

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA.

DETERMINAÇÃO DA CAPTURA MÁXIMA SUS-
TENTÁVEL DO PARGO, *LUTJANUS PURPU-*
REUS POEY, PELO MÉTODO ANALÍTICO DE
BEVERTON & HOLT

Maria Inês Bezerra da Silva.

Dissertação apresentada ao Depar-
tamento de Engenharia de Pesca do Cen-
tro de Ciências Agrárias da Universi-
dade Federal do Ceará, como parte das
exigências para obtenção do título de
Engenheiro de Pesca.

Fortaleza - Ceará
Julho - 1978

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S581d Silva, Maria Inês Bezerra da.

Determinação da captura máxima sustentável do Pargo, *Lutjanus Purpureus* Poey, pelo modo analítico de Beverton & Holt / Maria Inês Bezerra da Silva. – 1978.

33 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 1978.

Orientação: Prof. Antonio Aduino Fonteles Filho.

1. Pargo (Peixe) - Captura. I. Título.

CDD 639.2

BSLCM

Prof. Adj. Antonio Aduino Fonteles Filho
- Orientador -

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Adj. Raimundo Saraiva da Costa
- Presidente -

Aux. Ens. Antonio Luciano Lôbo de Mesquita

VISTO:

Prof. Assist. Gustavo Hitzschky Fernandes Vieira
Chefe do Departamento de Engenharia de Pesca

Prof. Adj. Maria Ivone Mota Alves
Coordenadora do Curso de Engenharia de Pesca

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Antonio Aduato Fonteles Filho, pela preciosa orientação prestada durante a elaboração e redação deste trabalho.

À Ubirajara Nobre, pela colaboração na ilustração gráfica deste trabalho.

Ao Laboratório de Ciências do Mar - LABOMAR, na pessoa de seu Diretor Dr. Jader Onofre de Moraes, pela bibliografia concedida para a execução deste trabalho.

Aos meus pais, irmãos, Hamilton e amigos, pelo apoio e incentivo que me foi dado.

DETERMINAÇÃO DA CAPTURA MÁXIMA SUSTENTÁVEL DO PARGO, LUTJANUS
PURPUREUS POEY, PELO MÉTODO ANALÍTICO DE BEVERTON & HOLT

MARIA INÊS BEZERRA DA SILVA .

1 - INTRODUÇÃO

O declínio da pesca dos atuns e, posteriormente, uma fase de declínio da produção de lagostas, constituíram os principais fatores que levaram os nordestinos a se voltarem para a pesca do pargo, *Lutjanus purpureus* Poey, praticando-a em nível industrial, ao contrário do que se fazia antigamente quando esta espécie era capturada artesanalmente. Esta exploração em nível industrial, teve início por volta de 1961.

No nordeste brasileiro, o pargo apresenta elevado volume de produção sendo um dos principais recursos marinhos industrializados para exportação, sendo portanto, um peixe de comprovado valor econômico. As maiores concentrações desta espécie ocorrem nos bancos e ilhas oceânicas desde os Rochedos de São Pedro e São Paulo (lat. $00^{\circ}55'$ N - long. $29^{\circ}25'$ W) até os Bancos do Ceará (lat. $01^{\circ}35'$ S - long $38^{\circ}35'$ W); e no talude continental, entre as longitudes de $40^{\circ}00'$ e $46^{\circ}00'$ W, a uma distância da costa que varia de 40 a 120 milhas náuticas (Fonteles Filho, 1972).

A exploração industrial do pargo, mostrou desde o início, uma tendência crescente de produção, obtendo-se um máximo em 1967; a partir deste ano a produção anual apresentou altos e baixos, retomando em 1972 a tendência anteriormente verificada, tendo alcançado um novo máximo em 1977, com 5.200 toneladas, para o Estado do Ceará.

O nosso trabalho tem como objetivo a determinação do peso anual da captura de equilíbrio biológico e do valor ótimo do esforço de pesca para o pargo, visando principalmente à sua aplicação prática na elaboração e execução de medidas regulatórias da pesca.

Como sabemos, para toda população aquática, existe um limite na sua capacidade de produção. Esta é basicamente determinada pelo recrutamento e crescimento em peso dos indivíduos recrutados e daqueles já existentes no estoque, menos o peso perdido por mortalidade. A captura pode ser maior, igual ou menor que a produção, dependendo da quantidade de esforço aplicada.

O limite acima referido é determinado pelo próprio meio ambiente. Em consequência disto, existe uma produção máxima que se pode obter, ou seja, o volume máximo de captura do estoque, que depende tanto do tamanho ou idade médios com que o estoque deve começar a ser capturado, como da intensidade do esforço de pesca aplicado na exploração do estoque.

Através da determinação do esforço de pesca ótimo para o qual a produção é máxima e sustentável, poderemos elaborar medidas de regulamentação no que diz respeito à limitação da in-

tensidade do esforço de pesca através do seu controle direto. Deste modo evita-se a captura dos indivíduos jovens do estoque, o que é um dos princípios em que se baseiam os métodos de regulamentação da pesca.

Na exploração de um recurso pesqueiro, devemos levar em consideração os aspectos econômico e social, além do biológico, o que é fundamental. para que este recurso seja adequadamente aproveitado.

2. TEORIA

O período que se estende desde a idade média de captura, t_c até a idade máxima, t_L é considerado como a fase exploratória de um estoque. Dividindo-se esta fase em períodos de tempo mais ou menos curtos, temos condições de calcular, para cada período: o número de peixes sobreviventes, o número de peixes capturados e dos que morrem por causas naturais, e a produção em peso, através do número e peso médio dos indivíduos capturados.

De acordo com a teoria desenvolvida por Beverton & Holt (1957), temos que o peso dos indivíduos capturados no intervalo de tempo t , $t + dt$ é dado por:

$$dy = F N_t W_t dt$$

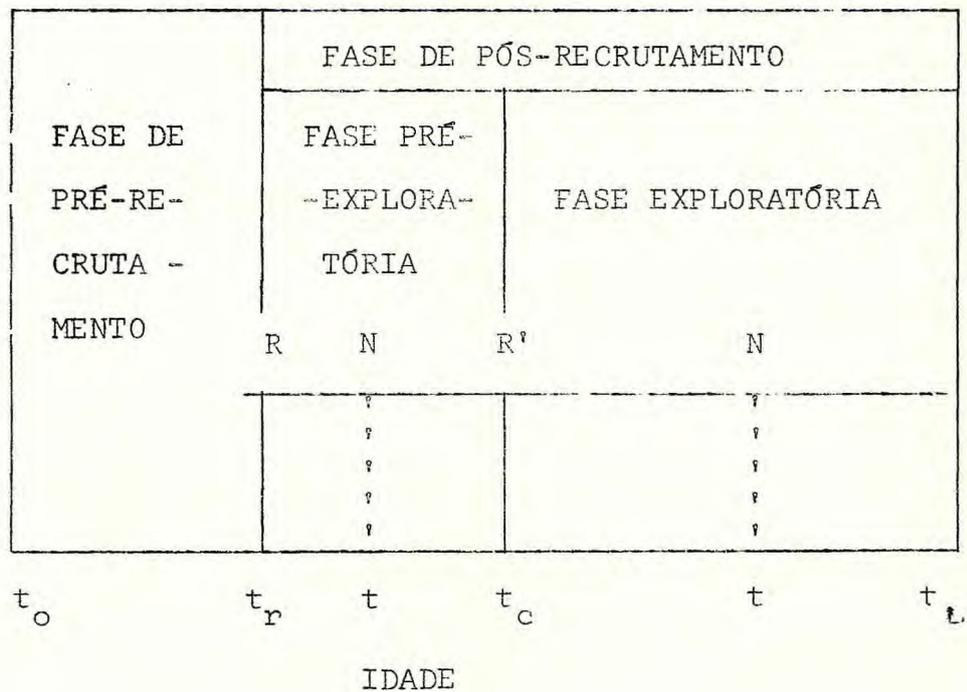
Na fase exploratória, o peso total capturado será:

$$Y = \int_{t_c}^{t_L} F N_t W_t dt \quad (\text{Equação 1})$$

Baseados na variação da abundância do estoque em relação ao tempo, antes da exploração pela pesca, temos que:

$$\frac{dN_t}{dt} = -MN_t$$

Considerando o seguinte diagrama:



para a faixa $t_r < t < t_c$

$$N_t = R e^{-M(t - t_r)}$$

$$R' = R e^{-M(t_c - t_r)} \quad (\text{Equação 2})$$

Em virtude de ter o pargo recrutamento contínuo podemos considerar $t_r = t_c$. Desta maneira, a equação 2 se transforma em

$$R' = R$$

Quando existe mortalidade natural e mortalidade por pesca, para $t > t_c$ temos,

$$\frac{dN_t}{dt} = - (F + M)N_t$$

Portanto,

$$N_t = R e^{-(F + M)(t - t_c)} \quad (\text{Equação 3})$$

De acordo com a equação de crescimento de Von Bertalanffy (1938),

$$W_t = W_\infty \sum_0^3 U_n e^{-nK(t - t_0)} \quad (\text{Equação 4})$$

onde $U_0 = 1$, $U_1 = -3$, $U_2 = 3$, $U_3 = -1$

Substituindo (3) e (4) na equação 1, temos:

$$Y = \int_{t_c}^{t_L} F R e^{-(F+M)(t-t_c)} W_\infty \sum_0^3 U_n e^{-nK(t-t_0)} dt$$

Sendo $t - t_0 = (t - t_c) + (t_c - t_0)$, e $e^{-nK(t-t_0)}$ considerada como constante,

$$Y = F R W_{\infty} \sum_0^3 U_n e^{-nK(t-t_0)} \int_{t_c}^{t_L} e^{-(F+M+nK)(t-t_c)} dt$$

Por integração, e colocando a produção em função do recrutamento, temos:

$$\frac{Y}{R} = F W_{\infty} \sum_0^3 \frac{U_n e^{-nK(t-t_0)}}{F+M+nK} \left[1 - e^{-(F+M+nK)(t_L-t_c)} \right]$$

(Equação 5)

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados empregados no presente trabalho foram retirados de trabalhos anteriormente publicados e as informações nele contidas resultaram de um levantamento bibliográfico.

O cálculo da captura em peso por recruta, Y/R foi obtido pelo método analítico de Beverton & Holt (1957), utilizando-se a equação 5, onde

Y/R = captura em peso, por recruta

F = coeficiente de mortalidade por pesca

W_{∞} = peso máximo teórico

K = coeficiente de crescimento

M = coeficiente de mortalidade natural

t_c = idade média de captura

t_o = idade inicial

t_L = idade máxima teórica.

Utilizamos as seguintes estimativas

$K = 0,117$ (Lima, 1965)

$t_c = 4,5$ anos (Ivo & Evangelista, MS)

$t_o = 0$

$t_L = 15$ anos

$M = 0,10 - 0,30$

$W_\infty = 10.904$ gramas

Para que o trabalho se tornasse mais explícito foram elaboradas tabelas nas quais as parcelas representam partes da equação 5 (Apêndices A, B e C).

Os valores da produção por recruta, Y/R variam em função do coeficiente de mortalidade por pesca, F sendo a este último atribuído valores de 0 a 2,00. Para o cálculo da produção máxima sustentável foram utilizados três valores de coeficiente de mortalidade natural, M : 0,10, 0,20 e 0,30.

Tendo em vista que o modelo de Beverton & Holt mostra a produção variando em função do coeficiente de mortalidade por pesca, estimamos o valor do esforço de pesca ótimo, através da seguinte equação:

$$F = f \cdot q \quad \therefore \quad f = \frac{F}{q} \quad (\text{Equação 6})$$

Utilizamos o valor de $q = 0,000021$, correspondente ao coeficiente da equação de regressão entre coeficiente de mortalidade total e esforço de pesca em termos de pescadores-dia, calculado por Ivo & Gesteira (1974). Calculamos, ainda, o esforço em termos de anzóis-dia, considerando que cada pescador usa, em média, 15 anzóis.

Para determinação do esforço de pesca ótimo em termos de número de viagens por ano, utilizamos os seguintes dados:

número médio de pescadores por barco = 15

número médio de dias de pesca por viagem = 40

Obtendo-se dessa maneira o número de pescadores por viagem para podermos calcular o número de viagens por ano.

O cálculo do recrutamento foi efetuado através da utilização de dados do estoque capturado nos anos de 1967 a 1969 (Fonteles-Filho, 1976) e da fórmula seguinte:

$$R = \frac{Y (F + M)}{F [1 - e^{-(F+M)}]} \quad (\text{Equação 7})$$

Através destes dados de recrutamento, R obtidos e de dados da produção por recruta, Y/R podemos obter valores da captura máxima sustentável multiplicando-se Y/R por R.

O valor da CPUE máxima foi obtido dividindo-se a produção máxima sustentável pelo esforço ótimo correspondente, nas unidades acima mencionadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A curva obtida (figura 1) segue o modelo esperado para a equação de produção pelo método analítico segundo o qual: (a) a curva começa na origem; (b) a medida que F aumenta, Y/R também aumenta rapidamente de início, mas a uma taxa decrescente; (c) o valor máximo de Y/R é alcançado para um valor de $F = F$ ótimo; (d) depois desse ponto, a curva desce suavemente, com inclinação tendendo para uma assíntota quando $F \rightarrow \infty$.

Os valores da produção máxima por recruta, Y/R obtidos foram 1390,26 g para F igual a 0,30; 1.016,25 g para F igual a 0,40 e 834,16 g para F igual a 0,75, resultados estes correspondentes a valores de mortalidade natural, M iguais a 0,10, 0,20 e 0,30 respectivamente (Tabela I; figura 1).

A partir da obtenção destes dados determinamos a produção máxima sustentável e o esforço ótimo correspondente a esta produção.

A produção máxima por recruta foi de 834,16 g para um coeficiente de mortalidade por pesca ótimo igual a 0,75. Em termos de esforço de pesca este equivale, segundo a equação 6, a:

$$f = \frac{0,75}{0,000021} = 35.714 \text{ pescadores-dia}$$

O esforço de pesca ótimo, em termos de número de viagens por ano, foi calculado da seguinte maneira:

$$15 \times 40 = 600 \text{ pescadores/viagem}$$

TABELA I

Valores da produção por recruta Y/R do pargo, *Lutjanus purpureus* Poey, em função de valores dados para o coeficiente de mortalidade por pesca (F), considerando-se três valores do coeficiente de mortalidade natural, M.

		Y/R		
		0,10	0,20	0,30
F	M			
	0,00		0,00	0,00
0,01		108,79	104,57	65,97
0,05		720,75	431,80	279,69
0,10		1.102,39	688,04	463,42
0,20		1.376,08	926,84	665,14
0,30		1.390,26	997,72	762,19
0,40		1.330,29	1.016,25	802,53
0,50		1.264,86	1.003,17	823,25
0,75		1.136,74	965,00	834,16
1,00		1.046,78	926,84	828,70
1,50		965,01	883,22	817,80
2,00		894,12	828,70	806,89

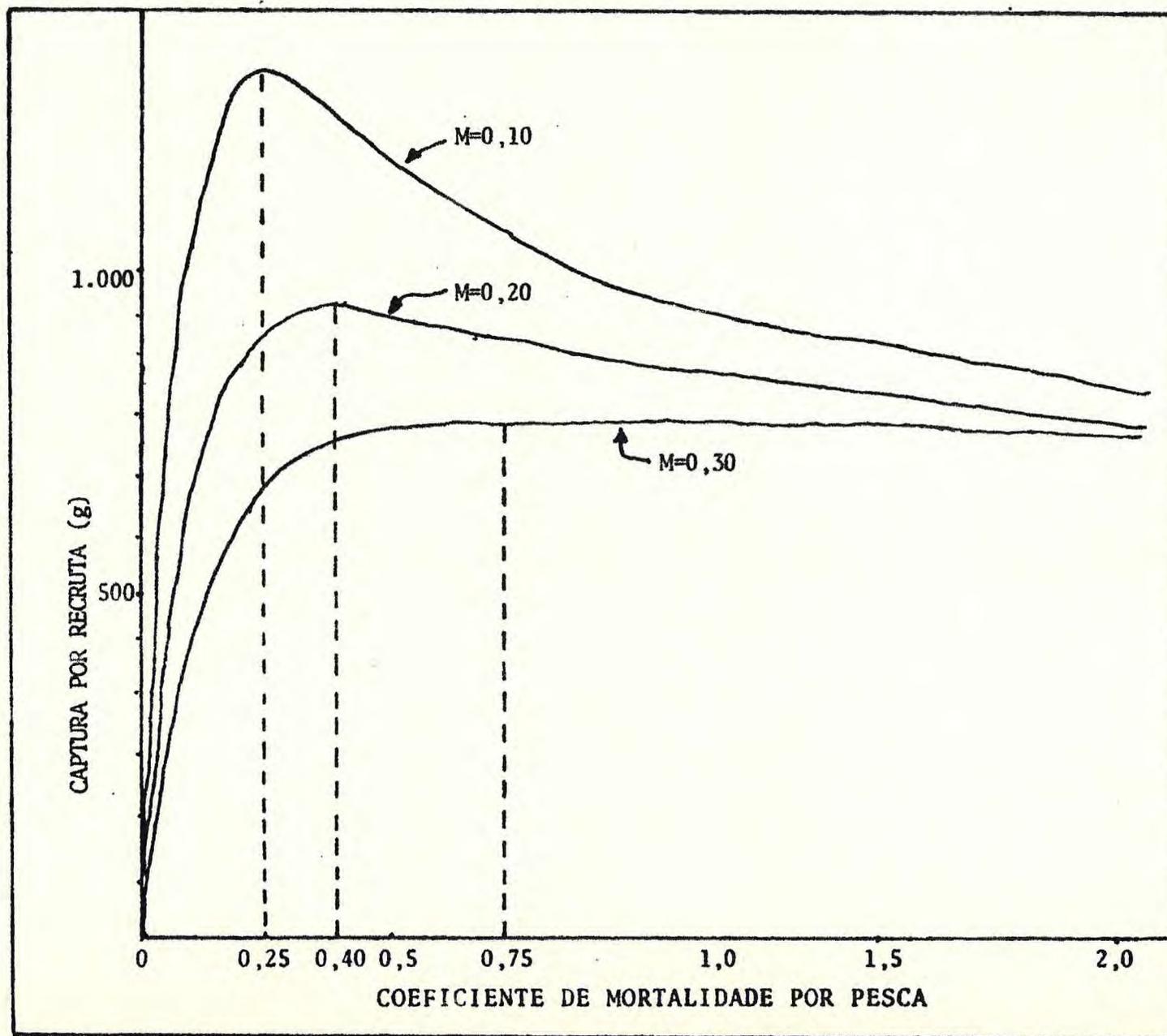


Figura 1 - Curva de produção do pargo, *Lutjanus purpureus* Poey

$$\frac{35.714}{600} = 60 \text{ viagens/ano}$$

Tomando a média dos valores do estoque capturado do pargo para 1967, 1968 e 1969 (Fonteles-Filho, 1976) como 2.038.866 indivíduos, calculamos o recrutamento médio correspondente através da equação 7, o qual apresentou um valor de 7.100.527 indivíduos.

Portanto, para uma produção por recruta igual a 834,16g, e um recrutamento de 7.100.527 indivíduos, a produção máxima sustentável, em termos absolutos, foi de 5.680 toneladas, que poderá ser obtida com um esforço de 35.714 pescadores-dia, 535.710 anzóis-dia ou 60 viagens/ano.

Em termos de CPUE o valor máximo que pode ser obtido é

$$CPUE_m = \frac{5.680.422}{35.714} = 159,0 \text{ Kg/pescador-dia}$$

$$CPUE_m = \frac{5.680.422}{535.710} = 10,6 \text{ Kg/anzol-dia.}$$

A produção máxima sustentável de 5.680 toneladas mostrou-se bastante superior àquela obtida por Santos & Coelho(1974), correspondente a 4.200 toneladas. A diferença verificada na produção máxima sustentável certamente foi devida à grande expansão verificada na área de pesca do pargo, a partir de 1973.

A produção atual do pargo, em torno de 5.000 toneladas, já se aproxima da máxima sustentável e com o aumento constante do esforço de pesca (Ivo, 1976) torna-se desde já necessário pen-

sar-se na introdução de medidas regulatórias, visando à proteção do estoque através do controle do esforço de pesca.

5. CONCLUSÕES

Do presente estudo obtivemos as seguintes conclusões:

- a) a produção máxima por recruta do pargo foi de 834,16g para um coeficiente de mortalidade por pesca ótimo igual a 0,75.
- b) os valores do esforço de pesca ótimo correspondentes à captura máxima sustentável foram os seguintes: 35.714 pescadores-dia, 535.710 anzóis-dia e 60 viagens/ano.
- c) a produção máxima sustentável do pargo, em termos absolutos, foi de 5.680 toneladas.
- d) Para a CPUE máxima encontramos os seguintes valores: 159,0 Kg/pescador-dia e 10,6 Kg/anzol-dia.

6. SUMÁRIO

O objetivo deste trabalho é a determinação do peso anual da captura de equilíbrio e do valor ótimo do esforço de pesca correspondente, para o pargo, *Lutjanus purpureus* Poey, com o intuito de dar uma contribuição para a regulamentação da pesca desta espécie.

O método utilizado foi o método desenvolvido por Beverton & Holt (1957) e o material constou de dados obtidos em trabalhos anteriormente realizados sobre o pargo.

Os resultados obtidos apresentaram os seguintes valores: captura máxima por recruta = 834,16 g; esforço de pesca ótimo = 35.714 pescadores-dia, 535.710 anzóis-dia ou 60 viagens / ano; produção máxima sustentável = 5.680 toneladas; CPUE máxima = 159,0 Kg/pescador-dia ou 10,6 Kg/anzol-dia.

Pelos resultados obtidos concluímos que a produção atual do pargo se aproxima da máxima sustentável, já que a primeira se situa em torno de 5.000 toneladas.

7. BIBLIOGRAFIA

- *BERTALANFFY, L.v. - 1938 - A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws. II). Hum. Biol., Baltimore, 10 (2): 181 - 213, 5 figs.
- BEVERTON, R. J. H. & S. J. HOLT - 1957 - On the dynamics of exploited fish populations. Fish. Invest. ser 2, London, 19 : 1 - 533, 155 figs.
- FONTELES FILHO, A. A. - 1972 - Importância do pargo como recurso pesqueiro do nordeste brasileiro. Equipesca jornal, Campinas, (43) : 8.
- FONTELES - FILHO, A. A. - 1976 - Uso da equação exponencial para o cálculo do coeficiente de mortalidade total do pargo, *Lutjanus purpureus* Poey, ao largo do nordeste do Brasil. Arq. Ciên. Mar, Fortaleza, 16 (1) : 31 - 44, 4 figs.
- IVO, C. T. C. - 1976 - Estudo sobre a biologia da pesca do pargo, *Lutjanus purpureus* Poey, no norte e nordeste brasileiros - Dados de 1975. Arq. Ciên. Mar, Fortaleza, 16 (2) : 87-91, 1 fig.
- IVO, C. T. C. & J. E. V. Evangelista - MS - Tamanho e idade ótimos de captura do pargo, *Lutjanus purpureus* Poey, no norte e nordeste do Brasil.

IVO, C. T. C. & T.C.V. Gesteira - 1974 - Estimação preliminar das medidas de mortalidade do pargo, *Lutjanus purpureus* Poey, no norte e nordeste brasileiros. Arq. Ciên. Mar, Fortaleza, 14 (2) : 123 - 127, 2 figs.

LIMA, F. R. - 1965 - Crescimento do "pargo": (*Lutjanus aya*, Bloch, 1795) aspectos quantitativos 1962/63. Bol. Est. Pesca, Recife, 5 (2) : 33 - 42, 4 figs.

SANTOS, E. P. & R. R. COELHO - 1974 - Sobre a análise econômica da pesca do pargo, *Lutjanus purpureus* Poey, no nordeste brasileiro. Arq. Ciên. Mar, Fortaleza, 14 (2) : 129-130, 1 fig.

APÊNDICE A

$$M = 0,10$$

$$n = 0$$

A	B	C	D	E	G	H
F	$A + M + nK$	$t_L - t_c$	$B \times C$	$1 - e^{-D}$	$U_n e^{-nK(t_L - t_o)}$	$\frac{G \times E}{B}$
0,00	0,100	10,50	1,050	0,6500	1,000	6,500
0,01	0,110	10,50	1,155	0,6849	1,000	6,226
0,05	0,150	10,50	1,575	0,7930	1,000	5,287
0,10	0,200	10,50	2,100	0,8775	1,000	4,387
0,20	0,300	10,50	3,150	0,9571	1,000	3,190
0,30	0,400	10,50	4,200	0,9850	1,000	2,462
0,40	0,500	10,50	5,250	0,9947	1,000	1,989
0,50	0,600	10,50	6,300	0,9982	1,000	1,664
0,75	0,850	10,50	8,925	0,9999	1,000	1,176
1,00	1,100	10,50	11,550	1,0000	1,000	0,909
1,50	1,600	10,50	16,800	1,0000	1,000	0,625
2,00	2,100	10,50	22,050	1,0000	1,000	0,476

APENDICE A

$$M = 0,10$$

$$n = 1$$

A	B	C	D	E	G	H
F	$A + M + nK$	$t_L - t_c$	$B \times C$	$1 - e^{-D}$	$U_n e^{-nK(t_L - t_o)}$	$\frac{G \times E}{B}$
0,00	0,217	10,50	2,278	0,8975	-1,772	-7,329
0,01	0,227	10,50	2,383	0,9077	-1,772	-7,086
0,05	0,267	10,50	2,803	0,9394	-1,772	-6,234
0,10	0,317	10,50	3,328	0,9641	-1,772	-5,390
0,20	0,417	10,50	4,378	0,9874	-1,772	-4,196
0,30	0,517	10,50	5,428	0,9956	-1,772	-3,412
0,40	0,617	10,50	6,478	0,9985	-1,772	-2,868
0,50	0,717	10,50	7,528	0,9995	-1,772	-2,470
0,75	0,967	10,50	10,153	0,9999	-1,772	-1,832
1,00	1,217	10,50	12,778	1,0000	-1,772	-1,456
1,50	1,717	10,50	18,028	1,0000	-1,772	-1,032
2,00	2,217	10,50	23,278	1,0000	-1,772	-0,799

APÊNDICE A

$$M = 0,10$$

$$n = 2$$

A	B	C	D	E	G	H
F	$A + M + nK$	$t_L - t_C$	$B \times C$	$1 - e^{-D}$	$U_n e^{-nK(t_L - t_0)}$	$\frac{G \times E}{H}$
0,00	0,334	10,50	3,507	0,9700	1,047	3,041
0,01	0,344	10,50	3,612	0,9730	1,047	2,961
0,05	0,384	10,50	4,032	0,9823	1,047	2,678
0,10	0,434	10,50	4,557	0,9895	1,047	2,387
0,20	0,534	10,50	5,607	0,9963	1,047	1,953
0,30	0,634	10,50	6,657	0,9987	1,047	1,649
0,40	0,734	10,50	7,707	0,9995	1,047	1,426
0,50	0,834	10,50	8,757	0,9998	1,047	1,255
0,75	1,084	10,50	11,382	0,9999	1,047	0,966
1,00	1,334	10,50	14,007	1,0000	1,047	0,785
1,50	1,834	10,50	19,257	1,0000	1,047	0,571
2,00	2,334	10,50	24,507	1,0000	1,047	0,448

APÊNDICE A

$$M = 0,10$$

$$N = 3$$

A	B	C	D	E	G	H
F	$A + M + nK$	$t_L - t_c$	$B \times C$	$1 - e^{-D}$	$U_n e^{-nK(t_L - t_o)}$	$\frac{G \times E}{B}$
0,00	0,451	10,50	4,735	0,9912	-0,206	-0,453
0,01	0,461	10,50	4,840	0,9921	-0,206	-0,443
0,05	0,501	10,50	5,260	0,9948	-0,206	-0,409
0,10	0,551	10,50	5,785	0,9969	-0,206	-0,373
0,20	0,651	10,50	6,835	0,9989	-0,206	-0,316
0,30	0,751	10,50	7,885	0,9996	-0,206	-0,274
0,40	0,851	10,50	8,935	0,9999	-0,206	-0,242
0,50	0,951	10,50	9,985	1,0000	-0,206	-0,217
0,75	1,201	10,50	12,610	1,0000	-0,206	-0,171
1,00	1,451	10,50	15,235	1,0000	-0,206	-0,142
1,50	1,951	10,50	20,485	1,0000	-0,206	-0,105
2,00	2,451	10,50	25,735	1,0000	-0,206	-0,084

APÊNDICE A

M = 0,10

F	H ₀	H ₁	H ₂	H ₃	ΣH	W _∞ × ΣH	F × W _∞ × ΣH
0,00	6,500	-7,329	3,041	-0,453	1,759	19180,14	0,00
0,01	6,226	-7,086	2,961	-0,443	1,658	18078,83	108,79
0,05	5,287	-6,234	2,678	-0,409	1,322	14415,09	720,75
0,10	4,387	-5,390	2,387	-0,373	1,011	11023,94	1102,39
0,20	3,190	-4,196	1,953	-0,316	0,631	6880,42	1376,08
0,30	2,462	-3,412	1,649	-0,274	0,425	4634,20	1390,26
0,40	1,989	-2,868	1,426	-0,242	0,305	3325,72	1330,29
0,50	1,664	-2,470	1,255	-0,217	0,232	2529,73	1264,86
0,75	1,176	-1,832	0,966	-0,171	0,139	1515,66	1136,74
1,00	0,909	-1,456	0,785	-0,142	0,096	1046,78	1046,78
1,50	0,625	-1,032	0,571	-0,105	0,059	643,34	965,01
2,00	0,476	-0,799	0,448	-0,084	0,041	447,06	894,12

APÊNDICE B

$$M = 0,20$$

$$n = 0$$

A	B	C	D	E	G	H
F	$A + M + nK$	$t_L - t_c$	$B \times C$	$1 - e^{-D}$	$U_n e^{-nK(t_L - t_0)}$	$\frac{G \times E}{B}$
0,00	0,200	10,50	2,100	0,8775	1,000	4,387
0,01	0,210	10,50	2,205	0,8890	1,000	4,233
0,05	0,250	10,50	2,625	0,9276	1,000	3,710
0,10	0,300	10,50	3,150	0,9571	1,000	3,190
0,20	0,400	10,50	4,200	0,9850	1,000	2,462
0,30	0,500	10,50	5,250	0,9947	1,000	1,989
0,40	0,600	10,50	6,300	0,9982	1,000	1,664
0,50	0,700	10,50	7,350	0,9993	1,000	1,427
0,75	0,950	10,50	9,975	0,9999	1,000	1,052
1,00	1,200	10,50	12,600	1,0000	1,000	0,833
1,50	1,700	10,50	17,850	1,0000	1,000	0,588
2,00	2,200	10,50	23,100	1,0000	1,000	0,454

APÉNDICE B

$$M = 0,20$$

$$n = 1$$

A	B	C	D	E	G	H
F	$A + M + nK$	$t_L - t_c$	$B \times C$	$1 - e^{-D}$	$U_n e^{-nK(t_L - t_o)}$	$\frac{G \times E}{B}$
0,00	0,317	10,50	3,328	0,9641	-1,772	-5,389
0,01	0,327	10,50	3,433	0,9677	-1,772	-5,244
0,05	0,367	10,50	3,853	0,9788	-1,772	-4,726
0,10	0,417	10,50	4,378	0,9874	-1,772	-4,196
0,20	0,517	10,50	5,428	0,9956	-1,772	-3,412
0,30	0,617	10,50	6,478	0,9985	-1,772	-2,868
0,40	0,717	10,50	7,528	0,9995	-1,772	-2,470
0,50	0,817	10,50	8,578	0,9998	-1,772	-2,168
0,75	1,067	10,50	11,203	0,9999	-1,772	-1,660
1,00	1,317	10,50	13,828	1,0000	-1,772	-1,345
1,50	1,817	10,50	19,078	1,0000	-1,772	-0,975
2,00	2,317	10,50	24,328	1,0000	-1,772	-0,765

APÉNDICE B

$$M = 0,20$$

$$n = 2$$

A	B	C	D	E	G	H
F	$A + M + nK$	$t_L - t_c$	$B \times C$	$1 - e^{-D}$	$U_n e^{-nK(t_L - t_o)}$	$\frac{G \times E}{B}$
0,00	0,434	10,50	4,557	0,9895	1,047	2,387
0,01	0,444	10,50	4,662	0,9905	1,047	2,336
0,05	0,484	10,50	5,082	0,9938	1,047	2,150
0,10	0,534	10,50	5,607	0,9963	1,047	1,953
0,20	0,634	10,50	6,657	0,9987	1,047	1,649
0,30	0,734	10,50	7,707	0,9995	1,047	1,426
0,40	0,834	10,50	8,757	0,9998	1,047	1,255
0,50	0,934	10,50	9,807	0,9999	1,047	1,121
0,75	1,184	10,50	12,432	1,0000	1,047	0,884
1,00	1,434	10,50	15,057	1,0000	1,047	0,730
1,50	1,934	10,50	20,307	1,0000	1,047	0,541
2,00	2,434	10,50	25,557	1,0000	1,047	0,430

APÊNDICE B

$$M = 0,20$$

$$n = 3$$

A	B	C	D	E	G	H
F	$A + M + nK$	$t_L - t_c$	$B \times C$	$1 - e^{-D}$	$U_n e^{-nK(t_L - t_o)}$	$\frac{G \times E}{B}$
0,00	0,551	10,50	5,785	0,9969	-0,206	-0,373
0,01	0,561	10,50	5,890	0,9972	-0,206	-0,366
0,05	0,601	10,50	6,310	0,9982	-0,206	-0,342
0,10	0,651	10,50	6,835	0,9989	-0,206	-0,316
0,20	0,751	10,50	7,885	0,9996	-0,206	-0,274
0,30	0,851	10,50	8,935	0,9998	-0,206	-0,242
0,40	0,951	10,50	9,985	0,9999	-0,206	-0,216
0,50	1,051	10,50	11,035	1,0000	-0,206	-0,196
0,75	1,301	10,50	13,660	1,0000	-0,206	-0,158
1,00	1,551	10,50	16,285	1,0000	-0,206	-0,133
1,50	2,051	10,50	21,535	1,0000	-0,206	-0,100
2,00	2,551	10,50	26,785	1,0000	-0,206	-0,081

APÊNDICE B

M = 0,20

F	H ₀	H ₁	H ₂	H ₃	ΣH	W _∞ x ΣH	F x W _∞ x ΣH
0,00	4,387	-5,389	2,387	-0,373	1,012	11034,85	0,00
0,01	4,233	-5,244	2,336	-0,366	0,959	10456,94	104,57
0,05	3,710	-4,726	2,150	-0,342	0,792	8635,97	431,80
0,10	3,190	-4,196	1,953	-0,316	0,631	6880,42	688,04
0,20	2,462	-3,412	1,649	-0,274	0,425	4634,20	926,84
0,30	1,989	-2,868	1,426	-0,242	0,305	3325,72	997,72
0,40	1,664	-2,470	1,255	-0,216	0,233	2540,63	1016,25
0,50	1,427	-2,168	1,121	-0,196	0,184	2006,34	1003,17
0,75	1,052	-1,660	0,884	-0,158	0,118	1286,67	965,00
1,00	0,833	-1,345	0,730	-0,133	0,085	926,84	926,84
1,50	0,588	-0,975	0,541	-0,100	0,054	588,82	883,22
2,00	0,454	-0,765	0,430	-0,081	0,038	414,35	828,70

APÊNDICE C

$$M = 0,30$$

$$n = 0$$

A	B	C	D	E	G	H
F	$A + M + nK$	$t_L - t_c$	$B \times C$	$1 - e^{-D}$	$U_n e^{-nK(t_L - t_o)}$	$\frac{G \times E}{B}$
0,00	0,300	10,50	3,150	0,9571	1,000	3,190
0,01	0,310	10,50	3,255	0,9614	1,000	3,101
0,05	0,350	10,50	3,675	0,9746	1,000	2,784
0,10	0,400	10,50	4,200	0,9850	1,000	2,462
0,20	0,500	10,50	5,250	0,9947	1,000	1,989
0,30	0,600	10,50	6,300	0,9982	1,000	1,664
0,40	0,700	10,50	7,350	0,9993	1,000	1,427
0,50	0,800	10,50	8,400	0,9998	1,000	1,250
0,75	1,050	10,50	11,025	0,9999	1,000	0,952
1,00	1,300	10,50	13,650	1,0000	1,000	0,769
1,50	1,800	10,50	18,900	1,0000	1,000	0,555
2,00	2,300	10,50	24,150	1,0000	1,000	0,435

APÊNDICE C

$$M = 0,30$$

$$n = 1$$

A	B	C	D	E	G	H
F	$A + M + nK$	$t_L - t_c$	$B \times C$	$1 - e^{-D}$	$U_n e^{-nK(t_L - t_o)}$	$\frac{G \times E}{B}$
0,00	0,417	10,50	4,378	0,9874	-1,772	-4,196
0,01	0,427	10,50	4,483	0,9887	-1,772	-4,103
0,05	0,467	10,50	4,903	0,9926	-1,772	-3,766
0,10	0,517	10,50	5,428	0,9956	-1,772	-3,412
0,20	0,617	10,50	6,478	0,9985	-1,772	-2,868
0,30	0,717	10,50	7,528	0,9995	-1,772	-2,470
0,40	0,817	10,50	8,578	0,9998	-1,772	-2,168
0,50	0,917	10,50	9,628	0,9999	-1,772	-1,932
0,75	1,167	10,50	12,253	1,0000	-1,772	-1,518
1,00	1,417	10,50	14,878	1,0000	-1,772	-1,250
1,50	1,917	10,50	20,128	1,0000	-1,772	-0,924
2,00	2,417	10,50	25,378	1,0000	-1,772	-0,733

APÊNDICE C

$$M = 0,30$$

$$n = 2$$

A	B	C	D	E	G	H
F	$A + M + nK$	$t_L - t_c$	$B \times C$	$1 - e^{-D}$	$U_n e^{-nK(t_L - t_o)}$	$\frac{G \times E}{B}$
0,00	0,534	10,50	5,607	0,9963	1,047	1,953
0,01	0,544	10,50	5,712	0,9967	1,047	1,918
0,05	0,584	10,50	6,132	0,9978	1,047	1,789
0,10	0,634	10,50	6,657	0,9987	1,047	1,649
0,20	0,734	10,50	7,707	0,9995	1,047	1,426
0,30	0,834	10,50	8,757	0,9998	1,047	1,255
0,40	0,934	10,50	9,807	0,9999	1,047	1,121
0,50	1,034	10,50	10,857	1,0000	1,047	1,012
0,75	1,284	10,50	13,482	1,0000	1,047	0,815
1,00	1,534	10,50	16,107	1,0000	1,047	0,682
1,50	2,034	10,50	21,357	1,0000	1,047	0,515
2,00	2,534	10,50	26,607	1,0000	1,047	0,413

APÊNDICE C

$$M = 0,30$$

$$n = 3$$

A	B	C	D	E	G	H
F	$A + M + nK$	$t_L - t_c$	$B \times C$	$1 - e^{-D}$	$U_n e^{-nK(t_L - t_o)}$	$\frac{G \times E}{B}$
0,00	0,651	10,50	6,835	0,9989	-0,206	-0,316
0,01	0,661	10,50	6,940	0,9990	-0,206	-0,311
0,05	0,701	10,50	7,360	0,9994	-0,206	-0,294
0,10	0,751	10,50	7,885	0,9996	-0,206	-0,274
0,20	0,851	10,50	8,935	0,9998	-0,206	-0,242
0,30	0,951	10,50	9,985	0,9999	-0,206	-0,216
0,40	1,051	10,50	11,035	1,0000	-0,206	-0,196
0,50	1,151	10,50	12,085	1,0000	-0,206	-0,179
0,75	1,401	10,50	14,710	1,0000	-0,206	-0,147
1,00	1,651	10,50	17,335	1,0000	-0,206	-0,125
1,50	2,151	10,50	22,585	1,0000	-0,206	-0,096
2,00	2,651	10,50	27,835	1,0000	-0,206	-0,078

APÊNDICE C

$M = 0,30$

F	H_0	H_1	H_2	H_3	ΣH	$W^\infty \times \Sigma H$	$F \times W^\infty \times \Sigma H$
0,00	3,190	-4,196	1,953	-0,316	0,631	6880,42	0,00
0,01	3,101	-4,103	1,918	-0,311	0,605	6596,92	65,97
0,05	2,784	-3,766	1,789	-0,294	0,513	5593,75	279,69
0,10	2,462	-3,412	1,649	-0,274	0,425	4632,20	463,42
0,20	1,989	-2,868	1,426	-0,242	0,305	3325,72	665,14
0,30	1,664	-2,470	1,255	-0,216	0,233	2540,63	762,19
0,40	1,427	-2,168	1,121	-0,196	0,184	2006,34	802,53
0,50	1,250	-1,932	1,012	-0,179	0,151	1646,50	823,25
0,75	0,952	-1,518	0,815	-0,147	0,102	1112,21	834,16
1,00	0,769	-1,250	0,682	-0,125	0,076	828,70	828,70
1,50	0,555	-0,924	0,515	-0,096	0,050	545,20	817,80
2,00	0,435	-0,733	0,413	-0,078	0,037	403,45	806,89

BSLCM