

IOB1118 Biologia Pesqueira

Métodos de estimativa do tamanho de estoque

Levantar informações que propiciem a exploração ótima dos recursos vivos aquáticos, e fazer um dimensionamento da potencialidade pesqueira, é essencial para um manejo adequado da pesca.

O conhecimento da abundância de peixes comercialmente importantes é de vital interesse para os pescadores, mas ainda mpara os órgãos de gestão. Com os dados de abundância e peso pode-se estimar a produção, que fornece as bases para o desenvolvimento de uma administração estratégica.

A **avaliação dos estoques** é feita através de modelos matemáticos que requerem, além das informações sobre os processos biológicos, dados sobre o esforço de pesca e sobre o desembarque. Através deles pode-se fazer previsões sobre o desempenho da captura e o impacto de mudanças no esforço de pesca (nº de barcos, tipo de redes, etc.) visando principalmente subsidiar as medidas de gerenciamento no sentido de conservar os estoques pesqueiros.

1. Abundância Relativa

A captura por unidade de esforço (**CPUE**) é um índice de abundância relativa mais comumente utilizado em pesca. O princípio básico do uso desse índice é que as variações no CPUE refletem as variações na abundância no estoque de peixes. Através da observação das variações deste índice em diferentes profundidades, áreas ou épocas, pode-se inferir sobre as mudanças na abundância absoluta do estoque pesqueiro. Esse índice serve também como medida do esforço de pesca. Embora a captura anual flutue em maior ou menor grau, dependendo da espécie alvo, a tendência de queda na taxa de captura pode indicar que o estoque está sendo explorado acima da taxa sustentável.

A CPUE pode ser tomada de diversas formas, dependendo do tipo de pescaria e das espécies capturadas. Alguns exemplos são: peso ou número de indivíduos capturados por anzol por hora; por armadilha por dia; ou por hora de arrasto. Usando-se redes de espera, pode-se considerar em termos de kg de pescado por 100 m de rede por dia.

Normalmente assume-se que a relação entre a CPUE e o número total de indivíduos (N) do estoque é linear, podendo ser expressa pela equação:

$$CPUE = qN$$

sendo q o **coeficiente de capturabilidade** (fração da população capturada por unidade de esforço). No entanto, raramente o valor de q é conhecido ou mesmo constante. Este pode variar em resposta a mudanças comportamentais das espécies alvo e de acordo com a eficiência do método de pesca.

Conceito de coeficiente q (Catchability coefficient):

Se um pescador captura 20 peixes por hora numa área e 40 peixes numa segunda área, infere-se que há duas vezes mais peixes na segunda área.

A precisão desta inferência depende de três condições: 1) usar a mesma técnica e método de pesca nas duas áreas; 2) os peixes devem apresentar uma distribuição ao acaso; 3) a vulnerabilidade dos peixes, ao aparelho de pesca, deve ser igual nas duas áreas.

Nestas condições, uma unidade de esforço de pesca deve capturar uma porção constante de um estoque total homogêneo. Esta proporção é conhecido por coeficiente de capturabilidade (q). Isto sugere uma relação linear entre o CPUE e o estoque total (N) onde: $CPUE = qN$

q = capturabilidade

$p = 1 - q$ = complemento da capturabilidade

2) Abundância absoluta

A **abundância absoluta** refere-se ao número real de indivíduos do estoque. Na maioria dos casos este valor é estimado através de técnicas como as de contagem parcial (área varrida), marcação e recaptura, depleção, métodos acústicos e produção de ovos, entre outros.

2.1) Avaliação direta

2.1.1- Observação visual direta ou fotográfica

Para alguns peixes pelágicos ou cetáceos, há possibilidade de contar os cardumes ou indivíduos que aparecem na superfície.

Procedimento:

- dividindo a área de pesquisa em pequenas subáreas, contar o número de cardumes em cada subárea e estimar o número total.

- método da linha de transecto: observação direto de avião ou barco

- 3 etapas: 1) Localização de cardumes
- 2) Identificação da espécie
- 3) Avaliação do tamanho do cardume

- Na Califórnia especialistas conseguem em pouco tempo localizar, identificar e avaliar o tamanho do cardume (Squire, 1972).

- Vantagem==> cobertura de uma grande área em pouco tempo

- Desvantagem==> dependência de boas condições do tempo para o vôo e habilidade em localizar o cardume.

- Possibilidade de ocorrer um grave erro sistemático, dado que não se sabe exatamente qual a proporção do total dos peixes está sendo visto, que pode variar de acordo com o momento da observação, período do dia e tendência dos peixes de agrupamento ou distribuição vertical.

2.1.2- Mergulho

Durante o dia e com bom tempo, sobretudo nos mares tropicais, a transparência da água permite uma boa observação, até algumas dezenas de metros. Nestas condições os mergulhadores exploram sistematicamente uma zona previamente delimitada, ou seguindo um percurso traçado de antemão, anotando todos os peixes que encontrarem.

A vantagem deste método é não perturbar o ambiente e a população que está sendo estudada. Por outro lado requer um profundo conhecimento sobre a fauna, para identificar rapidamente e sem erro, o nome das diversas espécies encontradas. É difícil avaliar o tamanho dos indivíduos. Além disso existem problemas relacionados com o comportamento, por exemplo, muitas espécies escondem-se, enquanto outras possuem hábito estritamente noturno.

2.1.3- Envenenamento

Este método foi usado para estudar a população de peixes em um recife artificial (9 m de prof. e superfície de 50 m²) nas Ilhas Virgens (Randall, 1963). Esperou-se dois anos para o sistema entrar em equilíbrio, quando então todos os peixes foram mortos com 19 litros de um produto comercial a base de rotenona. Alguns peixes foram apanhados por aves marinhas, mas todos os demais foram identificados, medidos e pesados. Foram coletados 2754 peixes, pertencentes a 55 espécies, com peso total de 87290 kg (1740 kg*m⁻² de recife).

2.2) Avaliação indireta

2.2.1) Estimativa de abundância absoluta através de contagem parcial (King, 1997)

- Consiste em efetuar contagens do número de indivíduos em pequenas partes (unidades de amostragem) para estimar a abundância absoluta da população.
- Na Fig. 3.7 observa-se a distribuição de pepinos do mar numa área de 15.600 m².

Estratégia de Amostragem:

- Amostragem aleatória – requer que cada unidade de amostragem da população apresente a mesma probabilidade de ser selecionada (usa-se a tabela de números aleatórios). Somente usado quando os indivíduos da população são distribuídos aleatoriamente.
- Quando os indivíduos estão diferentemente distribuídos com a profundidade, a melhor opção é a amostragem ao longo de uma linha (transepto) em ângulo reto em relação ao contorno da profundidade. No exemplo, o centro da zona rasa pode ser usado como ponto base e, usando a tabela de números aleatórios, seleciona-se a linha sobre a qual realizam-se as amostragens.

Estimativa do estoque:

- Na figura, cada quadrado representa uma unidade de amostragem. Suponhamos que foi selecionada a linha 6, sendo as unidades de amostragem os quadrados 6A, 6C, 6E, 6G, 6I, 6K, e 6M (7 quadrados).
- O número médio de pepinos do mar por quadrado é dado pela soma dos indivíduos de todos os quadrados amostrados dividido pelo número de amostragem.

Posição	Num. de indivíduos (xi)	xi ²
6 ^A	4	16
6 ^C	15	225
6 ^E	9	81
6 ^G	6	36
6 ^I	7	49
6 ^K	13	169
6 ^M	5	25
n = 7	Σx = 59	Σx ² = 601
		(Σx) ² = (59) ² = 3481

$$x \text{ médio} = \Sigma x / n = 59 / 7 = 8,43$$

- A estimativa do estoque total, N, é obtida multiplicando-se a média pela razão entre a área total e a área do quadrado.

$$N = A/a * \Sigma x / n = 15600/100 * 8,43 = 1315 \text{ indivíduos.}$$

Como esse valor encontrado é apenas uma estimativa, não um valor real, são necessários alguns cálculos para aferir o quão preciso é essa estimativa:

$$\text{Variância da amostra } s^2 = [n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2] / [n(n-1)] = \\ [(7*601) - 3481] / [7*6] = 17,29$$

$$\text{Desvio padrão da amostra } s = \sqrt{s^2} = 4,16$$

- Cálculo do limite de confiança a 95% $\Rightarrow x \pm t*se$

onde: • o valor de **t** (para n-1 graus de liberdade) é encontrado na tabela estatística. $\Rightarrow t = 2,45$ para 6 graus de liberdade.

- o **se** (erro padrão da média) é calculado conforme a fórmula:

$$se = s/\sqrt{n} = 4,16/\sqrt{7} = 1,57$$

portanto,

$$x \pm t*se = 8,43 \pm 2,45*1,57 = 8,43 \pm 3,85$$

Isto significa que temos 95% de confiança (ou probabilidade), de que o número médio por unidade de amostragem daquela população caia dentro dos limites entre 4,58 e 12,28.

Da mesma forma, multiplicando estes limites pela razão A/a, teremos 95% de confiança de que o tamanho do estoque caia entre 714 e 1916 indivíduos.

2.2.2- Método da área varrida (Técnica da pesca exploratória)

- realizam-se arrastos de fundo com redes de porta
- a partir desses resultados podemos calcular a quantidade de peixes por área \Rightarrow biomassa.

- utilizado para peixes demersais.

- A estimativa de biomassa é dada pela equação:

$$B = Cw/v * (A/a)$$

onde:

Cw = captura média em peso efetuada por arrasto

a = área varrida em uma unidade de esforço

Cw/v = captura por unidade de área (CPUA)

A = área total da viagem ou subárea

v = Vulnerabilidade = fração de biomassa, na trajetória da rede, que é realmente capturada (proporção de peixes retidos) \Rightarrow difícil de ser estimada - grande variação entre espécies. (valor escolhido entre 0,5 e 1,0)

1/v = fator de escapamento

a = t.V.h.x onde:

t = tempo de arrasto

V = velocidade de arrasto

h = comprimento da tralha da boia (parte superior da boca)

x = fração da tralha de boia que é igual a largura da trajetória varrida pelo arrasto (0,4 ~ 0,6). Pauly (1980) sugere o valor de 0,5.

- Na costa brasileira a primeira investigação sobre estoques pesqueiros, através deste método, foi realizada pelo navio japonês "Toko Maru" (1956-57)

- O N/Oc."Prof.W. Besnard" realizou muitos trabalhos desde 1968. Vazzoler et al. (1973) ⇒ dist. e abundância de peixes demersais na costa do Rio Grande do Sul; Projeto OPISS, na região de São Sebastião

2.2.3- Levantamento Hidroacústico

A técnica hidroacústica envolve a utilização de sistemas de eco-sondas ou sonares para estimar as dimensões e densidades de cardumes de peixes. Este método tem sido utilizado para detecção de peixes desde meados da década de 30 (Sund, 1935). Pode-se contar e estimar o tamanho dos peixes pelo número e amplitude dos ecos.

O sistema (sonar, eco-sonda) consiste basicamente de quatro elementos:

- 1) controle e representação de informações
- 2) transmissor
- 3) transdutor
- 4) receptor-amplificador

- O transmissor produz pulsos elétricos à uma dada frequência e transmite para o transdutor .
- O transdutor converte a energia elétrica em pulso acústico que, pela vibração de seus componentes, ocasiona a propagação no meio aquático. Posteriormente, o mesmo transdutor recebe os ecos de retorno, transformando-os de novo em sinais elétricos. Estes sinais são enviados ao receptor-amplificador.
- O receptor-amplificador amplifica e modifica o sinal, dando-lhe volume e forma adequados para a sua representação.
- Os ecos representam o resultado da energia acústica que atinge um determinado "alvo" localizado na direção da transmissão
- A velocidade do som na água é de aproximadamente 1.500 m/s e depende da temperatura, salinidade e pressão.

- A qualidade dos registros depende de vários parâmetros, em particular, da frequência, ângulo do feixe, taxa de emissão de pulsos, etc.

- A frequência usada em eco-sondas científicas varia da ordem de 10 a 200 kHz. De acordo com a frequência temos as variações abaixo:

PARÂMETROS	BAIXA FREQUÊNCIA	ALTA FREQUÊNCIA
PROF. SONDAGEM	profunda	rasa
ÂNGULO DO FEIXE	amplo	estreito
RESOLUÇÃO	ruim	boa
BOLHAS E RUIDOS SUBAQUÁTICOS	susceptível	comparativamente insusceptível

Alta Frequência: fornece um direcionamento mais estreito, resultando em resolução mais alta. Portanto os cardumes pequenos de peixes próximos do fundo

e o plâncton podem ser mais claramente observados. Menos susceptíveis a bolhas, que podem afetar os registros.

Entretanto o feixe emitido tende a se atenuar rapidamente, desaparecendo os registros conforme a profundidade aumenta.

Baixa Frequência: fornece um direcionamento mais amplo, resultando numa melhor reflexão de pequenos cardumes de peixes na camada superficial. Entretanto os sinais de cardumes pequenos próximos do fundo são de pior resolução, assim como as camadas de plâncton. (Fig.). Capta ruídos.

Por outro lado, devido a baixa atenuação, o alcance do registro dos ecos vai a regiões mais profundas (até 6000 m).

Métodos de estimativa:

- contagem de peixes individualmente (atum, salmão)
- medição da amplitude dos cardumes para peixes pequenos

Técnicas de análise: - ecogramas

- análises com osciloscópio
- eco-integração

Eco-integrador

O eco-integrador é um equipamento que, ligado ao eco-sonda, tem a capacidade de integrar os sinais dos ecos, o que permite determinar quantitativamente a intensidade média dos ecos recebidos durante certo intervalo de tempo ==> biomassa de peixe no volume do mar coberto pelo navio.

Para estudar a coluna de água de maneira qualitativa e quantitativa, é necessário definir uma unidade básica de volume dentro do qual será medida a intensidade de energia. Estipula-se o **volume amostral** (V_A) de acordo com a equação:

$$V_A = (\Psi R^2 c \tau) / 2$$

onde: V_A = Volume amostral

Ψ = ângulo do feixe acústico

R = distância entre o transdutor e o alvo

c = velocidade do som no meio

τ = duração do pulso acústico

Mas o que o aparelho integra é a quantidade de energia acústica dentro de um V_A . Essa **quantidade de energia integrada** é representada pelo símbolo " **S_V** " (**Volume Backscattering Strength**) e expressa em decibel (dB).

O valor de S_V pode ser convertido de **volume** para **área**, obtendo-se o parâmetro **S_A** (**Area Backscattering Strength**) que representa a soma das seções acústicas transversais dos alvos detectados e é medida em m^2/mn^2 .

Para transformar o valor de S_A em **densidade numérica** é necessário conhecer as características de reflexão individual da espécie que está sendo

detectada. Estas são descritas através da equação do **índice de reflexão acústica teórico** ($TS_{\text{teórico}}$) que representa a relação linear entre o comprimento (ou peso) dos indivíduos e um determinado índice de reflexão (TS).

O parâmetro **TS** (target strength, força do alvo ou índice de reflexão) representa a medida logarítmica da proporção da energia incidente que é retro-espalhada por um alvo. É expressa em decibéis (dB) através da fórmula $TS = 10 \log(\sigma_{bs})$, onde σ_{bs} é a área (m^2) da seção transversal responsável pelo retro-espalhamento de energia acústica do alvo detectado. $TS = 10 \log \sigma_{bs} \Rightarrow \sigma_{bs} = 10^{TS/10}$.

Procedimentos para a estimativa de biomassa e as variâncias, conforme Madureira et al. (2000):

-Densidade $S_{A \text{ médio}} = \Sigma S_{Ai} / n$, onde S_{Ai} é a intensidade acústica medida na milha “i” e “n” é o número de milhas navegadas.

-Variância $S^2_{\text{dens.}} = \Sigma (S_{Ai} - S_{A \text{ médio}})^2 / (n-1)$

Para converter o valor de S_A em abundância numérica:

-Abundância $Ab = S_{A \text{ total}} / (4\pi * \sigma_{bs})$, onde σ_{bs} representa o índice de reflexão acústica individual (TS) para a espécie avaliada.

Biomassa $B = Ab * \text{Peso médio do indivíduos verificados na captura.}$

Variância $S^2_{\text{Biomassa}} = A^2 * S^2_{\text{dens.}}$, onde “A” = área avaliada.

Valores de TS para algumas espécies:

Maurolicus muelleri $TS = 6,01 \log(w) - 59,5$ onde w = peso em gramas

Engraulis anchoita $TS = 20 \log(Lt) - 74,9$ onde Lt = comp. total em cm.

Vantagens e desvantagens do método hidroacústico

Vantagem:

- fornece valor imediato e permite varrer grandes áreas em curto período de tempo.
- é uma estimativa independente da pesca.
- muito apropriado para espécies pelágicas

Desvantagem:

- nas regiões tropicais ocorre maior diversidade de espécies ==> difícil fazer identificação.
- é necessário coletar amostras com redes.
- limitações no caso de peixes muito próximos do fundo e muito próximos da superfície
- efeito sombra (shadowing) no caso de densidades muito altas

2.2.4- Marcação e recaptura

A técnica da marcação pode ser utilizada para vários tipos de estudos, tais como migração, distribuição, idade e crescimento, etc. Mas é também utilizada para a avaliação do tamanho do estoque.

Existem vários tipos de marcas:

- anchor tag - difícil manusear - peixes pequenos
- Atkins tags - fácil de colocar e tem bom resultado na recaptura.
- Petersen tag
- Strap - linguados
- dart tags - atuns

Fonte de erros:

- 1) número de peixes marcados muito pequeno comparado com o tamanho da população.
- 2) aumento da mortalidade em consequência da marcação.
- 3) mudança de comportamento em consequência da marcação.
- 4) dificuldade dos peixes marcados acompanharem o cardume.
- 5) aumento da vulnerabilidade à predação.
- 6) perda de marcas.
- 7) dificuldade de detecção das marcas nos entrepostos ou mercados.
- 8) falta de comunicação para instituições.

No caso de peixes marinhos, o método mais usado é o **método de Petersen** (Jones, 1976, Ricker, 1975).

Princípio: a proporção entre o número de peixes marcados na amostra e o número de peixes amostrados é igual a proporção entre o número de peixes marcados e o número de peixes na população

Condições:

- 1) o número de peixes marcados não deve ser pequeno demais em relação ao tamanho da população
- 2) os peixes marcados devem se distribuir homogeneamente na população
- 3) a mortalidade deve ser insignificante.
- 4) não deve ocorrer perda de marcas
- 5) não devem ocorrer migrações

Se essas condições forem satisfeitas podemos estimar o número de peixes conforme a fórmula:

$$\frac{R}{C} = \frac{T}{N} \text{ onde:}$$

N = número de peixes da população

C = número de peixes capturados durante a amostragem

T = número de peixes marcados

R = Número de peixes com marca capturados na amostragem.

- Rearranjando os termos, vamos ter:

$$N = \frac{CT}{R}$$

- Exemplo: T = 1000

$$C = 500$$

$$R = 20$$

$$N = 500 \cdot 1000 / 20 = 25.000 \text{ peixes}$$

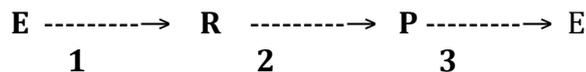
O erro padrão da distribuição pode ser estimado da seguinte forma:

$$se(N) = \sqrt{\frac{T^2 * C(C - R)}{R^3}} \Rightarrow \sqrt{\frac{1000^2 * 500(500 - 20)}{20^3}} = 5477$$

pela tabela, $t_{\infty} = 1,96$ $1,96 \times 5477 = 10735$

2.2.5- Método de ovos e larvas

Relação entre : Abundância de ovos (E), Recrutamento (R) e
Estoque desovante (P)



- (1) entre **E** e **R** não há correlação devido a alta taxa de mortalidade larval
- (2) entre **R** e **P** há correlação, porque após o recrutamento a taxa de mortalidade torna-se constante
- (3) entre **P** e **E** há correlação, pois podemos calcular o estoque desovante através de ovos

- estimativa do estoque desovante através de ovos

$$B = \frac{E}{R \cdot F} \quad \text{onde: } B = \text{biomassa desovante em n}^\circ$$

R = proporção sexual ("sex ratio")
E = abundância de ovos depositados numa determinada área
F = fecundidade (nº de ovocitos produzidos por fêmea num período de desova)

R e F --- parâmetros de adultos

E ----- obtido através do estudo do ictioplâncton

Cálculo da abundância de ovos (E):

$$E = \frac{Y}{K * b\theta} \quad \text{onde:}$$

E= abundância (número de ovos depositados)
Y= densidade (Nº ovos/ m²)
K= fator de correção
bθ = tempo de incubação

Cálculo da densidade de ovos (Y) de cada estação de coleta

a) calibração do fluxômetro da rede de plâncton → taxa de calibração (c)

b) determinação do volume de água filtrada pela rede (V)

V= a.n.c V= volume de água filtrada pela rede
 a= área da boca da rede
 n= número de rotação do fluxômetro
 c= taxa de calibração do fluxômetro

rede Bongô = área da boca ---- 60cm: 0,2827m²

ex: n= 2436 rotações c= 0,198

$$V = 0,2827 \times 0,198 \times 2436 = 136,3 \text{ m}^3$$

c) Cálculo da densidade de ovos (Y)

$$Y = \frac{d * x}{V} \text{ onde:}$$

Y= num. de ovos/m²

d= profundidade máxima de coleta

x= número total de ovos coletados na estação

ex: x= 240 ovos d= 60m

$$Y = \frac{60 \times 240}{136,3} = 105,6 \text{ ovos/m}^2$$

Cálculo do tempo de incubação (bθ)

- o tempo de incubação depende da temperatura da água

a) através da criação de ovos em aquário com temperatura controlada

b) correlação entre horário de coleta e fase de desenvolvimento embrionário (Ahlstrom, 1973)

Cálculo do fator de correção da mortalidade (K)

- se não houvesse problema de mortalidade, o índice médio de abundância de desova por dia seria igual ao número de ovos coletados dividido pelo tempo de incubação.

- devido a mortalidade, ovos coletados 2 ou 3 dias depois da desova pode levar a estimativas erradas da abundância.

$$K = \frac{1}{Mb\theta} (1 - e^{-Mb\theta})$$

M= taxa de mortalidade de ovos
 bθ = tempo de incubação na temperatura θ

Cálculo da abundância de ovos (E)

Área total de desova = A m²
 Tempo de desova = T dias

$$E = \frac{A.T}{K.b\theta.n} \sum_{i=1}^n Y_i = \frac{A.T}{K.b\theta} Y$$

Estimativa do R - proporção de fêmeas no estoque desovante

McGregor (1968) ---- R = 1 : 0,75
 sardinha da Califórnia = material coletado com traineira

Klingbell (1978) ---- anchoveta do norte
 - material coletado com arrastão de meia-água fora da área de pesca - segregação parcial

Ciechowski & Capezzani (1973)----- anchoita = 1 : 1
 - na hora da desova os peixes espalham-se, formando pequenos cardumes, podendo ocorrer variações na proporção.
 - pode haver diferenças também em função da área e classe de comprimento.

Estimativa da Fecundidade (F)

- nº de ovos produzido por fêmea numa época de desova ou num ano
- contagem de ovócitos maduros
- separação dos ovócitos com a solução de Gilson

a) Método gravimétrico

$$E = \frac{w - w'}{ws} \times e$$

E= número total de ovócitos
 w= peso total da gônada
 w'= peso da parede da gônada
 ws= peso da subamostra cortada da gônada
 e= nº de ovócitos contados de ws

b) Método de Reibish (1914)

- separar todos os ovócitos com a sol. Gilson
- utilizando Stempel pipett, fazer subamostragem, contando todos os ovócitos

$$E = (V/v)e$$

V= volume total de água
 v = volume da subamostra coletada com o Stempel pipett
 e= nº de ovócitos de v
 E= nº total de ovócitos

c) Contagem de ovócitos hidratados - peso da gônada, peso de 1 alíquota

- Frequência de desova (nº de vezes que a fêmea desova na época)