o valor ótimo da mortalidade por pesca ( $F_{opt}$ ) num estoque em exploração seja igual a  $M$ , conforme proposto por Gulland (1983), pode-se ter uma ideia da taxa de exploração do estoque através da expressão:

$$E = 0,5 = \frac{F_{opt}}{(F_{opt} + M)}$$

A mortalidade por pesca ótima seria equivalente à mortalidade natural ( $M$ ), ou seja,  $F_{opt} = M$ , neste caso  $F_{opt} = 2,53$  para fêmeas e  $F_{opt} = 1,86$  para machos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aragão, J.A.N.; Cintra, I.H.A. & Silva, K.C.A. Revisão dos dados de esforço de pesca e captura das pescarias industriais de camarão-rosa *Penaeus subtilis* (Pérez Farfante, 1967) (Crustácea, Decapoda, Penaeidae) na região Norte do Brasil. *Bol. Téc. Cient. Cepnor*, v. 4, n. 1, p. 31-44, 2004.

Aragão, J.A.N.; Silva, K.C.A. & Cintra, I.H.A. Shrimp fishery on the amazon continental shelf: present situation and level of exploitation of the stocks, in Case study on shared stocks of the shrimp and groundfish fishery of the Guianas-Brazil shelf. Assessment studies. *FAO CLME Case Study on Shrimp and Groundfish*, n. 9, p. 69-84, 2013.

Aragão, J.A.N.; Petrere-Júnior, M. & Cintra, I.H.A. Relações biométricas do camarão rosa *Penaeus subtilis* (Pérez Farfante, 1967) na plataforma continental amazônica. *Arq. Ciênc. Mar*, v. 50, n. 2, p. 81-99, 2017.

Aragão, J.A.N.; Cintra, I.H.A. & Silva, K.C.A. Pesca industrial do camarão-rosa na plataforma continental amazônica: aspectos da dinâmica da população, avaliação do estoque e influência dos parâmetros ambientais. *ActaFish*, v. 3, n. 1, p. 77-90, 2015a.

Aragão, J.A.N.; Silva, K.C.A. & Cintra, I.H.A. Situação da pesca de camarões na plataforma continental amazônica. *ActaFish*, v. 3, n. 2, p. 61-76, 2015b.

Aragão, J.A.N.; Cintra, I.H.A.; Silva, K.C.A. & Vieira, I.J.A. A exploração camaroneira na costa norte do Brasil. *Bol. Téc. Cient. Cepnor*, v. 1, n. 1, p. 11-44, 2001.

Bhattacharya, C.G. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, v. 23, n. 1, p. 115-135, 1967.

Buckworth, R.C. Movements and growth of tagged blue endeavour prawns, *Metapenaeus endeavouri* (Schmitt 1926), in the Western Gulf of Carpentaria, Australia. *Mar. Freshwater Res.*, v. 43, n. 5, p. 1283-1299, 1992.

Courtney, A.J.; Dredge, M.C.L. & Masel, J.M. Reproductive biology and spawning periodicity of endeavour shrimps *Metapenaeus endeavouri* (Schmitt, 1929) and *Metapenaeus ensis* (De Haan, 1850) from a central Queensland (Australia fishery). *Asian. Fisher. Sci.*, n. 3, n. 1989, p. 133-147, 1989.

Erzini, K. Sample size and grouping of data for length-frequency analysis. *Fish. Res.*, v. 9, n. 4, p. 355-366, 1990.

Feijó-Filho, D.H.; Soares, R.B.; Messias, G.A.; Souza, F.M.M.C. & Correia, E.S. Crescimento do camarão marinho *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez Farfante, 1967) cultivado em tanques com diferentes protocolos de fertilização orgânica. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 31, n. 3, p. 221-226, 2009.

Garcia, S.M. Reproduction, stock assessment models and population parameters in exploited penaeid shrimp populations, p. 138-158, in Rothlisberg, P.C.; Hill, B.J. & Staples, D.J. (ed.), *Second Australian National Prawn Seminar*. Cleveland, 368 p., Australia, NPS2, 1985.

- Garcia, S.M. Tropical penaeid prawns, p. 219-249, in Gulland, J.A. (ed.), *Fish Population Dynamics*. J. Wiley, 325 p., Chichester, 1988.
- Garcia, S.M. & Lereste, L. Life cycles, dynamics, exploitation and management of coastal penaeid shrimp stocks. *FAO Fisheries Technical Paper*, n. 203, 215 p., 1981.
- Gayanilo-Júnior, F.C. & Pauly, D. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT). Reference Manual. *FAO Computerized Information Series (Fisheries)*, n. 8, 262 p., 1997.
- Gayanilo-Júnior, F.C.; Sparre, P. & Pauly, D. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FiSAT II) User's guide. *FAO Computerized Information Series (Fisheries)*, n. 8, 168 p., 2005.
- Gulland, J.A. *Fish stock assessment: a manual of basic methods*. Wiley & Sons Inc., 223 p., New York, 1983.
- Haddon, M. *Modelling and quantitative methods in fisheries*. Chapman & Hall/CRC, 405 p., New York, 2011.
- Isaac, V.J.; Dias-Neto, J. & Damasceno, F.G. *Camarão rosa da costa norte: biologia e administração pesqueira*. Brasília, 1992, 187 p. (Coleção Meio Ambiente, Série Estudos de Pesca 1).
- Jones, R. & Van Zalinge, N.P. Estimates of mortality rate and population size for shrimp in Kuwait waters. *Kuwait Bull. Mar. Sci.*, v. 2, p. 73-288, 1981.
- Laslett, G.M.; Eveson, J.P. & Polacheck, T. Fitting growth models to length frequency data. *ICES J. Mar. Sci.*, v. 61, p. 218-230, 2004.
- Leite-Júnior, N.O. & Petrere-Júnior, M. Growth and mortalities of the pink shrimp *Penaeus brasiliensis* LATREILLE, 1970, e *P. paulensis* PÉREZ-FARFANTE, 1967 in Southeast Brazil. *Braz. J. Biol.*, v. 66, n. 2A, p. 523-536, 2006.
- López-Martínez, J.; Arreguín-Sánchez, F.; Hernández-Vázquez, S.; García-Juárez, A. & Valenzuela-Quñonez, W. Inter-annual variation of growth of the brown shrimp *Penaeus californiensis* and its relation to temperature. *Fish. Res.*, v. 61, n. 2, p. 95-105, 2003.
- Munro, J.L. & Pauly, D. A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *Fishbyte*, v. 1, p. 5-6, 1983.
- Nevárez-Martínez, M.O.; Méndez-Tenorio, F.M.; Cervantes-Valle, C.; López-Martínez, J. & Anguano-Carrasco, M. Growth, mortality, recruitment, and yield of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) off Guaymas, Mexico. *Fish. Res.*, v. 79, n. 1-2, p. 38-47, 2006.
- Palomares, M.L.; Muck, P.; Mendo, J.; Chuman, E; Gomez, O. & Pauly, D. Growth of the Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*), 1953 to 1982, p.117-141, in Pauly, D. & Tsukayama, I. (ed.). *The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change*. ICLARM Stud. Rev., [s.l.], 351 p., 1987.
- Pauly, D. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, v. 39, n. 2, p. 175-192, 1980.
- Pauly, D. A method to estimate the stock-recruitment relationship of shrimps. *T. Am. Fish. Soc.*, v. 111, n. 1, p. 13-20, 1982.
- Pauly, D. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. *FAO Fisheries Technical Papers*, n. 234, p. 1-52, 1983.
- Pauly, D. Length converted catch curves: a powerful tool for fisheries research in the tropics. Part I. *Fishbyte*, v. 1, n. 2, p. 9-13, 1984.

- Pauly, D. A review of the ELEFAN system for analysis of length-frequency data in fish and aquatic invertebrates, in Pauly, D & Morgan, G.R. (ed.). Length-based models in fisheries research. *ICLARM Conference Proceedings*, n. 13, p. 7-34, 1987.
- Pauly, D. Length-converted catch curves and the seasonal growth of fishes. *Fishbyte*, v. 8, n. 3, p. 24-29, 1990.
- Pauly, D. & David, N. Elefan I, a Basic program for the objective extraction of growth parameters from length-frequency data. *Meeresforsch*, v. 28, n. 4, p. 205-211, 1981.
- Pauly, D.; Ingles, J. & Neal, R. Application to shrimp stocks of objective methods for the estimation of growth, mortality and recruitment-related parameters from length-frequency data (ELEFAN I and II), p. 220-234, in Gulland, J.A. & Rothschild, B.J. (ed.), *Penaeid Shrimps - Their Biology and Management*. Fishing News Books, 103 p., Farnham, 1984.
- Pérez Farfante, I. Western Atlantic shrimps of the genus *Penaeus*. *Fish. Bull.*, v. 67, n. 3, p. 461-590, 1969.
- Ramírez-Rodríguez, M. & Arreguín-Sánchez, F. Life history stage duration and natural mortality for the pink shrimp *Penaeus duorarum* (Burkenroad, 1939) in the southern Gulf of Mexico, using the gnomonic model for time division. *Fish. Res.*, v. 60, n. 1, p. 45-51, 2003.
- Ramírez-Rodríguez, M.; Arreguín-Sánchez, F. & Lluch-Belda, D. Recruitment pattern of the pink shrimp *Penaeus duorarum* in the southern Gulf of Mexico. *Fish. Res.*, v. 65, n. 1-3, p. 81-88, 2003.
- Ricker, W.E. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *J. Fish. Res. Board. Can.*, v. 191, 382 p., 1975.
- Rikhter, V.A. & Efanov, V.N. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. *ICNAF Research Document 76/VI*, n. 8, 12 p., 1976.
- Schnute, J.A. & Fournier, D. A new approach to length-frequency analysis: growth structure. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, v. 37, n. 9, p. 1337-1351, 1980.
- Silvestre, G.T. & Garces, L.R. Population parameters and exploitation rate of demersal fishes in Brunei Darussalam (1989-1990). *Fish. Res.*, v. 69, n. 1, p. 73-90, 2004.
- Sparre, P. & Venema, S.C. Introduction to tropical fish stock assessment. *FAO Fisheries Technical Papers*, v. 306, n. 1, 376 p., 1998.
- Tzeng, T. & Yeh, Y. Growth, mortality and recruitment of *Trachipenaeus curvirostris* in the western coast of Taiwan. *J. Fish. Soc. Taiwan*, v. 28, n. 2, p. 77-90, 2001.
- Wang, Y. & Somers, I.F. A simple method for estimating growth parameters from multiple length-frequency data in presence of continuous recruitment. *Fish. Res.*, v. 28, n. 1, p. 45-56, 1996.
- Wetherall, J.A.; Polovina, J.J. & Ralston, S. Estimating growth and mortality in steady-state fish stocks from length-frequency data, p. 53-74, in Pauly, D. & Morgan, G.R. (ed.). Length-based methods in fisheries research. *ICLARM Conference Proceedings*, n. 13, 468 p., 1987.