

6. Amostragem de distâncias



$$\hat{N} = \hat{D} \cdot A$$

Resumo

1. Princípios gerais

Estimando a abundância através da densidade
Probabilidade de detecção
Função de detecção

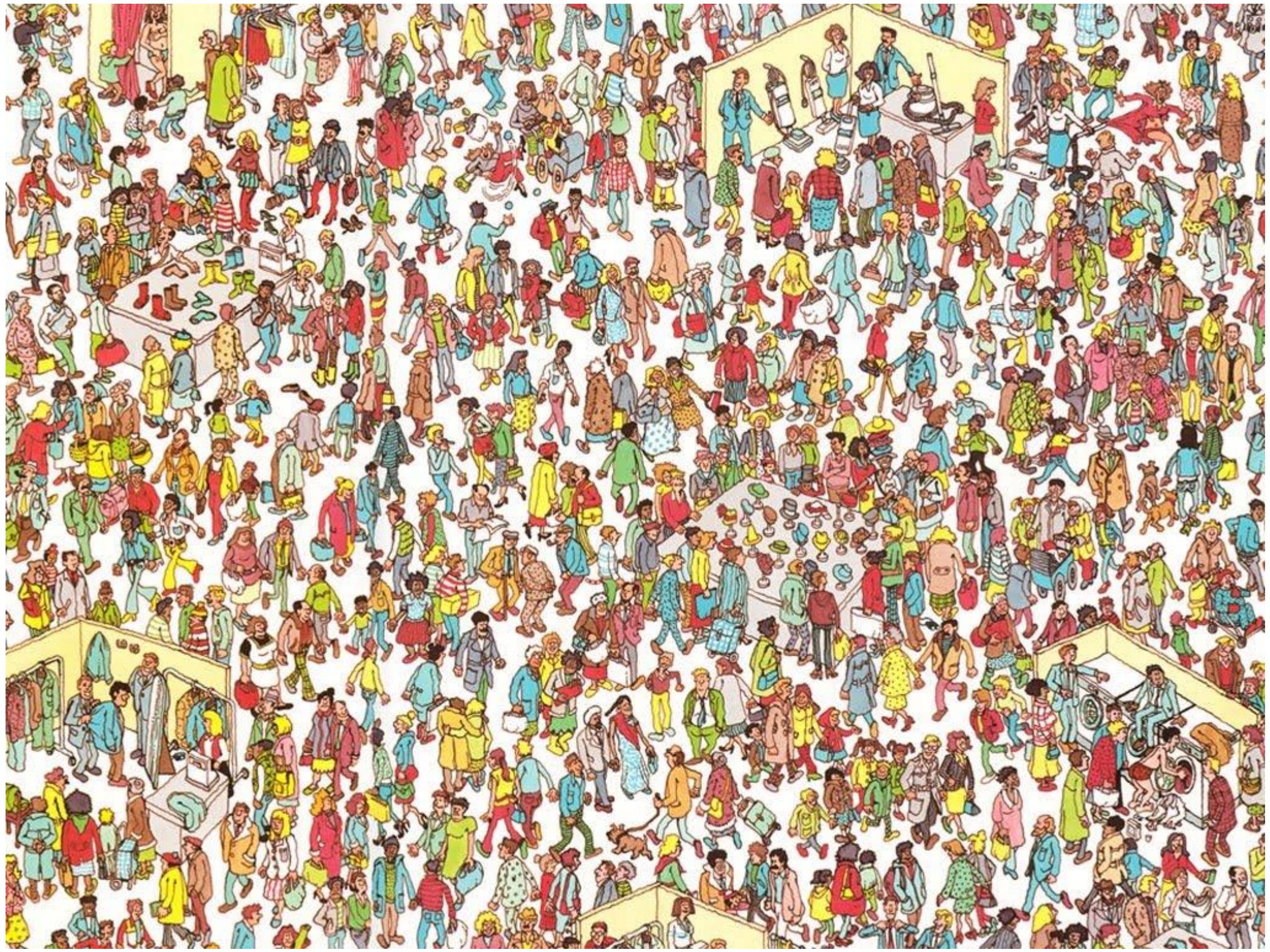
2. Premissas

3. Análise dos dados

4. Outros modelos

Quantas pessoas têm?





Três abordagens para estimação da abundância:

(Borchers *et al.*, 2002)

- 1) Número de detecções em função de alguma medida que descreve o processo de observação (*e.g.*, distâncias);
- 2) Número de detecções em função da remoção de indivíduos da população;
- 3) Proporção de animais recapturados depois de terem sido marcados em ocasiões anteriores;

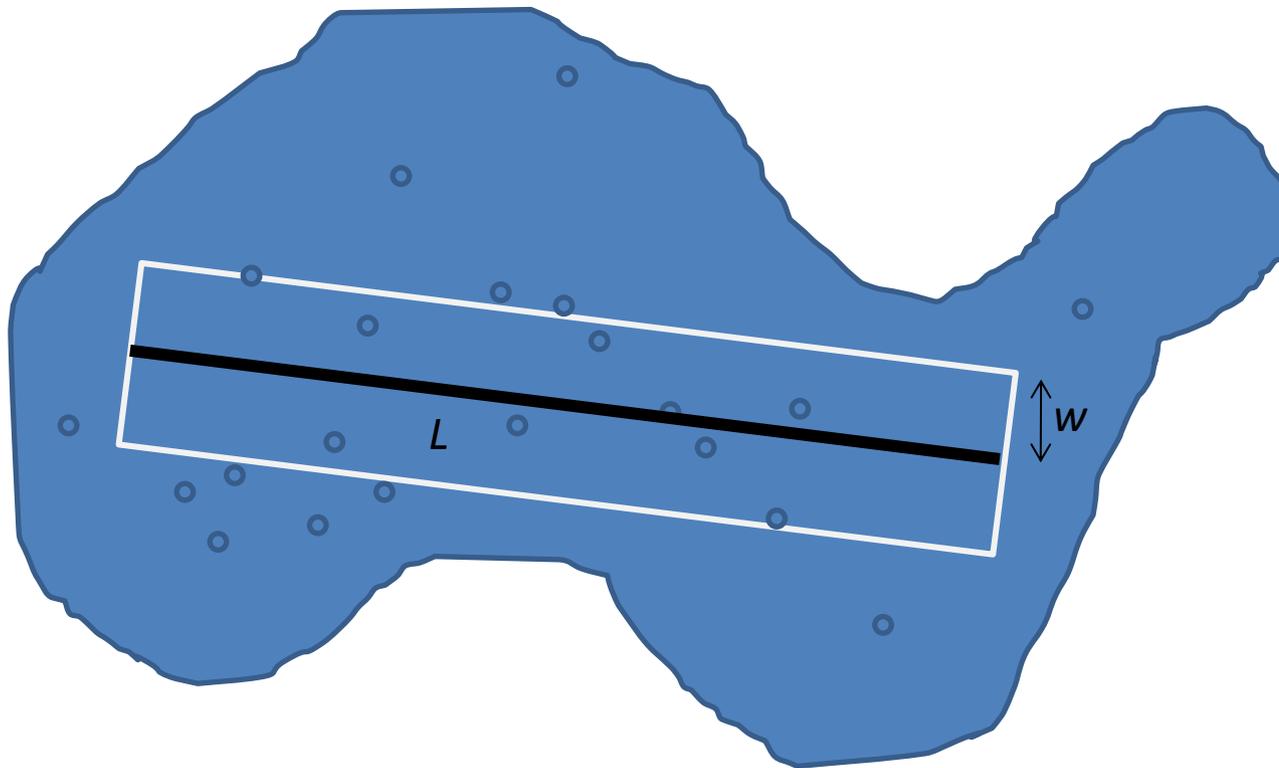
Estimativa de abundância

$$\hat{N} = \hat{D} \cdot A$$

Abundância derivada da estimativa de densidade

Transecções em faixa

(Forbes, 1907)



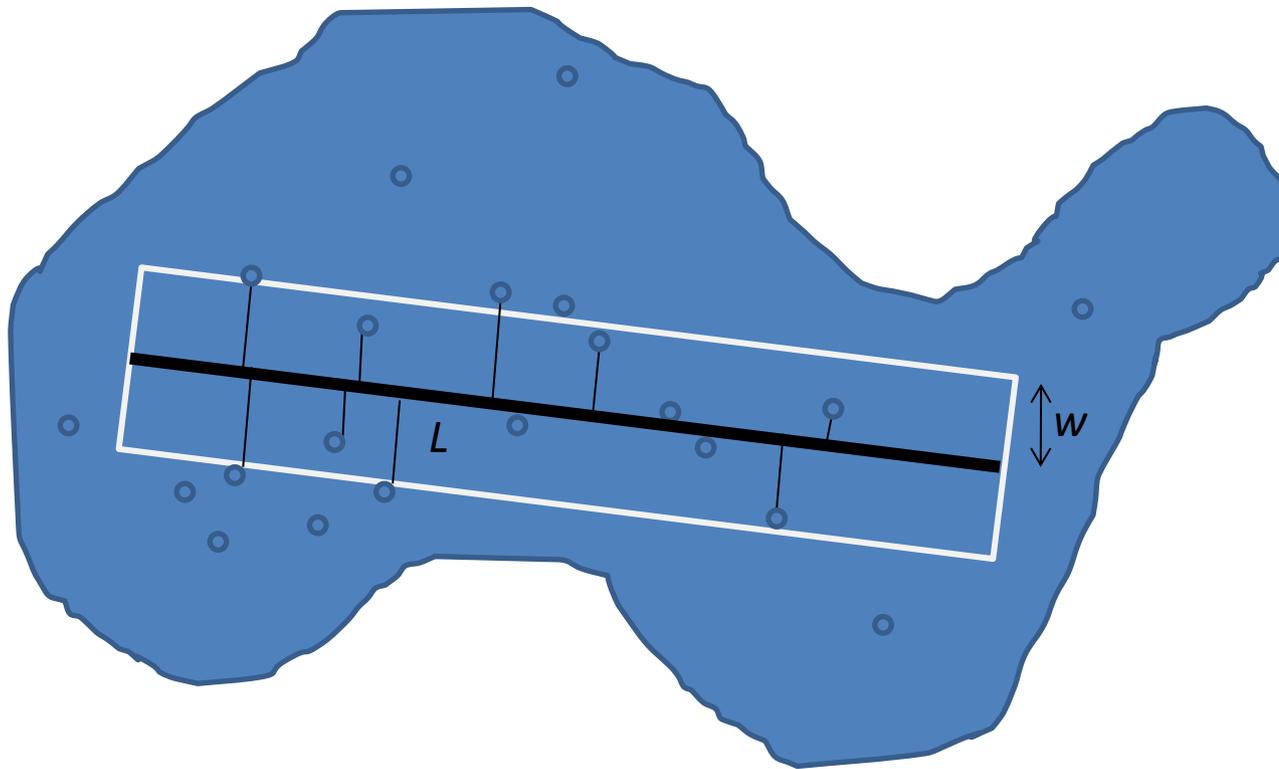
L = tamanho da linha
 w = largura da faixa amostrada

$$\hat{D} = \frac{n}{2wL}$$

Definição *a priori* de w , com premissa de que todos os animais dentro da faixa são detectados.

Transecções em faixa amostrando distâncias

(Leopold, 1933; Kelker, 1945)

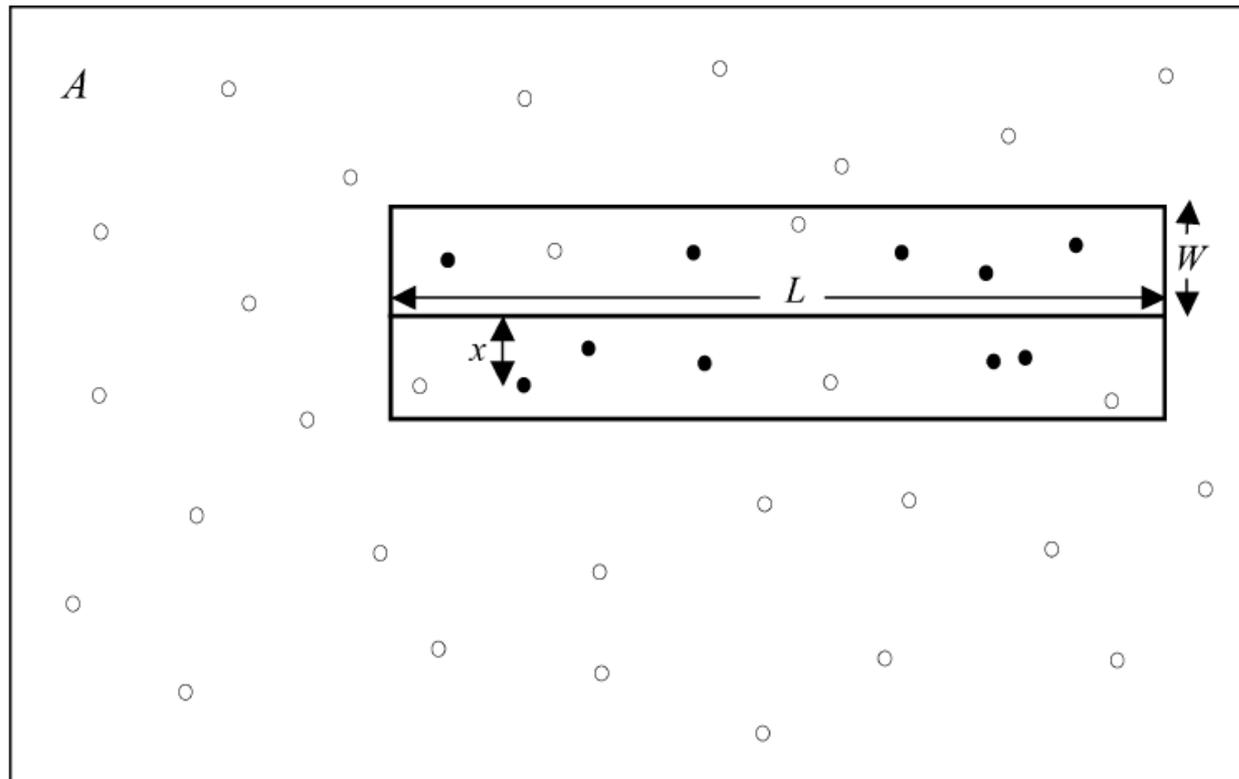


$$\hat{D} = \frac{n}{2wL}$$

Nenhuma observação é descartada > definição de w mais eficiente, definido subjetivamente considerando o histograma com as distâncias

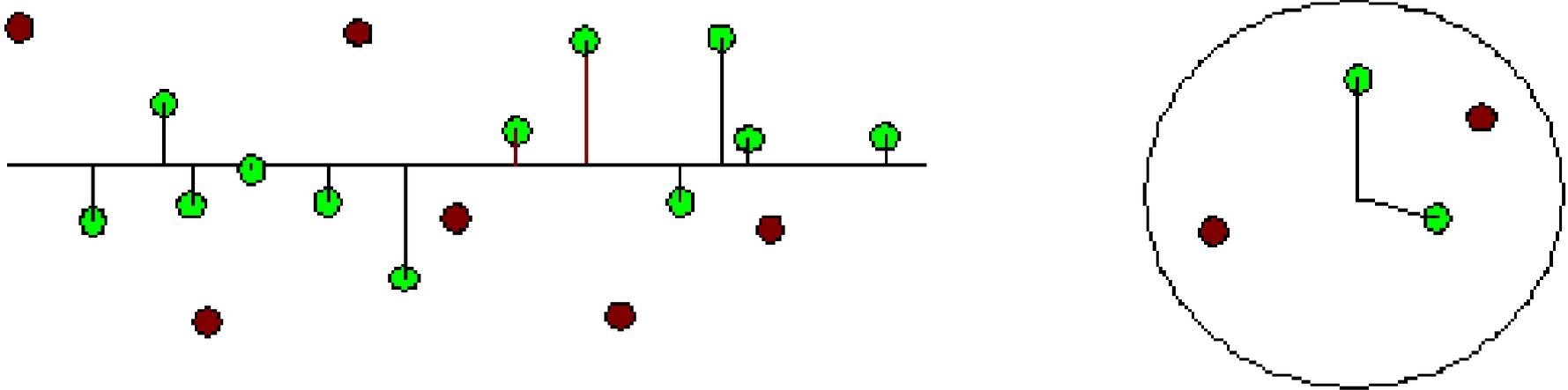
Distance sampling

Transecções lineares com amostragem de distâncias
(Eberhardt, 1968; Gates *et al.*, 1968)



Marques & Buckland (2003)

Linhas ou pontos



Conceito chave:

Uma proporção dos
objetos fica indetectada

$$\hat{N} = \frac{n}{p}$$

Estimamos então a
probabilidade de detecção.

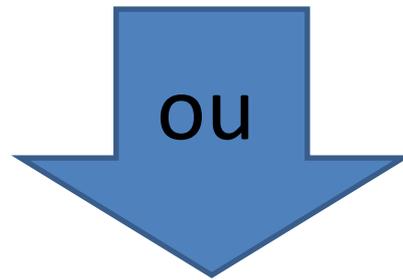
Estimador de densidade

Temos então uma nova fórmula para estimar a densidade, corrigindo pela probabilidade de detecção:

$$\hat{D} = \frac{n}{2wL\hat{P}}$$

Conceito chave:

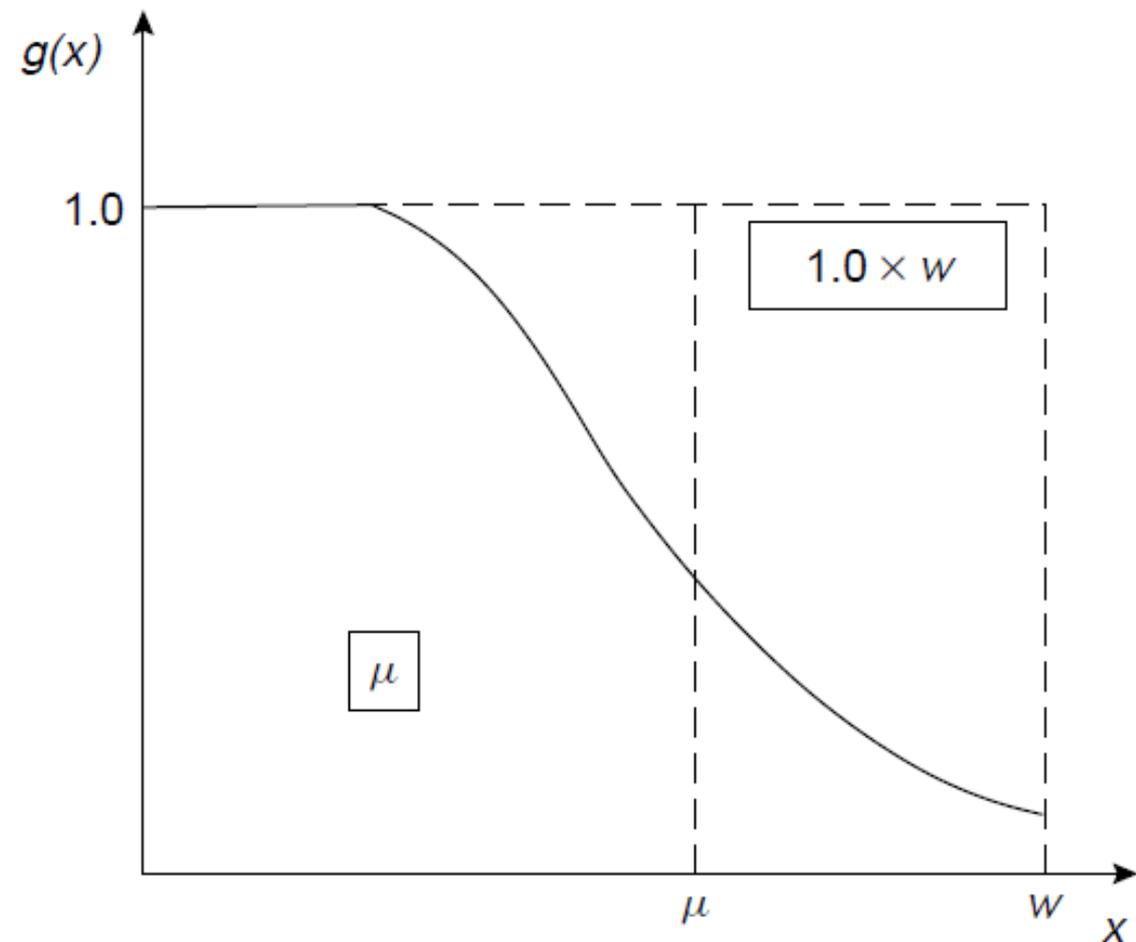
Quanto mais perto da linha de transecção, maior é a probabilidade de visualizar um animal ou grupo. Quanto mais longe, maior é a chance de não enxergá-lo.



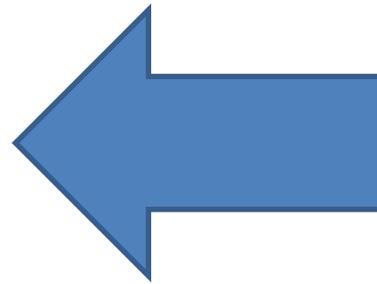
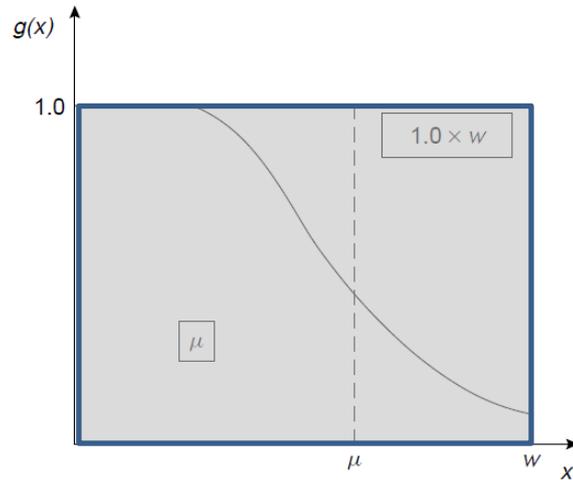
A probabilidade de detecção diminui com a distância.

Função de detecção – $g(x)$

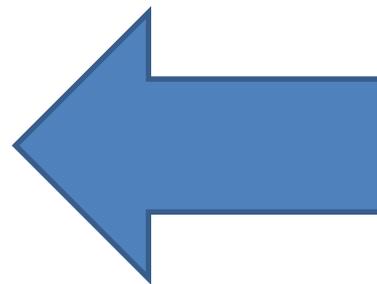
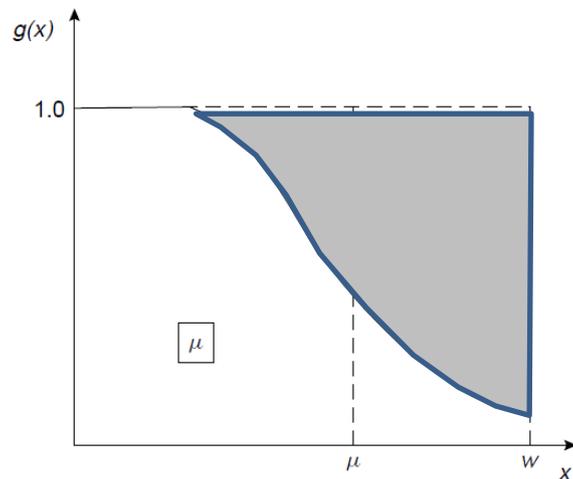
Uma **função de detecção** é ajustada às distâncias observadas, ou seja, teremos uma probabilidade de detecção para cada distância.



Função de detecção



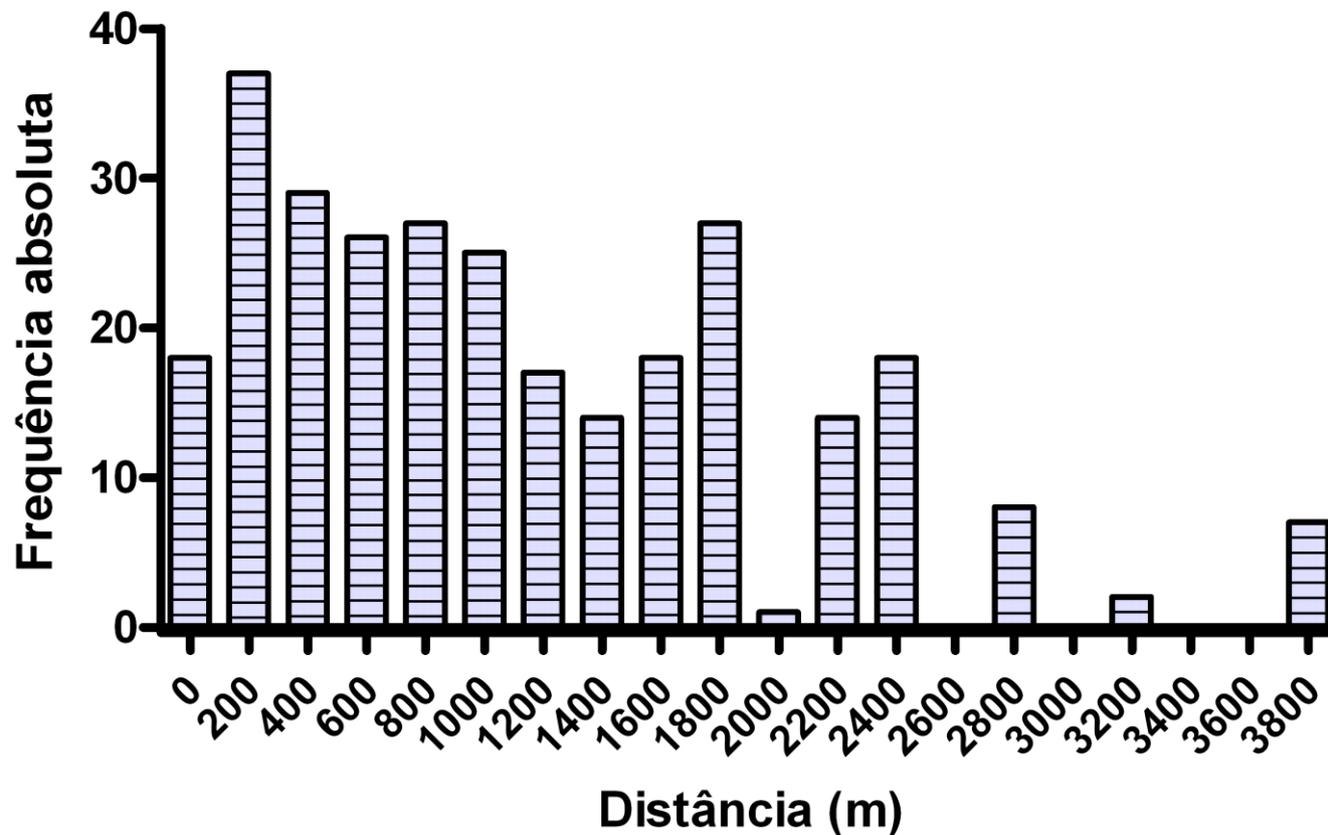
Na realidade os animais estão lá



Nós que não estamos vendo eles

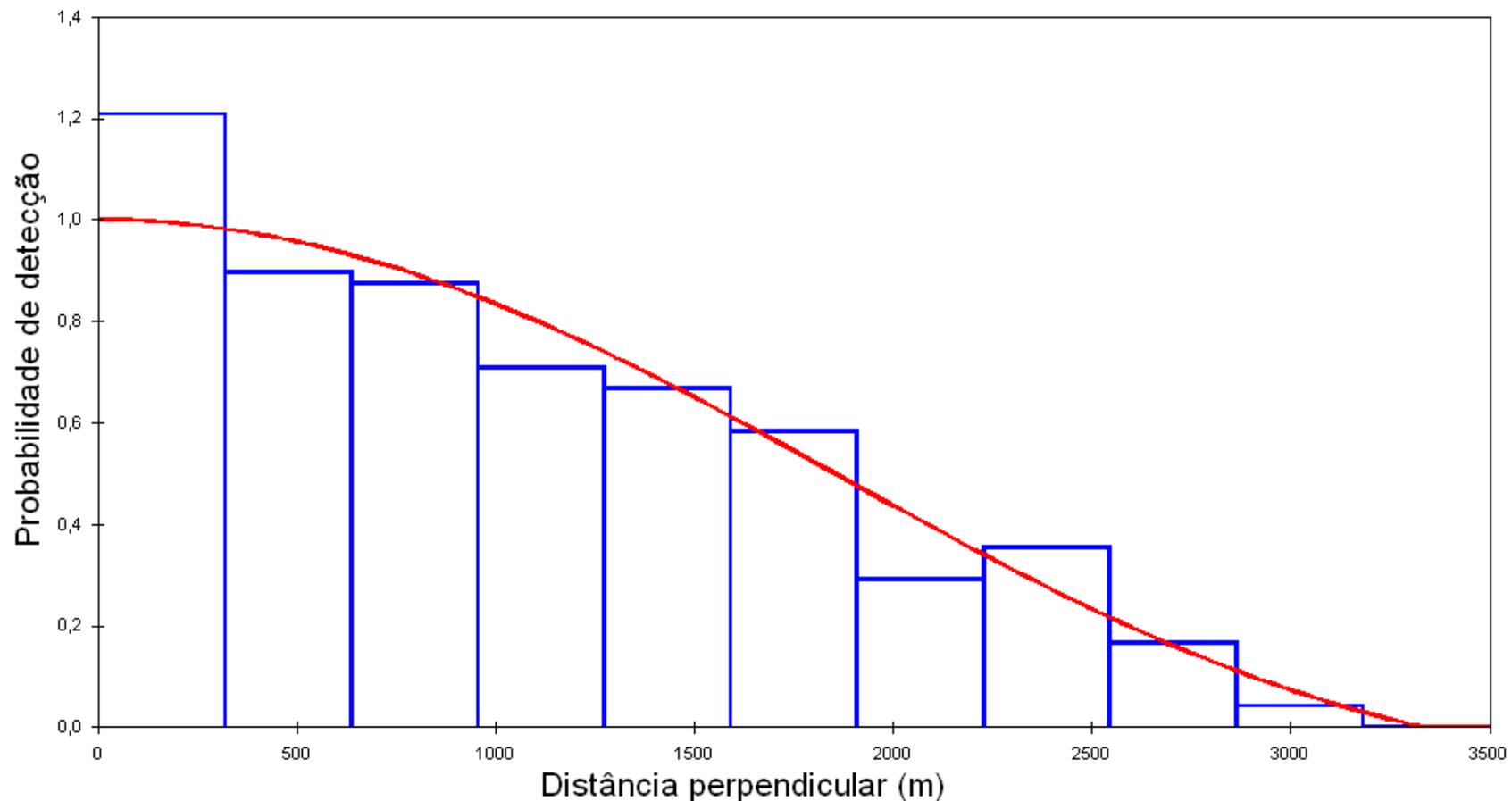
Função de detecção

Histograma das distâncias perpendiculares

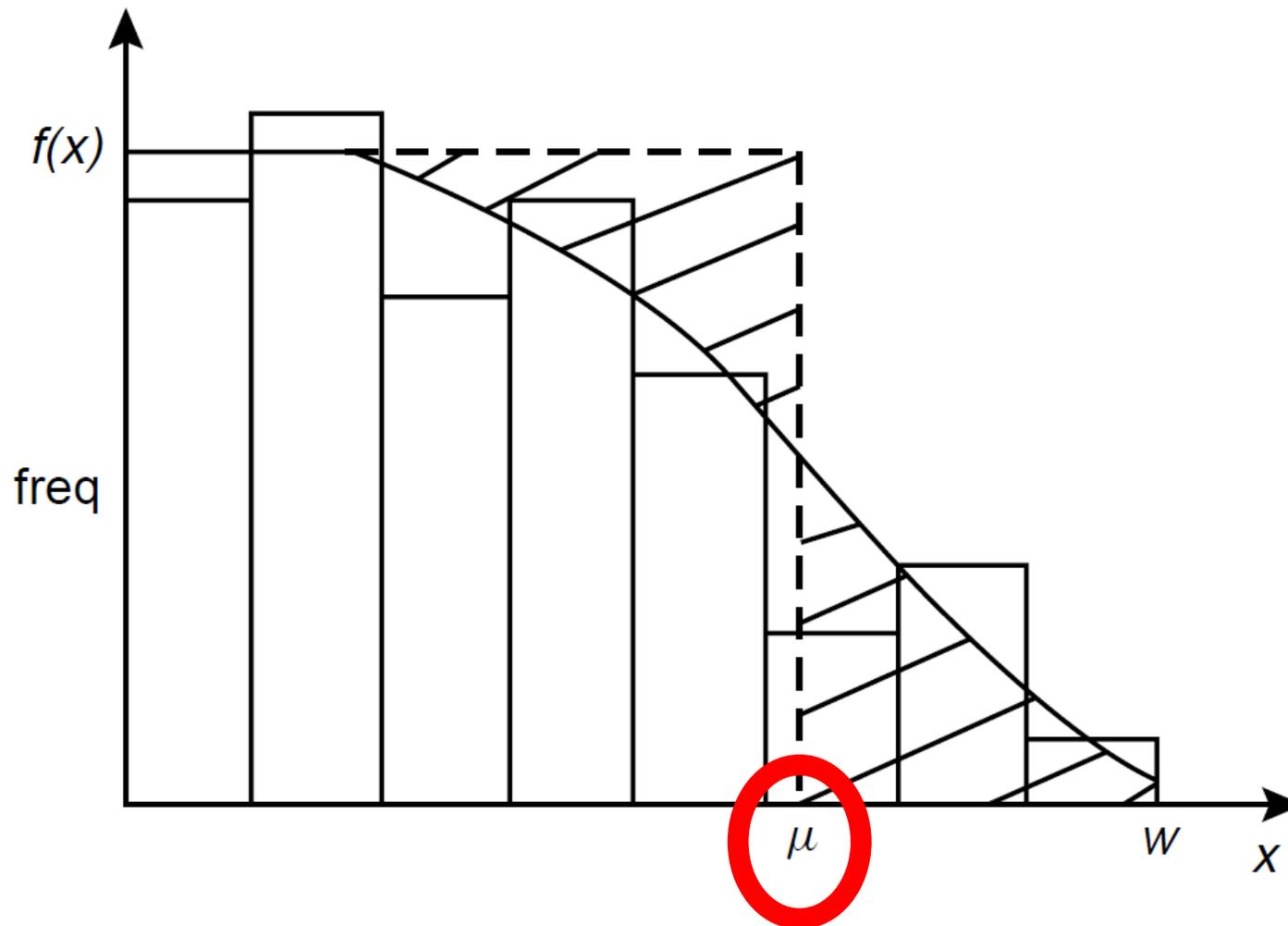


Função de detecção

Função de detecção deve ser um modelo do processo de observação (p.ex., curva meia-normal)



Estimando a largura efetivamente amostrada (μ)



Largura efetivamente amostrada

Distância na qual o número de objetos detectados além de μ é o mesmo que o número de objetos não detectados antes de μ ;

Estimador de densidade

Então o estimador de densidade assume uma nova fórmula, considerando que na largura efetivamente amostrada teremos uma faixa **equivalente** à detecção de todos os animais:

$$\hat{D} = \frac{n}{2\hat{\mu}L}$$

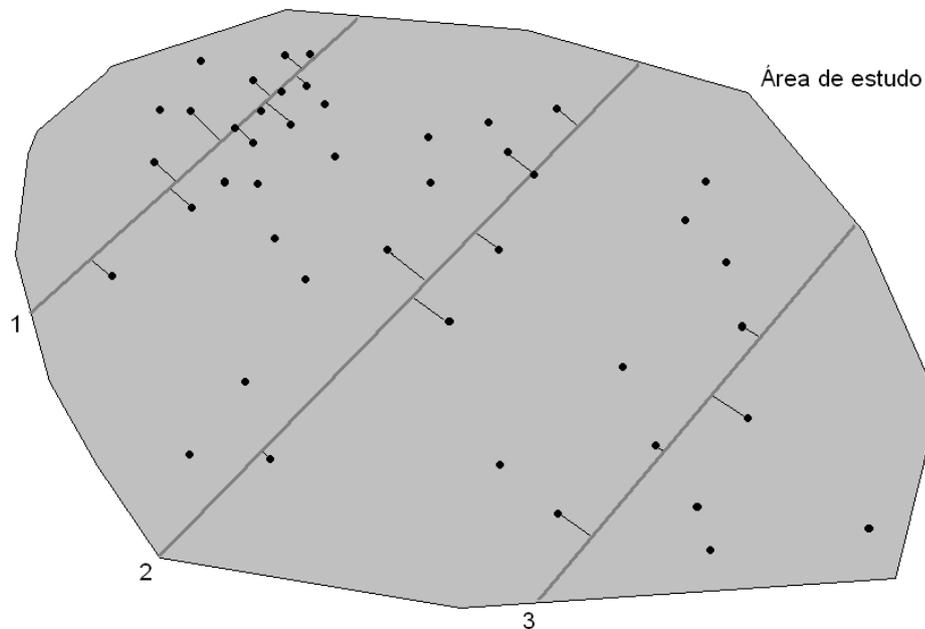
Variância

- Forma standard pelo método Delta (Seber, 1982):

{
Taxa de encontro
Função de detecção
Tamanho de grupo

* *Distance* fornece as contribuições relativas (%) de cada elemento da variação.

Parâmetros conhecidos



A = tamanho da área de estudo

k = número de linhas

l_i = comprimento da linha de transecção i

L = comprimento total das linhas / somatório de l_i

w = comprimento da área amostrada

Parâmetros estimados

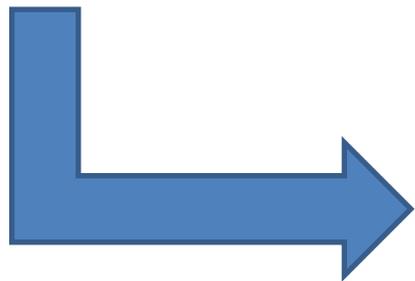
D = densidade

N = abundância

$f(0)$ = função de probabilidade de densidade das distâncias detectadas avaliadas na distância zero

$g(0)$ = probabilidade de detecção na linha de transecção

$E(s)$ = tamanho médio de grupo da população



$$\hat{D} = \frac{n E(s)}{2\hat{\mu}L}$$

Premissas

- 1) Os animais a uma distância zero da linha de transecção ou perto dela serão detectados; a função de detecção tem um “ombro”.

$$g(0) = 1$$

Processo de observação

Esforço de procura e eficiência da detecção deve decrescer com a distância da linha de transecção de forma a garantir que as detecções próximas da linha sejam otimizadas e a probabilidade de detecção decresça suavemente com a distância da linha (“ombro”).

Treinamento dos observadores

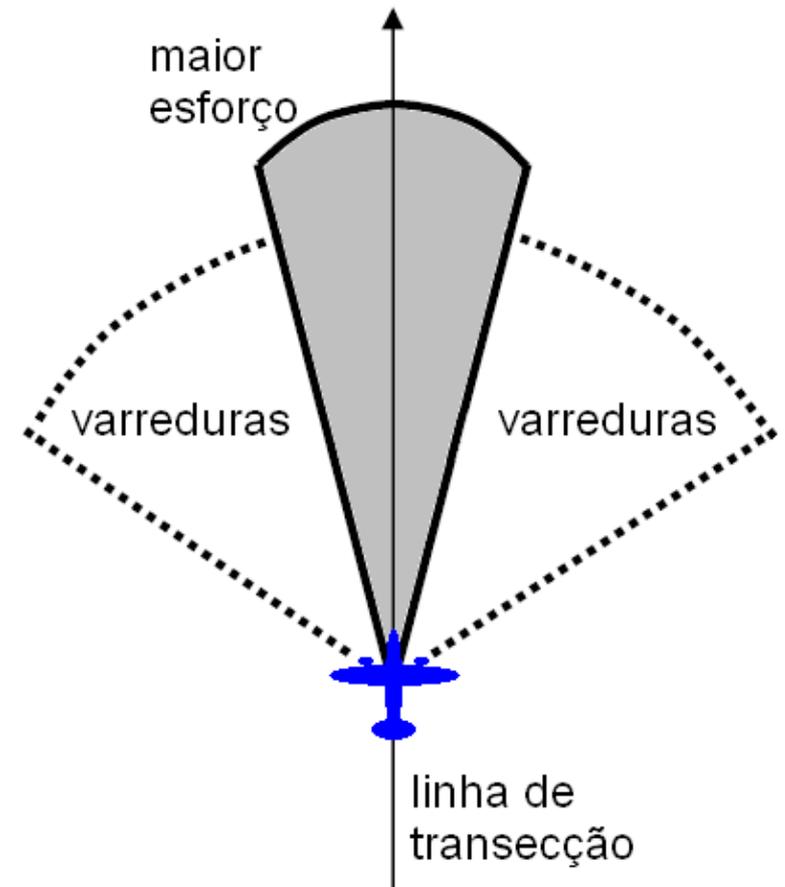
“É preferível detectar poucos animais próximos da linha de transecção do que detectar muitos animais longe”

Buckland *et al.* (2001)



Esforço de observação

Olhar pra frente...



Problema do $g(0) < 1$

Animais que permanecem grande parte de seu tempo não disponíveis para o observador. Isto resulta num erro denominado **distorção por disponibilidade**.



Distorção por disponibilidade

- Remediação no desenho amostral (p.ex., velocidade da plataforma de pesquisa);
- Correção pelo tempo de mergulho, determinando a proporção do tempo que, em média, os animais permanecem na superfície (p.ex., Barlow, 1988).



Distorção por percepção

- Diz respeito aos animais que estavam disponíveis mas não foram detectados pelo observador;
- Correção inclui experimentos com plataformas independentes de observação (que pode corrigir também distorção por disponibilidade).

Premissas

2) Os animais são detectados antes de responder à presença do observador,

ou

ausência de movimentos responsivos.

Bow-riding



Comportamento de natação na proa da embarcação por vários delfinídeos provoca maior detecção de animais próximos da linha de transecção e superestimativa na densidade.

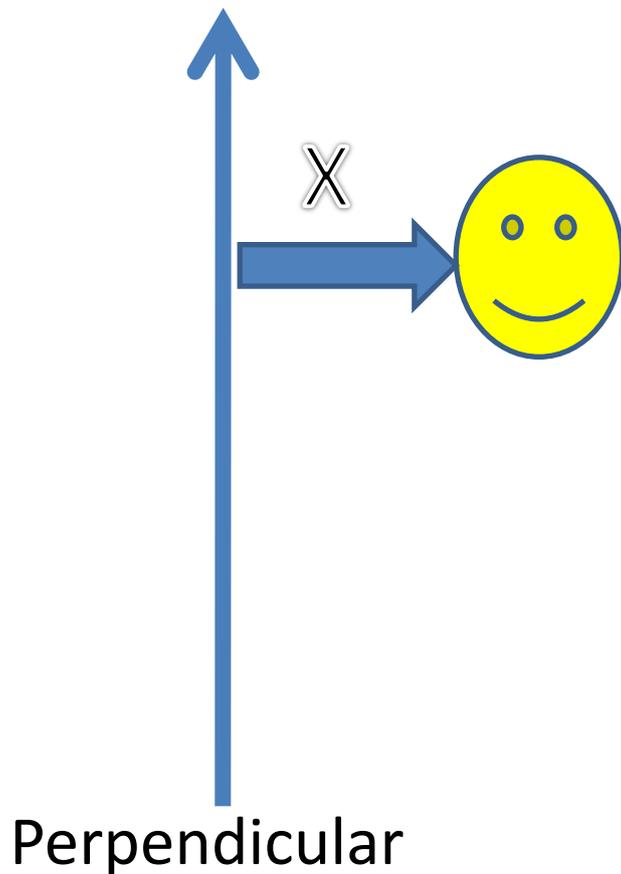
Comportamento curioso

Baleia-minke-anã

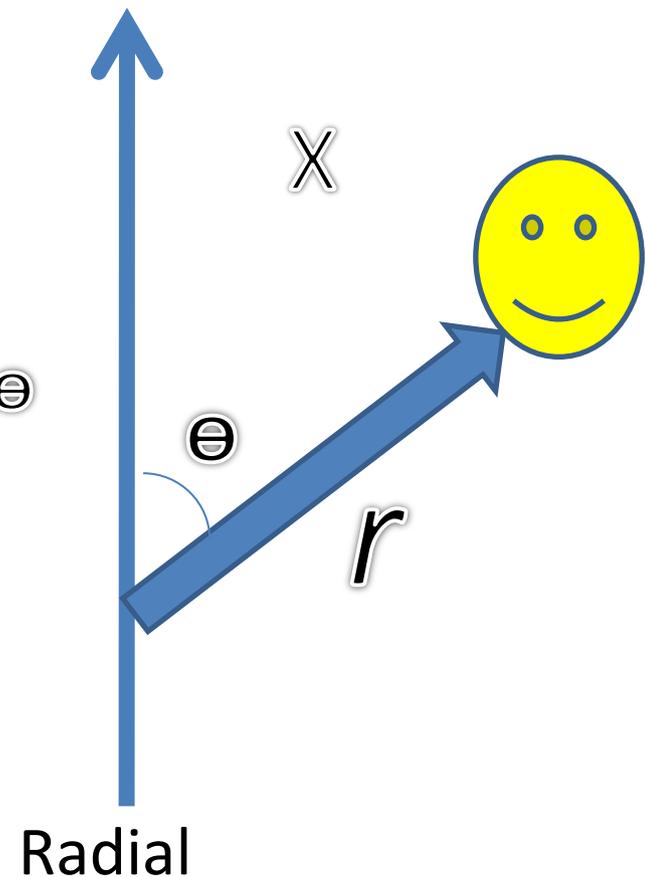


Premissas

3) Distâncias são medidas precisa/corretamente.



$$x = r \operatorname{sen} \theta$$

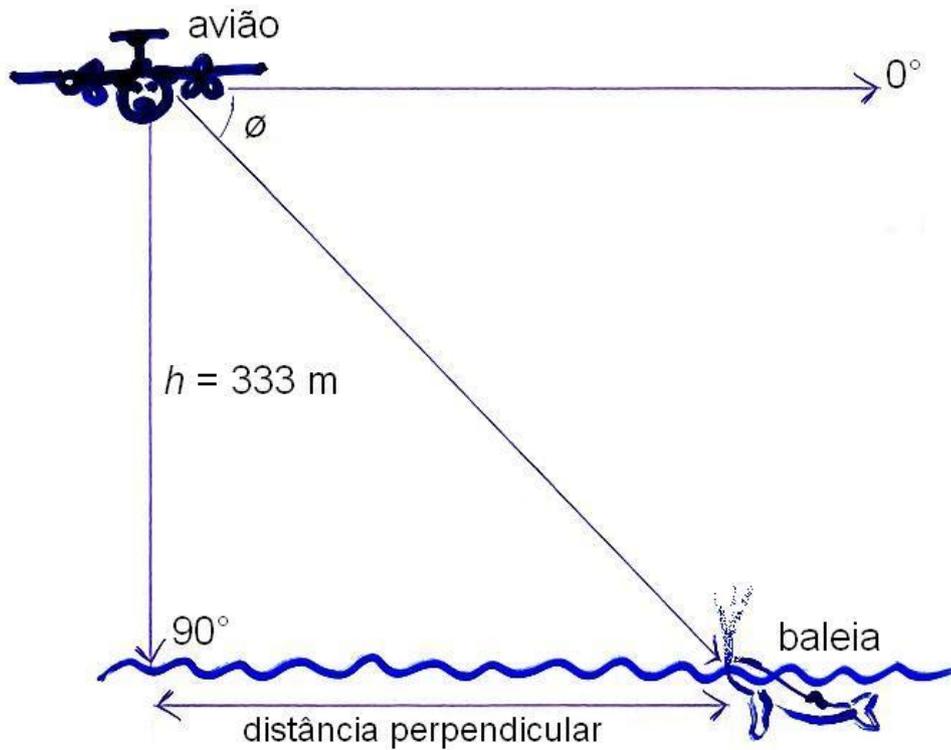


Mensuração das distâncias

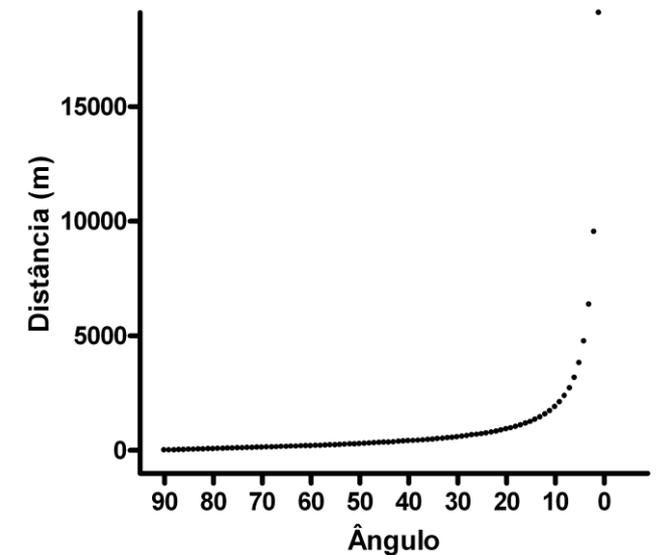


Ângulo vertical por clinômetro

Mensuração das distâncias

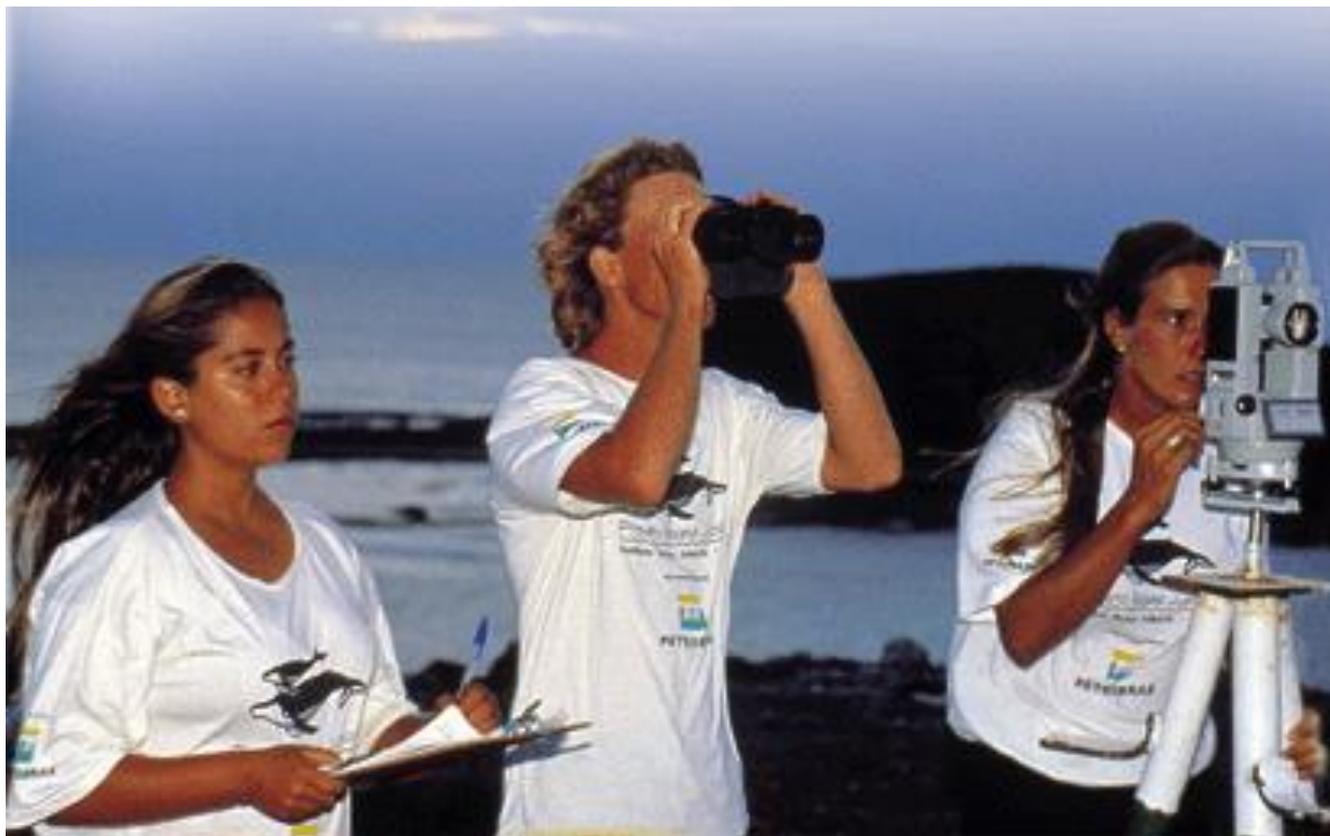


$$\text{Distância perpendicular (m)} = h \tan \phi$$

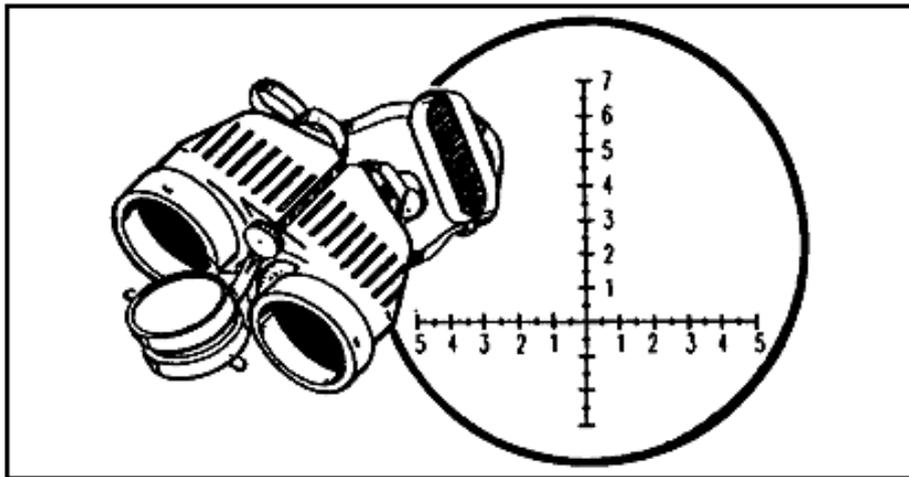


Mensuração das distâncias

Teodolito



Mensuração das distâncias



Binóculo reticulado



Mensuração das distâncias

Telêmetro a laser



Olhómetro



Outras premissas

- Independência entre detecções;
- O mesmo objeto não pode ser detectado em mais de uma linha.

Fases da análise:

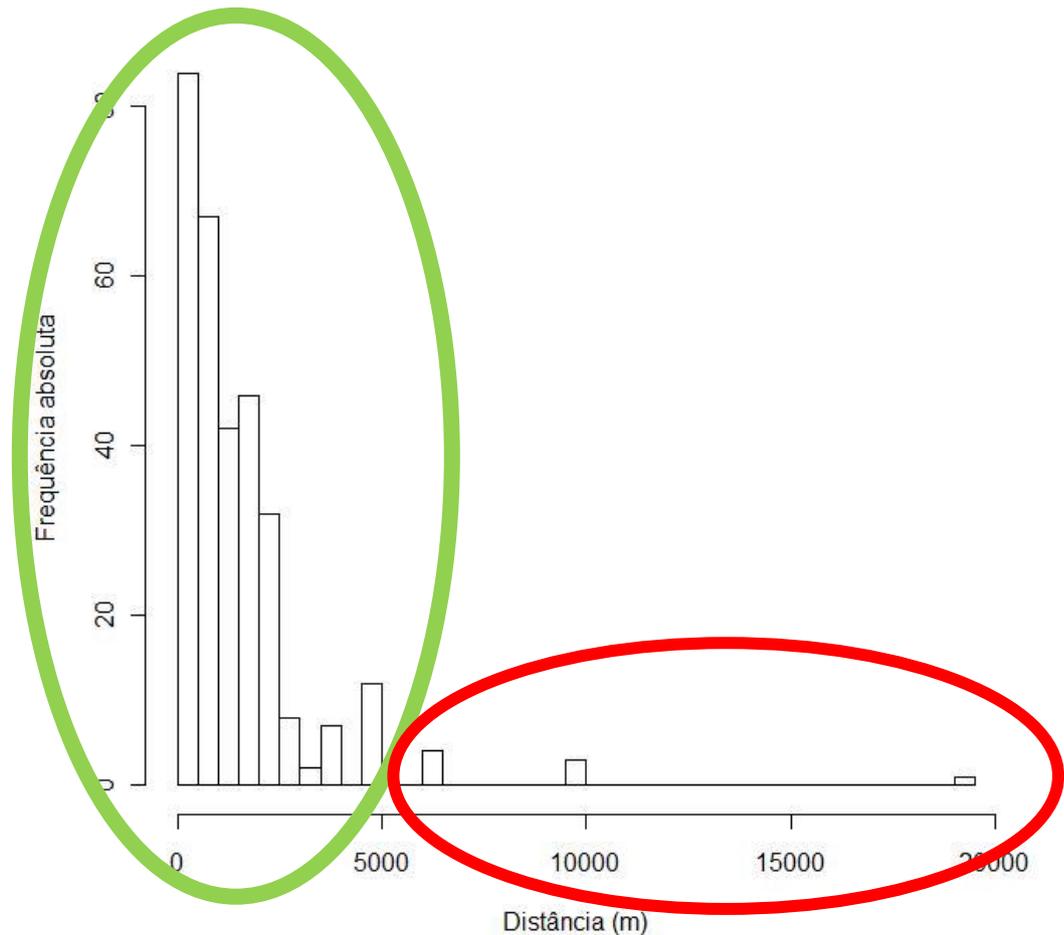
1. Análise exploratória
2. Seleção do modelo
3. Análise final e inferência

Análise exploratória

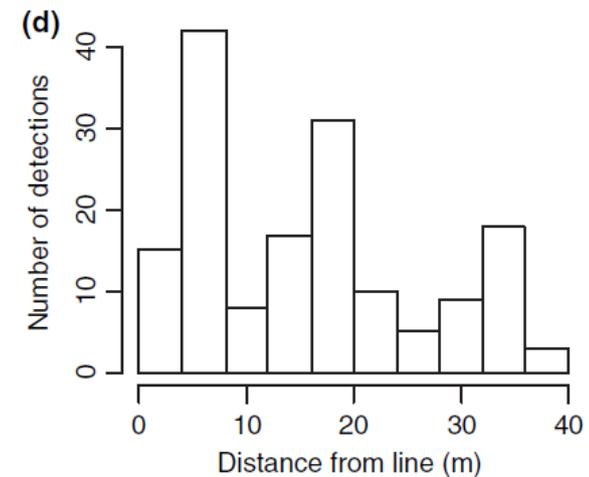
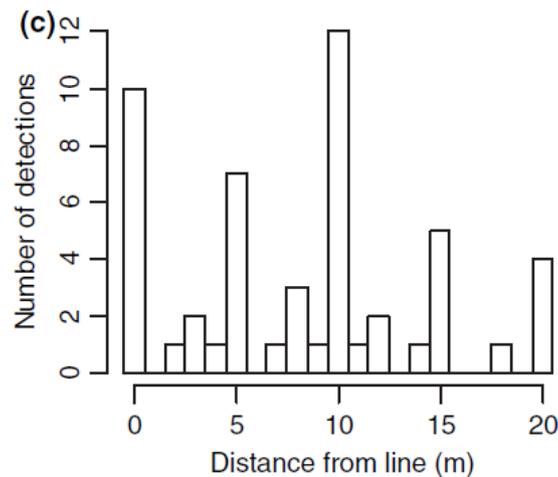
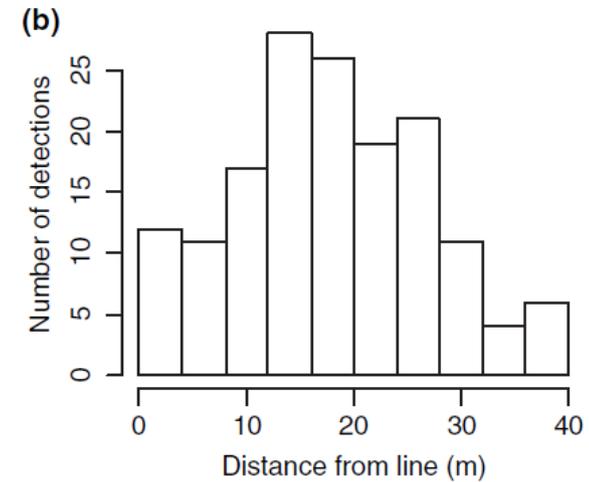
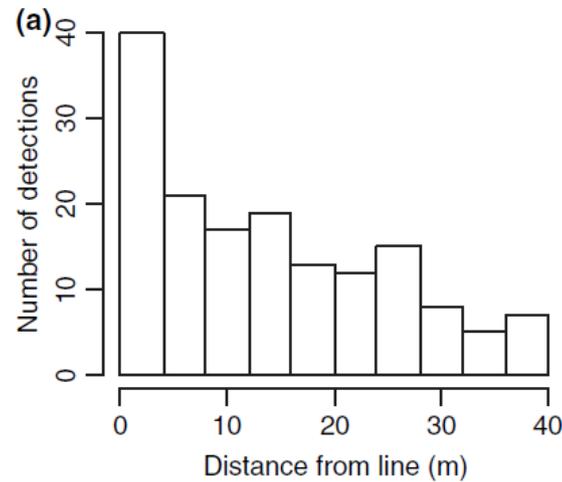
Plotar histograma com as distâncias

Distâncias mais importantes são as próximas da linha.

10-20 classes geralmente é adequado



Dados “problemáticos”



Thomas *et al.* (2010)

Dados “problemáticos”

Problemas que podem ser detectados pela inspeção visual do histograma:

- Picos;
- Decréscimo acentuado/abrupto da detecção;
- Arredondamento das distâncias;
- Movimentos responsivos (atração/afastamento);
- Erros grosseiros;
- Outliers.

Truncamento

A priori, geralmente $w = \infty$

Logo, w corresponde à maior distância observada.

Truncamento

Truncamento à direita:

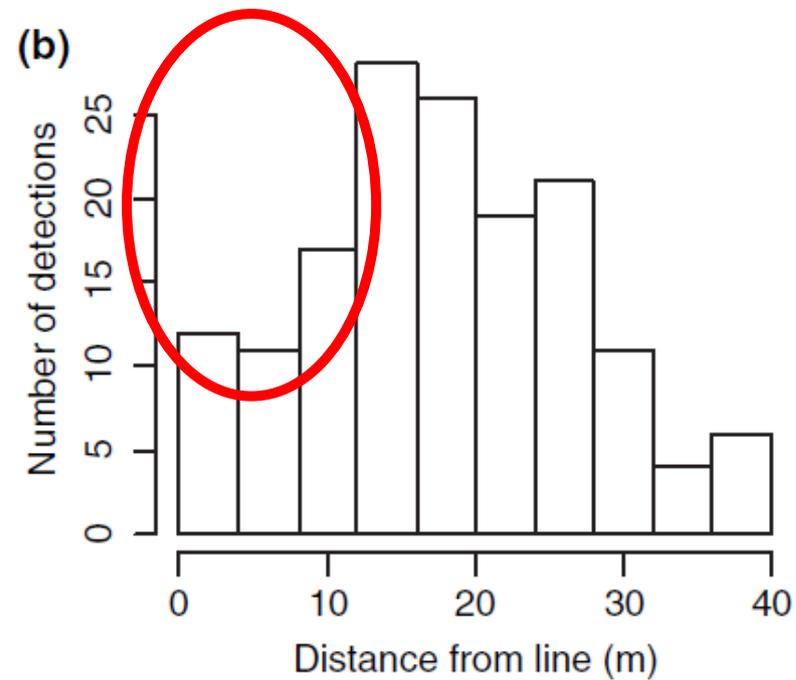
> eliminar os dados a partir de determinada distância.

{ 5 – 10% da maiores distâncias
 $g(w) = 0.15$

Truncamento

Truncamento à esquerda:

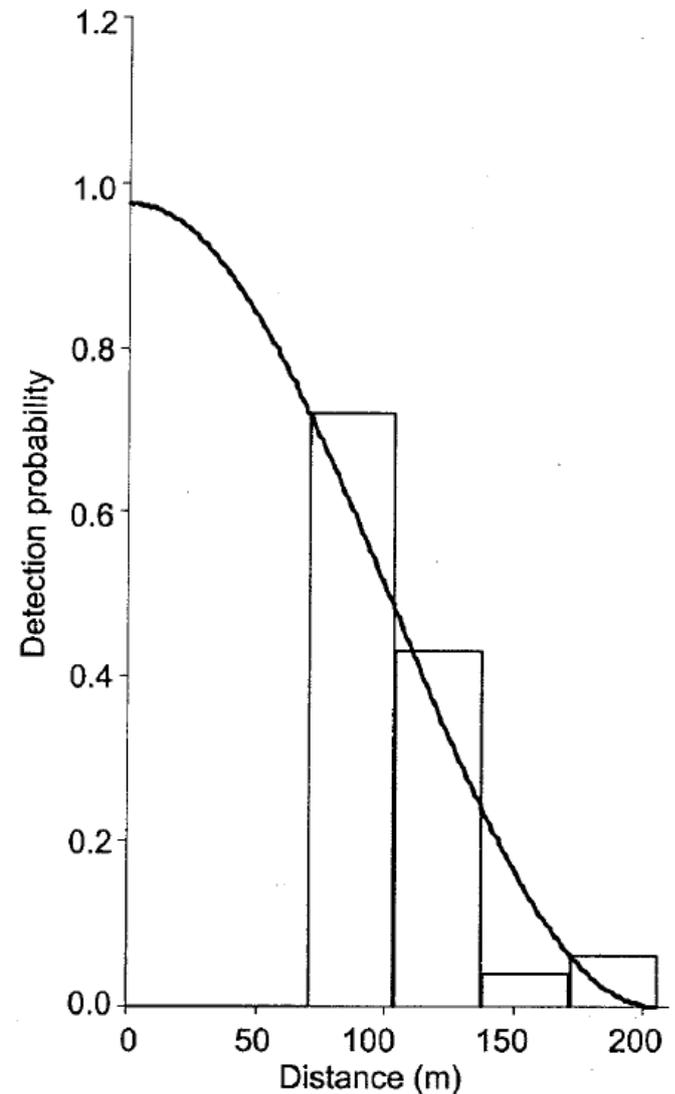
> eliminar os dados antes de determinada distância.



Truncamento

Sobrevãos para estimativa de densidade de toninhas

Secchi *et al.* (2001)



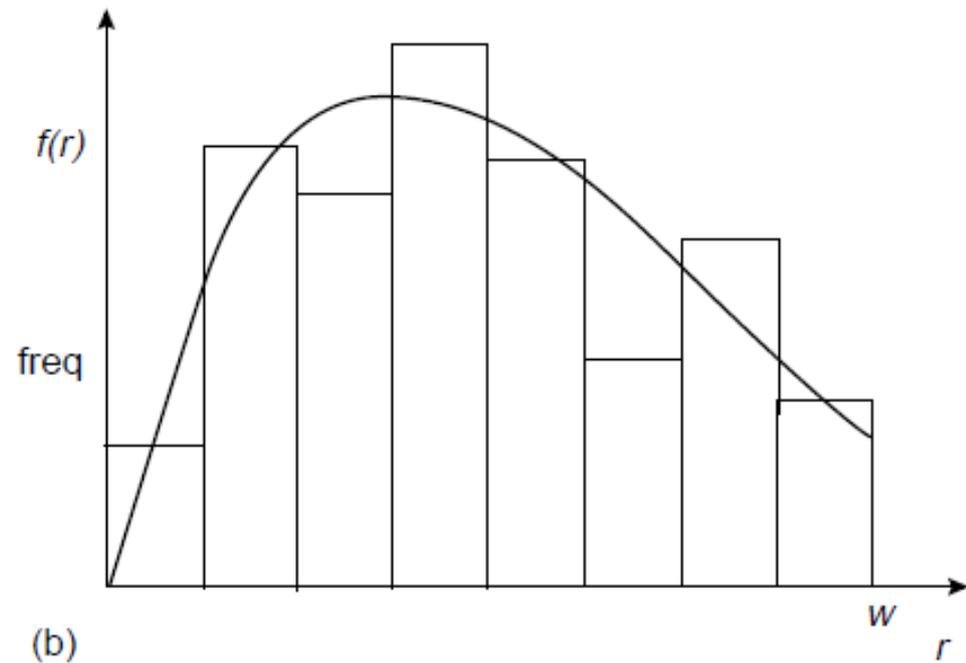
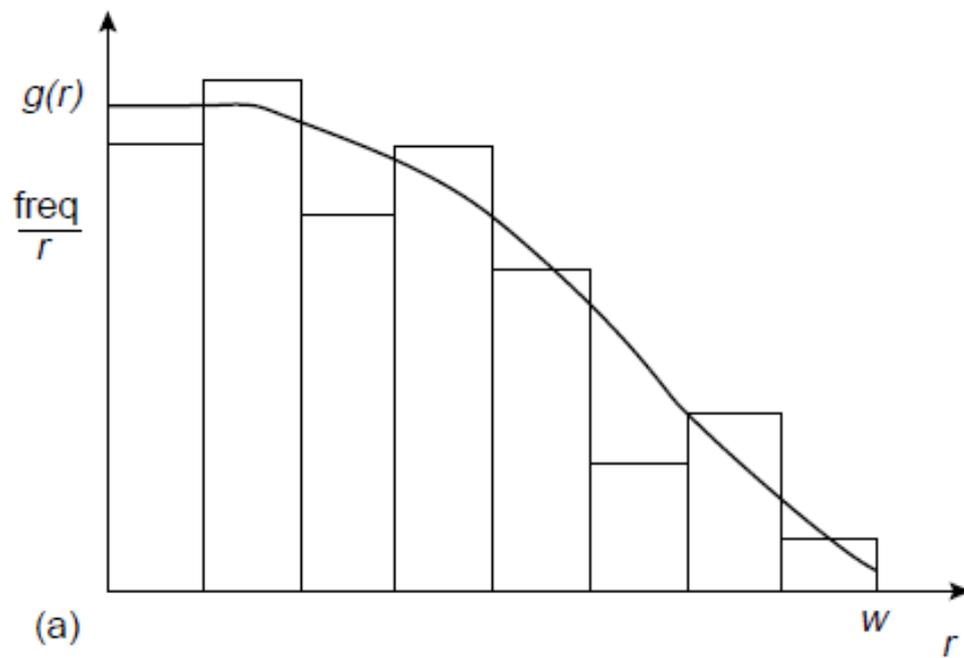
Agrupados ou não-agrupados?

- **Não-agrupados:** idealmente coletar as distâncias precisas e não agrupadas;
- **Agrupados:** opção para problemas de arredondamento, imprecisão das medidas de distância perpendicular;
 - > Faixas iguais de distância, faixas desiguais crescentes (em intervalos de ângulos iguais ou outro intervalo definido)

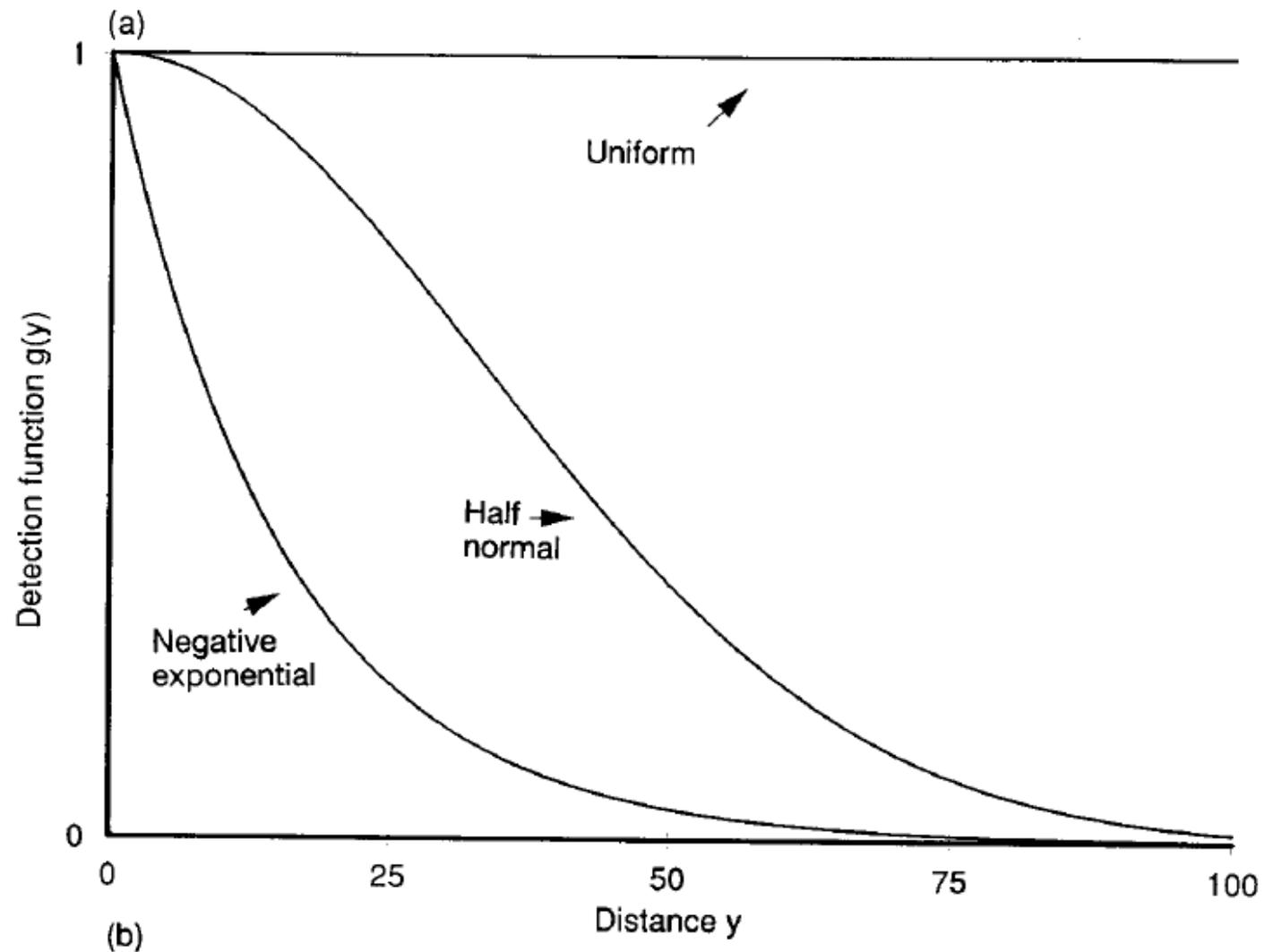
Propriedades de boas funções de detecção:

- **Robustez:** flexível a diferentes formas de funções de detecção – geralmente mais de um parâmetro;
- **Forma:** decresce com a distância da linha de detecção, tem um “ombro” amplo;
- **Eficiência:** precisão;
- **Bom ajuste aos dados:** testes de verificação

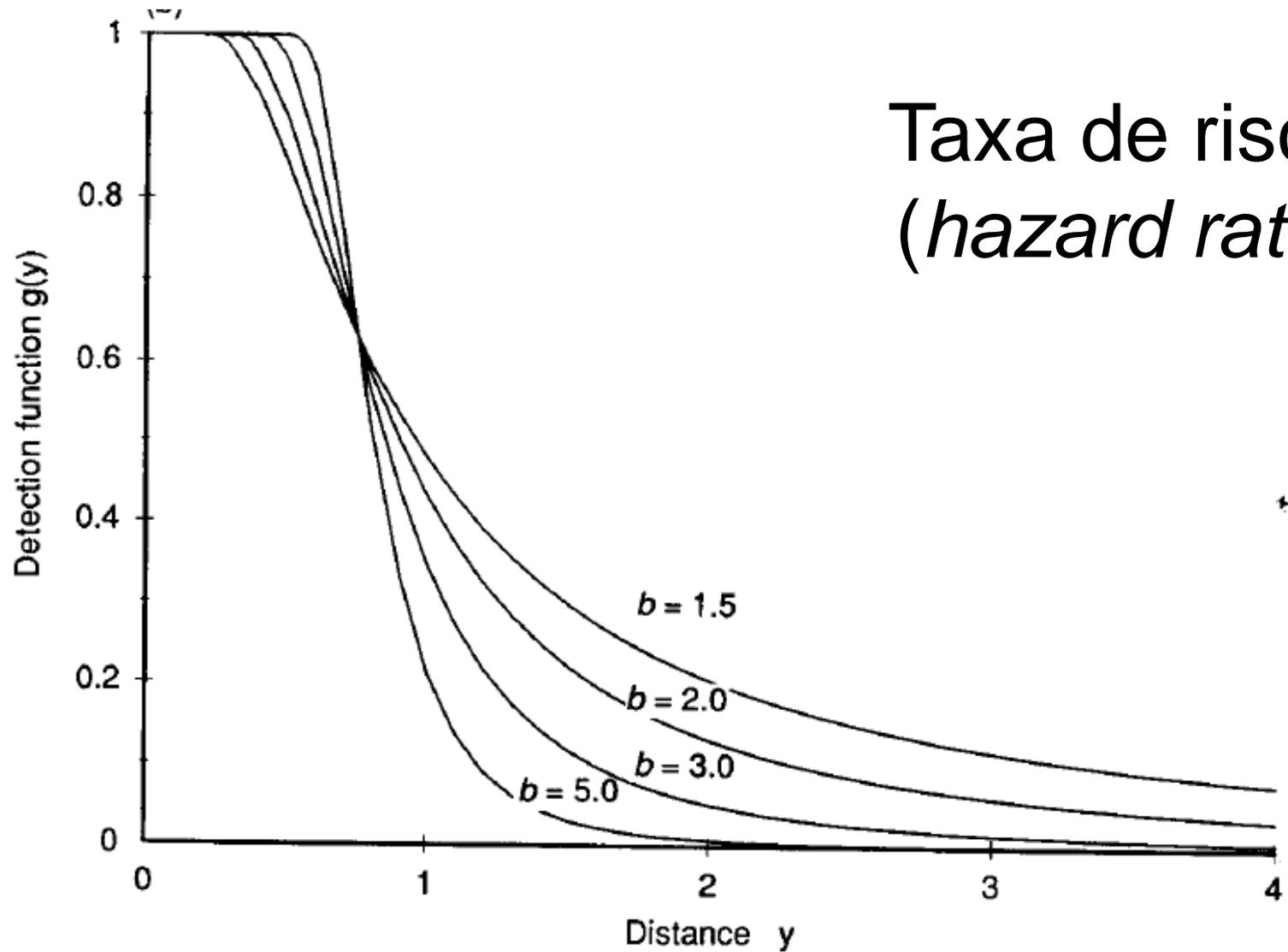
Funções de detecção



Funções de detecção



Funções de detecção



**Função de
detecção**

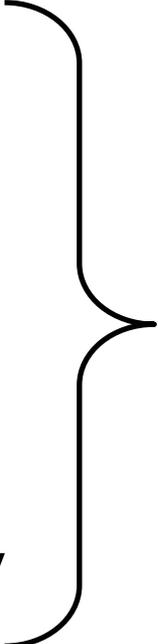


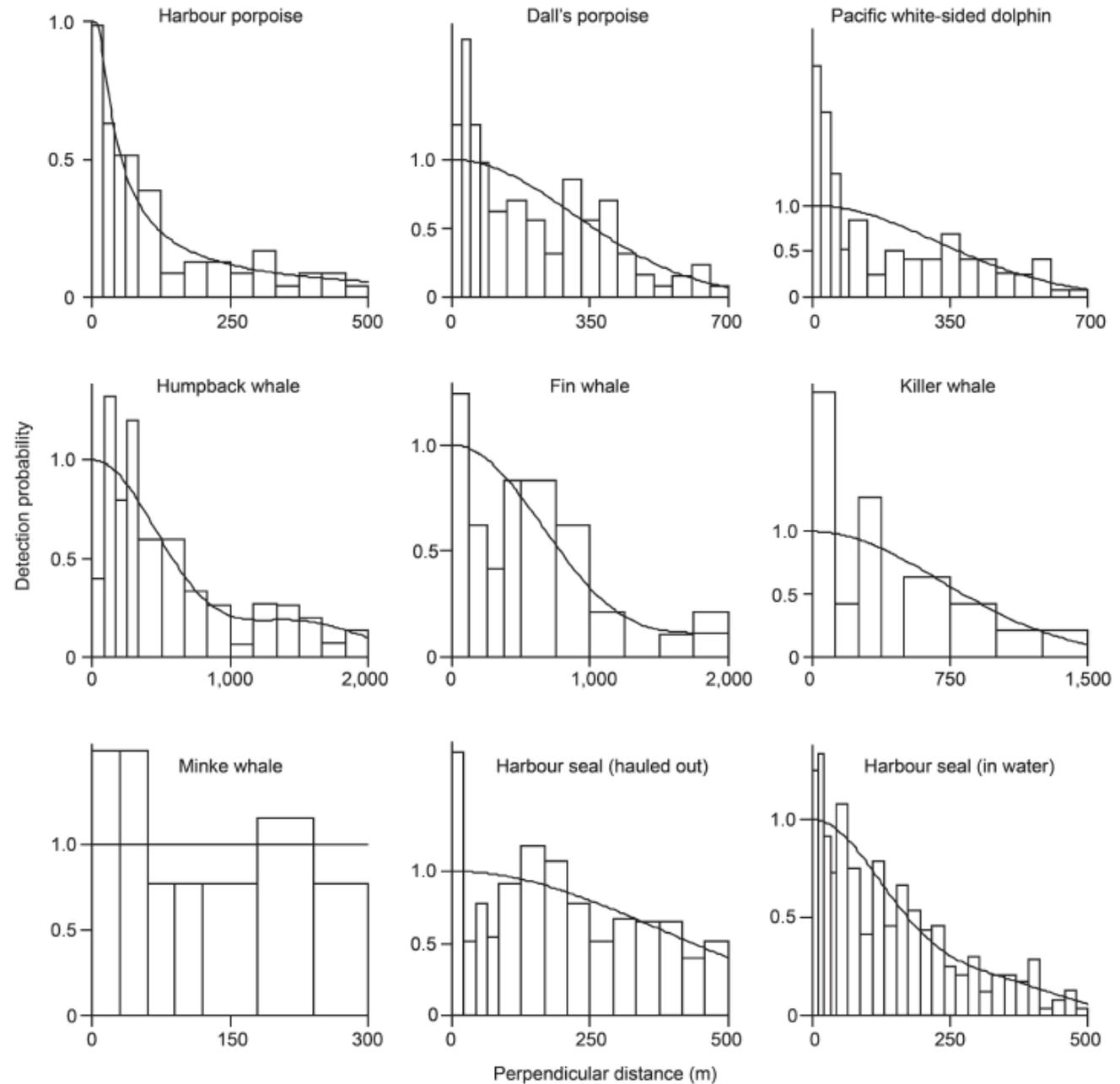
**Expansão de
série**

Uniforme
Uniforme
Meia-normal
Meia-normal
Taxa de risco
Taxa de risco

Cosseno
Polinomial simples
Cosseno
Polinomial hermite
Cosseno
Polinomial simples

Diagnóstico de ajuste da função

- GOF (Goodness of fit)
 - q-q plot
 - Cramer-von-misses
 - Kolmogorov-Smirnov
- Somente dados não agrupados
- 



Williams & Thomas (2007)

Análise final e inferência

- Seleção final do modelo
- Outputs
- Apresentação dos resultados

Desenho amostral

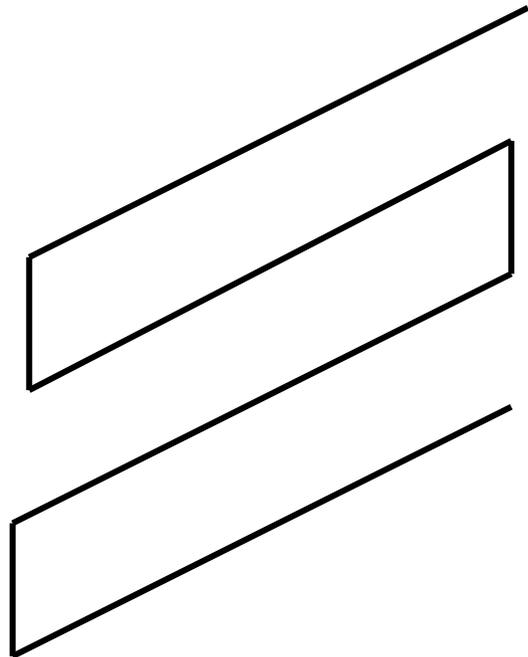
Assegurar premissas, máxima precisão, mínima distorção e mínimo custo.

Tamanho da amostra
60 - 80 detecções

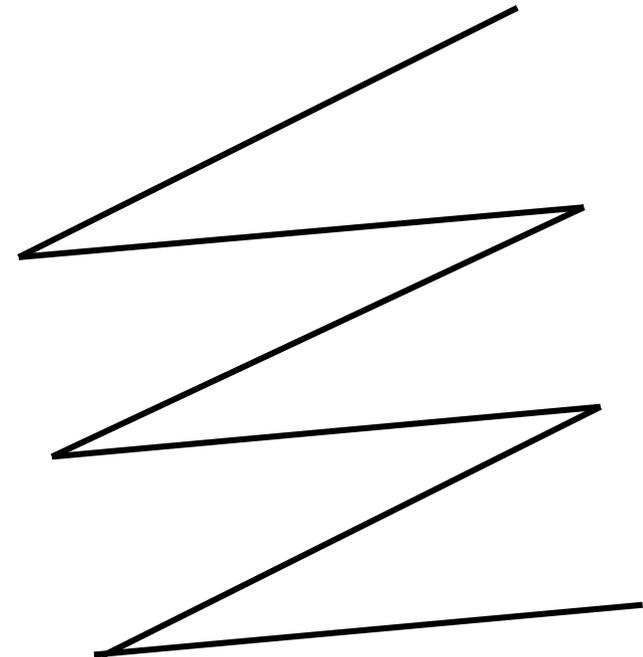
Desenho das linhas de transecção

- Replicação ($k > 20$);
- Evitar critérios subjetivos;
- Igual probabilidade de cobertura para toda a área de estudo;
- Estratificação;
- Geometria.

Desenho das linhas de transecção



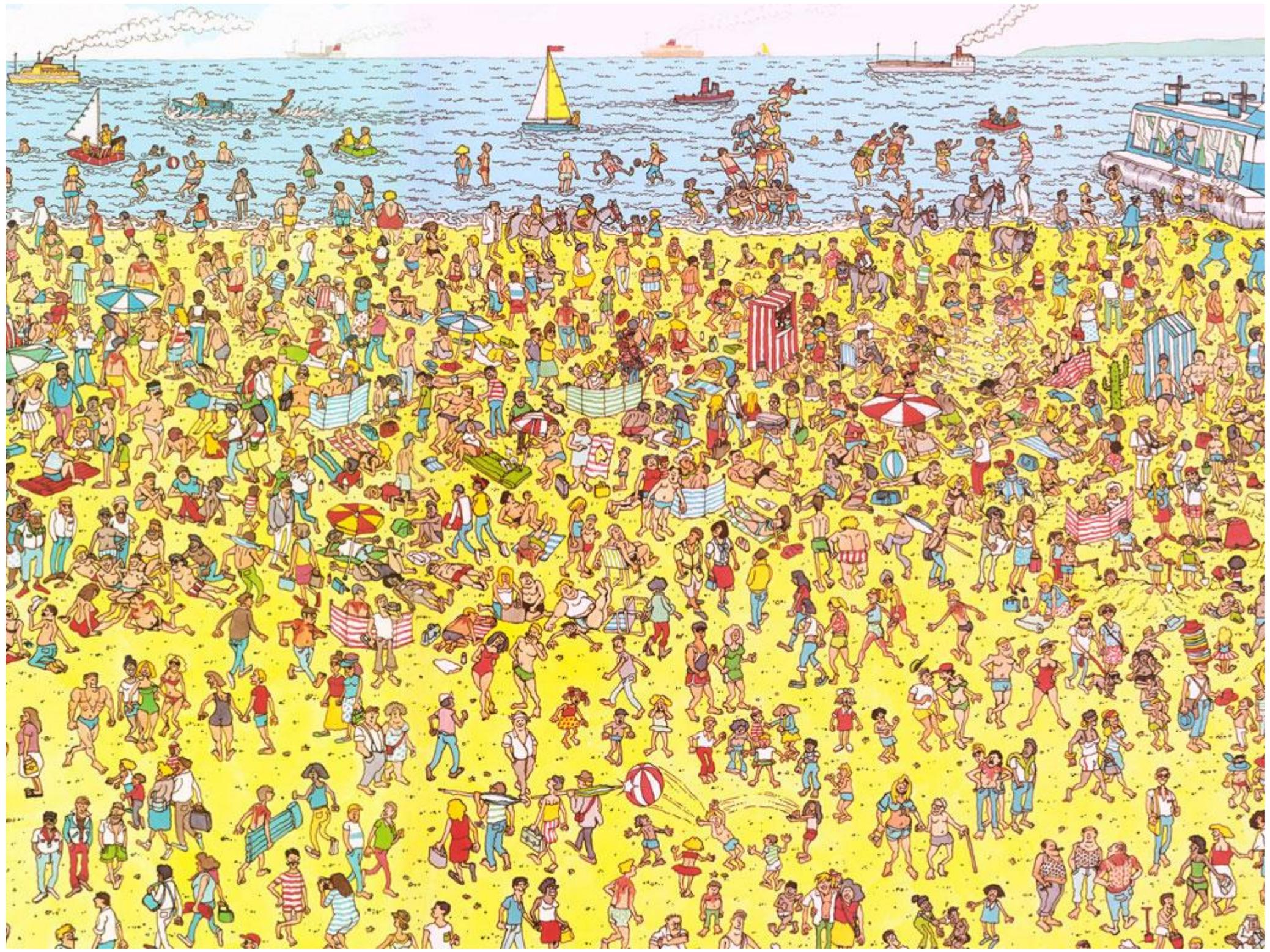
Paralelo



Zig-zag

Desenho das linhas de transecção

- Sistemático (qual início?) ou aleatória (com ou sem reposição?);
- Espaçamento das linhas paralelas, ângulo do zig-zag;
- Comprimento das linhas;
- Orientação (reflexo, gradientes de habitat e densidade).



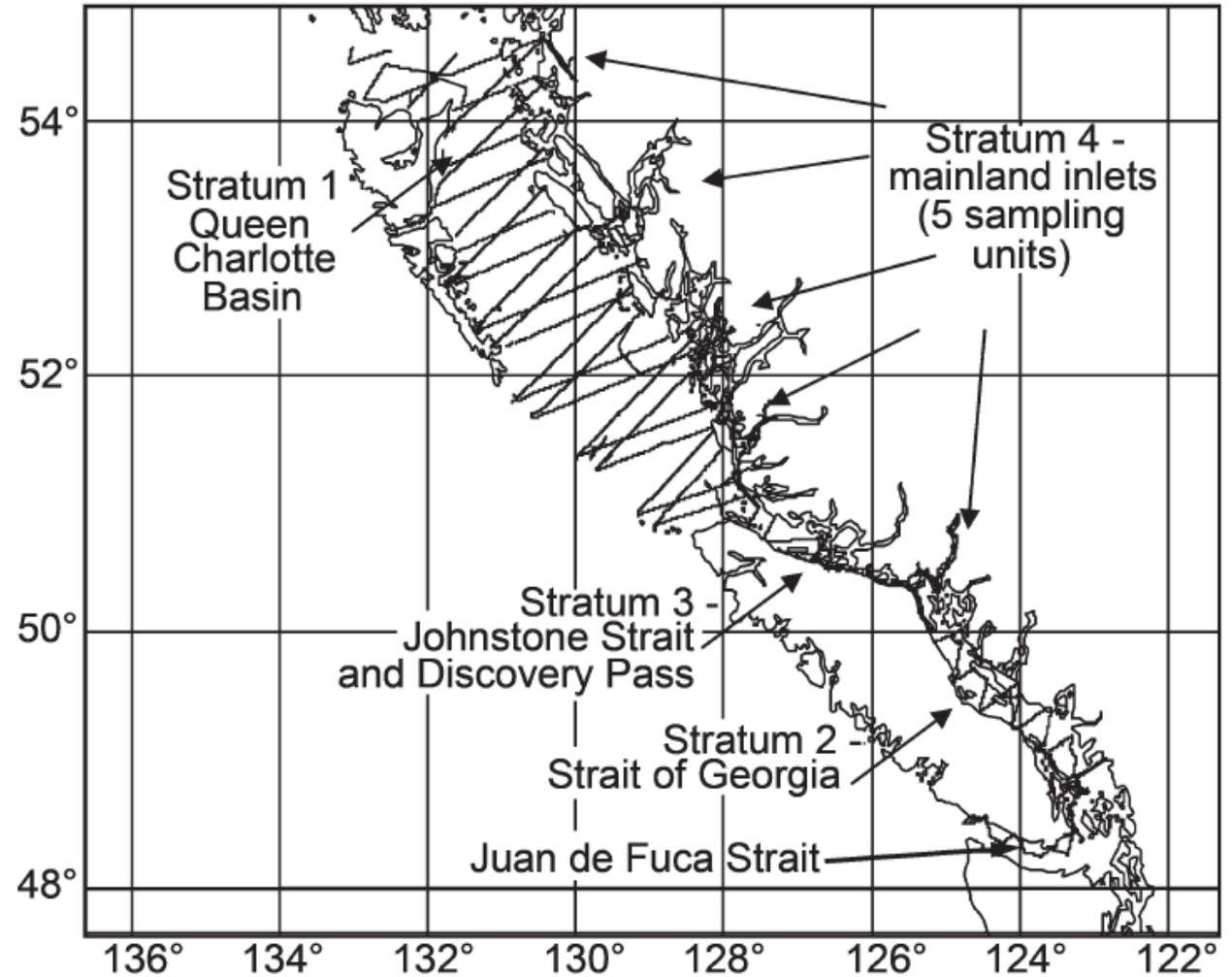
Estratificação

Divisão em estratos / blocos amostrais

QUANDO ESTRATIFICAR?

- Habitats diferentes;
- Densidades diferentes;
- Áreas específicas de manejo.

Estratificação



Williams & Thomas (2007)

Outras variáveis

- Número de observadores;
- Rodízio de observadores (descanso);
- Equipamentos óticos (binóculos ou olho-nu);
- Velocidade da embarcação, altura do avião;
- Aproximação dos grupos: *passing / passing and closing*.

Fatores que afetam a detectabilidade: (Koopman, 1980)

Brilho, contraste, tamanho e forma, comportamento, mobilidade relativa e distância do observador.



Covariáveis

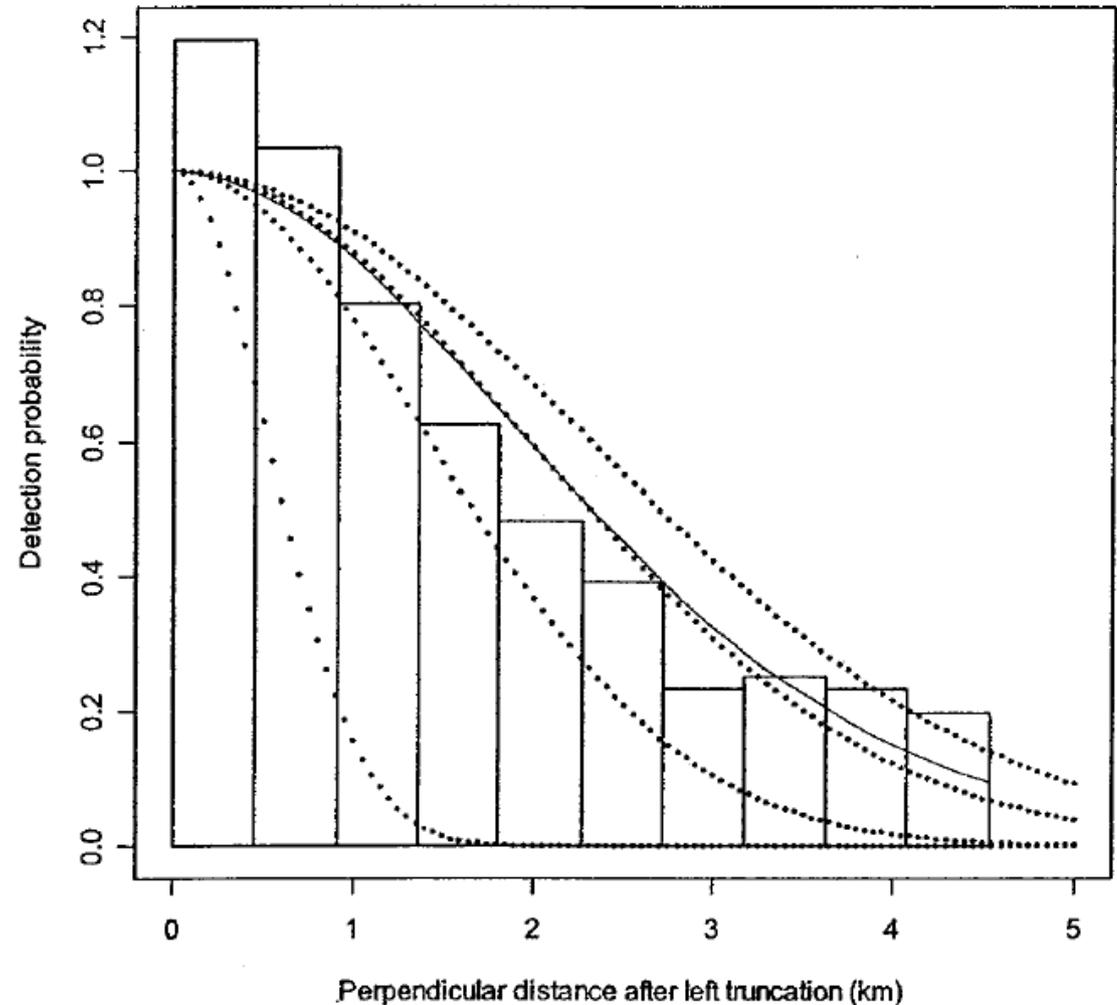
- Taxa com que a detecção decresce em função da distância pode variar em função de alguma covariável;

Covariáveis

- Reflexo do sol;
- Cobertura do céu;
- Estado do mar – escala Beaufort;
- Tamanho da ondulação;
- Direção e intensidade do vento;
- Evento/pista da detecção (*cue*);
- Observador;
- Profundidade;
- Etc...

Covariáveis

Uma função de detecção para cada observador



Paxton *et al.* (2006)

Outros modelos

- **Modelo de Royle *et al.* (2004):** separa melhor os processos de detecção e abundância, permitindo incorporar covariáveis que afetam a abundância nas unidades amostrais
- **Spatial Distance sampling:** especificação de um modelo para a densidade baseada em covariáveis ambientais. Permite gerar mapas de densidade mais detalhados.
- **Distance sampling com plataforma dupla:** integra a amostragem de distâncias com marcação-recaptura para lidar com possíveis distorções

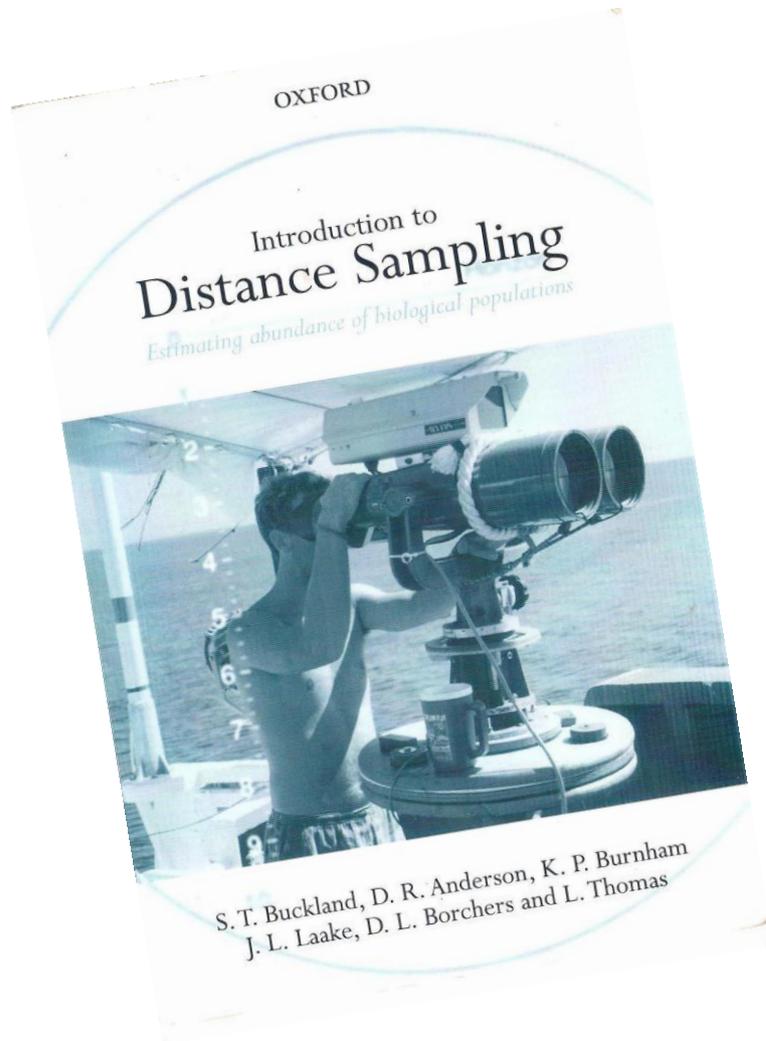
Softwares

- **Distance**

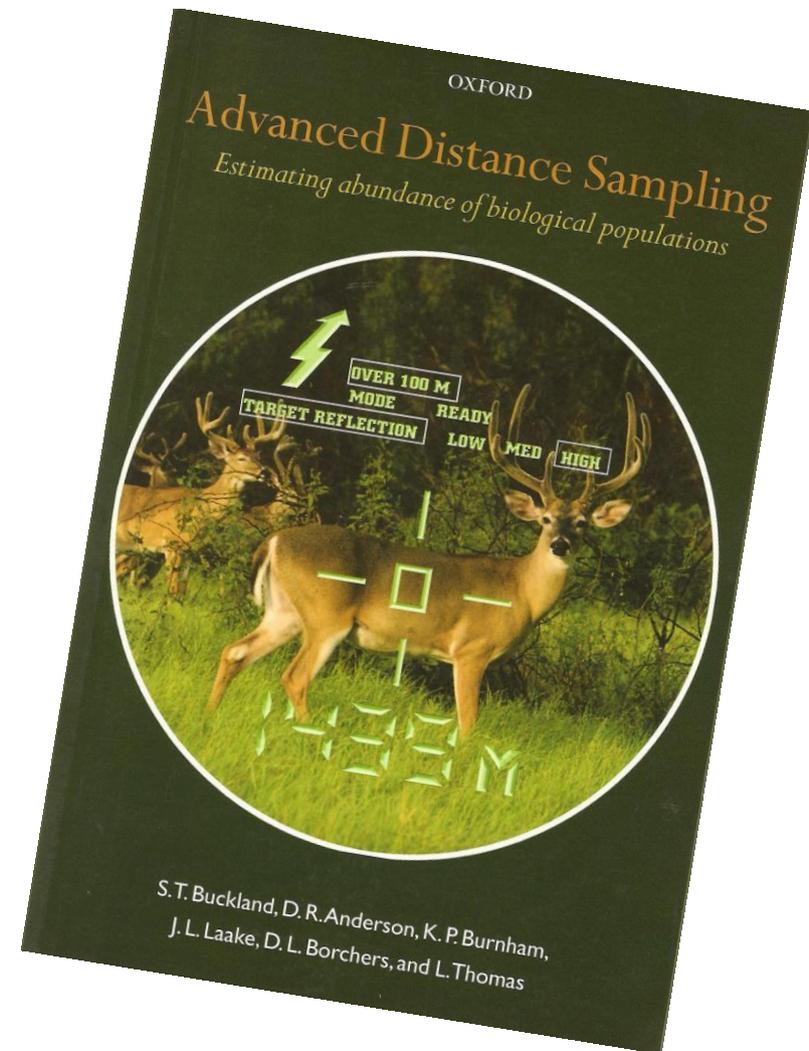
<http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/>

- **Unmarked** (pacote R)

Leituras adicionais



Buckland *et al.* (2001)



Buckland *et al.* (2004)