

Gestão da Caça e da Pesca

Amostragem e quantificação de populações piscícolas

José Maria Santos

CEF – Centro de Estudos Florestais
Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa
Tel. ++351 213 653 489, Gab. 2.19 (Ed. Azevedo Gomes)
jmsantos@isa.ulisboa.pt



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa

1. Amostragem

DIRECTOS

- Esvaziamento da massa de água
- Pesca química: anestesia e venenos
- Bombas
- Armadilhas: Nassas e similares
- Pesca de engodo e isco
- Redes activas: de arrasto e de envolver, e tarrafas
- **Redes passivas: de emalhar e tresmalhos**
- **Pesca eléctrica**

INDIRECTOS

- Observação directa: janelas, escafandro autónomo, **snorkeling**
- Observação indirecta: fotografia, vídeo, **ecossonda**

**TODOS OS MÉTODOS
SÃO SELECTIVOS**

OVOS E LARVAS:

- Redes de plancton
- Pesca eléctrica
- Armadilhas
- Substratos artificiais

AMOSTRAGEM DIRECTA

ARMADILHAS E NASSAS

REDES ACTIVAS: arrasto, envolver e tarrafas

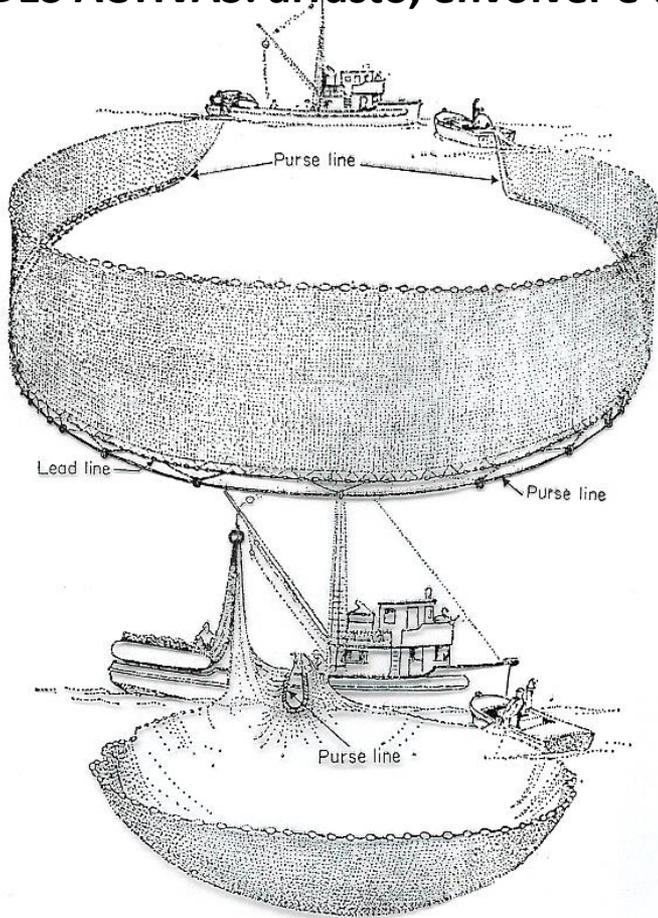
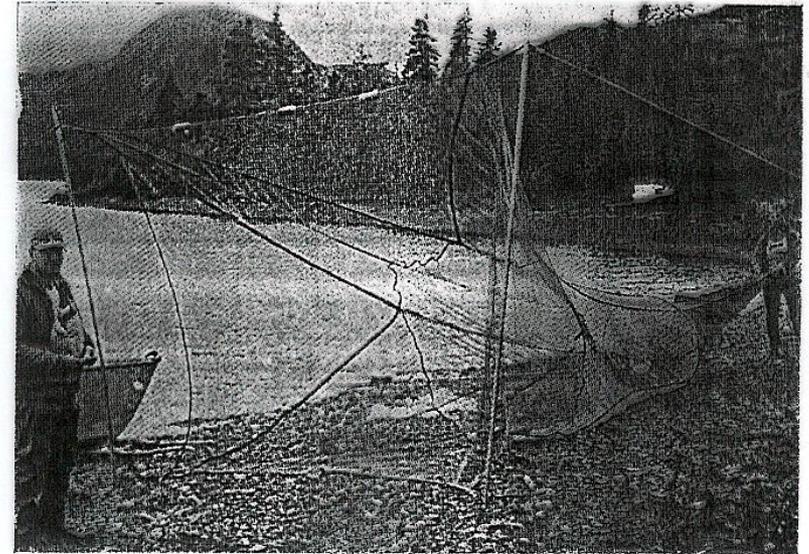


Figure 2.7. Diagram of a purse seine.



REDES PASSIVAS: emalhar e tresmalhos

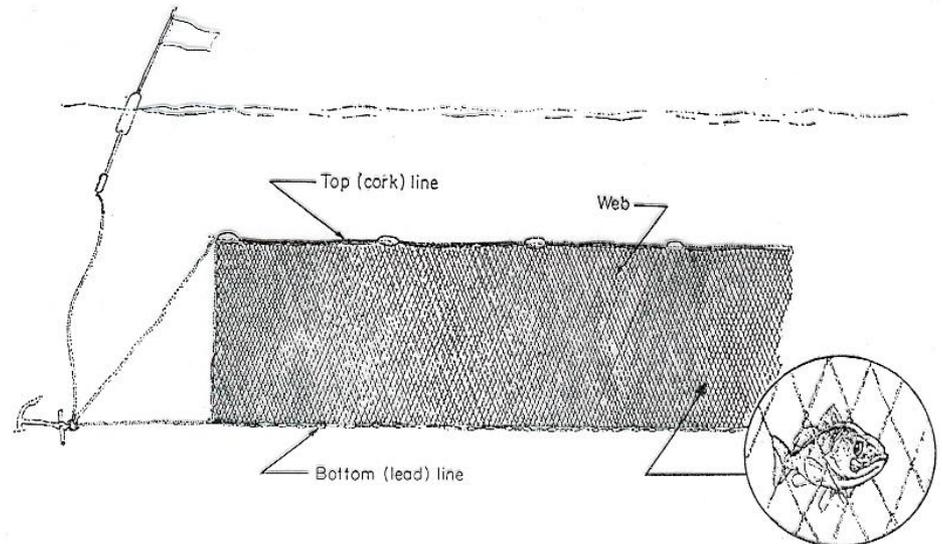
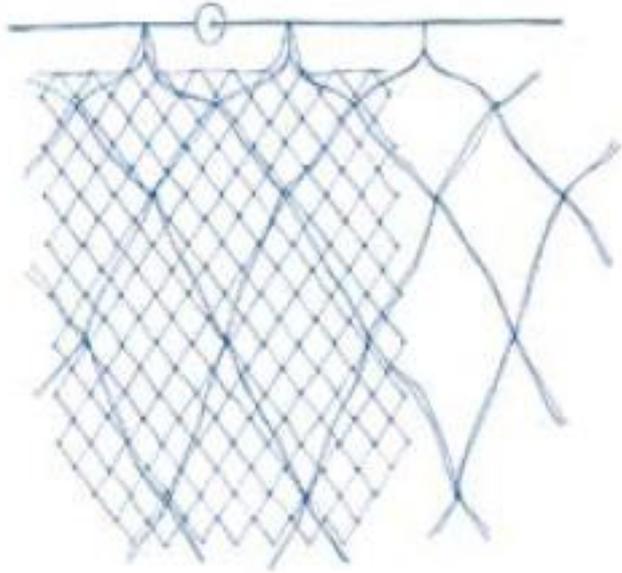


Figure 2.9. Diagram of a gill net when set. At right, a captured ('gilled') fish.

Tresmalhos



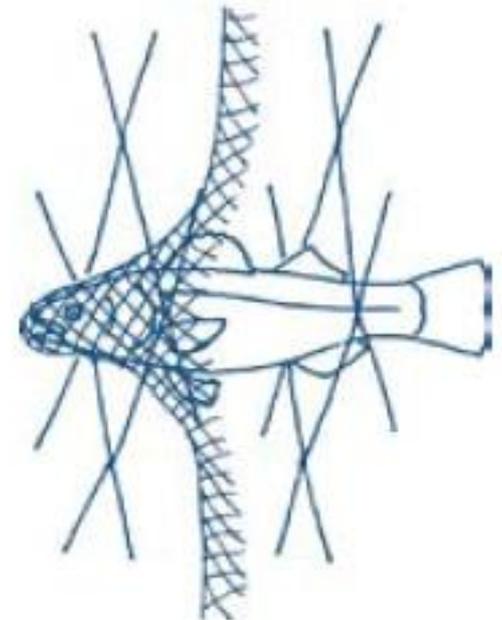
- O tresmalho é constituído por três panos de rede rectangulares, sobrepostos:

ALVITANAS – panos exteriores de malha mais larga

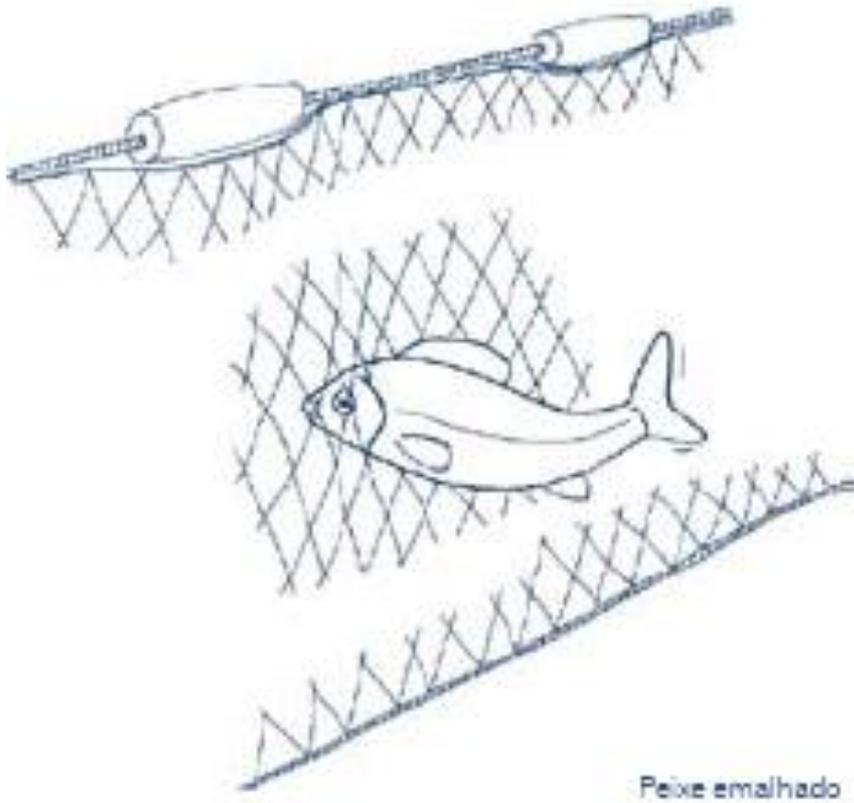
MIÚDO – pano do meio de malha mais apertada

➤ O peixe fica retido por enredamento no miúdo, após ter atravessado uma das alvitanas

➤ O tresmalho é uma arte muito eficaz, mas apresenta alguma selectividade



Redes de emalhar



- São constituídas por um único pano de rede, entalhado num cabo superior (cabo das bóias), e num cabo inferior (cabo dos chumbos)

- Altura e malhagem variável

➤ O peixe, por não ver a rede ou por querer passar através dela, acaba por ficar emalhado, preso por uma malha à volta da cabeça, atrás do opérculo ou à volta do corpo, enredado ou preso pelos dentes e barbatanas

➤ As redes de emalhar são uma arte muito selectiva (espécie, tamanho exemplares)



AMOSTRAGEM INDIRECTA

Ecossondas

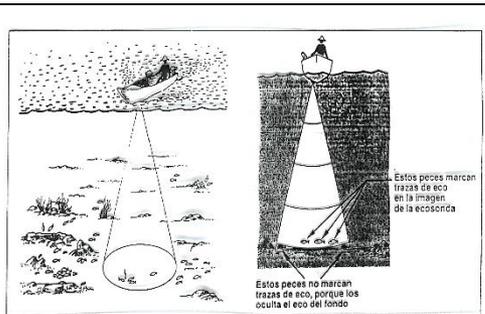


Figura 3. Zonas muertas en la detección de peces de fondo (de Burczynski, J. & M. Ben-Yami, 1985).

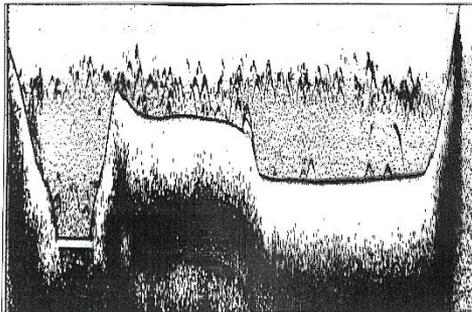


Figura 2. Ecograma realizado en el lago de Banyoles.

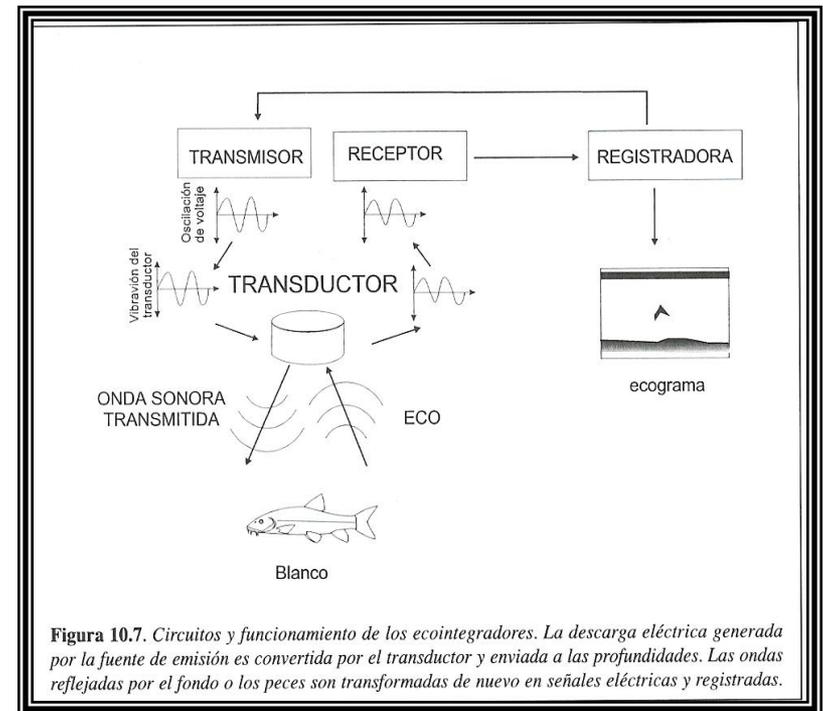


Figura 10.7. Circuitos y funcionamiento de los ecointegradores. La descarga eléctrica generada por la fuente de emisión es convertida por el transductor y enviada a las profundidades. Las ondas reflejadas por el fondo o los peces son transformadas de nuevo en señales eléctricas y registradas.

- As ecossondas funcionan através da emissão de um sinal eléctrico que é transformado por um transdutor numa onda de som que é dirigida para o fundo da massa de água
- Quando a onda de som atinge algum animal na coluna de água, parte da energia acústica é reflectida e recebida pelo transdutor sob a forma de um eco reconvertido em energia eléctrica
- O tempo entre a emissão da onda de som e a recepção do eco, fornece a profundidade a que o peixe se encontra

Snorkeling



Parâmetros a observar:

- Identificação espécies
- Número de indivíduos
- Dimensão dos indivíduos (classes)

- Geralmente é utilizado quando as condições ambientais (elevada velocidade água, baixa condutividade) possam limitar a eficácia de outros métodos
- É eficiente para cobrir extensos troços de rios num curto espaço de tempo. Requer baixos custos e envolve pouco equipamento. Ideal para áreas remotas
- No entanto a transparência da água, a largura do rio, bem como a capacidade do observador, podem limitar o precisão do inventário
- A amostragem por snorkeling deve ser sempre precedida por uma calibração na identificação das espécies, geralmente com recursos a pesca eléctrica

Quando amostrar ?

Eventos hidrológicos extremos

Migrações potamódromas

Escolha do período de amostragem

Rios intermitentes

A amostragem deve ser realizada até Maio, quando o rio ainda apresenta caudal e se mantém a diversidade habitacional (sequência de *riffles*, *runs*, pegos) do troço fluvial

Rios permanentes

Semelhante aos rios intermitentes, embora a amostragem possa ser estendida até Setembro, sobretudo em rios largos e nos cursos de água de cariz salmonícola

Metodologias de amostragem de ictiofauna com pesca eléctrica

- 1) Identificação do equipamento e material associado
- 2) Seleção e caracterização das estações de amostragem
- 3) Metodologia de amostragem
- 4) Identificação, medição e conservação
- 5) Medidas de segurança para a pesca eléctrica
- 6) Controlo de qualidade

1) Identificação do equipamento e material associado

Equipamento de proteção pessoal e ambiental

- Vadeadores e botas altas de borracha
- Luvas isolantes
- Extintor de incêndio
- Colete salva-vidas (para uso em embarcação)
- Equipamento de primeiros socorros

• Equipamento para manipulação de peixes

- Camaroeiros
- Baldes de plástico ou tanques de acondicionamento
- Mangas com rede
- Oxigenadores portáteis
- Frascos de plástico para conservação
- Ictiómetro ou régua para medição

• Equipamento de pesca elétrica

- Gerador elétrico, amplificador e conversor de corrente
- Ânodo(s) com aro de rede para captura dos peixes
- Cátodo

• Outros equipamentos

- Máquina fotográfica
- GPS
- Sonda multi-paramétrica
- Fichas de campo
- Etiquetas ou rotulador permanente
- Pinças para extração de escamas
- Chaves de identificação
- Fita métrica
- Profundímetro
- *Stop nets*
- Barco de borracha e acessórios
- Material de limpeza e suporte à amostragem (rolos cozinha, luvas aderentes, lanterna, etc.)
- Conservantes (formaldeído, álcool)
- Desinfetantes (ex: Sterillium)



2) Seleção e caracterização das estações de amostragem

Identificação de troço representativo de acordo com a caracterização expedita dos habitats existentes (profundidade, velocidade, substrato, cobertura e ensombramento)

Localização e georreferenciação

Preenchimento de ficha de campo e registo fotográfico



Modelo de Ficha de campo (DQA)

Identificação do local

Caracterização do troço

Anexo I – Ficha de Campo (Fauna piscícola)

A. Identificação do local de amostragem

1. Código:
2. Designação do Local:
3. Curso de água (designação):
4. Bacia Hidrográfica (designação):
5. Localização (descrição breve):
6. Coordenadas (GPS): Longitude: Latitude:
7. Data de amostragem:
8. Hora, Início: Fim:
9. Equipa de amostragem (identificação):
10. Condições atmosféricas:
Temperatura do ar
Nebulosidade (assinalar uma opção):
Céu limpo ligeiramente encoberto medianamente encoberto totalmente encoberto
Vento (assinalar uma opção):
nulo ligeiro médio forte
Outras informações:

B. Caracterização do troço de amostragem

1. Temperatura da água (°C)
2. Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
3. Velocidade da corrente (m/s)
4. Oxigénio dissolvido (mg/L)
5. pH
6. Transparência
transparente turva muito turva
7. Cor: sem cor esverdeada acastanhada acinzentada negra
outra:
8. Comprimento (m) =
9. Largura da água (estimativa para o troço):
 % < 1 m
 % 1 - 5 m
 % 5-10 m
 % 10-20 m
 % \geq 20 m

Caracterização do troço (cont.)

Anexo I – Ficha de Campo (Fauna piscícola)

B. Caracterização do troço de amostragem

10. Profundidade (estimativa para o troço):

- % < 0,25 m
 % 0,25 – 0,5 m
 % 0,5-1 m
 % ≥ 1

média: m máxima: m

12. Tipos de corrente (estimativa para o troço):

- sem corrente
 reduzida
 moderada
 rápida
 muito rápida

14. Substrato

- Laje plana, elementos finos, areia/areão
 Gravelha/cascalho: entre grão café e ovo
 Pedras pequenas: entre ovo e A5 (=ca.20cm)
 Pedras grandes: entre A5 e A4 (=ca.30cm)
 Blocos: entre a4 e A5
 Rocha > 50 cm
 Classe dominante:
 % pedras, blocos e rocha:

15. Vegetação no leito

- Macrófitos, Hidrófitos: ausentes
 esparsas
 intermédias
 abundantes

- e tipo(s) dominante(s): algas filamentosas
 musgos
 plantas superiores

- Macrófitos, Helófitos na água: ausentes
 esparsas
 intermédias
 abundantes

- Grandes detritos lenhosos no leito: ausentes
 esparsas
 intermédias
 abundantes

11. Ensombramento (marque com ✓ a opção correcta):

- Ausente
 <30%
 30-60%; >60%

13. Proporção de cada tipo de habitat (% total=100%)

- Pool
 Run
 Riffe

Anexo I – Ficha de Campo (Fauna piscícola)

B. Caracterização do troço de amostragem

16. Continuidade da galeria ribeirinha

Margem		
Esquerda	Direita	
<input type="checkbox"/> %	<input type="checkbox"/> %	Continua
<input type="checkbox"/> %	<input type="checkbox"/> %	Semi-continua
<input type="checkbox"/> %	<input type="checkbox"/> %	Interrompida
<input type="checkbox"/> %	<input type="checkbox"/> %	Esparsa
<input type="checkbox"/> %	<input type="checkbox"/> %	Ausente

17. Fotografias (n^{os}, indicações)

C. Equipamento de pesca elétrica

1. Fabricante e modelo:

2. Tipo de aparelho: bateria

gerador-dorsal

gerador-não dorsal

3. Tipo de corrente: Pulsos

DC

PDC

AC (desaconselhado)

4. Frequência de pulsos = Hz

5. Tipo de ânodo: anel

outro

diâmetro do anel (cm) =

6. Área de cátodo (m²) = ou Largura (cm) = Comprimento (cm) =

7. Voltagem (V) = Corrente (A) =

8. Utilização de redes acessórias para captura: sim

não

Equipamento

3) Metodologia de amostragem

Princípio

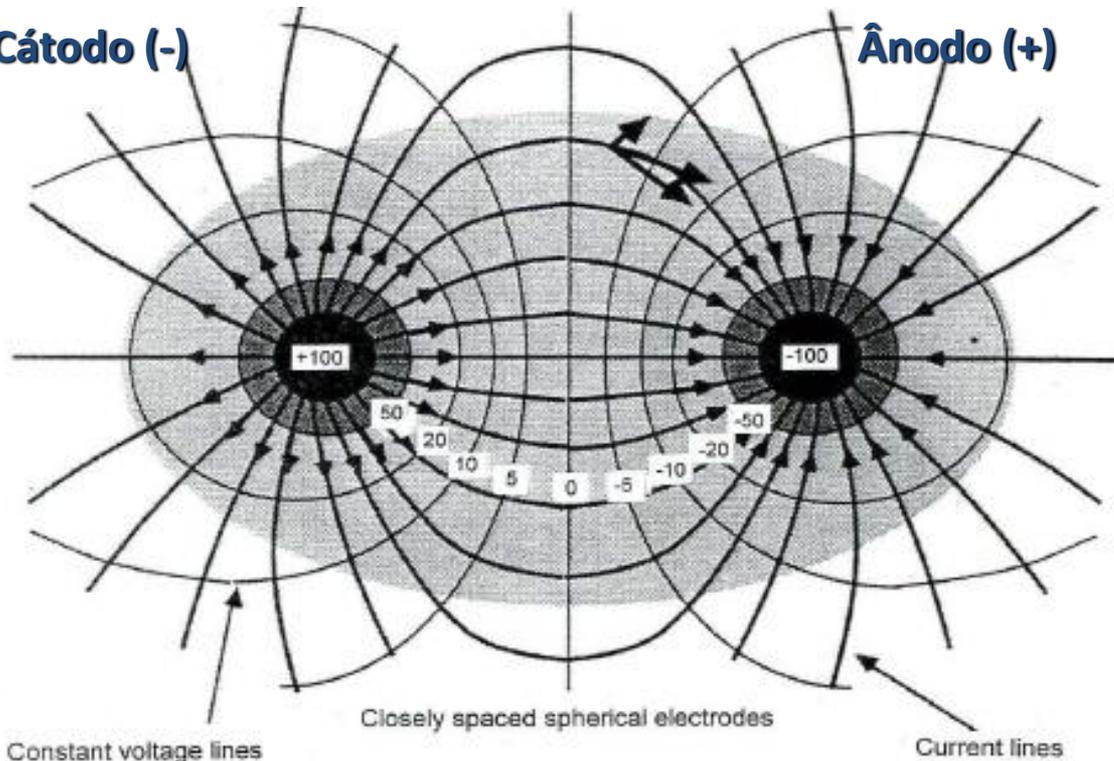
A pesca elétrica constitui a técnica de amostragem piscícola mais utilizada em diversos tipos de rios, pois é eficiente, pouco seletiva (para o sexo, idade, etc.) e relativamente inofensiva para os peixes. Baseia-se na criação de um campo elétrico que altera o comportamento dos peixes, através de contração e relaxamento muscular permitindo a sua captura.

Procedimentos

Os procedimentos e equipamentos específicos a utilizar dependem da dimensão da massa de água, profundidade, velocidade da corrente e condutividade da água. A selecção do tipo de corrente (DC ou PDC), impulsos (no caso de PDC), e tensão eléctrica (*volts*), deve ser feita tendo em conta eficácia da pesca e a minimização de efeitos lesivos nos peixes.

Cátodo (-)

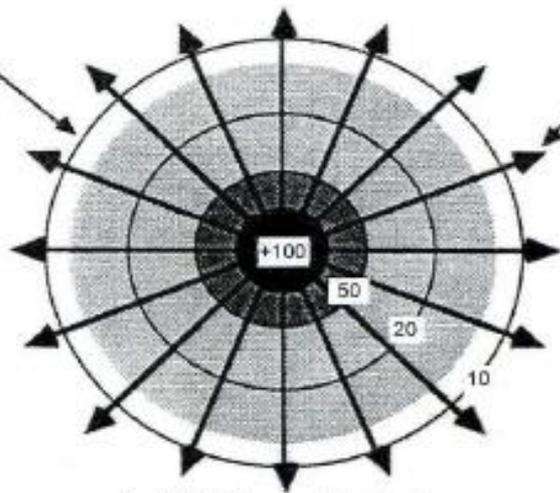
Ânodo (+)



Cada elétrodo, ânodo (+) e cátodo (-), possui um campo elétrico associado

A corrente desloca-se do elétrodo negativo (-) para o elétrodo positivo (+):

Cátodo (-)



a) **Excitamento do sistema nervoso dos peixes no campo elétrico do cátodo (polo negativo)**

b) **Fuga para a área do ânodo (polo positivo) onde o excitamento é menor ("electrotaxis")**



Electrode



Danger zone

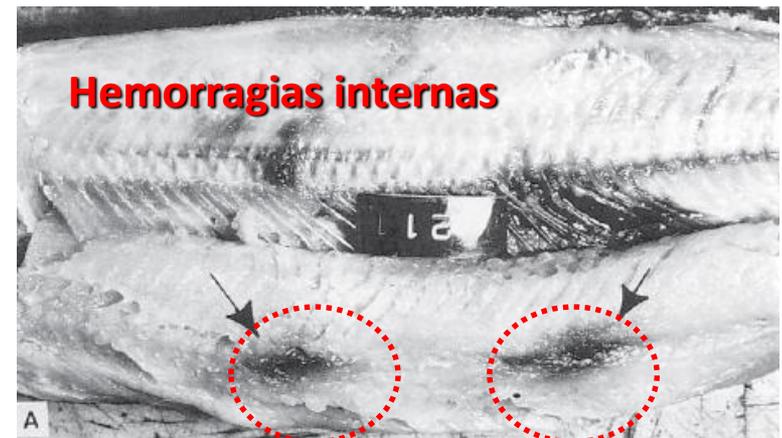
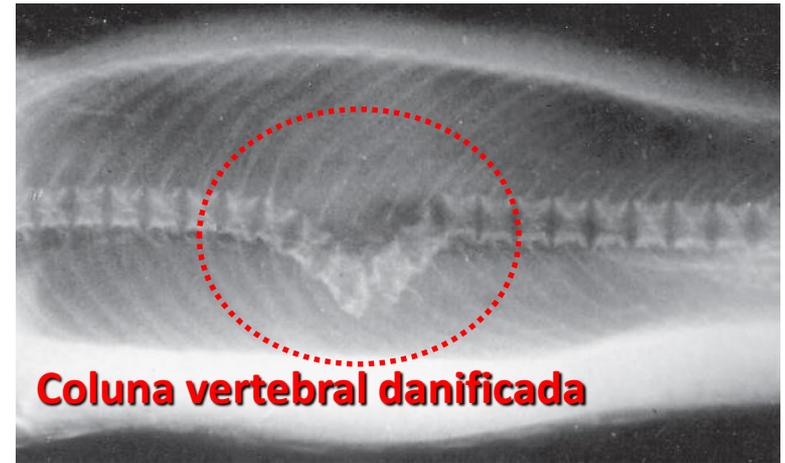


Effective zone

➤ Quando usada de forma adequada, a pesca elétrica não apresenta quaisquer efeitos lesivos para os peixes.

➤ Contudo se usada de forma imprópria (corrente excessiva) pode causar diferentes lesões nos peixes e ser mortal

**Crescimento anormal;
arqueamento da zona dorsal**



Pesca eléctrica em águas vadeáveis

Preparação e organização do equipamento

- Medição dos parâmetros físico-químicos (condutividade) para regulação da intensidade do conversor de corrente
- Colocação do equipamento (não-portátil) em local adequado ao longo da margem, preferencialmente locais planos que permitam vadeamento total do troço
- Ligação do cátodo e do ânodo ao conversor de corrente

Procedimento de amostragem

- A amostragem deve ser efectuada durante o dia, por uma equipa de 2 a 4 pessoas.
- Efectuada na direcção jusante-montante e em movimentos zigzag.
- Os restantes indivíduos, equipados com camaroeiros, seguem à retaguarda do(s) operador(es) do ânodo, capturando todos os peixes atordoados que são arrastados pela corrente.
- Colocação dos peixes em baldes de plástico ou tanques acondicionadores com ou sem oxigenadores portáteis (dependendo da densidade e temperatura), posicionados em condições adequadas de ensombramento ou utilização de mangas fora da influência do campo eléctrico

Metodologia de amostragem em rios vadeáveis de pequena / média largura:

Critério	Largura média do rio	
	< 5 m	5-15 m
<i>Comprimento do troço a amostrar</i>	<i>mínimo de 100 m</i>	<i>10-20 vezes a largura média do rio com um mínimo de 100 m</i>
<i>Nº de ânodos</i>	<i>1 ânodo</i>	<i>1-2 ânodos</i>
<i>Equipa de trabalho</i>	<i>dois elementos (um operador de ânodo e um ajudante com rede de captura)</i>	<i>dois ou quatro elementos (um ou dois operadores de ânodo, e um ou dois ajudantes com camaroeiros)</i>



Pesca elétrica em águas não-vadeáveis

Amostragem diurna das comunidades piscícolas junto a cada uma das margens do rio, numa área total aproximadamente igual ou superior a 1000m², com recurso a um barco pneumático em zonas profundas e caminhando no rio quando tal é possível

O barco deverá percorrer o troço de rio não vadeável, amostrando os diferentes tipos de habitat.



Os peixes são recolhidos com camaroeiros, colocados em um ou mais tanques de acondicionamento com água do próprio rio (devidamente oxigenada), e frequentemente vigiados até às operações de identificação e medição.

4) Identificação, medição e conservação

- Identificação até à espécie, medição (comprimento total ou á forca) e observação para deteção de lesões externas, tumores e deformações. Em caso de dúvidas (ex: híbridos, juvenis), conservar os exemplares (ou uma subamostra) para posterior análise laboratorial.
- Alguns exemplares poderão ser fotografados para posterior coleção de referência
- Após o manuseamento, os peixes devem ser devolvidos ao rio, preferencialmente numa zona de corrente moderada perto da margem.
- Em caso de um número de capturas muito elevado de uma determinada da espécie / classe de dimensão, a medição deve incidir somente numa amostra representativa. Em caso de visualização de exemplares que escapam ao campo elétrico (não capturados), deve ser anotada, sempre que possível a espécie e classe de comprimento.
- Em caso de necessidade de conservação de alguns exemplares para coleção de referência ou estudos posteriores, devem ser preferencialmente usados os indivíduos que possam não ter sobrevivido às operações de amostragem, manuseamento e/ou acondicionamento.

5) Medidas de segurança na pesca eléctrica

- Evitar a realização da pesca eléctrica em situações de caudal elevado, ou em troços de elevada corrente
- Não realizar a pesca eléctrica sob condições de pluviosidade
- Após utilização, os equipamentos devem ser desconectados das respectivas unidades, limpos e secos
- Colocação do gerador em local adequado, evitando qualquer risco de queda na massa de água. Não deve ser igualmente movido durante o respectivo funcionamento, devendo ser acompanhado por um extintor de incêndio.
- Em embarcações, o gerador deve ser posicionado de forma a que não se movimente durante a amostragem. Todo o pessoal deve estar equipado com coletes-salva vidas e nunca usar vadeadores.
- A equipa de amostragem deve dispor de um conjunto de primeiros-socorros e de um telemóvel para pedir ajuda em caso de necessidade.

6) Controlo de qualidade

- A amostragem e o tratamento de dados devem ser realizadas de acordo com metodologias estandardizadas e sistemas de controlo de qualidade.
- As medidas seguidamente descritas pretendem garantir a uniformização dos procedimentos de amostragem, a correcta identificação das espécies , e a análise de resultados:

Objectivo:	Garantir a comparação de resultados provenientes de amostragens sucessivas
Medidas	<ul style="list-style-type: none">• Identificação e georeferenciação das estações de amostragem.• Garantir a mesma metodologia de pesca (tipo de equipamentos, procedimentos, etc.) em sucessivas amostragens.
Objectivo:	Efectuar o trabalho de campo de acordo com as metodologias estandardizadas
Medidas	<ul style="list-style-type: none">• Preparar um plano de trabalho com directrizes claras e objectivas acerca das tarefas e procedimentos a desenvolver no trabalho de campo.• Garantir a presença de uma equipa de amostragem familiarizada com as técnicas de pesca eléctrica e procedimentos de amostragem, e com um esquema de organização adequado.
Objectivo:	Controlo de tratamento de dados e análise de resultados
Medidas	<ul style="list-style-type: none">• Todos os dados provenientes de uma dada amostragem devem ser identificados de forma individual, por meio de códigos, numa base de dados.• Toda a documentação de campo e laboratório deve ser guardada durante um período não inferior a 10 anos.• Os dados em formato electrónico devem incluir a respectiva origem (autores, datas, etc.) e formatação, tendo em vista a actualização de toda a informação.

2. Quantificação

Populações

Populações são entidades dinâmicas que variam em tamanho no tempo e no espaço

População: Grupo de indivíduos da mesma espécie que vive numa determinada área e que interage com outra.

Abundância pode ser reportada como **tamanho** da população (# indivíduos), ou **densidade** (# indivíduos por unidade de área).

I - Porquê quantificar as populações animais?

Ordenamento da fauna (cinegética, pesca, conservação)

5 etapas básicas do ordenamento (Aldo Leopold*):

- 1) Controlo da captura (períodos de defeso, limitação nº. Exemplares)
- 2) Controlo dos predadores
- 3) Reserva de áreas para caça ou pesca (zonas de caça, concessões de pesca)
- 4) Repovoamento (reforço populacional, introduções)
- 5) Manipulação de habitat (gestão do ecossistema)

Modernamente reconhece-se geralmente uma sexta etapa:

- 6) Conservação da biodiversidade (biologia da conservação)

* Aldo Leopold (1887-1948). Ecologista, silvicultor e professor na Universidade de Wisconsin. Criou a teoria moderna do ordenamento faunístico, tendo-a publicado na sua obra *Game Management* (ed. original de 1930)

II - Métodos de quantificação de populações animais

1) Contagem completa

2) Contagem incompleta

2.1. Índices

2.1.1. Presença-ausência

2.1.2. Abundância relativa

2.2. Métodos de captura-recaptura

2.2.1. Método de Lincoln-Petersen

2.2.2. Método de Schnabel

2.2.3. Método de Jolly-Seber

} PEIXES

2.3. Métodos de captura por unidade de esforço

2.3.1. Método de Leslie ou DeLury

2.3.2. Método de Zippin

} PEIXES

2.4. Método da distância

2.2. Métodos de captura-recaptura

São modelos de contagem parcial, cuja correção é efectuada no processo de amostragem, com o objectivo de estimar a população total de animais numa dada unidade espacial

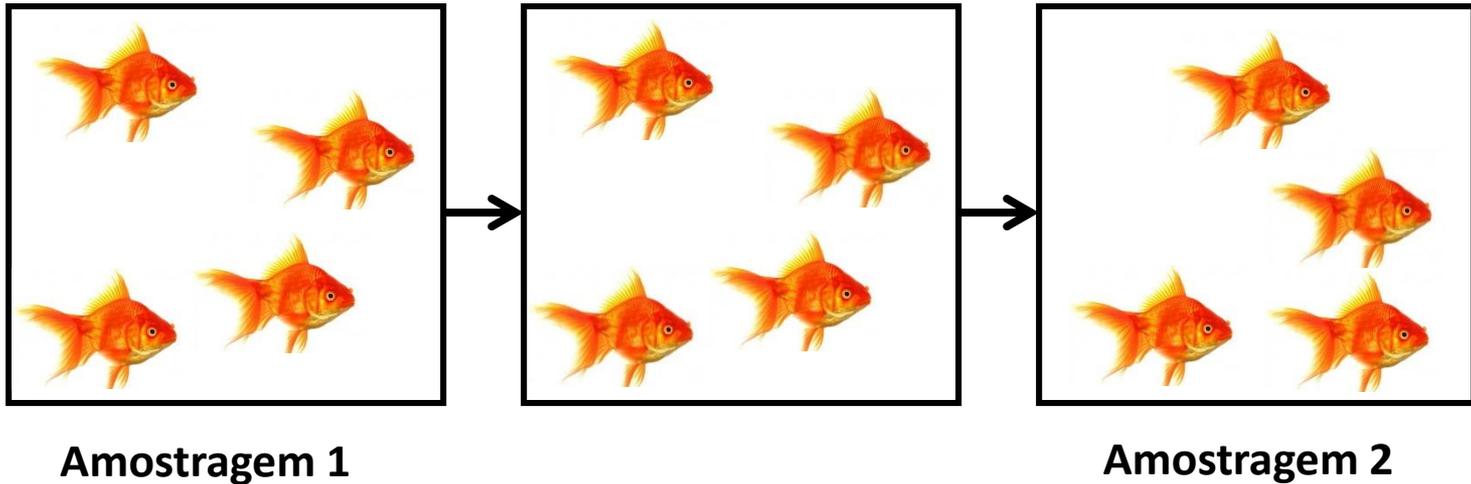
Fornecem estimativas não-enviesadas de abundância de populações, desde que os respectivos requisitos sejam cumpridos

Vantagens: aplicáveis a espécies que são difíceis de observar; podem fornecer informação suplementar acerca das taxas de sobrevivência.

Desvantagens: por vezes enviesados pelas probabilidades de captura heterogéneas; requerem uma “considerável” proporção da população a ser observada

Populações fechadas

Não existe entrada (nascimentos/imigração) ou saída (morte/emigração) de animais entre as amostragens



2.2.1. Método de Lincoln-Petersen

Seja N o número de animais de uma população. Na primeira amostragem, n_1 indivíduos são capturados e marcados. Na segunda amostragem, n_2 indivíduos são capturados (marcados+não marcados), dos quais m_2 estão marcados.

A estimativa do tamanho da população é dada por:

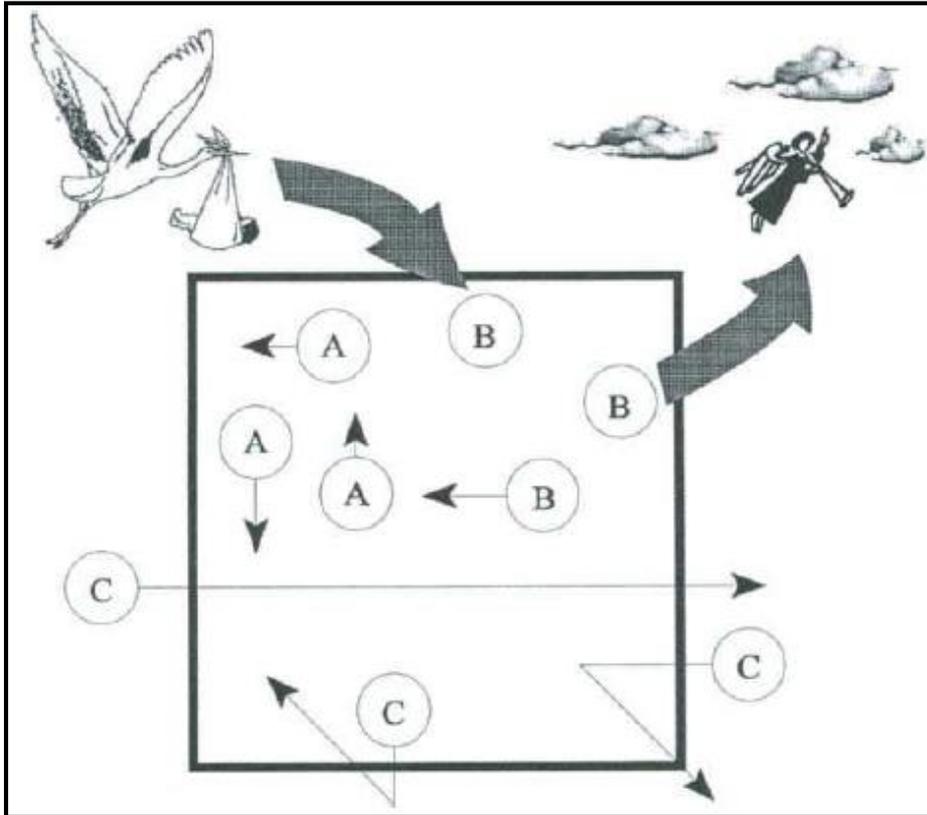
$$\hat{N} = \frac{n_1 n_2}{m_2}$$

n_1 – número de animais marcados na 1ª amostragem;
 n_2 – número total de animais capturados na 2ª amostragem (marcados+não marcados);
 m_2 – número de animais marcados encontrados na 2ª amostragem;

Para ser aplicável, o método exige 3 requisitos críticos:

- A) a população é fechada, e como tal N é constante**
- B) Todos os animais têm a mesma probabilidade de captura em cada parcela**
- C) Todos os animais previamente marcados são distinguíveis dos não-marcados**

A) a população é fechada, e como tal N é constante



Como se pode garantir as condições?

Controlo demográfico:

- Escolha adequada da época de amostragem → minimização de nascimentos e mortes

Controlo geográfico:

- Utilização de redes de bloqueio (peixes)

É mais difícil em ecossistemas terrestres (correção de movimentos nas fronteiras por telemetria ou estimativa de movimentos para dentro ou fora da área de amostragem)

Espécie A – geograficamente e demograficamente fechada;

Espécie B – geograficamente fechada mas demograficamente aberta;

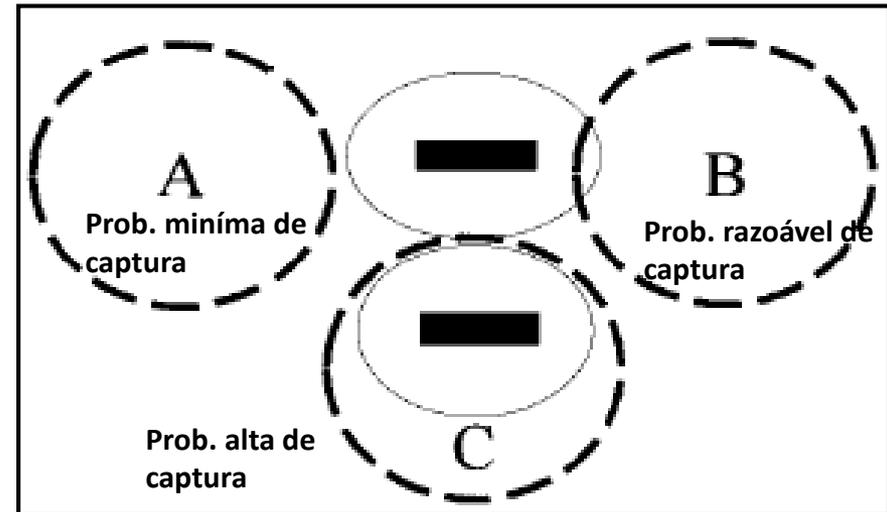
Espécie C – geograficamente aberta

B) Todos os animais têm a mesma probabilidade de captura em cada parcela

Os 2 tipos de violações mais frequentes têm a ver com:

Heterogeneidade - características inerentes aos indivíduos que afectam a respectiva probabilidade de captura:

- *Idade (em muitas espécies, os juvenis exibem maior movimento que os adultos)*
- *Sexo*
- *Dominância social (indivíduos socialmente dominantes têm movimentos mais restritos → menor acesso a armadilhas)*
- *Local e densidade de colocação de armadilhas (home range dos indivíduos).*
- *Método de captura (selectividade)*



Comportamento - resposta dos indivíduos à captura

- *“Trap hapiness” (um indivíduo previamente capturado tem maior probabilidade de vir a ser capturado uma segunda vez; ex: indivíduo em busca de alimento na armadilha)*
- *“Trap shyness” (um indivíduo previamente capturado tem menor probabilidade de vir a ser capturado uma segunda vez; indivíduo ferido durante a captura)*

C) Todos os animais previamente marcados são distinguíveis dos não-marcados

- A colocação de marcas de forma errônea ou pouco distinguíveis irá produzir um enviesamento da estimativa da abundância de uma população.



- Para se minimizar este problema poder-se-á colocar 2 marcas separadas por indivíduo. Contudo, a colocação de mais do que uma marca num indivíduo, não deverá aumentar a respectiva probabilidade de captura.

Chapman (1951) demonstrou que para $n_1+n_2 \geq N$, o valor estimado de N deve ser dado pela fórmula:

$$\hat{N} = \frac{(n_1 + 1)(n_2 + 1)}{(m_2 + 1)} - 1$$

Fórmula não-enviesada

Para o cálculo do Intervalo de Confiança (IC) a 95%:

a) Primeiro calcule-se $p = m_2/n_2$

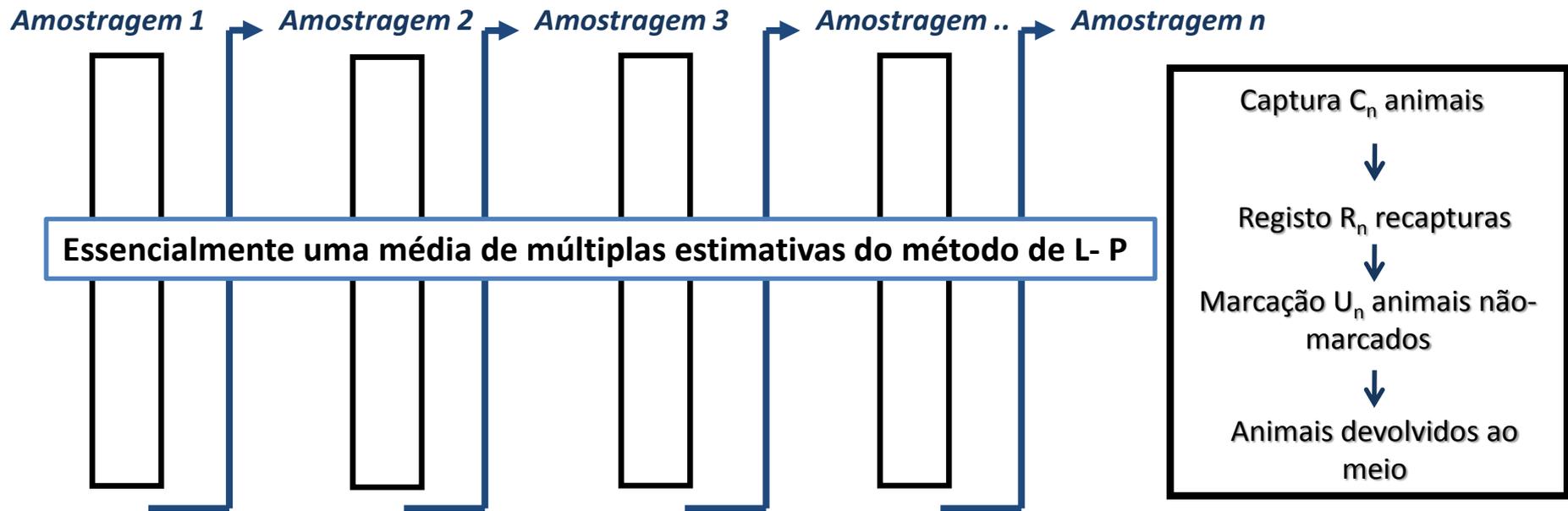
b) Depois calcule-se os limites superior e inferior de acordo com:

$$W1, W2 = p \pm \left[1,96 \sqrt{\frac{p(1-p)(1-m_2/n_1)}{(n_2-1) + \frac{1}{2n_2}}} \right]$$

c) Para se obter o IC a 95%, é só dividir n_1 por W1 e W2

2.2.2. Método de Schnabel

▲ Requisitos semelhantes aos do método de Lincoln-Petersen



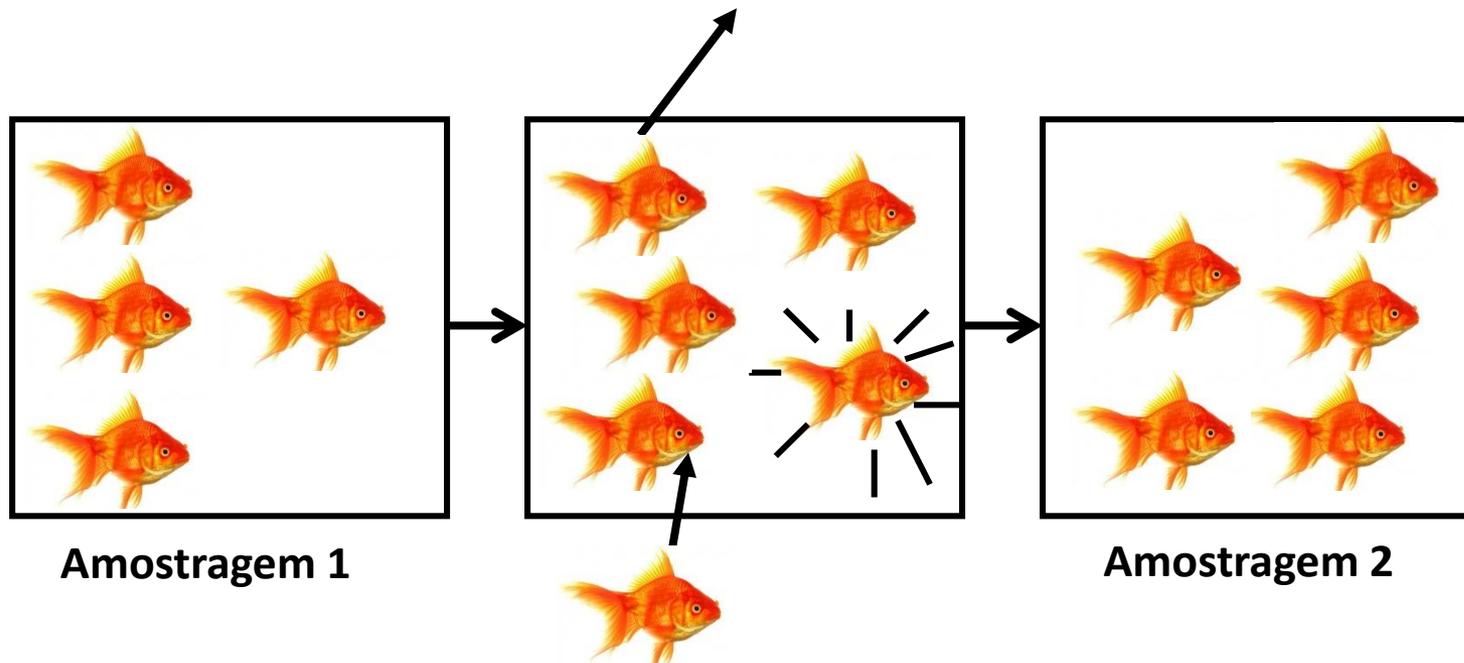
$$N = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i \cdot M_i)}{\sum_{i=1}^n R_i}$$

, em que M_i representa o número cumulativo de animais marcados até à i -ésima amostragem, i.e., $M_i = U_1 + U_2 + \dots + U_{i-1}$

Populações abertas

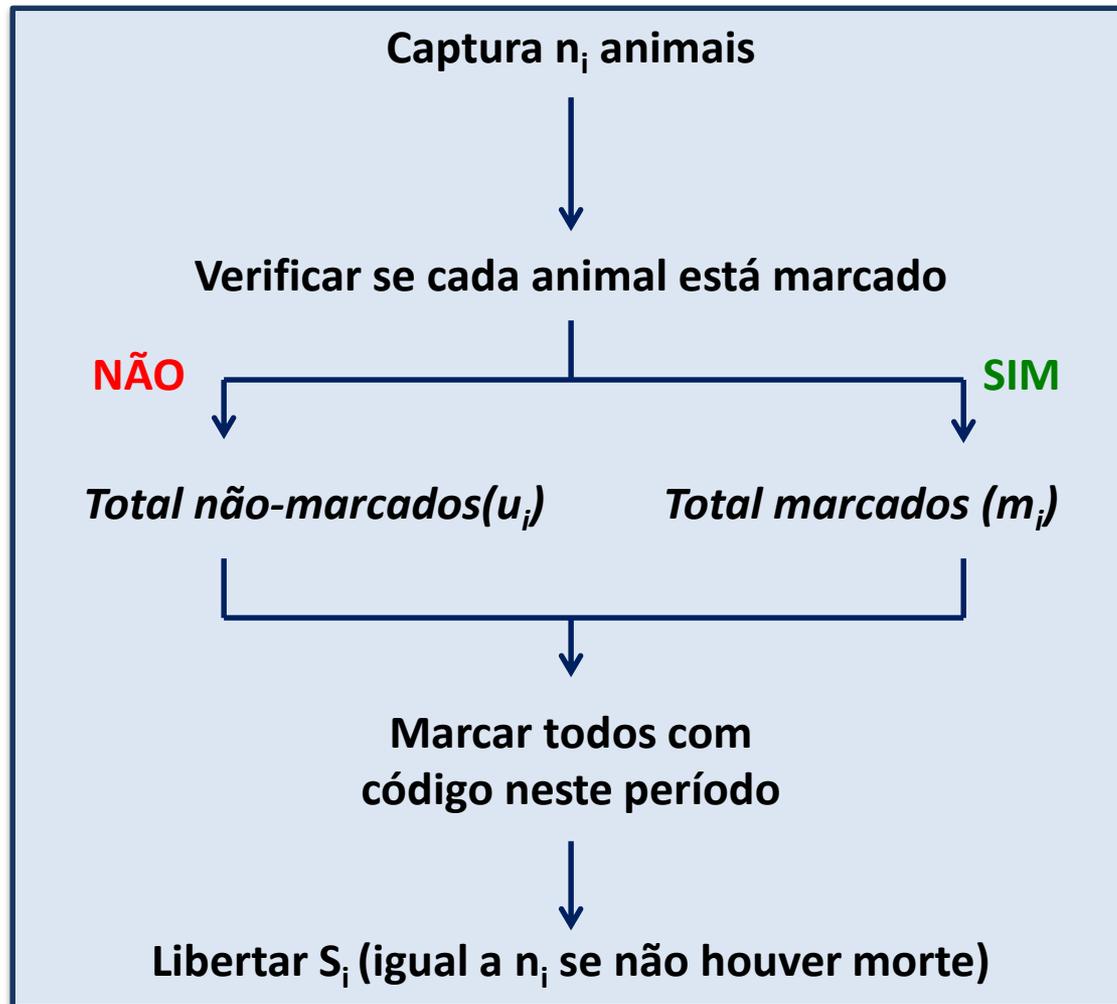
Existe entrada e/ou saída de animais entre as amostragens

Métodos são mais realistas do que os modelos fechados



2.2.3. Método de Jolly-Seber

O método é uma aplicação do método de Schnabel a um população aberta, em que existe possivelmente nascimentos, imigração, morte e emigração



Problema: não sabemos qual o número de animais marcados na população(M)

Amostragem 1: 14 animais marcados

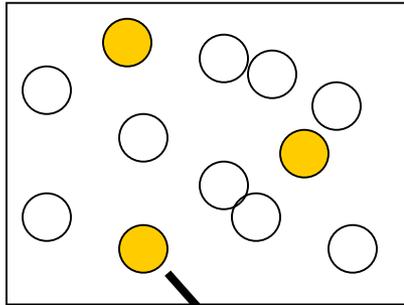
Amostragem 2: 22 animais marcados

Amostragem 3: 28 animais marcados

Quantos animais marcados existirão no início da amostragem 4?

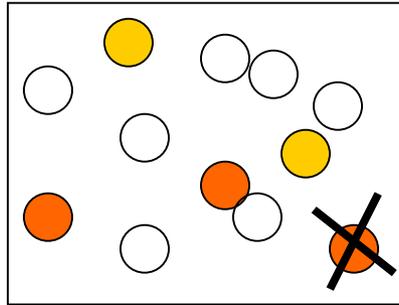
14 + 22 + 28 = 64 ? NÃO, pois alguns poderão ter morrido ou emigrado

Tempo 1



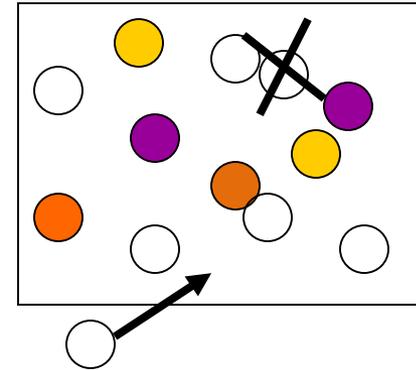
**3 marcados,
um dos quais
emigra..**

Tempo 2



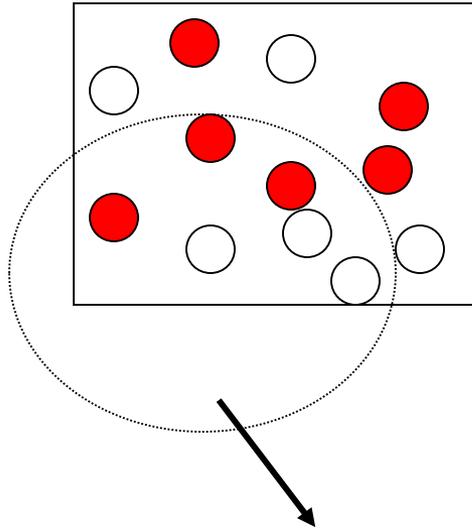
**Mais 3 marcados,
um dos quais
morre ..**

Tempo 3



**Mais 2 marcados,
sem perdas de
animais marcados..**

Tempo 4



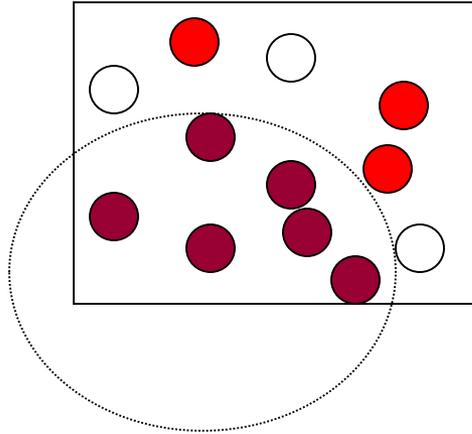
Quantos animais marcados estão vivos e presentes na população no tempo 4?

Animais marcados na amostragem 4 (m_4) = 3

+ Animais marcados em outras amostragens

= Número total de animais marcados na população

Tempo 4



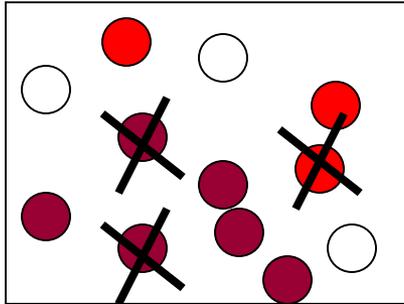
Animais marcados na amostragem 4 (m_4) = 3

+ Animais marcados em outras amostragens

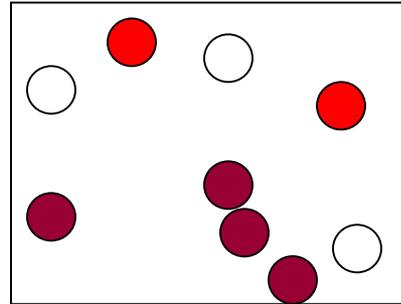
= Número total de animais marcados na população

6 animais marcados no fim do tempo 4 (S_4)

Tempo 4



Tempo 5



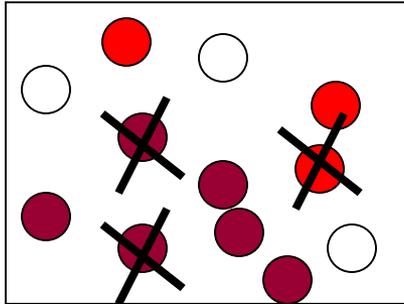
Animais marcados na amostragem 4 (m_4) = 3

+ Animais marcados em outras amostragens

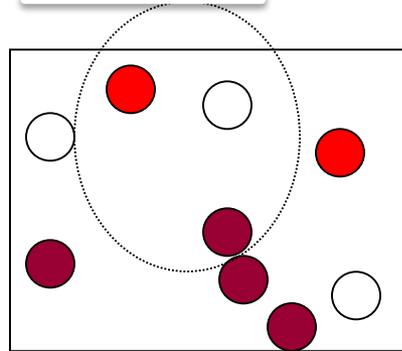
= Número total de animais marcados na população

6 animais marcados no fim do tempo 4 (S_4)

Tempo 4



Tempo 5



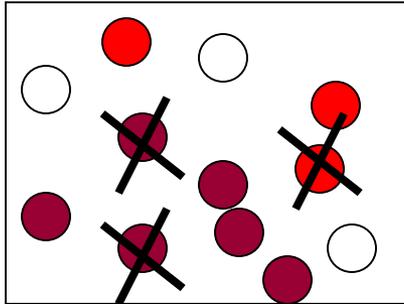
Animais marcados na amostragem 4 (m_4) = 3

+ Animais marcados em outras amostragens (≥ 1)

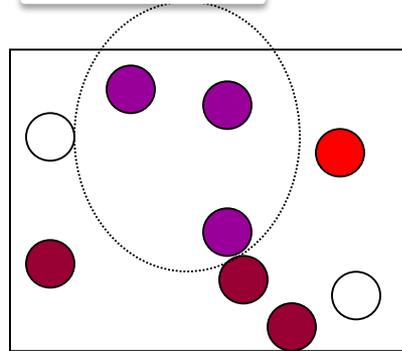
= Número total de animais marcados na população

6 animais marcados no tempo 4 (S_4), recapturados (R_4)=1

Tempo 4



Tempo 5



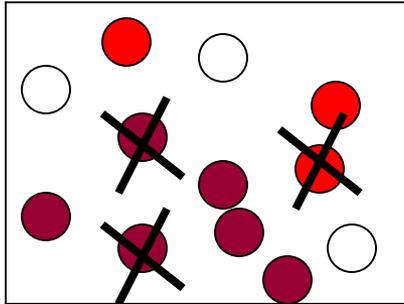
Animais marcados na amostragem 4 (m_4) = 3

+ Animais marcados em outras amostragens (≥ 1)

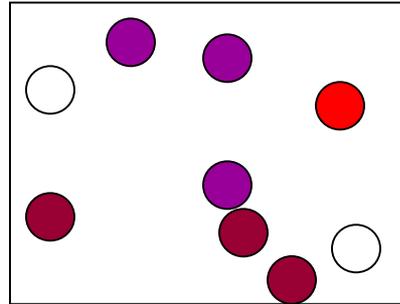
= Número total de animais marcados na população

6 animais marcados no tempo 4 (S_4), recapturados (R_4)=1

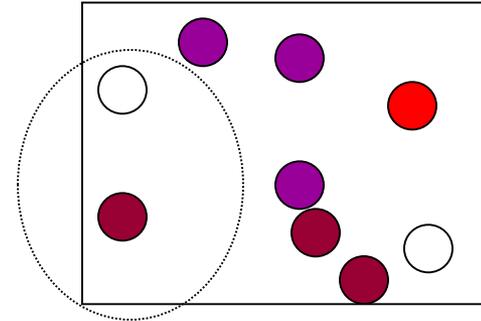
Tempo 4



Tempo 5



Tempo 6



Animais marcados na amostragem 4 (m_4) = 3

+ Animais marcados em outras amostragens (≥ 1)

= Número total de animais marcados na população

6 animais marcados no tempo 4 (S_4), recapturados (R_4)=1+1

Animais marcados na amostragem 4 (m_4) = 3

+ Animais marcados em outras amostragens (≥ 1)

= Número total de animais marcados na população

6 animais marcados no tempo 4 (S_4), recapturados (R_4)=1+1

Animais vivos marcados mas não encontrados na amostragem 4

= Recapturas após a amostragem 4 ($Z_4=1$)

x

Factor de ponderação para os animais que se perderam da população (S_4 / R_4) = $6/2 = 3$

Animais marcados na amostragem 4 (m_4) = 3

+ Animais marcados em outras amostragens (≥ 1)

= Número total de animais marcados na população

6 animais marcados no tempo 4 (S_4), recapturados (R_4)=1+1

Animais vivos marcados mas não encontrados na amostragem 4

$$= Z_4 * \frac{S_4}{R_4} = 1 * \frac{6}{2} = 3$$

Animais marcados na amostragem 4 (m_4) = 3

+ Animais marcados em outras amostragens (= 3)

= Número total de animais marcados na população

$$M_4 = 6$$

Número de animais na população é dado por:

$$N_i = \frac{\text{Número total de animais marcados na população } (M_i)}{\text{Proporção de animais marcados } (a_i)}$$

em que:

$$a_i = \frac{m_i + 1}{n_i + 1} \quad \text{Fácil de estimar...}$$

$$M_i = m_i + Z_i * \frac{(s_i + 1)}{(R_i + 1)} \quad \text{Difícil de estimar, pois inclui animais marcados capturados e animais marcados não-capturados...}$$

m_i = número de animais marcados na amostragem i

n_i = número total de animais na amostragem i

s_i = número de animais libertados após a amostragem i (n_i - mortes acidentais)

R_i = número de animais libertados após a amostragem i , e capturados novamente

Z_i = número de animais marcados antes da amostragem i , não capturados na amostragem i , mas capturados numa amostragem posterior

2.3. Métodos de captura por unidade de esforço

- ↘ Implicam a delimitação de uma população, a qual é amostrada sucessivas vezes
- ↘ São sobretudo aplicados a populações aquáticas (peixes), oferecendo excelentes resultados em rios pouco profundos e facilmente delimitáveis
- ↘ Requisitos:
 - população fechada
 - todos os membros da população são igualmente vulneráveis à captura
 - probabilidade de captura é proporcional ao esforço de amostragem

2.3.1. Método de Leslie ou Delury

- ↗ Baseia-se na realização de capturas sucessivas, com o mesmo esforço de captura
- ↗ Requer uma elevada proporção da população a ser amostrada
- ↗ Populações com elevada eficácia de captura em sistemas pequenos (ribeiras)
- ↗ Fornece uma boa estimativa do tamanho de uma população

O objectivo é a determinação da relação linear:

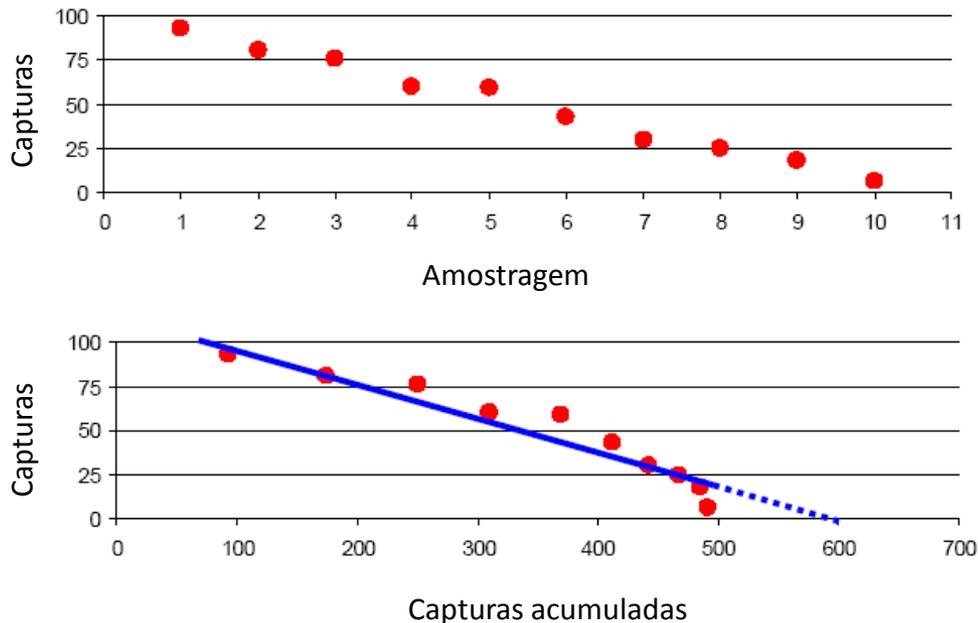
$$C_i = qN - qK_i,$$

em que: $C_i = C_1, C_2, \dots, C_n$ – capturas individuais obtidas na 1ª, 2ª, ... n amostragem

$K_i = K_1, K_2, \dots, K_n$ – capturas acumuladas antes da 1ª, 2ª, ..., n amostragem

q = coeficiente de eficácia da amostragem

N = estimativa da população



► Dado que os indivíduos vão sendo retirados em cada amostragem da área delimitada, haverá um declínio no total de capturas por unidade de esforço

► Recta de declive = $-q$, que corta o eixo em $N - K_i = 0$, i.e., em $N = K_i$

$$N = \bar{K}_i + \frac{\bar{C}_i}{|q|}$$

2.3.2. Método de Zippin

▲ Este método, também designado por Moran-Zippin, parte dos mesmos pressupostos do método de Leslie ou Delury, mantendo-se a necessidade teórica dum esforço de captura constante ao longo das amostragens

Seja T a soma dos indivíduos capturados nas amostragens sucessivas:

$$T = \sum_{i=1}^n T_i$$

e $\sum_{i=1}^n (i-1)C_i$ em que, n = número da amostragens; C_i =capturas na i-ésima amostragem

Determine-se seguidamente o rácio R da seguinte forma:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (i-1)C_i}{T} = \frac{nq^n}{1-q^n}$$

em que,

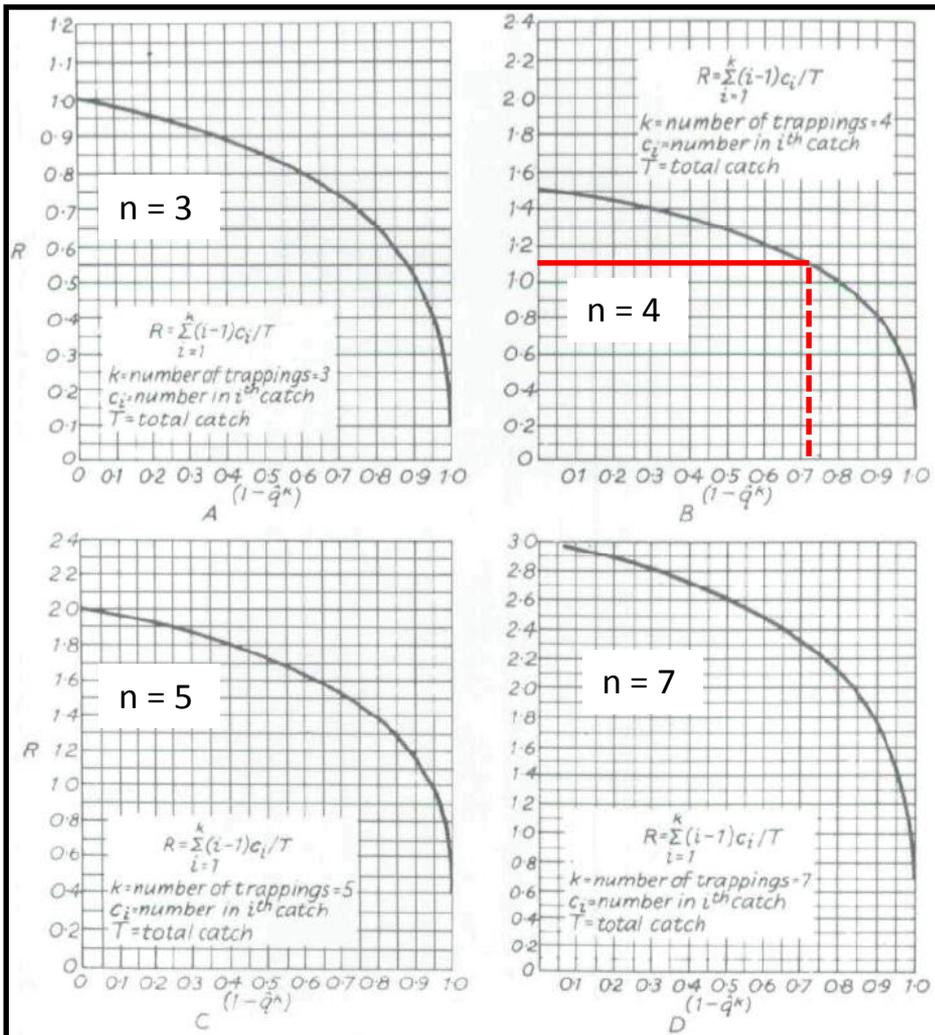
p = probabilidade de um indivíduo ser capturado durante a amostragem;
q = (1-p) = proporção de animais restantes no local após a amostragem

Então a estimativa da abundância da população é dada pela seguinte forma:

$$N = \frac{T}{(1-q^n)}$$

- Para facilitar as demoradas tarefas de cálculo para a obtenção de $(1-q^n)$, podemos utilizar as tabelas de Zippin (1956) para $n = 3, 4, 5$, ou 7

Tabelas de estimação de $(1-q^n)$ a partir do rácio R



Por exemplo, para $R = 1.100$, com 4 amostragens efectuadas, tem-se que $(1-q^n) \approx 0.75$

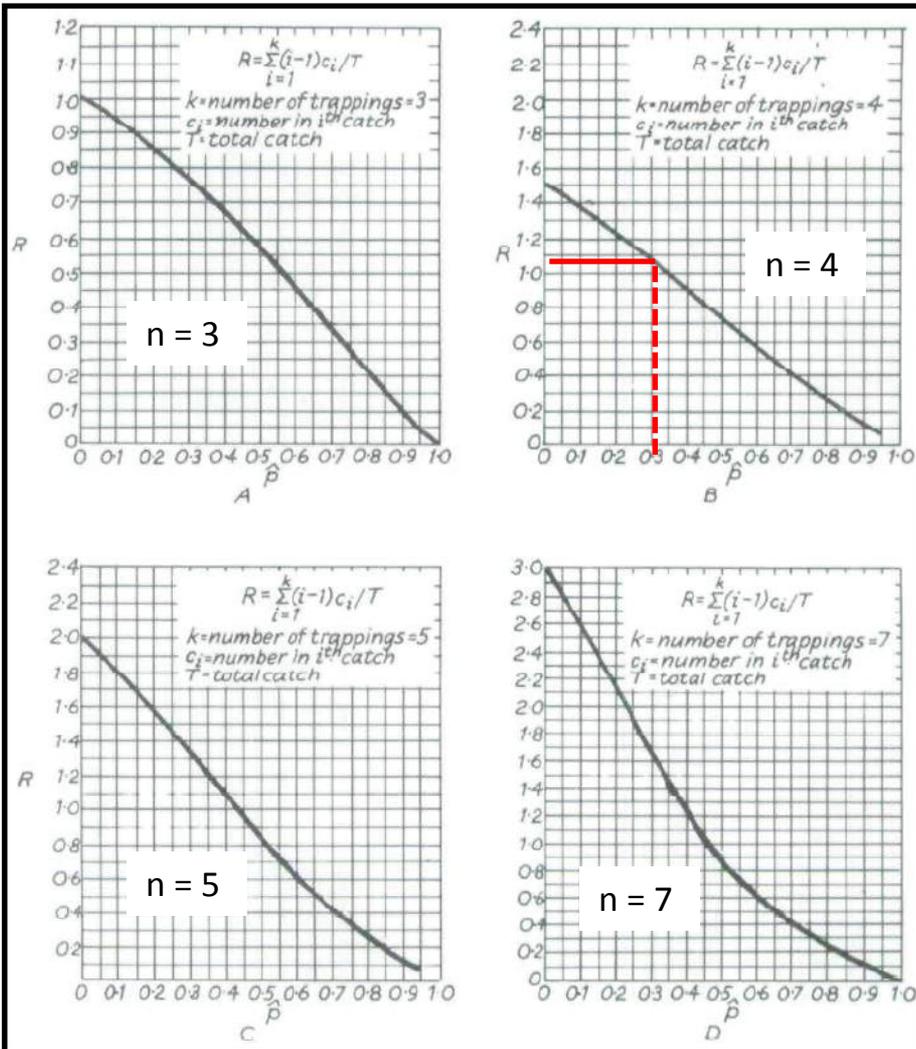
Supondo-se que se capturou um total de 102 indivíduos nas 4 amostragens, a estimativa da abundância da população será de:

$$N = \frac{T}{(1-q^n)} = \frac{102}{0.75} = 136$$

E o erro standard (ES) de:

$$ES = \sqrt{\frac{N(N-T)T}{T^2 - N(N-T) \left(\frac{[np]^2}{[1-p]} \right)}}$$

Tabelas de estimação de p a partir do rácio R



$$ES = \sqrt{\frac{N(N-T)T}{T^2 - N(N-T)([np]^2 / [1-p])}}$$

Para $R = 1.100$, com 4 amostragens efectuadas, tem-se que $p \approx 0.3$

$$ES = \sqrt{\frac{136(136-102)102}{102^2 - 136(136-102)([5 \times 0.3]^2 / [1-0.3])}}$$

$$ES = 2.29$$

Como tal, o intervalo de confiança a 95% é dado por:

$$N \pm 1.96 \times ES = 136 \pm 1.96 (2.29) = 136 \pm 3.11$$

► Para $n = 3$ amostragens, Junge & Libosvarsky (1965) desenvolveram uma estimativa da abundância com base no método de Zippin:

$$\hat{N} = \frac{6X^2 - 3XY - Y^2 + Y\sqrt{(Y^2 + 6XY - 3X^2)}}{18(X - Y)}$$

em que:

$$X = 2c_1 + c_2$$

$$Y = c_1 + c_2 + c_3, (c_1 > c_3)$$

► Contudo, por vezes torna-se impraticável do ponto de vista económico, realizar-se mais do que 2 amostragens. Nestes casos pode-se estimar a abundância de acordo com a seguinte fórmula desenvolvida por Robson & Reiger (1968) :

$$\hat{N} = \frac{c_1^2 - c_2}{c_1 - c_2}$$

e o erro standard por:

$$ES = \frac{c_1 * c_2}{(c_1 - c_2)^2} \sqrt{(c_1 + c_2)}$$

III- Exercícios de aplicação

Exercicio 1 – Aplicação do método de Lincoln-Petersen

Durante uma amostragem numa seção de rio delimitadas a montante e jusante por redes de bloqueio, são marcados 40 indivíduos de *Luciobarbus bocagei* (barbo-comum). Um dia depois, essa seção é novamente amostrada (mantendo as referidas redes), capturando-se 50 barbos, dos quais 35 estão marcados.

$$N = ?$$

$$\text{I.C. 95\%(N)} = ?$$

$$\left[\begin{array}{l} n_1 = 40 \\ n_2 = 50 \\ m_2 = 35 \end{array} \right.$$

A fórmula não-enviesada é dada por:

$$\hat{N} = \frac{(n_1 + 1)(n_2 + 1)}{(m_2 + 1)} - 1$$

Então tem-se que:

$$\hat{N} = \frac{(40 + 1)(50 + 1)}{(35 + 1)} - 1 = 57.08 = 57$$



a) Primeiro calcule-se $p = m_2/n_2 = 35/50 = 0,7$

b) Depois calcule-se os limites superior e inferior de acordo com:

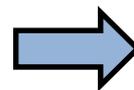
$$W1, W2 = p \pm \left[1,96 \sqrt{\frac{p(1-p)(1-m_2/n_1)}{(n_2-1) + \frac{1}{2n_2}}} \right] \quad W1, W2 = 0,7 \pm \left[1,96 \sqrt{\frac{0,7(1-0,7)(1-35/40)}{(50-1) + \frac{1}{2*50}}} \right]$$

$$W1, W2 = 0,7 \pm 0,045 \quad \left\{ \begin{array}{l} W1 = 0,745 \\ W2 = 0,655 \end{array} \right.$$

c) Para se obter o IC a 95%, é só dividir n_1 por $W1$ e $W2$

Limite inferior = $n_1/W1 = 53,7$

Limite superior = $n_1/W2 = 61,1$



Existe 95% de certeza de o número de barbos estar entre 54 e 61

Exercicio 2 – Aplicação do método de Schnabel

Com o objectivo de se quantificar a população de *P. polylepis* (boga) numa secção delimitada (redes) na ribeira de Alge, bacia do Tejo, são realizadas quatro campanhas amostragem. Os dados provenientes do estudo encontram-se na tabela abaixo. Pretende-se quantificar o tamanho desta população (N).

N = ?

<i>Tempo (i)</i>	C_i (capturados)	R_i (recapturados)	U_i (não-marcados)
1	20	?	?
2	20	5	?
3	20	?	13
4	20	10	?



Método de Schnabel (aplicação)

<i>Tempo (i)</i>	C_i (<i>capturados</i>)	R_i (<i>recapturados</i>)	U_i (<i>não-marcados</i>)
1	20	0	20
2	20	5	15
3	20	7	13
4	20	10	10

? Quantos indivíduos marcados na altura de uma 5ª amostragem?

Método de Schnabel (aplicação)

<i>Tempo (i)</i>	C_i (capturados)	R_i (recapturados)	U_i (não-marcados)
1	20	0	20
2	20	5	15
3	20	7	13
4	20	10	10

$$\Sigma = 58$$

Método de Schnabel (aplicação)

<i>Tempo (i)</i>	<i>C_i</i> (capturados)	<i>R_i</i> (recapturados)	<i>U_i</i> (não-marcados)
1	20	0	20
		5	15
3	20	7	13
4	20	10	10

$$M_i = U_1 + U_2 + \dots + U_{i-1}$$

Método de Schnabel (aplicação)

<i>Tempo (i)</i>	C_i	R_i	U_i	M_i	$C_i M_i$
1	20	0	20	0	
2	20	5	15	20	
3	20	7	13	35	
4	20	10	10	48	

Método de Schnabel (aplicação)

<i>Tempo</i> <i>(i)</i>	C_i	R_i	U_i	M_i	$C_i M_i$
1	20	0	20	0	0
2	20	5	15	20	400
3	20	7	13	35	700
4	20	10	10	48	960

$$\Sigma = 22$$

$$\Sigma = 2060$$

Método de Schnabel (aplicação)

<i>Tempo</i> <i>(i)</i>	C_i	R_i	U_i	M_i	$C_i M_i$
1	20	0	20	0	0
2	$N = \frac{\Sigma (C_i M_i)}{\Sigma R_i} = \frac{2060}{22} = 94$				00
3					00
4	20	10	10	48	960

$$\Sigma = 22$$

$$\Sigma = 2060$$

Exercício 3 – Aplicação do método de Zippin

Uma equipa de ictiologistas desloca-se ao rio Vade (afluente do rio Lima) e selecciona um troço onde pretende quantificar a população de *Salmo trutta* (truta do rio). O troço é fechado com redes de bloqueio e amostrado com recurso a pesca eléctrica, efectuando-se 5 passagens sucessivas (ver tabela).

N = ?

I.C. 95%(N) = ?

a) Vamos calcular primeiro a captura total:

$$T = 72 + 56 + 46 + 30 + 24 = 228$$



b) Agora vamos determinar o valor de $\sum_{i=1}^n (i-1)C_i$

em que n é o número da amostragem e C_i a captura na i -ésima amostragem:

Amostragem	Número de trutas capturadas
1	72
2	56
3	46
4	30
5	24
Total = T = 228	

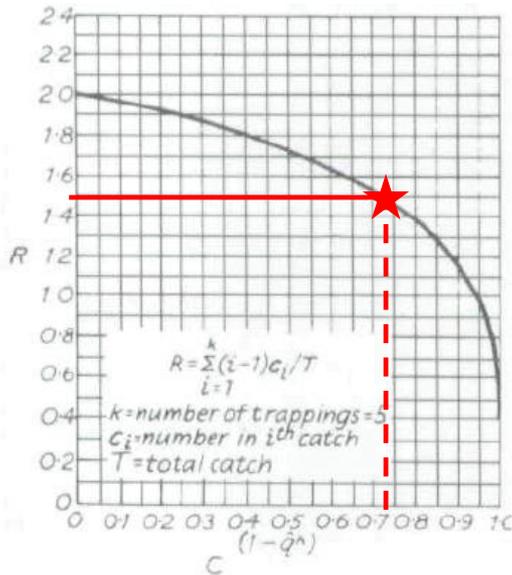
$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^n (i-1)C_i &= (1-1)72 + (2-1)56 + (3-1)46 + (4-1)30 + (5-1)24 \\ &= 0 + 56 + 92 + 90 + 96 \\ &= 334\end{aligned}$$

c) Determine-se seguidamente o rácio R,

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (i-1)C_i}{T} = 334/228 = 1.465$$

A estimativa da abundância da população é dada por $\hat{N} = \frac{T}{(1-q^n)} = \frac{228}{(1-q^n)} ???$

d) Vamos determinar o valor de $(1-q^n)$ recorrendo às tabelas de Zippin. No nosso caso, $n = 5$ e $R = 1.465$. Então tem-se que:



★ $(1-q^n) = 0.75$

$$\hat{N} = \frac{228}{0.75} = 304$$

O ES é dado por = $\sqrt{\frac{N(N-T)T}{T^2 - N(N-T)([np]^2/[1-p])}}$

$$= \sqrt{\frac{304(304-228)228}{228^2 - 304(304-228)([5*0.25]^2/[1-0.25])}}$$

$$= 36.98$$

Obtido pela tabela de Zippin

$$\hat{N} \pm 1.96 * ES(\hat{N}) = 304 \pm 1.96 * 36.98 = 304 \pm 72$$

Exercício 4 – Aplicação do método de Robson e Reiger

Devido a constrangimentos económicos e/ou falta de tempo, a mesma equipa de ictiologistas, opta por realizar somente duas amostragens (ver tabela).

Amostragem	Número de trutas capturadas
1	72
2	56

$$N = ?$$

$$I.C. 95\%(N) = ?$$

A estimativa da abundância é dada por:
$$\hat{N} = \frac{c_1^2 - c_2}{c_1 - c_2} = \frac{72^2 - 56}{72 - 56} = 321$$

e o ES é dado por:
$$ES = \frac{c_1 * c_2}{(c_1 - c_2)^2} \sqrt{(c_1 + c_2)} = \frac{72 * 56}{(72 - 56)^2} \sqrt{(72 + 56)} = 178.19$$

Então o IC a 95% da estimativa é:
$$\hat{N} \pm 1.96 * ES(\hat{N}) = 321 \pm 1.96 * 178.19 = 321 \pm 349$$

Variância e IC demasiado elevados



- ▶ aumentar o número de amostragens
- ▶ maior esforço de pesca em cada amostragem