

# 1 INTRODUÇÃO

Existem excelentes livros e manuais que tratam da avaliação de mananciais pesqueiros e apresentam, de forma bem explicada, a teoria que fundamenta os vários modelos e métodos, incluindo o cálculo matemático das fórmulas (ver por exemplo Gulland, 1969 e 1983 e Csirke, 1980a). O problema é que, através de tais manuais, os cientistas pesqueiros principiantes, têm geralmente dificuldades para deduzir instruções precisas e necessárias para realizar as análises. Nos lugares onde já existem cientistas com experiência, tais instruções podem ser facilmente obtidas pela prática e através de participações em grupos de trabalho. No entanto, ainda há muitos países onde tal transferência de conhecimentos não é possível. Este manual é uma tentativa de documentar as instruções que geralmente são adquiridas através da prática. O manual concentra-se na aplicação de métodos, dando menos atenção às explicações detalhadas da teoria em que esses métodos se baseiam.

Com o auxílio deste manual, o cientista pesqueiro deve ser capaz de dar início à análise de dados e desenvolver a necessária habilidade e discernimento na resolução de problemas de avaliação de mananciais. Após esta etapa inicial, o acesso a livros mais avançados será facilitada.

A avaliação de mananciais de recursos tropicais desenvolveu-se rapidamente na última década, particularmente através dos trabalhos de Pauly (1979, 1980 e 1984), Saila e Roedel (1980), Pauly e David (1981), Garcia e Le Reste (1981) e Munro (1983), e também devido ao rápido desenvolvimento do suporte rígido "hardwares" e suporte lógico "softwares" dos microcomputadores. O manual, pretendendo contribuir para este desenvolvimento, coloca mais ênfase nos métodos que são especialmente úteis em áreas tropicais, sendo a maioria dos exemplos fundamentados em mananciais tropicais.

A rápida introdução de suportes lógicos especiais para avaliação de mananciais pesqueiros, em particular os baseados em dados de frequências de comprimento, tais como os pacotes FISAT, COMPLEAT ELEFAN (Gayanilo, Soriano e Pauly, 1988) e LFSA (Sparre, 1987), pode também levar cientistas pesqueiros inexperientes em posição de usar métodos e modelos sem compreender totalmente as limitações dos mesmos. Assim sendo, o presente manual fornece o conhecimento básico dos métodos aos utilizadores dos suportes mencionados. Isto não significa que este manual esteja directamente relacionado com computadores. Pelo contrário, cada método e exercício pode ser aplicado com a ajuda de uma boa calculadora científica programável de bolso. Outros pormenores sobre o uso deste manual, podem ser encontrados em Venema, Christensen e Pauly (1988a).

## 1.1 O OBJECTIVO FUNDAMENTAL DA AVALIAÇÃO DE MANANCIAIS PESQUEIROS

O objectivo fundamental da avaliação de mananciais pesqueiros é fornecer recomendações para a exploração óptima dos recursos aquáticos vivos, tais como os peixes e os camarões. Os recursos vivos são renováveis, mas limitados, e a avaliação de mananciais pode ser descrita como a procura do nível de exploração que, a longo prazo, produza o máximo de captura em peso.

A Fig. 1.1.1 ilustra o objectivo básico da avaliação de mananciais. No eixo horizontal está o esforço de pesca medido, por exemplo, em número de dias de pesca por barco. No eixo vertical estão as capturas, isto é, os desembarques em peso (se os desembarques consistirem em diferentes grupos de animais, como por exemplo camarões, peixes e lulas, torna-se mais apropriado expressar as capturas em termos de rendimento). Verifica-se que, até um certo nível, há um ganho na captura com o aumento do esforço de pesca, mas após aquele nível, a renovação do recurso (a reprodução e o crescimento somático) não acompanha a remoção causada pela pesca e um aumento adicional do nível de exploração leva a uma redução nas capturas.

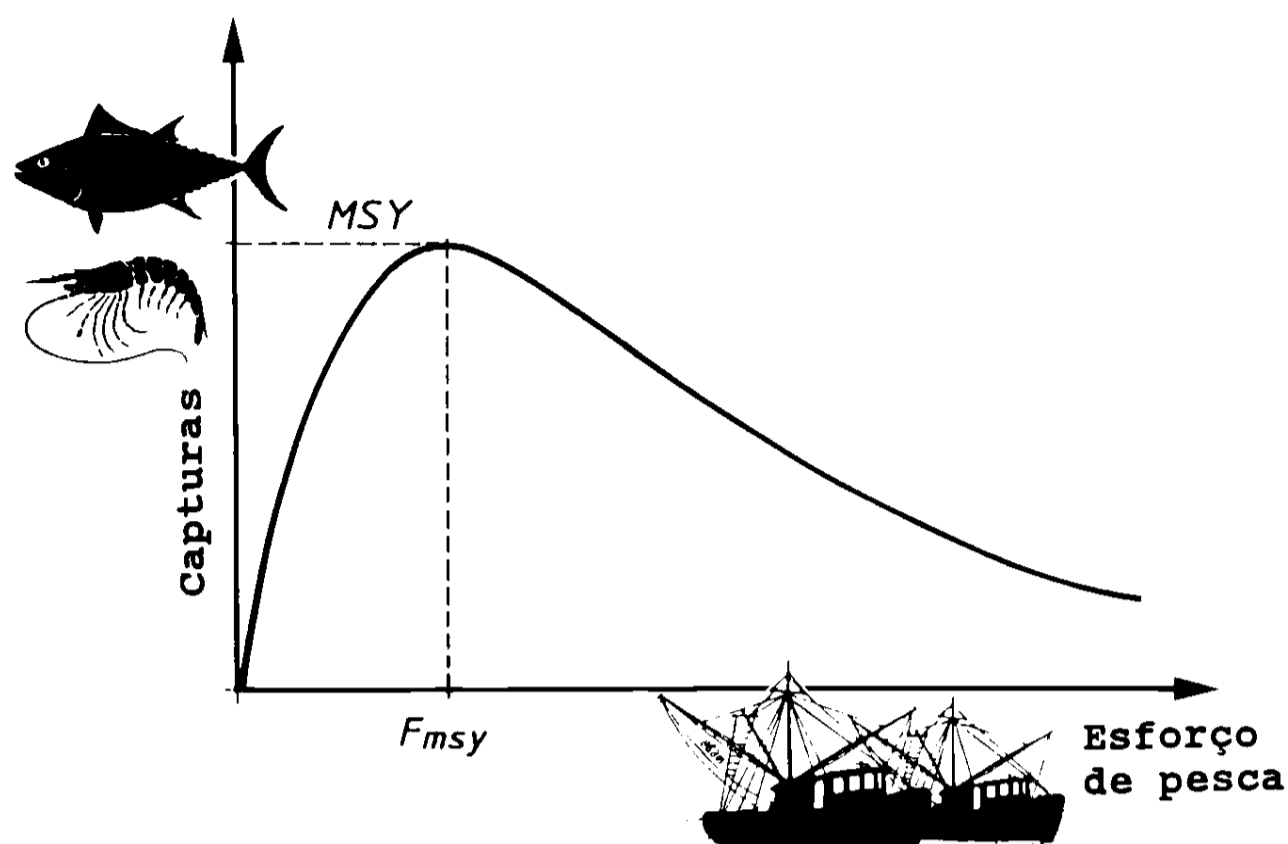


Fig. 1.1.1 O objectivo básico da avaliação de mananciais pesqueiros

O nível de esforço de pesca que, a longo prazo, dá as capturas mais altas é indicado por  $F_{MSY}$  e as capturas correspondentes é indicado por "MSY", que significa captura máxima sustentável ("Maximum Sustainable Yield"). Utiliza-se o termo "a longo prazo" pois pode-se alcançar uma alta captura em um ano com um súbito aumento no esforço, mas depois nos anos seguintes as capturas caem, porque o recurso tornou-se escasso. Normalmente, não visamos as capturas máximas em um único só ano, mas sim, uma estratégia de pesca que dê as mais altas capturas estáveis ano após ano.

## 1.2 O CONCEITO DE MANANCIAL (STOCK)

Quando se descreve a dinâmica de um recurso aquático explorado, um conceito fundamental é o de "manancial".

Um manancial é um subconjunto de uma "espécie", que é geralmente considerada como a unidade taxonômica básica. Um pré-requisito para a identificação de mananciais é a habilidade de se distinguir as diferentes espécies. Devido ao grande número de espécies diferentes, mas geralmente semelhantes, observadas nas pescarias tropicais, a sua identificação pode ser problemática. O biólogo pesqueiro, no entanto, deve dominar a técnica de identificação de espécies para obter dos dados recolhidos, uma significativa avaliação de mananciais. Um auxílio para resolver os problemas da identificação das espécies é dado por "FAO species identification sheets for fisheries purposes" (Fischer, 1978; Fischer e Bianchi, 1984; Fischer, Bianchi e Scott, 1981; Fischer e Hureau, 1985; Fischer, Schneider e Bauchot, 1987; Fischer e Whitehead, 1974) e "FAO species catalogues" (Allen, 1985; Carpenter, 1988; Carpenter e Allen, 1989; Cohen et al., 1990; Colette e Nauen, 1983; Compagno, 1984 e 1984a; Holthuis, 1980 e 1990; Márquez, 1990; Nakamura, 1985; Roper, Sweeney e Nauen, 1984; Russell, 1990; Whitehead, 1985, Whitehead, Nelson e Wongratana, 1988).

Entende-se por "manancial" um subconjunto de uma espécie que possui os mesmos parâmetros de crescimento e mortalidade, e que habita uma área geográfica particular.

A esta definição podemos acrescentar que mananciais são grupos discretos de animais que apresentam poucas misturas com os grupos adjacentes. Uma carac-

terística essencial é que os parâmetros de crescimento e mortalidade sejam constantes na área de distribuição do manancial, de modo que se possam utilizar na avaliação.

Esta definição pode ser demasiado superficial para muitos biólogos, mas nos parágrafos seguintes são mencionados outros aspectos do conceito de manancial.

Um grupo de animais para o qual os limites geográficos possam ser definidos pode ser considerado "um manancial" em termos de avaliação de mananciais. Tal grupo de animais deve pertencer à mesma raça dentro da espécie, isto é, compartilhar um grupo genético comum. Para espécies que apresentam pequenos comportamentos migratórios (principalmente peixes demersais) é mais fácil identificar um manancial, do que para espécies altamente migratórias, como é o caso dos atuns.

Uma definição do termo "manancial", aceitável por todos os interessados em agrupamentos intraespecíficos, é praticamente inatingível. Para revisões do conceito de manancial ver Booke (1981), Ihssen et al. (1981), e MacLean e Evans (1981).

Cushing (1968) define um manancial de peixes como aquele que tem uma única área de desova, à qual os adultos retornam a cada ano. Larkin (1972) define um manancial como "uma população de organismos que, compartilhando um grupo genético comum, é suficientemente distinta para justificar ser considerada como um sistema auto-perpetuável que pode ser gerido", enquanto Ihssen et al. (1981) define um manancial como "um grupo intraespecífico de indivíduos que se acasalam ao acaso com integridade temporal ou espacial".

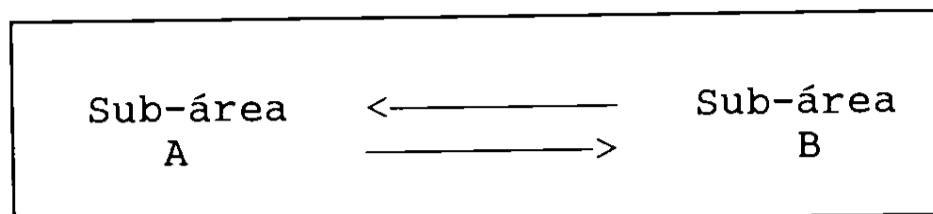
Ricker (1975) define um manancial de peixes como "a porção de uma população de peixes tendo em consideração o ponto de vista de utilização actual ou potencial". Esta definição reflecte um conceito completamente diferente de manancial. Neste manual não seguiremos esta definição, mas aderimos ao conceito biológico acima mencionado.

Talvez a definição mais adequada de manancial pesqueiro tenha sido dada por Gulland (1983), que afirma que, para o propósito da gestão pesqueira, a definição de uma "unidade de manancial" é um assunto operacional, isto é, um grupo de organismos pode ser tratado como um manancial se as possíveis diferenças dentro do grupo e os intercâmbios com outros grupos puderem ser ignorados, sem tornar inválidas as conclusões alcançadas.

Esta definição significa que desde que não se tenham indícios que existam unidades de mananciais separadas na área, é preferível iniciar um trabalho de avaliação de mananciais considerando toda a área de distribuição da espécie. Se for ficando claro que os parâmetros de mortalidade e crescimento diferem significativamente nas várias partes da área de distribuição da espécie, então será necessário proceder à avaliação tomando cada manancial separadamente. A identificação de mananciais separados é uma tarefa complexa, e normalmente requer muitos anos de recolha de dados e análise.

A avaliação de uma pescaria multiespecífica deveria ser feita para cada manancial separadamente, e os resultados serão (ou não) subsequentemente agrupados numa única avaliação. Portanto, os dados de entrada devem estar disponíveis para cada uma das espécies consideradas. O conceito de manancial está bastante relacionado com os conceitos dos parâmetros de crescimento e mortalidade. Os "parâmetros de crescimento" são valores numéricos numa equação pelos quais podemos prevêr o tamanho do corpo de um peixe quando ele alcança uma certa idade. Os "parâmetros de mortalidade" reflectem a taxa a que os animais morrem, isto é o número de mortes por unidade de tempo. Os parâmetros de mortalidade considerados neste manual são a "mortalidade por pesca", que reflecte as mortes devido à pesca e a "mortalidade natural", que responde por todas as outras causas de morte (predação, doença etc).

Uma característica essencial de um manancial é que os seus parâmetros de crescimento e de mortalidade sejam constantes ao longo da área de distribuição. Como exemplo, vamos dividir esta área em duas partes, sub-área A e B:



Os parâmetros de crescimento e mortalidade devem ser os mesmos nas sub-áreas A e B, ou por outras palavras:

- 1) Os animais na sub-área A devem ter a mesma taxa de crescimento somático que os animais na sub-área B
- 2) Os animais na sub-área A devem ter a mesma probabilidade de morte que os animais na sub-área B

Se a pesca, por exemplo, ocorre somente na sub-área A, assume-se que cada peixe no manancial, tenha a mesma probabilidade de ser encontrado na sub-área A e também por isso ele tenha a mesma probabilidade de ser capturado. É suposto os indivíduos moverem-se livremente entre as duas sub-áreas.

Para determinar se uma espécie forma um ou mais mananciais distintos, deveríamos examinar as suas áreas de desova, os parâmetros populacionais e as características morfológicas e genéticas. Deveríamos também comparar os padrões de pesca em várias áreas e realizar estudos de marcação. O processo é complicado, e geralmente não é possível, com o conhecimento disponível determinar se existem vários mananciais daquela espécie ou não. Existem duas razões principais pelas quais se fala em definir um manancial adequadamente:

- 1) A área de distribuição global do manancial não é coberta, e portanto somente uma parte do manancial é considerada, ou o oposto
- 2) Vários mananciais independentes estão aglomerados devido, por exemplo, à sobreposição das suas áreas de distribuição

Vários países podem explorar o mesmo manancial, como é o caso de muitos mananciais de migradores, como por exemplo os atuns. Acontece algumas vezes que um país avalia um manancial "compartilhado" como se ele fosse um manancial nacional explorado somente por aquele país. Por outro lado, a pesca de um só país pode explorar vários mananciais independentes, estando nesta categoria os mananciais de peixes dos recifes de coral.

A Fig. 1.2.1 ilustra estes dois casos. Na parte I, consideramos um manancial de peixes, cuja área de distribuição está indicada pela linha a cheio. Ele é explorado por 3 países, A, B e C. As linhas a tracejado mostram a ZEE (Zona Económica Exclusiva) de cada país, isto é, a jurisdição nacional sobre as pescarias. A área a pontilhado indica a área de pesca do país C, e as áreas a tracejado, a dos países A e B. Disto pode-se ver que, se o país C baseasse os seus estudos de avaliação na suposição de que a unidade de manancial está limitada à sua própria área de pesca, ignorando assim a pescaria dos países A e B, é provável que ele chegasse a conclusões erradas. Se, por exemplo, os países A e B tiverem uma pesca intensiva sobre o manancial em questão, de modo a sobrexplora-lo (isto é, uma redução da intensidade de pesca aumentaria as capturas), o país C pouco poderia fazer, por si próprio, para melhorar a situação. Ou seja, pela avaliação baseada na suposição de um manancial limitado às suas águas, o país C pode concluir que o manancial está sobrexplorado e pode introduzir medidas de gestão para reduzir a pesca, no entanto o efeito esperado destas medidas não vai ocorrer, se os países A e B não seguirem o país C.

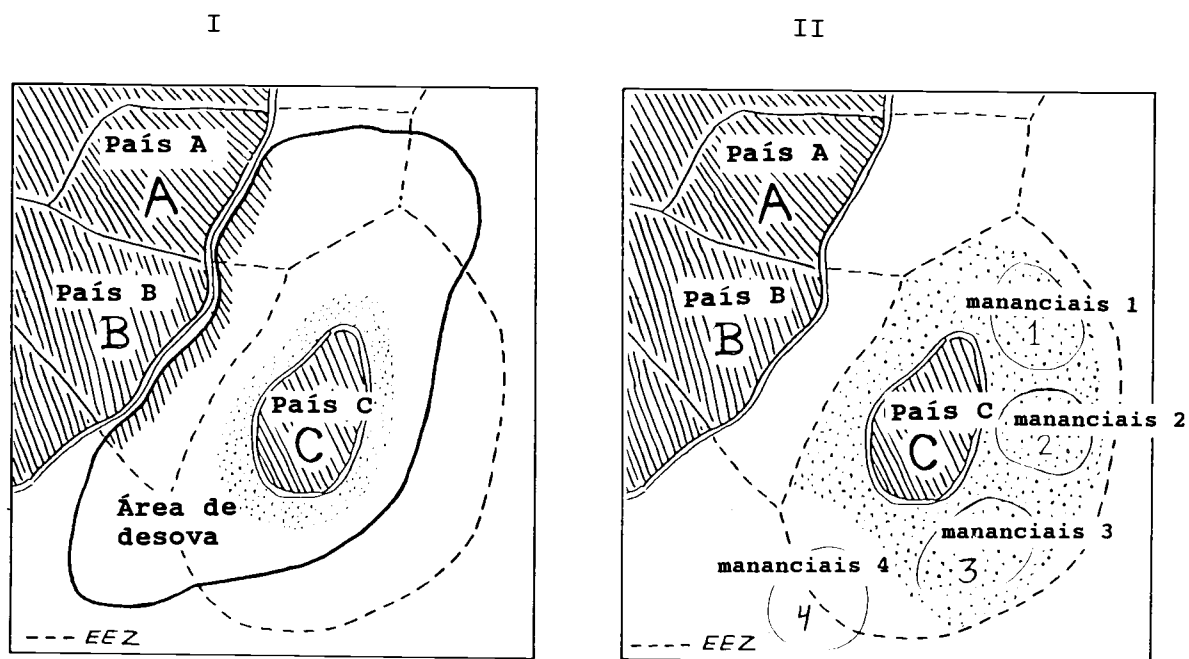


Fig. 1.2.1 Distribuição de mananciais relacionados com o problema da gestão

A parte II da Fig. 1.2.1 ilustra o caso em que uma pescaria explora vários mananciais. Neste caso, a avaliação é feita sobre a média dos mananciais, uma vez que seria impossível separar as capturas por manancial. Se o esforço de pesca aplicado é semelhante para cada manancial, o resultado da avaliação seria correcto, no entanto, neste caso também podem surgir dificuldades. Suponha que os três mananciais mais pescados (1, 2 e 3) estão fortemente sobreexplorados e que a pescaria se expande para incluir o manancial 4, até agora não explorado. Neste caso, a taxa média de captura vai aumentando e poderia levar a conclusões erradas em relação ao estado dos mananciais 1, 2 e 3.

Quase todos os organismos marinhos explorados realizam migrações, por exemplo, para as suas áreas de desova. Uma chave básica para a compreensão da estrutura do manancial é o conhecimento das rotas de migração. Isto pode ser obtido através de experiências de marcação e de dados e informações fornecidas pela pesca comercial. Geralmente os pescadores sabem onde estão as áreas de desova, e sabem também onde se encontram as altas concentrações de peixes nas diferentes épocas do ano.

Do acima exposto podem-se tirar algumas conclusões gerais. Em primeiro lugar, é geralmente mais seguro supor que uma espécie em áreas de pesca vizinhas forme um manancial unitário, do que considerar cada pescaria separada explorando o seu próprio manancial unitário. Além disso, é evidente que avaliações apropriadas só podem ser feitas quando é bem conhecida a biologia da espécie, incluindo as suas migrações, hábitos de desova, etc. Os mananciais de peixes não estão restritos aos limites geográficos humanos, o que significa que avaliações adequadas só podem ser feitas quando tais limites possam ser ignorados através de cooperações interestatais ou internacionais.

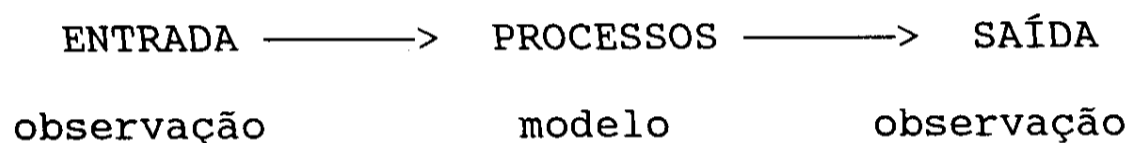
### 1.3 MODELOS

A descrição de uma pescaria consiste de 3 elementos básicos:

- 1) dados de entrada (input) (esforço de pesca, por exemplo o número de dias de pesca)
- 2) dados de saída (output) (desembarque de peixes)
- 3) os processos que ligam a entrada e a saída (os processos biológicos e as operações de pesca)

A avaliação de mananciais pesqueiros visa a descrição destes processos, a união entre a entrada e a saída de dados, e as ferramentas utilizadas para tal, são chamados "modelos". Um modelo é uma descrição simplificada dos elos entre os dados de entrada e os de saída, e é construído com base no que podemos observar ou medir, como, por exemplo, o esforço de pesca e os desembarques.

Os processos reais, que conduzem a que um certo número de dias de pesca com um certo número de barcos, leve a um certo número de peixes desembarcados, são extremamente complicados. No entanto os princípios básicos estão bem definidos, de modo que ao processar os dados de entrada, com auxílio dos modelos, podemos prevêr a saída.



Um modelo é bom se ele puder prevêr a saída com uma precisão razoável. No entanto, como ele é uma simplificação da realidade, raramente (e somente por acaso) será exacto.

As instruções para os cálculos que compõem o modelo são dados na forma de equações matemáticas, que são compostas por três elementos: "variáveis", "parâmetros" e "operadores". Por exemplo, a equação matemática:

$$y = 2.5 + 3*x$$

tem as variáveis  $x$  e  $y$ , os parâmetros 2.5 e 3 e os operadores "+" e "\*". A equação é usada para prevêr o valor de  $y$  para qualquer valor de  $x$ .

A avaliação de mananciais pesqueiros envolve cinco etapas básicas, como ilustrado na Fig. 1.3.0.1. A primeira etapa é a recolha de dados da pescaria, que corresponde à entrada do processo, geralmente tem que ser suplementada por suposições ou estimações iniciais qualificadas. Depois processamos os dados aplicando um modelo para estimar os parâmetros de crescimento e de mortalidade, que correspondem à saída do processamento dos "dados históricos" (o termo "histórico" é usado para distinguí-lo do processo subsequente, a previsão das capturas futuras). Esta previsão está baseada na SAÍDA anterior (= ENTRADA) e num modelo, a previsão é repetida para uma série de opções alternativas. (Tais opções poderiam ser, por exemplo, uma redução de 10%, 20% ou 30% do esforço de pesca, nenhuma alteração no esforço de pesca ou um aumento de 10%, 20% ou 30% do esforço de pesca). Entre as supostas alternativas, a melhor é finalmente seleccionada como o PRODUTO final. Os dados de ENTRADA originais podem ser dados de um cruzeiro científico, dados de amostras obtidas da pesca comercial, ou uma combinação de ambos.

## PROCEDIMENTO GERAL DA AVALIAÇÃO DE MANANCIASIS PESQUEIROS

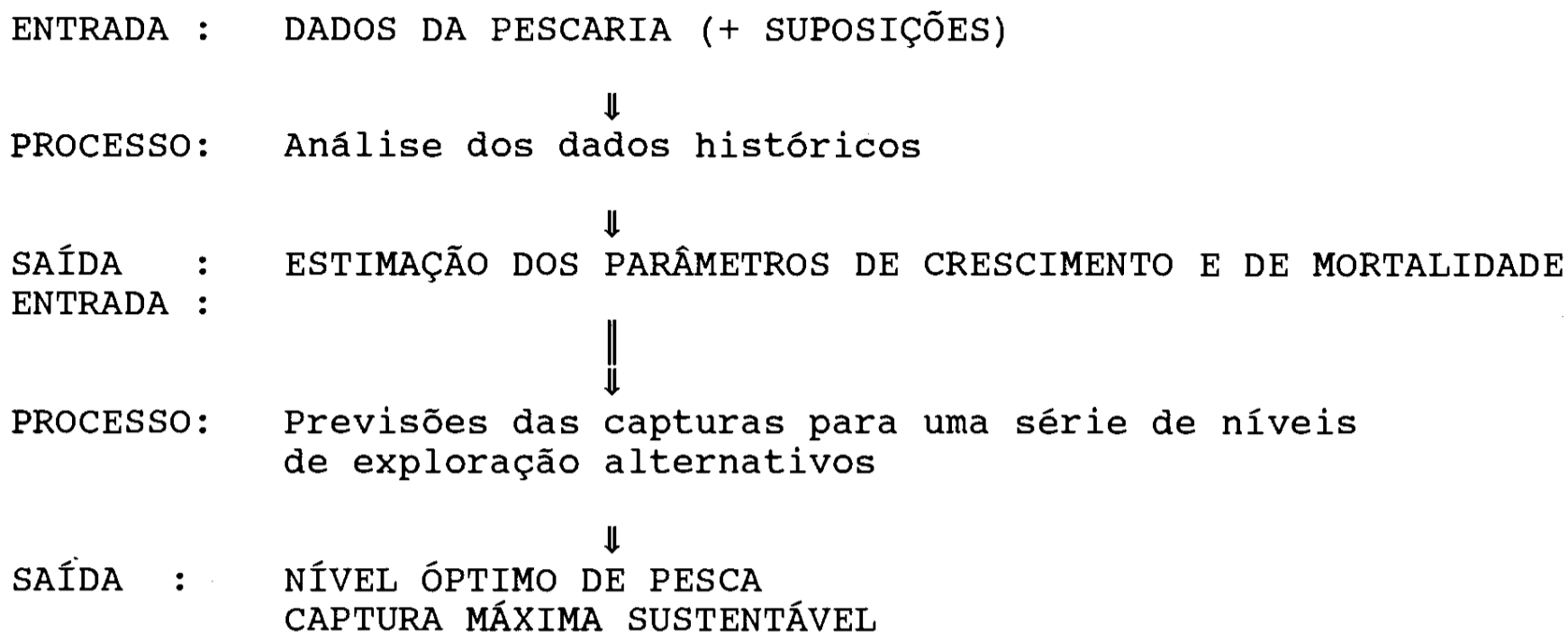


Fig. 1.3.0.1 Fluxograma geral para a avaliação dum manancial pesqueiro

Dois grupos principais de modelos de avaliação de mananciais pesqueiros são abordados neste manual: "*modelos holísticos*" e "*modelos analíticos*". Os modelos holísticos simples usam menos parâmetros populacionais que os modelos analíticos. Consideram um manancial de peixes como uma biomassa homogénea e não tomam em consideração, por exemplo, a estrutura em comprimentos ou em idades do manancial. Os modelos analíticos são baseados numa descrição mais pormenorizada do manancial e são mais exigentes em termos de qualidade e quantidade de dados de entrada. Por outro lado, em compensação, acredita-se que dêem previsões mais seguras.

O tipo de modelo a ser usado depende da qualidade e quantidade dos dados de entrada. Se forem disponíveis dados para um modelo analítico avançado, então tal modelo deve ser usado, enquanto modelos mais simples devem ser reservados para situações em que os dados são limitados. Geralmente, a situação é de não se dispôr de um conjunto completo de dados de entrada para uma abordagem analítica, e os dados disponíveis excederem os requisitos pelos modelos simples. Como alternativa à utilização de modelos simples os dados de entrada que faltam, neste caso, podem ser substituídos por suposições ou prognósticos qualificados. Pode-se substituir o parâmetro que falta a um determinado manancial por parâmetros conhecidos de outros mananciais semelhantes.

### 1.3.1 Modelos analíticos

Uma característica básica dos modelos analíticos, desenvolvidos, entre outros, por Baranov (1914), Thompson e Bell (1934) e Beverton e Holt (1956), é que eles necessitam do conhecimento da composição etária das capturas. Podem constituir dados de entrada, por exemplo, o número capturado de peixes com um ano de idade, com dois anos de idade, etc.

As idéias básicas dos modelos analíticos podem ser expressas como se segue:

- 1) Se existirem "muito poucos peixes velhos", o manancial está *sobreexplorado* e a pressão de pesca sobre o manancial deve ser reduzida
- 2) Se existirem "muitos peixes velhos", o manancial está *subexplorado* e podem ser capturados mais peixes para maximizar as capturas

(Algumas sugestões mais exactas para a definição do termo "sobrepesca" são dadas no Capítulo 8).

Os modelos analíticos são "modelos estruturais por idades" que trabalham com conceitos, como taxas de mortalidade e taxas de crescimento individual.

O conceito básico em modelos estruturais de idade é o conceito de "coorte". Simplificando, uma "coorte" é um grupo de peixes todos com a mesma idade pertencendo ao mesmo manancial. (A definição de uma coorte será mais elaborada no Capítulo 4). Por exemplo, uma coorte de (*Nemipterus marginatus*) poderá ser todo o conjunto de peixes daquela espécie que eclodiram de Junho a Agosto de 1976, próximo de Tanjung Pinang, no sul do Mar da China. Suponha-se que havia um milhão de indivíduos naquela coorte. Depois de Agosto de 1976, o milhão original de peixes diminuiria gradualmente em número, devido tanto à morte natural como à causada por pesca. No entanto, enquanto o número de sobreviventes de uma coorte diminui com o tempo, o comprimento e o peso individual médios aumentam.

A Fig. 1.3.1.1 representa um exemplo (hipotético) da dinâmica de uma coorte na forma gráfica, do número de sobreviventes (A), do comprimento do corpo (B), do peso do corpo (C) e da biomassa total (D). A curva (A) mostra o declínio do número de sobreviventes em função da idade da coorte. A curva (B) mostra como o comprimento médio individual do corpo aumenta à medida que a coorte envelhece. A curva (C) mostra o peso total individual correspondente, enquanto que a curva (D) corresponde à biomassa total da coorte, isto é ao número de sobreviventes vezes o peso médio do corpo em função da idade da coorte.

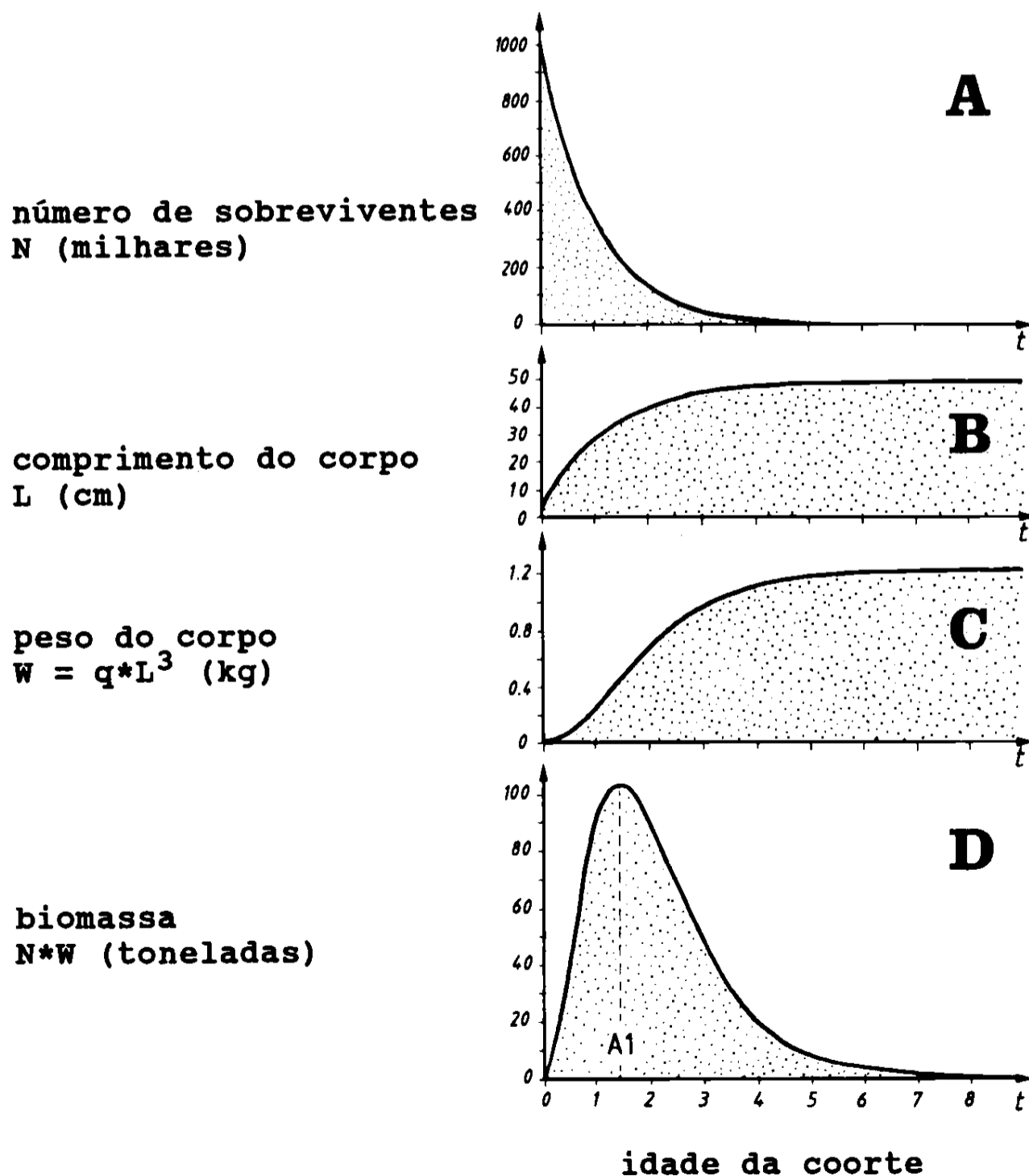


Fig. 1.3.1.1 A dinâmica de uma coorte



Note que a curva D tem um máximo (na idade A1). Assim, para se ter o máximo da captura (hipotético) em peso de uma coorte, todos os peixes deveriam ser capturados exactamente quando a coorte atingisse a idade A1. Claro que isto não é possível na prática, mas pode-se dizer que o objectivo da avaliação de mananciais pesqueiros é gerir as pescarias de tal forma que as capturas alcancem, tão próximo quanto possível, esse máximo teórico.

A conclusão é que os peixes não devem ser capturados nem jovens demais, nem velhos demais. Se os peixes forem capturados muito jovens ocorre a "sobrepesca do manancial devido ao crescimento".

Existem assim dois elementos principais na descrição da dinâmica de uma coorte:

- 1) O crescimento médio do corpo em comprimento e peso
- 2) A mortalidade

Ambos serão tratados com maior pormenor nos Capítulos 3 e 4 respectivamente.

### 1.3.2 Modelos holísticos

Em situações em que os dados são limitados, como, por exemplo, no início da exploração de um recurso até então não explorado, ou em casos de capacidades limitadas de amostragem, pode não haver os dados de entrada na qualidade ou quantidade requerida para um modelo analítico. Uma solução seria iniciar a recolha de dados necessários para a abordagem analítica, e então, esperar até que uma quantidade suficiente de dados estivesse disponível. É claro que esta abordagem é recomendável, por que vai solucionar o problema, mas isto pode levar anos; entretanto conselhos sobre a exploração ou a estratégia de desenvolvimento podem ser necessários no momento. Neste manual, considera-se que independentemente do tipo de dados que se possui, existe sempre alguma informação a ser extraída, e que um conselho baseado na análise de dados limitados é sempre melhor do que um palpite não fundamentado.

No sentido de abranger tais situações de dados limitados, foram incluídos neste manual alguns métodos holísticos simples, menos exigentes em dados. Estes métodos não consideram muitos pormenores dos modelos analíticos, pois não usam a estrutura por idades ou por comprimentos dos mananciais, mas consideram o manancial como uma biomassa homogénea.

Dois tipos de métodos simples são apresentados: o "*modelo de produção geral*" (no Capítulo 9) e o "*método de área varrida*" (no Capítulo 13).

O método de área varrida é baseado em capturas por unidade de área prospectada com arrasto de fundo. Das densidades de peixes observadas (o peso dos peixes capturados por área varrida de arrasto), obtém-se uma estimação da biomassa no mar, da qual se obtém uma estimação de MSY (captura máxima sustentável). Este método é impreciso e prevê somente a ordem de magnitude de MSY.

Os modelos de produção geral usam capturas por unidade de esforço (por exemplo, kg de peixes capturados por hora de arrasto) como entrada. Geralmente, os dados correspondem uma série temporal de anos e provêm da pesca comercial. Os modelos são baseados na suposição de que a biomassa de peixes no mar é proporcional à captura por unidade de esforço, como mostrado na Fig. 1.3.2.1. Uma estimação das capturas é obtida multiplicando o esforço pela captura por unidade de esforço.

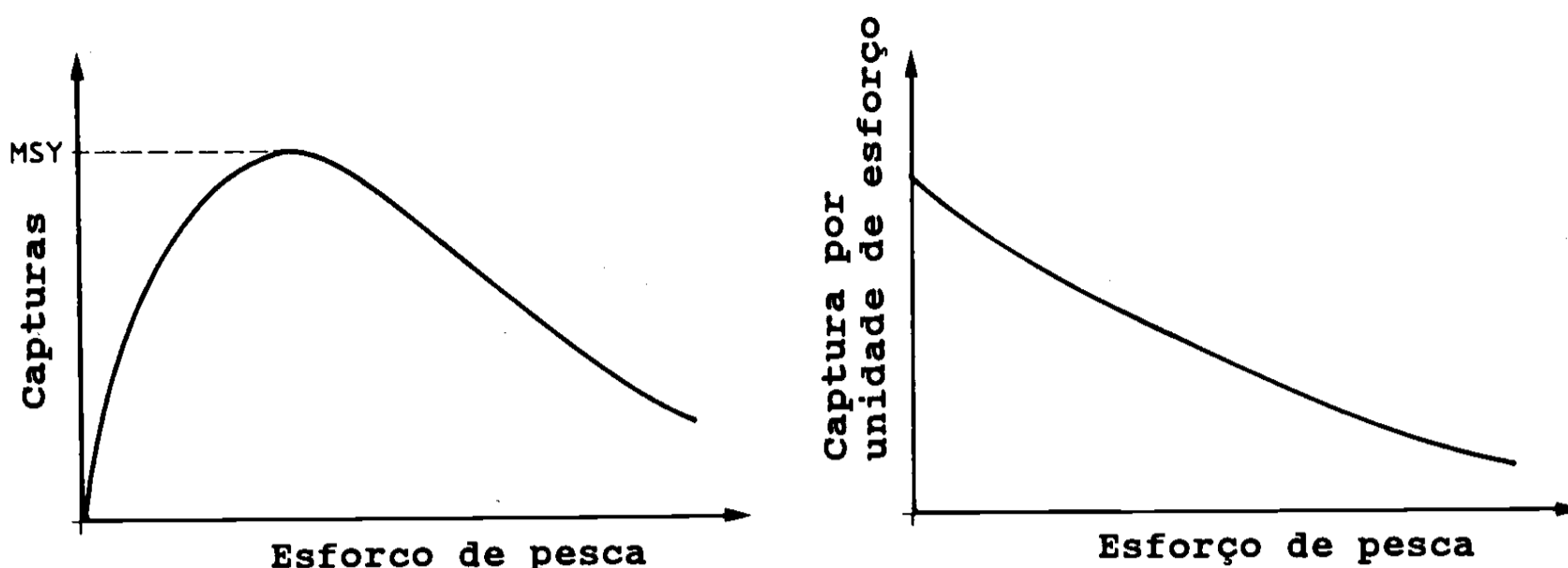


Fig. 1.3.2.1 Modelo de produção geral

#### 1.4 AVALIAÇÃO DE MANANCIAIS EM ÁGUAS TROPICAIS

A maior parte da literatura sobre avaliação de mananciais de peixes tropicais só recentemente foi publicada e como será visto nos próximos Capítulos deste manual, a literatura que trata das espécies em zonas temperadas, é mais extensa comparada com a das pescarias tropicais o que pode ser atribuído parcialmente, ao facto de que os recursos tropicais serem um pouco mais complexos do que os de águas temperadas.

O presente manual traz a palavra "tropical" no seu título. Embora os métodos nele descritos se assemelhem aos usados em águas temperadas, existem aspectos especiais que justificam o uso da palavra "tropical". Talvez a diferença mais evidente entre a avaliação de mananciais de peixes de águas tropicais e de águas temperadas esteja mais na natureza dos dados básicos de entrada do que nos modelos.

Para os modelos analíticos, necessitamos como entrada o número de peixes capturados em cada grupo etário. Na avaliação de mananciais de águas temperadas, os métodos usados são bastante dependentes do facto de se poder determinar a idade dos peixes. A determinação de idade é feita, mais frequentemente, pela contagem de anéis em partes duras do corpo do peixe, tais como os otólitos ou escamas. Os chamados anéis de idade são formados por uma adição diária (anel diário) ao tamanho da escama ou ao otólito. A composição química e, por isso, a transparência da adição, depende (entre outras coisas) da quantidade de alimento disponível e é, portanto, sazonal, podendo-se detectar a diferença nos depósitos feitos no Inverno e no Verão. Um anel anual, composto por um depósito de Verão e por um de Inverno, pode ser diferenciado do próximo. Além do mais, espécies de peixes de águas temperadas desovam geralmente uma vez por ano, em um espaço de tempo relativamente curto, o que facilita a distinção de classes anuais ou coortes.

Também em peixes tropicais é acrescentado diariamente material às partes duras, que poderia ser distinguido como anéis de crescimento diário. No entanto, a falta de uma forte sazonalidade torna problemática a distinção de anéis sazonais e, conseqüentemente de anéis anuais, para muitas espécies tropicais. Além disso, a ausência de fortes estações resulta em períodos de desova menos distintos. Muitas espécies tropicais desovam pelo menos duas vezes por ano, e frequentemente durante um longo período. Felizmente, devido a mudanças periódicas em ventos (monções) e variações nas condições oceanográficas (afloramento) em muitas áreas tropicais, pode-se ainda detectar um certo nível de sazonalidade. Esta sazonalidade pode se reflectir nos padrões de desova e de crescimento das espécies de peixes tropicais, embora de modo menos pronunciado e muito mais difícil de ser detectado do que em águas temperadas. Estas diferenças sazonais tornam possível detectar também, em

espécies tropicais, a existência de diferentes coortes (geralmente duas por ano), através da análise de amostras de frequências de comprimento.

Nos últimos anos, têm-se desenvolvido técnicas de leitura de anéis diários em otólitos de muitas espécies de peixes, o que permite progressos na leitura de idades em espécies tropicais, particularmente em peixes de vida curta, ou em peixes jovens. Estas técnicas ainda consomem muito tempo, e a sua aplicação em trabalho de rotina é difícil. Podem, no entanto, servir para validar os resultados obtidos com a análise de frequências de comprimento.

Uma outra complicação para a avaliação de mananciais de recursos tropicais é o grande número de espécies capturadas, por exemplo com o arrasto de fundo, comparado com as espécies capturadas nas águas temperadas. Isto não só afecta o procedimento da amostragem e recolha de dados, como também torna difícil aplicar os modelos. Leia Ursin (1984) para uma discussão adicional da diferença e semelhança entre mananciais explorados em águas árticas, temperadas e tropicais.

As diferenças mencionadas acima podem explicar a lentidão no desenvolvimento da avaliação de mananciais nos trópicos, comparado com a das áreas temperadas. O presente manual dedica-se a métodos baseados em comprimentos que são os equivalentes aos métodos tradicionais baseados em idades de peixes de águas temperadas.

Evidentemente existe uma relação entre idade e comprimento e, se essa relação é conhecida podemos converter frequências de comprimento em frequências de idade. A Fig. 1.4.1 mostra a resolução de uma amostra de frequências de comprimento em grupos de idade (coortes). Existem várias técnicas disponíveis para a separação das classes de comprimento e para a sua conversão em grupos de idade, a maioria das quais necessita de computadores. Várias técnicas são discutidas neste manual e uma delas, o método de Bhattacharya, é ilustrada com exemplos e exercícios. Este método, embora aplicável em várias versões informatizadas, também pode ser realizado à mão usando simplesmente papel, lápis e uma calculadora (científica) de bolso.

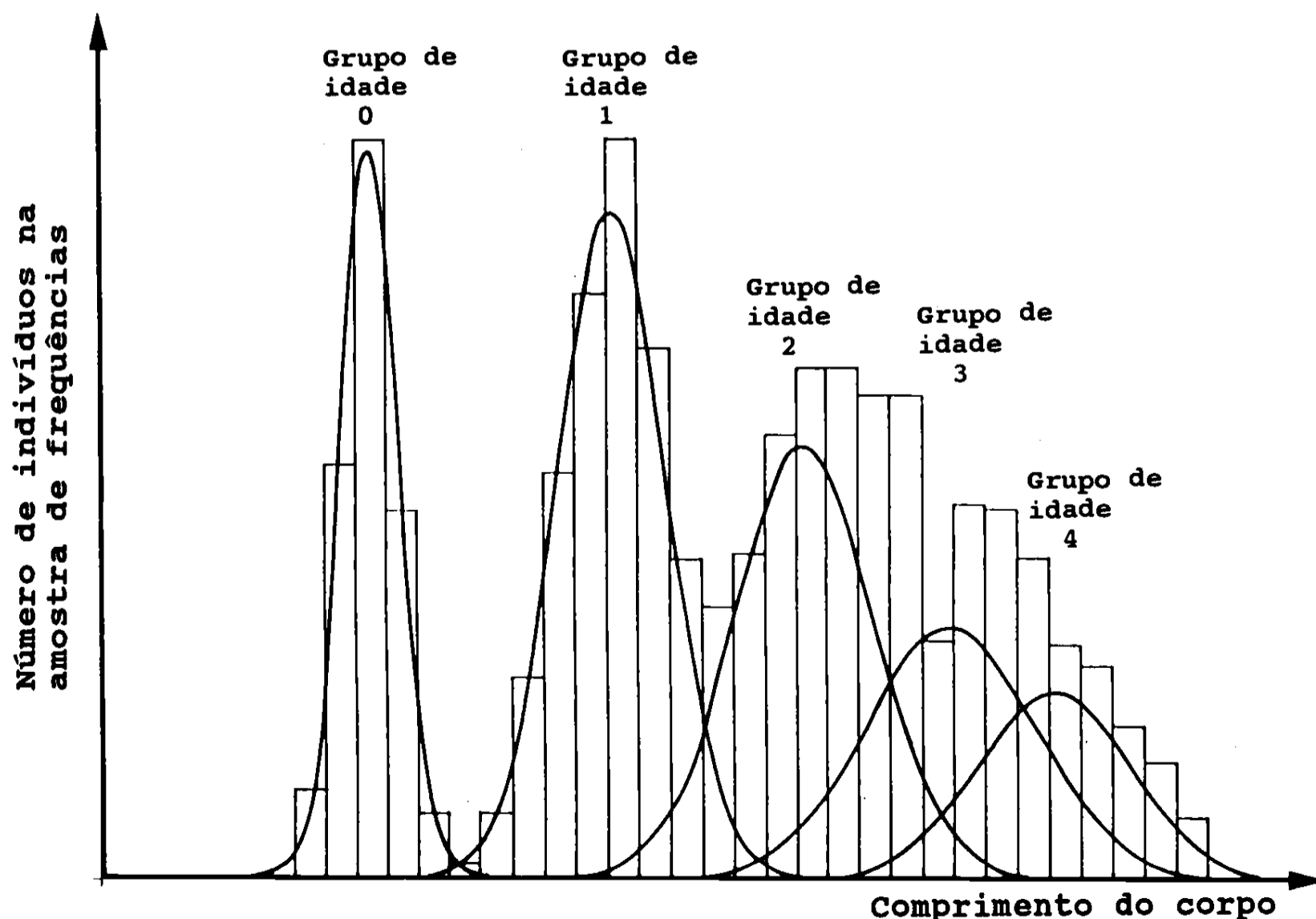


Fig. 1.4.1 Amostra de frequências de comprimento decompostas em grupos de idade

Neste manual, quando explicamos a teoria que fundamenta os vários métodos, geralmente começamos com a versão baseada em idades, porque é mais fácil de ser explicada e, conseqüentemente, mais fácil de ser compreendida. O próximo passo é, então, converter o método baseado em idades em um método baseado em comprimentos, usando a relação entre idades e comprimentos.

### 1.5 DEFINIÇÕES DE COMPRIMENTO SOMÁTICO

No presente contexto, "comprimento somático", significa o comprimento somático médio de uma coorte, não sendo considerados nos modelos os peixes individuais. Quando se fala do "comprimento de um animal", em conexão com um modelo, assume-se sempre tacitamente que é o "comprimento médio dos indivíduos de uma coorte". A estimação do comprimento médio, no entanto, é resultante da média das medidas dos comprimentos individuais. A medida usada para o comprimento somático não é importante no que diz respeito à teoria do modelo de crescimento. É prática comum usar o "comprimento total" medido à "unidade inferior mais próxima", a menos que pormenores anatómicos não o tornem praticável (ver Fig. 1.5.1). O "comprimento furcal" pode ser usado para peixes com barbatanas caudais rígidas (atuns) ou formas de barbatanas especiais (Nemipteridae). O "comprimento padrão" não é recomendado para amostragem de frequências de comprimento.

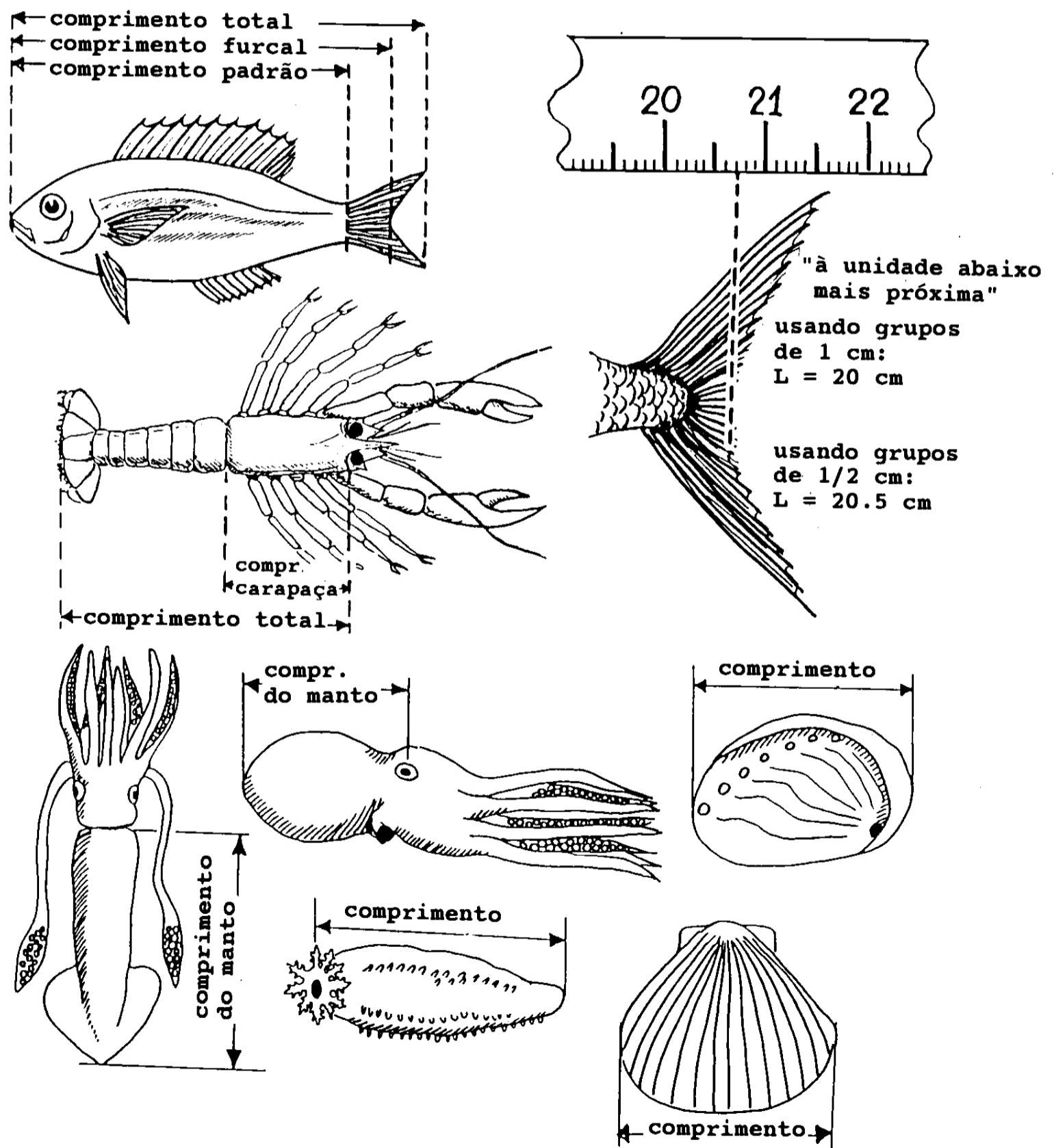


Fig. 1.5.1 Definições de comprimento do corpo

O comprimento mais fácil de medir nos crustáceos é o "comprimento da carapaça" (ver Fig. 1.5.1). No entanto, em muitos casos usa-se o comprimento total como também o comprimento da cauda. Em tais casos, é necessário estabelecer a relação entre as várias medidas.

É realmente importante especificar exactamente que tipo de medida de comprimento foi usada, senão podem-se ter dificuldades na comparação dos resultados com os de outras investigações.

Outros exemplos dados na Fig. 1.5.1 são lulas, polvos, abalones, pepinos do mar e vieiras. Para animais com uma concha ou de esqueleto duro (peixes, crustáceos e moluscos com conchas) não é problema definir uma medida de comprimento adequada. Todos os moluscos com uma forma corporal relativamente constante (por exemplo a lula) não criam tantos problemas, mas animais com um corpo elástico (por exemplo, polvos, pepino-do-mar ou água-vivas) são problemáticos. Em certos casos é preferível trabalhar com o peso total em lugar do comprimento, pois o primeiro, obviamente, é mensurável com mais precisão.

É fácil transformar um tipo de medida de comprimento em outro tipo para um único indivíduo. Em casos em que uma amostra é agrupada em classes de comprimento, é mais trabalhoso mudar de uma medida para outra, no que respeita aos aspectos computacionais. Uma forma simples de fazer isto é dada por Sparre (1987).

## 1.6 IDADE E RECRUTAMENTO

Para trabalhar com modelos analíticos, é necessário definir o conceito de "idade". Como foi dito acima em relação ao comprimento do corpo, não se trabalha ao nível do indivíduo, de modo que "idade" significa a idade média de uma coorte. É necessário também definir "data de nascimento" e a definição biológica óbvia do dia do nascimento é o dia em que a larva eclode do ovo, podendo dizer-se que um peixe recém eclodido tem idade zero.

As larvas (ou juvenis) são geralmente pouco influenciadas pela pesca, e diz-se que o peixe está na fase não explorada da vida. Uma vez que estamos interessados na fase explorada da sua vida, a fase não explorada não é importante no presente contexto.

Seja  $T_r$  a idade mais jovem na qual o peixe pode ser vulnerável às artes de pesca. Um peixe na idade  $T_r$  é chamado "recruta". Por "recrutamento" entende-se o número de recrutas, isto é, o número de peixes que atingiram a idade  $T_r$  durante a "época de recrutamento". A "intensidade de recrutamento" é o número de recrutas por unidade de tempo. O "padrão de recrutamento" de uma espécie de águas temperadas está mostrado na Fig. 1.6.1A, onde cada linha representa a intensidade de recrutamento em uma semana. Na maioria dos mananciais tropicais, o recrutamento continua (mais ou menos) ao longo de todo o ano, porém com oscilações sazonais, como por exemplo, onde ocorrem as monções (Pauly e Navaluna, 1983) (ver Fig. 1.6.1B).

Vamos definir, por tentativas, a época de recrutamento de um manancial de peixes tropicais, pelas datas (fracções do ano)  $tr_1$  e  $tr_2$ , que correspondem às datas de mínimo recrutamento (ver Fig. 1.6.1B). Sendo  $0 \leq tr_1 < tr_2 \leq 1.0$ , definimos a "coorte de Primavera" como os peixes recrutados no período  $tr_1$  a  $tr_2$ , e a "coorte de Outono" como os peixes recrutados no período  $tr_2$  a  $tr_1$ . ("Primavera" e "Outono" referem-se aqui ao hemisfério Norte).

Em geral, os padrões de recrutamento dos mananciais de peixes tropicais não estão, até ao momento, bem compreendidos, no entanto, como veremos nos capítulos seguintes, a sazonalidade no recrutamento é um pré-requisito muito importante para os métodos sugeridos.

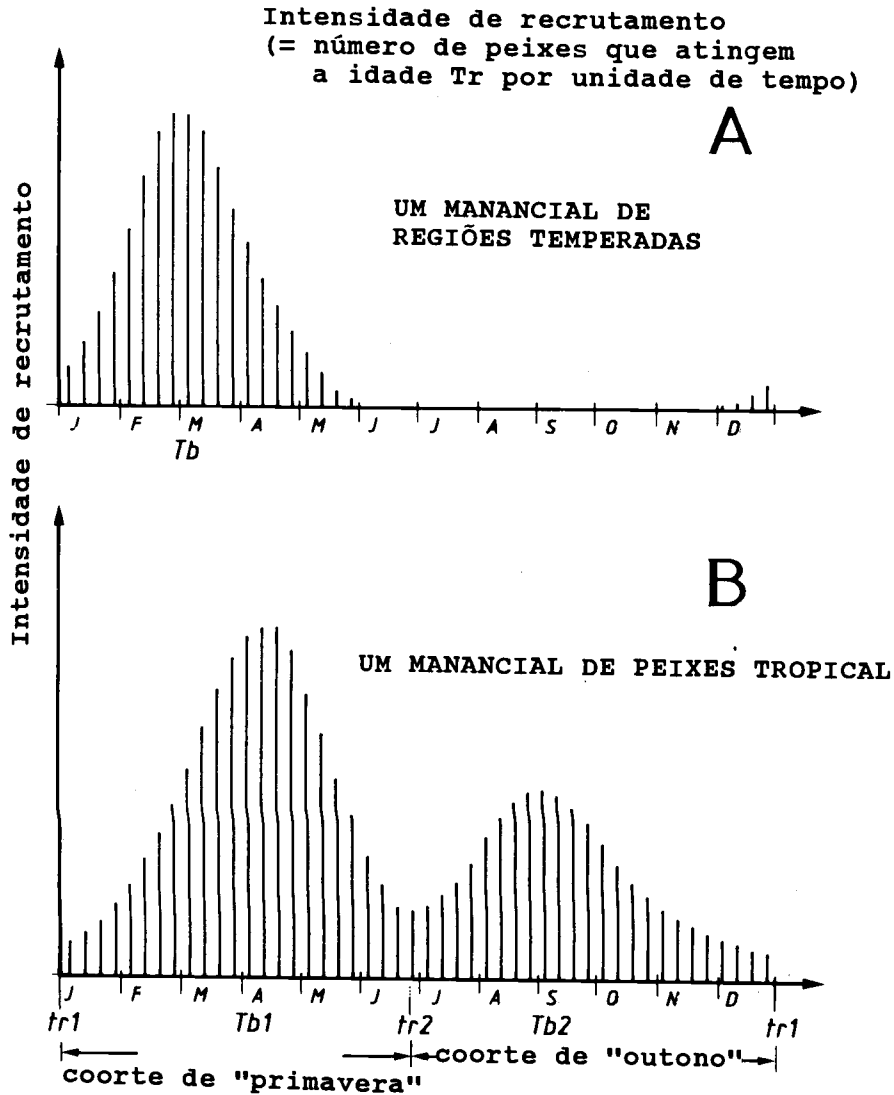


Fig. 1.6.1 Intensidade de recrutamento durante um ano, para mananciais típicos da região temperada e tropical

### 1.7 O PRESSUPOSTO IMPLÍCITO DAS AMOSTRAS ALEATÓRIAS

Todas as versões básicas dos métodos tratados no manual assumem que os dados de entrada são resultantes de "amostras aleatórias". Uma amostra de peixes, por exemplo uma amostra de frequências de comprimento representando o manancial, é uma amostra aleatória se qualquer peixe de todo o manancial tem a mesma probabilidade de ser retirado.

Geralmente é difícil, ou mesmo impossível, obter amostras puramente aleatórias. Se, por exemplo, os peixes jovens estão em certas áreas de criação, que não coincidem com as áreas de pesca das quais se retiram as amostras, os peixes jovens ficarão sub-representados. Um problema semelhante é criado pela selectividade das artes de pesca; geralmente, os peixes pequenos estão sub-representados, porque escapam através da malha, enquanto os peixes maiores são retidos. Amostras que não são aleatórias são chamadas "amostras viciadas".

A "migração" é uma característica comum no comportamento dos peixes que cria o mais sério "vício". Quase todos os animais marinhos realizam movimentos

sistemáticos. Peixes pelágicos como as cavalas, carapaus e atuns efectuam longas migrações entre as áreas de alimentação e as de desova. A maioria dos camarões peneídeos começa o seu ciclo de vida em mar aberto e migra para águas menos profundas (lagoas e mangais) e, quando sexualmente maduros, migra de volta ao mar aberto para a reprodução.

A implicação do comportamento migratório é que uma grande área do mar deve ser coberta, no sentido de se obter amostras aleatórias para toda a população. Geralmente as amostras somente podem ser obtidas da pesca comercial, que se concentra nas áreas onde os recursos são mais facilmente capturados em grandes quantidades. Assim, acontece frequentemente não estarem disponíveis amostras aleatórias da população ao realizarem-se as análises e ter que se tomar em conta este erro, devendo os métodos básicos serem modificados. Alguns tipos de vícios são mais fáceis de lidar que outros. Erros criados devido à migração só podem ser manipulados adequadamente quando se conhecem as rotas migratórias; se estas não forem conhecidas, devemos fazer certas suposições sobre as mesmas, de modo a podermos continuar com a análise. Existem muitos problemas sérios em conexão com os vícios. Algumas sugestões são apresentadas no sentido de contorná-los, embora o manual também deixe questões relevantes em aberto, ou porque o autor não conhece a resposta, ou porque o método é tão complicado que foge ao objectivo deste manual. Infelizmente, na prática, muitas vezes se depara com casos que são tão fortemente influenciados por vícios, que eles não podem ser tratados pelos métodos aqui descritos (ver Capítulo 11).

## **1.8 A ORGANIZAÇÃO DO MANUAL**

A complexidade da avaliação de mananciais pesqueiros está reflectida no índice deste manual. Os vários elementos não podem ser tratados em simultâneo e frequentemente é necessário referir-se a secções e capítulos anteriores ou posteriores. Para ajudar o leitor (e professor) é dado na Fig. 1.8.1, um fluxograma para avaliação de mananciais pesqueiros, conforme apresentado neste manual. O fluxograma não apresenta os métodos na mesma sequência em que eles aparecem no manual, mas na ordem cronológica natural de uma avaliação de mananciais pesqueiros. Os números dos capítulos relevantes são dados entre parênteses.

Antes de começar a trabalhar em avaliação de mananciais pesqueiros, existem algumas técnicas básicas de estatística geral (como por exemplo, análise de regressão linear) que se devem dominar, e que são tratadas no Capítulo 2. Estas foram deixadas fora do fluxograma, porque os métodos são gerais e aplicados em muitos outros campos científicos. O Capítulo 2 contém uma pequena selecção de métodos estatísticos, que são necessários para seguir o texto nos próximos capítulos.

O fluxograma é dividido em duas partes. A parte A trata de métodos analíticos e a parte B, de métodos holísticos. Como indicado pelo tamanho das duas partes, a ênfase principal foi colocada nos métodos analíticos. Ambas as abordagens seguem as mesmas linhas principais, conforme a organização apresentada na Fig. 1.3.0.1.

### **Parte A, os métodos analíticos**

A primeira fila mostra a entrada de dados para a estimação dos parâmetros de crescimento (os parâmetros pelos quais podemos prevêr o tamanho de um animal para uma dada idade). Embora a recolha de dados venha primeiro cronologicamente, ela não é tratada no início do manual, porque não se pode lidar com a recolha de dados de uma maneira compreensível antes de os objectivos do esquema de amostragem terem sido definidos. Para definir os objectivos, necessitamos dos modelos usados para a análise dos dados históricos e, por isso, o texto principal sobre a recolha de dados é submetido para o Capítulo 7. As suposições indicadas como entrada de dados não são tratadas em nenhum capítulo em particular.

Parte A: MÉTODOS ANALÍTICOS \*)

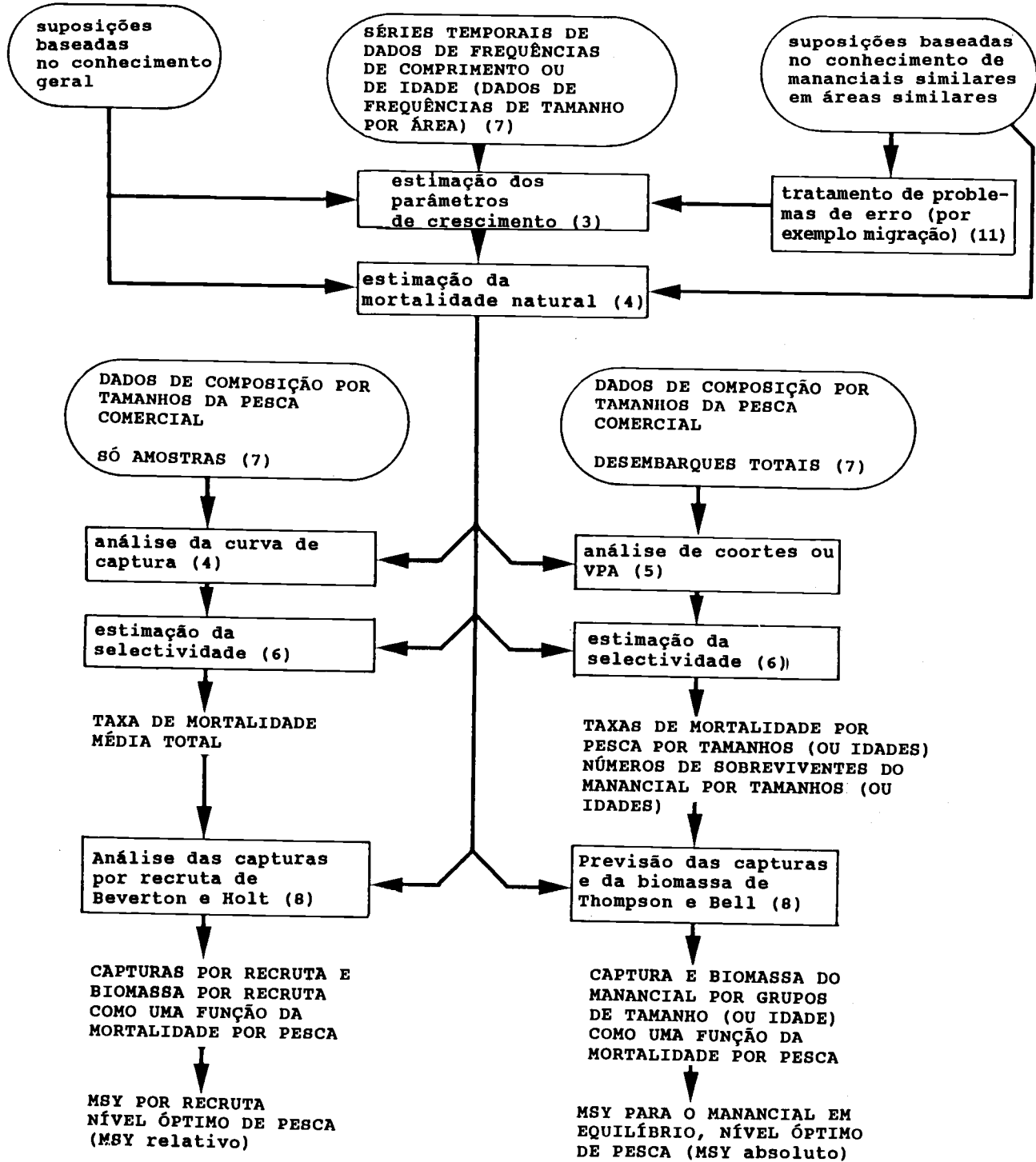


Fig. 1.8.1A Organização do manual



PARTE B: MÉTODOS HOLÍSTICOS SIMPLES \*)

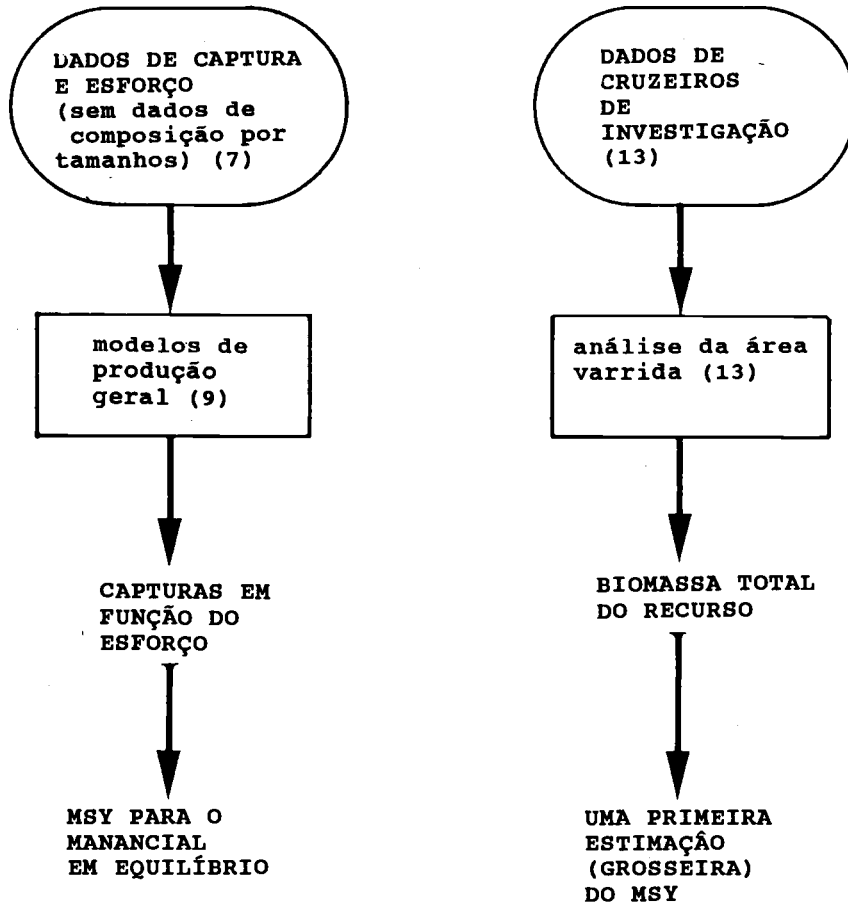





Fig. 1.8.1B Organização do manual

\*) Os seguintes símbolos foram usados:

-  : Dados de entrada ou suposições
-  : Processamento dos dados usando um modelo
- texto sem moldura : Saída de uma etapa de processamento; a saída de uma etapa de processamento serve de entrada para a etapa de processamento seguinte
- MAIÚSCULAS
- (n) : Os números entre parênteses indicam o capítulo com a teoria relevante
-  : Fluxo de dados

A teoria básica do modelo de crescimento somático e a estimação de parâmetros de crescimento são tratadas no Capítulo 3. O tratamento dos problemas dos vícios é, como mencionado acima, extremamente complicado, e somente em parte é abordado neste manual, foi, portanto, colocado no Capítulo 11, depois dos capítulos que tratam dos métodos analíticos em suas versões básicas. Embora devêssemos começar a análise com uma avaliação dos erros, considera-se não apropriado começar o manual com um dos assuntos mais complicados. Mesmo a estimação, ou antes, a suposição qualificada da mortalidade natural é um assunto difícil e foi colocado na Secção 4.7.

Os capítulos seguintes sobre métodos analíticos contêm a teoria para ambos os métodos com base em idades e com base em comprimentos. As estimações dos parâmetros de crescimento são, de facto, usadas somente para as versões dos modelos com base em comprimentos, mas, para reduzir a complexidade do fluxograma, não se fez distinção entre os métodos baseados em comprimento e os baseados em idades.

Depois da parte de crescimento (Capítulo 3), o fluxograma ramifica-se. Os dois ramos representam um agrupamento de métodos de acordo com os requerimentos de dados. Alguns métodos analíticos são baseados exclusivamente em amostras da pesca comercial, enquanto a captura total não é conhecida. Em teoria, estes métodos poderiam ser usados também para uma só amostra constituída de um balde de peixes tirada no mercado local (embora, é claro, recomende-se esquemas de amostragem extensiva). Tais métodos são chamados "*métodos da curva de capturas*".

Outros métodos são baseados em estimações da *captura total*, isto é, em estimações do número total desembarcado em cada classe de comprimento de todo o manancial. Tais números são derivados de amostras de frequências de comprimento, ponderando-se para a captura total, usando dados dos desembarques totais. Estes métodos são chamados "*análise de coortes*" ou "*análise da população virtual*" (VPA). Comparados aos métodos da curva de capturas, eles dão estimações mais fiáveis dos parâmetros e previsões mais seguras das pescarias futuras. Os procedimentos de amostragem para obter os dados de entrada são discutidos no Capítulo 7, como mencionado acima em conexão com o crescimento.

A teoria geral da mortalidade, o "*modelo exponencial decrescente*", os "*métodos da curva de capturas*" e alguns outros métodos com exigências semelhantes ou necessidade de dados limitados são tratados no Capítulo 4. Da análise da curva de capturas, obtemos uma estimação da mortalidade total que, combinada com os parâmetros de crescimento e mortalidade natural, permite-nos chegar a algumas conclusões sobre o estado geral dos mananciais e do seu potencial. Esta análise é realizada pelo "*modelo de capturas por recruta de Beverton e Holt*", apresentado no Capítulo 8. O resultado final é a "*captura máxima sustentável por recruta*" (MSY/R).

Os métodos baseados na composição por tamanhos da captura total, a análise de coortes ou VPA, são abordados no Capítulo 5. Os resultados obtidos da análise de coortes (ou VPA) são estimações do tamanho absoluto do manancial e da mortalidade por pesca para cada grupo de tamanho. Estes resultados são utilizados para a previsão da biomassa do manancial e níveis de capturas, usando os "*métodos de Thompson e Bell*" que também estão descritos no Capítulo 8. O resultado final é uma estimação do MSY (absoluto).

Na discussão apresentada acima, somente a regulamentação do esforço de pesca foi considerada como uma ferramenta para a gestão duma pescaria. No entanto, existem outras ferramentas, uma das quais é a selectividade de tamanhos pela arte de pesca; por exemplo, usando-se tamanhos de malha maior no saco da rede de arrasto a mortalidade de peixes jovens é reduzida, o que vai subsequentemente aumentar a captura de indivíduos mais velhos, maiores e mais valiosos. Os efeitos da "*selectividade da arte*" são discutidos no Capítulo 6.

Em todos os capítulos mencionados até agora, a teoria foi apresentada na sua forma mais simples, isto é, somente um manancial de peixes e somente um tipo de barco de pesca são considerados. Na realidade, é difícil existir qualquer pescaria onde somente uma espécie é capturada por um só tipo de barco. Na maioria desses casos, temos que lidar com capturas multiespecíficas feitas por uma variedade de barcos diferentes. Teoricamente não se criam maiores problemas quando se estendem os modelos analíticos a casos multiespecíficos/várias frotas, como é demonstrado para o modelo de Thompson e Bell no Capítulo 10. Neste capítulo também são brevemente abordados alguns outros aspectos de avaliação multiespecífica, e, com isto, chegamos ao final da parte A do fluxograma.

## **Parte B, os métodos holísticos**

Esta parte do fluxograma é menos complicada, porque ela descreve métodos mais simples. Os "*modelos de produção geral*" são apresentados no Capítulo 9 e o "*método da área varrida*" no Capítulo 13.

Os Capítulos 12, 14 e 15 não foram incluídos no fluxograma. O Capítulo 12 trata da relação manancial/recrutamento - o problema de uma possível relação entre o recrutamento e o tamanho do manancial progenitor. O assunto é discutido em forma experimental, e o Capítulo 12 não sugere qualquer modelo para aplicação prática. O Capítulo 14 apresenta uma visão geral da avaliação de mananciais pesqueiros, baseado entre outras coisas no mesmo fluxograma (Fig. 1.8.1). O Capítulo 15 descreve brevemente alguns programas para microcomputadores, os pacotes LFSA (Length Based Fish Stock Assessment - Avaliação de Mananciais Pesqueiros com Base em Comprimentos) (Sparre, 1987), que corresponde aos modelos analíticos deste manual (parte A do fluxograma), os pacotes COMPLEAT ELEFAN (Gayanilo, Soriano e Pauly, 1988) e os pacotes FISAT (FAO/ICLARM Stock Assessment Tools - Instrumentos de Avaliação de mananciais) (Gayanilo, Sparre e Pauly, 1995), que cobre também todos os modelos. Alguns outros programas desenvolvidos pela FAO ou em estreita colaboração com a mesma também são brevemente descritos.

### **1.9 LEITURA ADICIONAL**

Uma vez que o objectivo deste manual está limitado principalmente a métodos e às suas aplicações, é recomendável suplementar o conhecimento dele derivado, pela leitura adicional de compêndios e manuais sobre avaliação de mananciais e sobre a biologia dos recursos mais importantes. O Capítulo 16 contém referências de várias publicações recentes, que de grande utilidade e oferecem uma visão melhor dos problemas de avaliação de mananciais, por exemplo:

- 1) A relação entre a avaliação do manancial e a gestão (Pauly, 1979 e Gulland, 1988)
- 2) A biologia e a avaliação de camarões (Garcia e Le Reste, 1981; Gulland e Rothschild, 1984; Penn, 1984; Garcia, 1985; Rothlisberg, Hill e Staples, 1985 e o Australian Journal of Marine and Freshwater Research, 1987 e Dall et al., 1990)
- 3) A biologia e a avaliação de cefalópodes e de outros invertebrados (Caddy, 1983, 1983a e 1989)
- 4) Localização dos recursos (Caddy e Garcia, 1986 e Butler et al., 1986)
- 5) Atuns (Sharp e Dizon, 1978; Kleiber, Argue e Kearney, 1983; I-ATTC, 1984 e Hunter et al., 1986)
- 6) Migração (Harden Jones, 1968, 1984 e Oxenford e Hunte, 1986)
- 7) Regulação e classificação de populações marinhas (Sinclair, 1988)

Os vários métodos apresentados neste manual foram usados tanto directamente, como através dos pacotes de programas LFSA e COMPLEAT ELEFAN, nos cursos de formação da FAO/DANIDA, onde os participantes processaram os seus próprios dados. Os resultados das análises e os dados de entrada foram publicados (Venema, Christensen e Pauly, 1988), com a finalidade de oferecer exemplos adicionais da aplicação dos métodos de avaliação do manancial em recursos tropicais. Em alguns casos, os trabalhos demonstram claramente as limitações do conjunto de dados e dos métodos usados, mas existem também vários exemplos de aplicações bem sucedidas dos métodos, até agora raramente usados em áreas tropicais.

Novos compêndios sobre a avaliação de mananciais de peixes são raros, e é com agrado que podemos chamar a atenção aos recentes livros de Hilborn e Walters (1992) e Brêthes e O'Boyle (eds.) (1990). Este último é baseado em parte, numa versão anterior deste manual.

Um resumo que abrange os vários acessos aos dados de frequências de comprimento para fins de avaliação de mananciais foi preparada por J.A. Gulland e A.A. Rosenberg (1992). Recomenda-se este documento, a última contribuição de John Gulland à ciência das pescarias, em conexão ou prosseguimento do presente manual.