

# **DELINEAMENTO E PLANEJAMENTO**

BIE 5793 - Princípios de Planejamento e Análise de Dados em Ecologia

# ETAPAS DO MÉTODO CIENTÍFICO

Scientific Method (1 serving)

1. Ask a question.
2. Formulate a hypothesis.
3. Perform experiment.
4. Collect data.
5. Draw conclusions.

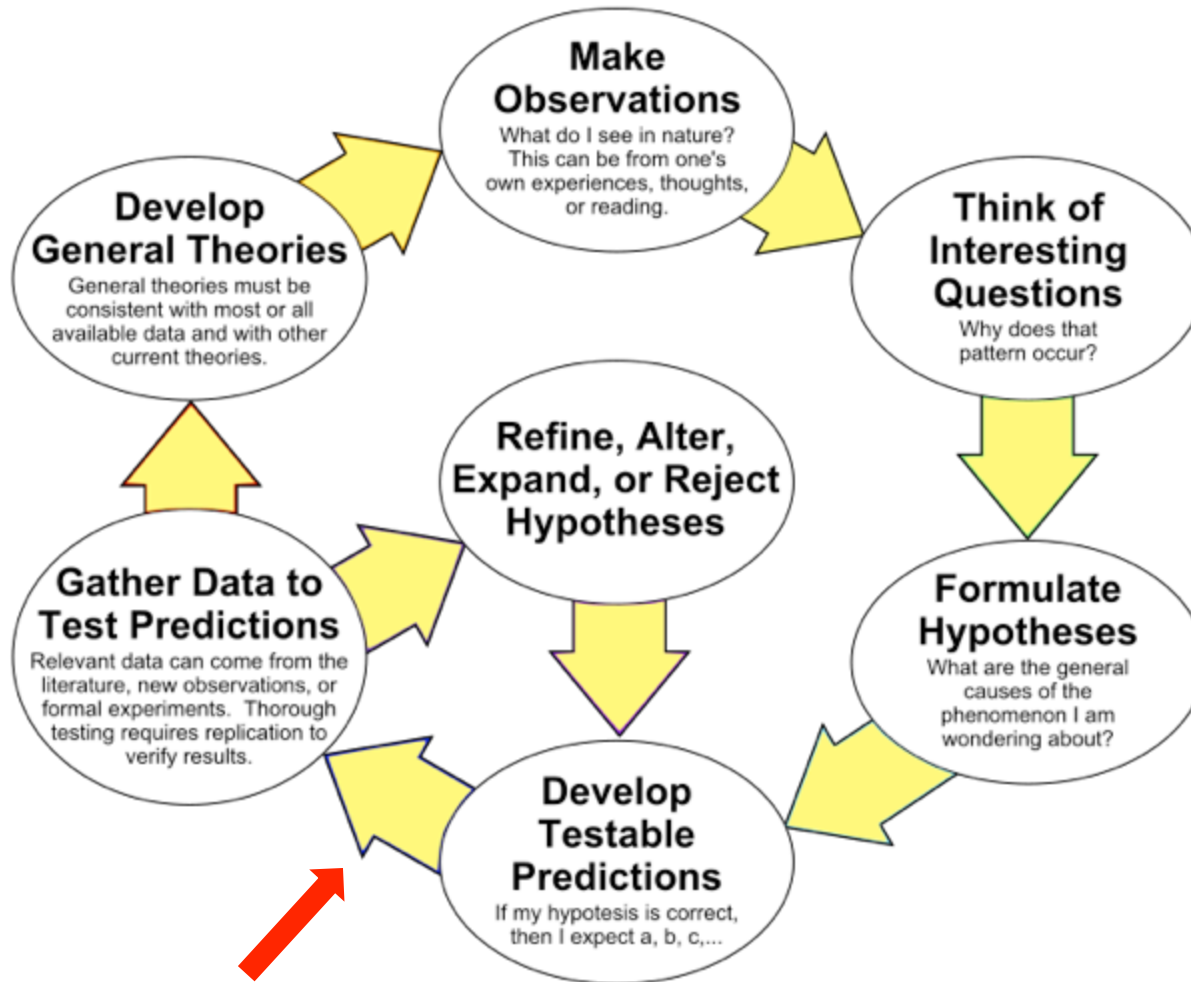
Bake until thoroughly cooked.

Garnish with additional observations.

*Too simple!*

# ETAPAS DO MÉTODO CIENTÍFICO

## The Scientific Method as an Ongoing Process



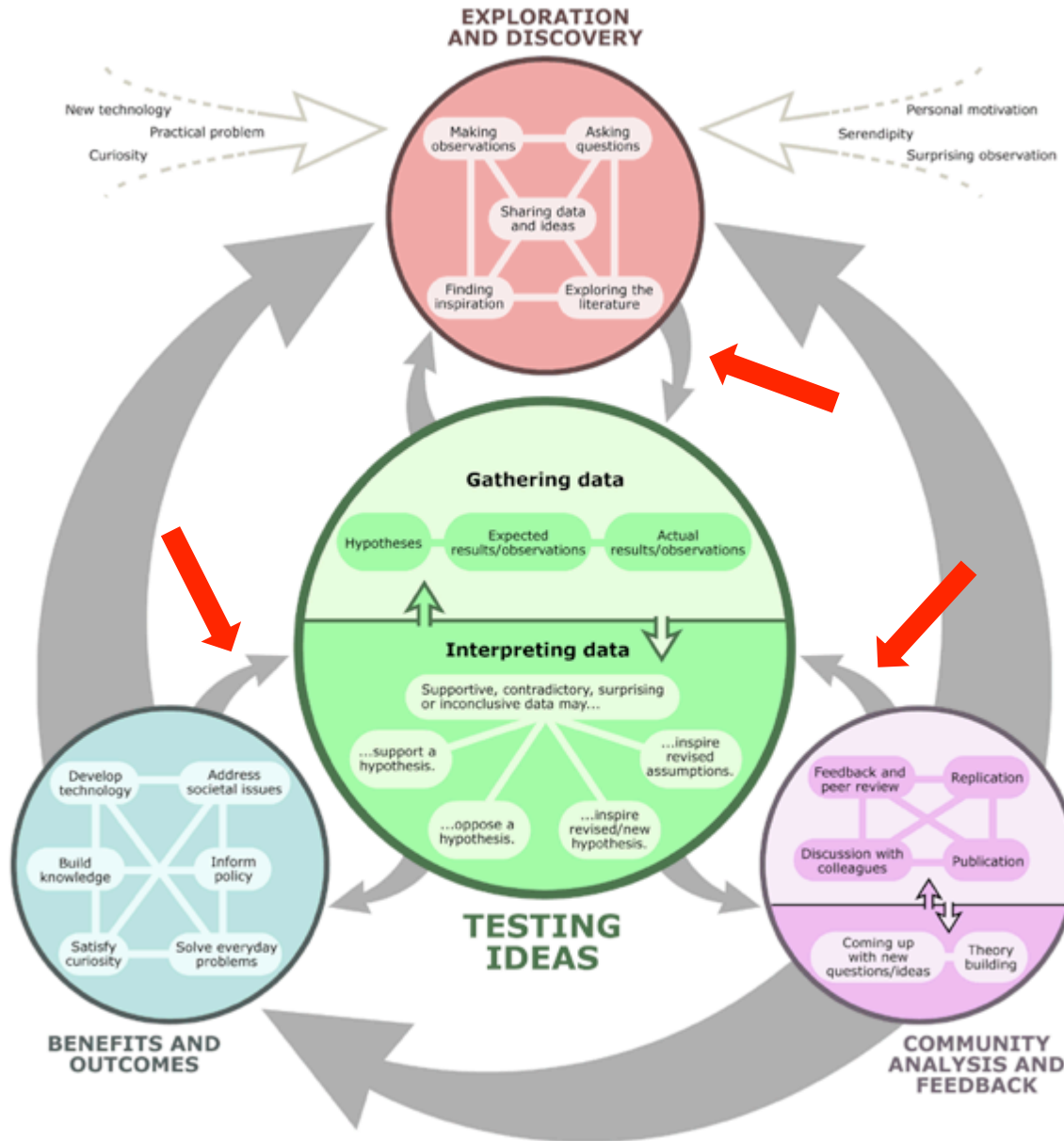
# ETAPAS DO MÉTODO CIENTÍFICO



**NÃO ABORDAM DELINEAMENTO E PLANEJAMENTO!!**

**VÃO DIRETO DAS HIPÓTESES/PREDIÇÕES PARA A COLETA DE DADOS**

# MESMO QUANDO O ESQUEMA NÃO É TRIVIAL



**QUANDO INCORPORA, PARECE UM PROCESSO SIMPLES E LINEAR**

**PREDIÇÕES**



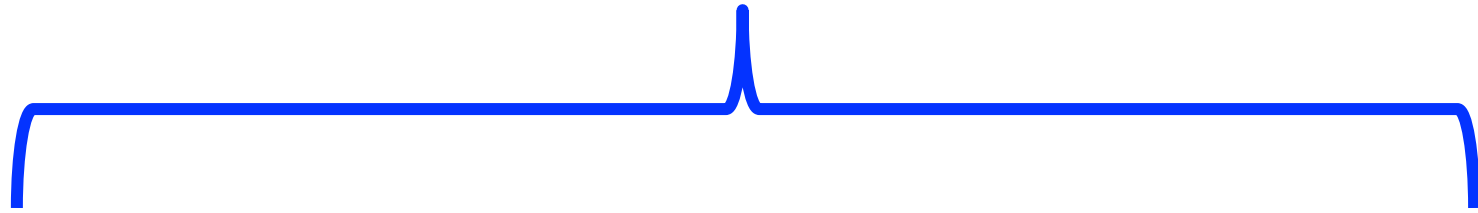
**DELINEAMENTO**

**COLETA DE DADOS**

**ANÁLISE**

**MAS, DELINEAMENTO É UMA ETAPA IMPORTANTE E COMPLEXA**

# Tudo depende da pergunta científica!



DELINEAMENTO

COLETA

ANÁLISE

Variáveis Operacionais  
(p. ex.: discreta x contínuas)

Premissas

Tamanho de amostra  
Distribuição espacial  
Esforço amostral possível



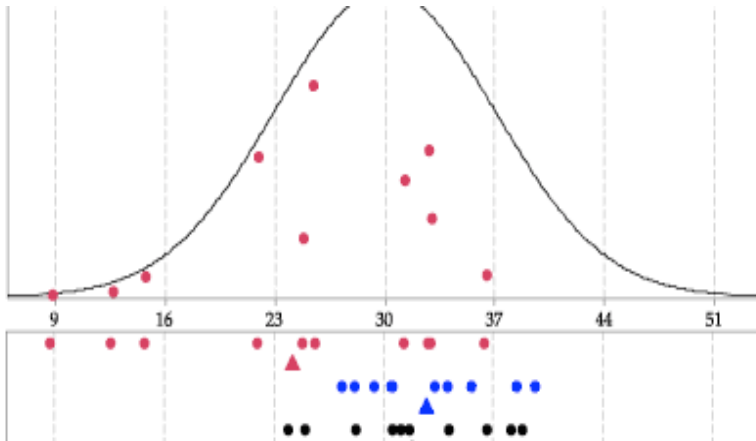
# POR QUE DELINEAMENTO É IMPORTANTE?

*"Designing an experiment properly will not only help you in analyzing data – it may determine **whether you can** analyze data at all!"*

Michael Palmer

## INCERTEZAS

INCERTEZAS INTRÍNSECAS  
DA  
POPULAÇÃO ESTATÍSTICA



**VARIÁVEIS ALEATÓRIAS**

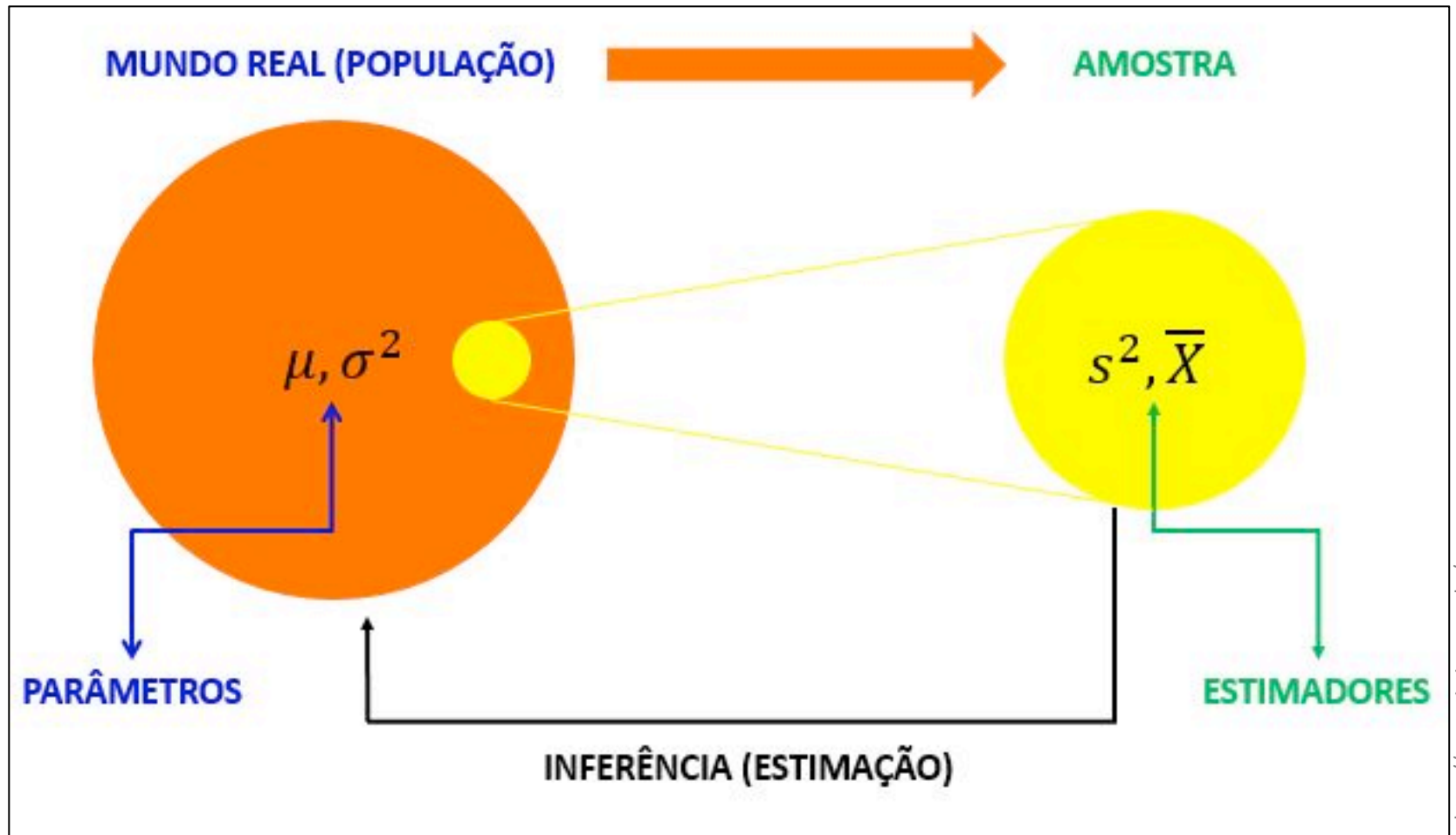
INCERTEZAS SOBRE A QUALIDADE  
DA ESTIMATIVA DOS  
PARÂMETROS POPULACIONAIS



**AMOSTRAL**



# DIFERENÇA ENTRE PARÂMETROS E ESTIMADORES



<http://oestatistico.com.br/>

Desconhecidos,  
Mas **FIXOS**

**Importância de definir  
claramente sua população**

Utilizam os valores da  
amostra tomada

Estimativa pontual ou  
alguma *estatística*

## Quais as características de um BOM ESTIMADOR?

**SEM VIÉS** - Se forem tomadas medidas de várias amostras com esse estimador, a média dessas medidas deve coincidir com o parâmetro original

**CONSISTENTE** - Quanto mais aumentar o tamanho da amostra, o valor converge para o parâmetro original e a variância diminui

**EFICIENTE** - Dentre os diferentes estimadores, dado um mesmo tamanho de amostra, o mais eficiente será o que apresentar menor variância

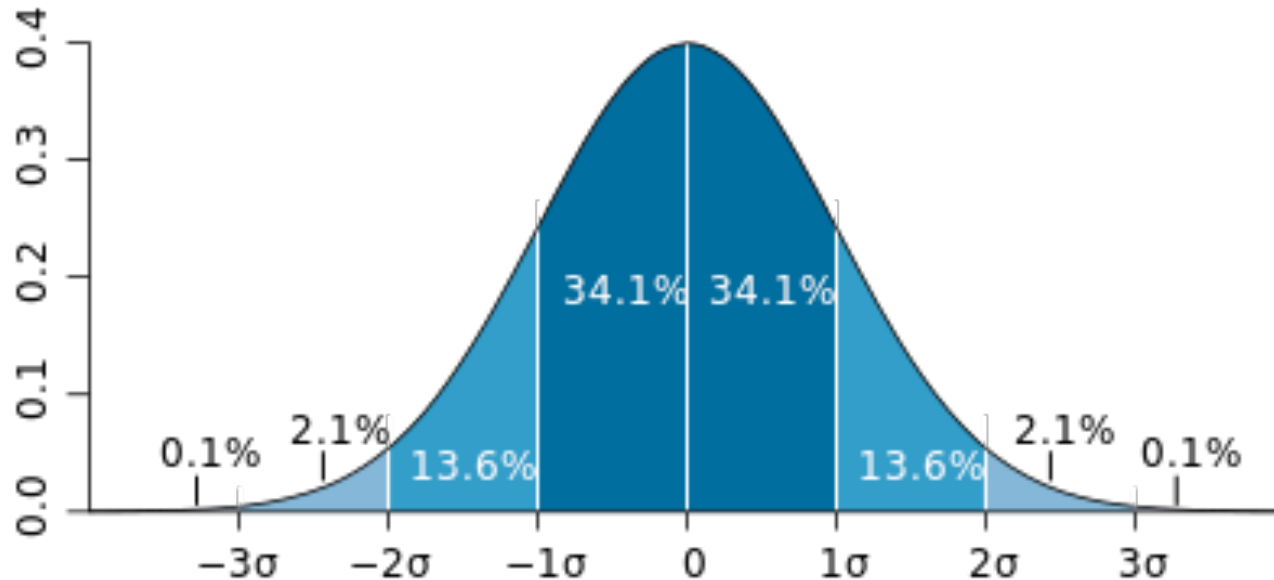
DEFINIÇÕES BASEADAS EM PROCEDIMENTOS MATEMÁTICOS E/OU COMPUTACIONAIS

NÃO SE PREOCUPEM COM ISSO!!

EXISTE TODA UMA ÁREA DA ESTATÍSTICA VOLTADA PARA ENCONTRAR BONS ESTIMADORES

# DIFERENTES DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADES TÊM DIFERENTES ESTIMADORES

Se uma variável é descrita por uma Distribuição Normal



Média e Variância da AMOSTRA são **bons estimadores** da  
Média e Variância da POPULAÇÃO

## ALGUNS PARÂMETROS E SEUS ESTIMADORES PONTUAIS

Par.	Statistics	Point Estimators
Mean $\mu$	$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$	$\bar{x}$
Variance $\sigma^2$	$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$	$s^2$
Proportion $p$	$\tilde{p} = \frac{X}{n}$	$\hat{p}$
$\mu_1 - \mu_2$	$\bar{X}_1 - \bar{X}_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} X_{1i}}{n_1} - \frac{\sum_{i=1}^{n_2} X_{2i}}{n_2}$	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2$
$p_1 - p_2$	$\tilde{p}_1 - \tilde{p}_2 = \frac{X_1}{n_1} - \frac{X_2}{n_2}$	$\hat{p}_1 - \hat{p}_2$

Diferenças entre médias pode ser um **parâmetro** (exemplo do Manguezal)

PARA UMA DADA AMOSTRA, UM ESTIMADOR VAI PRODUZIR UM **VALOR** (OU INTERVALO)



**ESTIMATIVA**



P.ex.: pontuação média

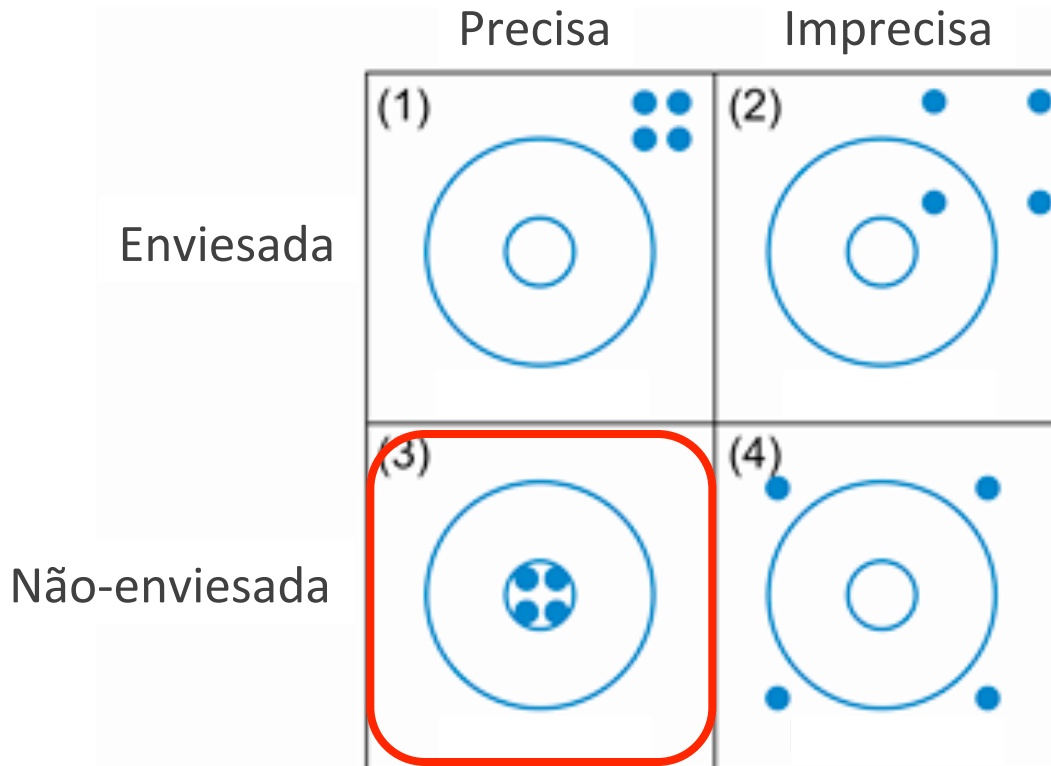


**NOSSO OBJETIVO:** Obter uma **estimativa** confiável com o menor esforço amostral

# O QUE É UMA ESTIMATIVA CONFIÁVEL?

**SEM VIÉS** - O valor obtido com a amostra estatística deve ser igual ao parâmetro. Não deve subestimar ou superestimar o parâmetro populacional

**PRECISA** - A maior parte dos valores obtidos na amostra, deve estar nas proximidades do parâmetro populacional (ERROS PEQUENOS)



**COMO CONSEGUIR UMA ESTIMATIVA CONFIÁVEL?**

**UM BOM DELINEAMENTO**

**O QUE É UM BOM DELINEAMENTO?**

**Depende da pergunta científica!!!**



**Mas, podemos ajudar...**

**Trabalhando um exemplo hipotético...**



Inicialmente estamos interessados em modelar as respostas reprodutivas de uma espécie rara de planta, visando assegurar sua manutenção a longo prazo e explorar um recurso

### **Algumas informações prévias:**

- A espécie ocorre nas partes mais altas de uma cadeia de montanhas
- A espécie é geograficamente rara, mas localmente abundante
- É uma espécie típica de sub-bosque
- Possui um fármaco de importância comercial, que é extraído das sementes
- Ainda não sabemos quase nada dessa espécie

### **Objetivo inicial:**

Estimar o número médio de sementes produzidas por essa espécie

Você tem recursos para fazer 10 unidades amostrais (parcelas de 50 x 50 m).  
Considerando a paisagem abaixo e as características da planta indicadas anteriormente, indique na figura (usando o símbolo "x") como alocaria as UAs.

Oeste (W)



Oceano Atlântico - Leste (E)

Anote no verso da folha quais aspectos da paisagem você acredita que poderiam interferir na produção de sementes da espécie.

## Parabéns!!! Você acaba de receber um financiamento!!

Você tem recursos para fazer 60 unidades amostrais (parcelas de 20 x 20m) .  
Indique na figura (com o símbolo "o") como alocaria essas UAs.



# DIFICULDADES PARA SE OBTER UMA **BOA ESTIMATIVA**

**PROBLEMAS** {  
VIÉS  
IMPRECISÃO

**CAUSAS** {  
DEPENDÊNCIA  
ERROS DE MEDIÇÃO  
FATORES DE CONFUSÃO  
TAMANHO DA AMOSTRA  
PSEUDORREPLICAÇÃO

# A IMPORTÂNCIA DESSES PROBLEMAS ESTÁ RELACIONADA À **FORÇA DE INFERÊNCIA** DESEJADA

## NOSSO OBJETIVO

PERGUNTA CIENTÍFICA - HIPÓTESE - DELINEAMENTO - COLETA - ANÁLISE - CONCLUSÃO



## **FORÇA DE INFERÊNCIA**

**Relação entre validade interna/externa**

# TIPOS DE ESTUDOS ECOLÓGICOS

**OBSERVACIONAIS** - Variáveis **preditoras** não controladas

DESCRITIVOS

ANALÍTICOS

CONTROLE - IMPACTO

**EXPERIMENTAIS** - Variáveis **preditoras** controladas



LABORATÓRIO  
CAMPO

Adaptado de Manly (1992), Schwarz (1998) e Eberhardt & Thomas (1991)

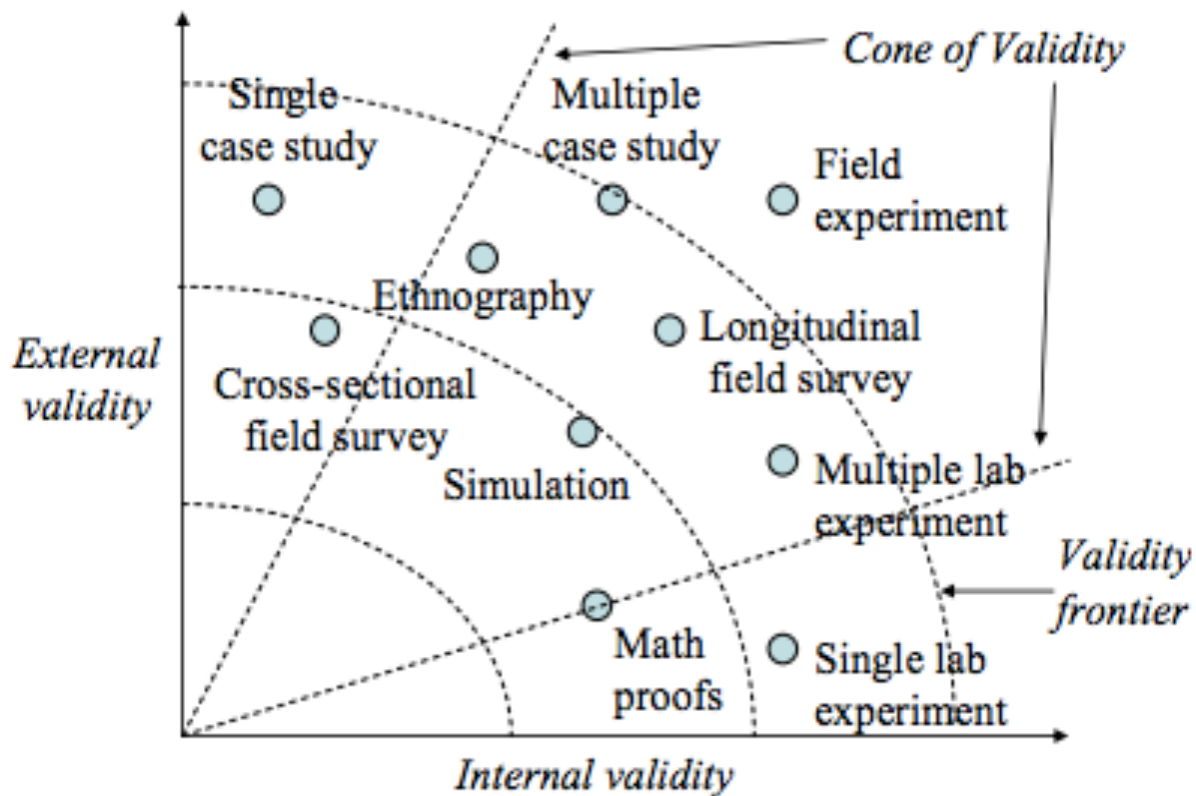
**A nomenclatura e a classificação dos diferentes estudos variam muito entre autores!**

**Validade interna (causalidade)** - Variação observada na variável resposta é comprovadamente causada pela variável preditora que está sendo testada

**Validade externa (generalidade)** - A associação (ou estimativa) observada pode ser generalizada para a população toda, ou para outros grupos, outros contextos

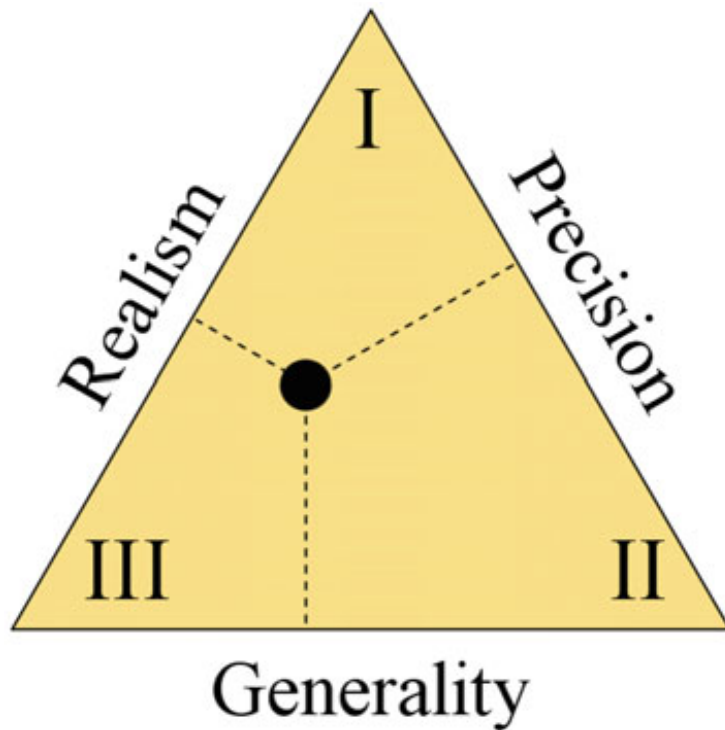
**Alguns autores sugerem que esses atributos seriam excludentes**

**Bhattacharjee (2012) propôs a ideia de "Cone de Validade"**

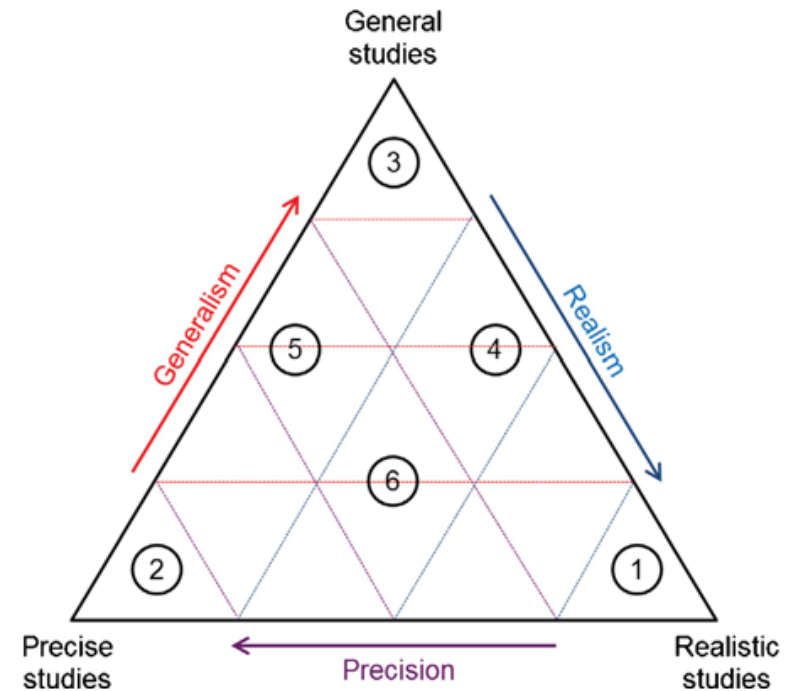




# Triângulo de Levins



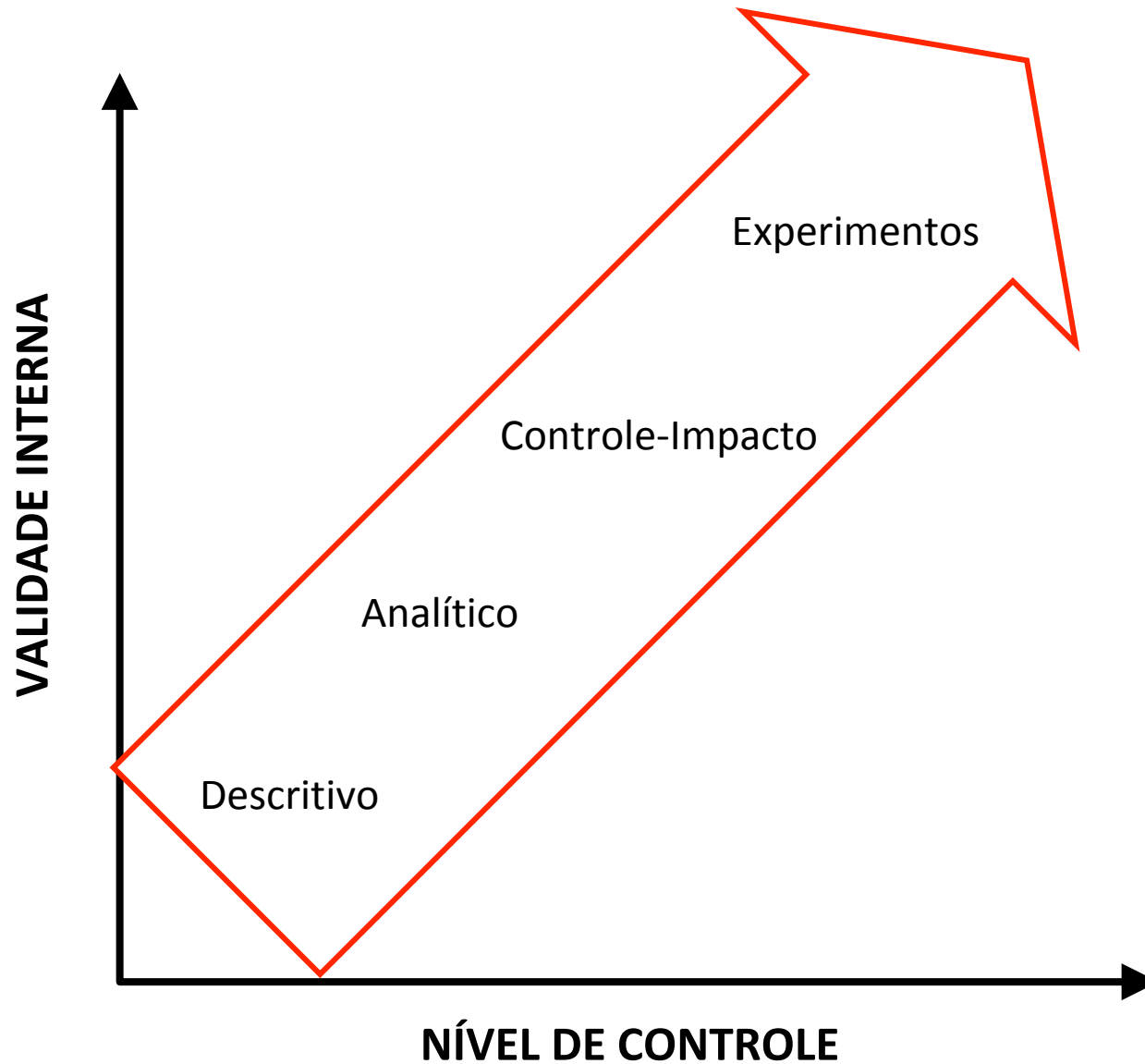
Silverman2018



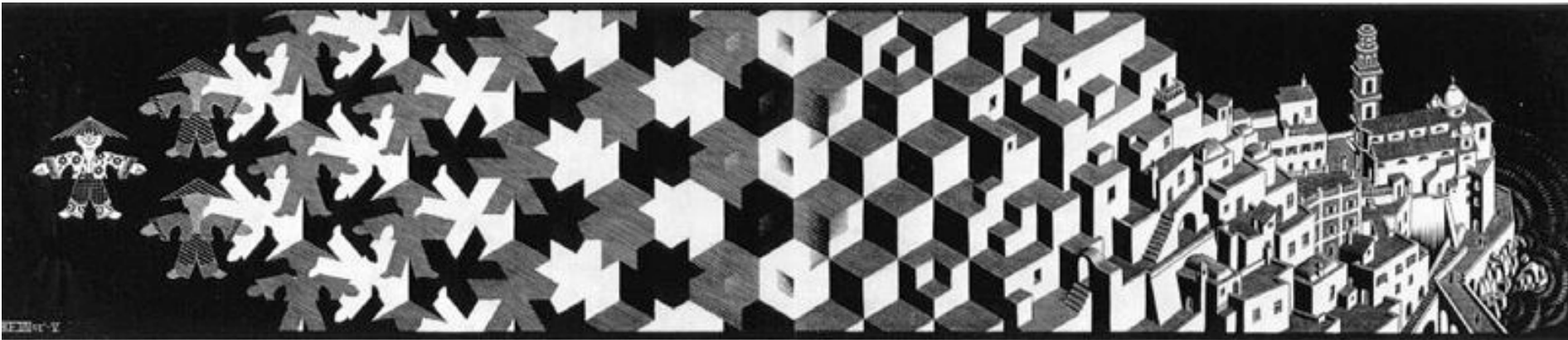
**Fig. 1.** The trade-off between precision, generalism and realism which constrains the design of ecological studies. The definitions of precision, generalism and realism are relative rather than absolute, and can be context dependent. However, if precision of species estimates is determined by the number of populations, generalism by the number of species and realism by whether the experiment was done under artificial or field conditions, the encircled numbers in the plot could correspond to the following types of studies: (1) one species, one population, field site; (2) one species, 50 populations, growth room; (3) 50 species, one population each, growth room; (4) 25 species, one population each, common garden; (5) 25 species, 10 populations each, growth room; (6) 10 species, 10 populations each, common garden.

VanKleunen et al (2014)

Maior nível de **controle das preditoras** -> maior **VALIDADE INTERNA**



# DO SIMPLES AO COMPLEXO



Descrição -> Previsões -> Processos -> Mecanismos

Descritivo

Controle-Impacto

Controle-Impacto

**Experimentos**

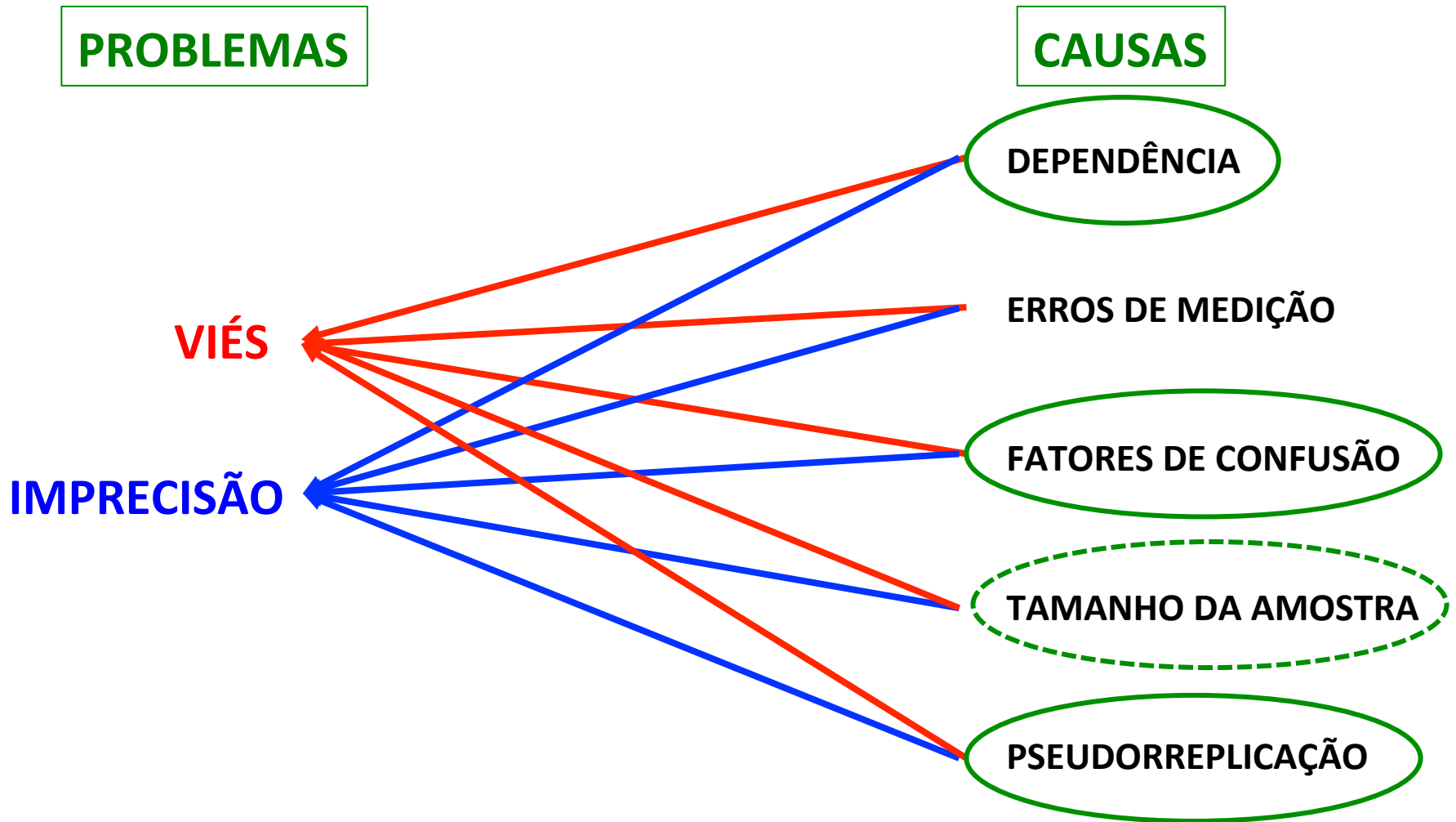
Analítico

Analítico

**Experimentos**

**Experimentos**

# Detalhando os principais problemas para se obter uma boa estimativa



**AMOSTRA = conjunto de unidades amostrais (ou réplicas)**  
**Esse tópico será trabalhado na próxima aula (Power Test)**

# DEPENDÊNCIA

O valor de uma dada unidade amostral é influenciado por outra unidade amostral

- **DEPENDÊNCIA ESPACIAL**

- **DEPENDÊNCIA TEMPORAL**

- **DEPENDÊNCIA DE ORIGEM** (p. ex.: sub-amostras de um mesmo organismo)



## **DEPENDÊNCIA POSITIVA:**

Unidades amostrais dependentes  
são mais similares entre si

**Padrão agregado**

**Muito comum em Ecologia**



## **DEPENDÊNCIA NEGATIVA:**

Unidades amostrais dependentes  
são mais diferentes entre si

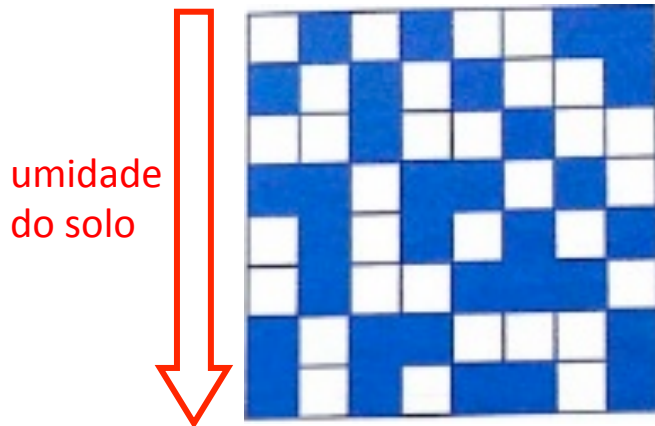
**Ex. Alelopatia**

# Exemplo com **DEPENDÊNCIA ESPACIAL POSITIVA**

## COMPARANDO MÉDIAS DE DUAS AMOSTRAS

AMOSTRA 1

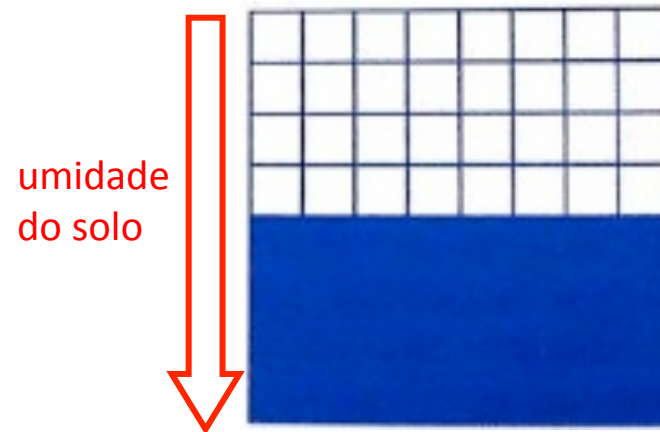
(unidades amostrais independentes)



ESTIMATIVA não enviesada e com maior variação

AMOSTRA 2

(unidades amostrais dependentes)



ESTIMATIVA enviesada e com menor variação

**Maior chance de ERRO TIPO I -> HIPÓTESE NULA REJEITADA ERRONEAMENTE**

As mesmas ideias também se aplicam à **DEPENDÊNCIA TEMPORAL**

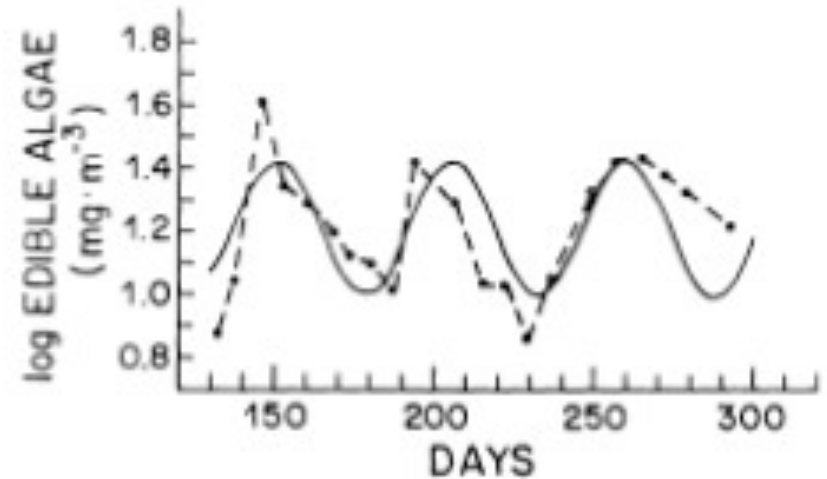
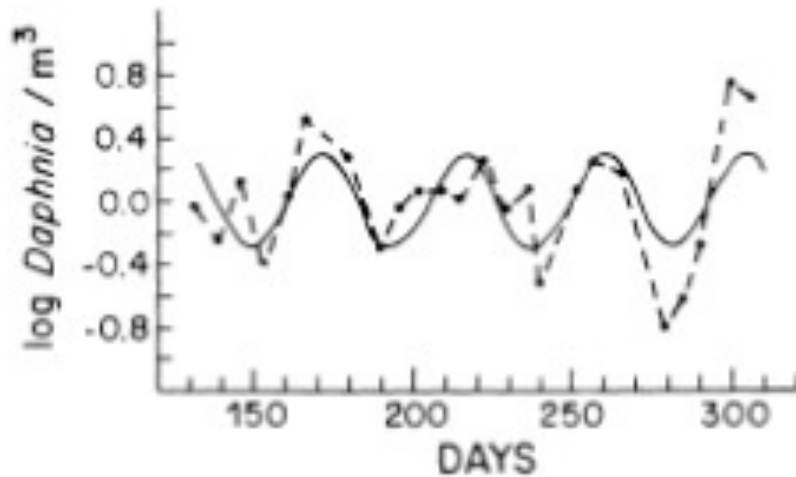


FIG. 2.—An example of class-2 dynamics from Lake Washington (data from Edmondson and Litt 1982). *Daphnia* and edible algae ( $\text{mg C} \cdot \text{m}^{-3}$ ) display joint cycles in abundance. The

Quanto mais próximas as datas de coleta, mais similares serão os valores -> menor variação

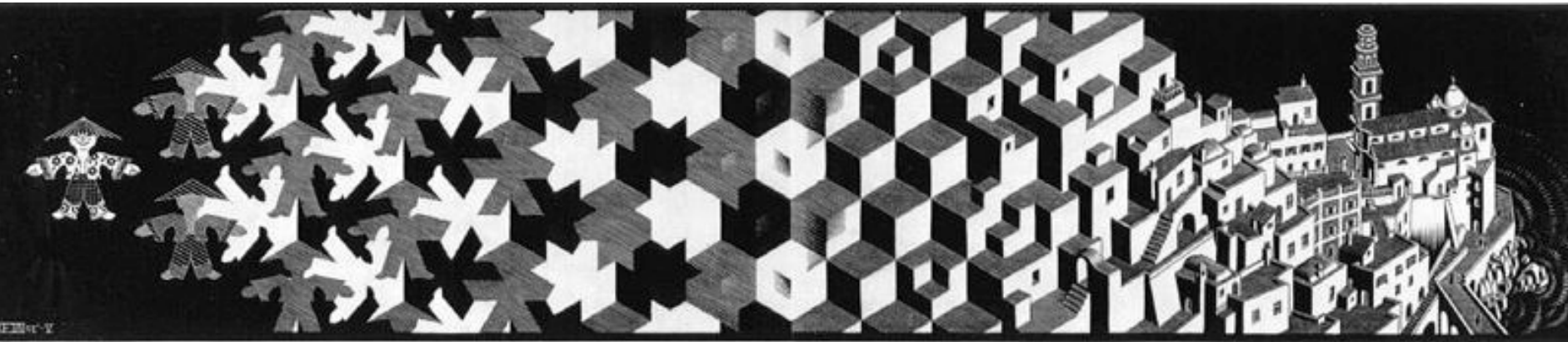
# DEPENDÊNCIA

## COMO EVITAR:

- Conhecimento prévio do sistema
- Aumentando a distância/tempo entre as unidades amostrais (UA)
- Aumentando a heterogeneidade de distâncias/tempos entre as UAs
- Tomando amostras diferentes a cada tempo
- Ver adiante exemplos de delineamentos



# DEPENDÊNCIA



Descrição -> Previsões -> Processos -> Mecanismos

Descritivo

Controle-Impacto

Controle-Impacto

**Experimentos**

Analítico

Analítico

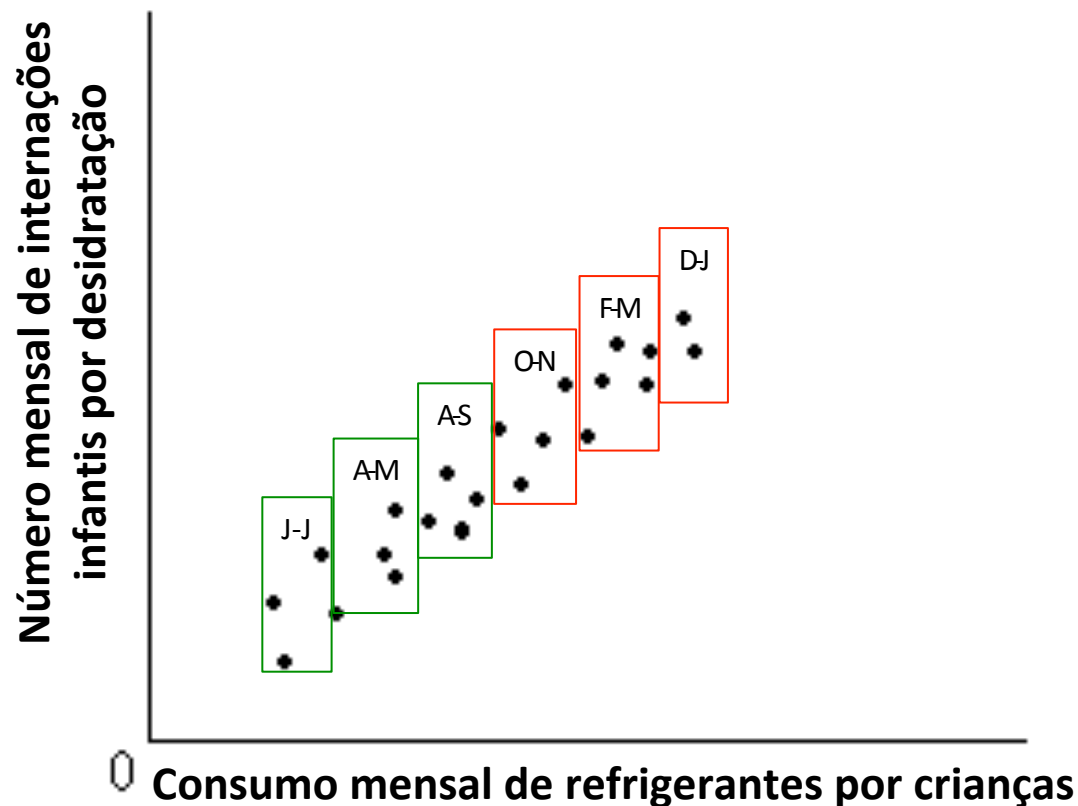
**Experimentos**

**Experimentos**



# FATORES DE CONFUSÃO

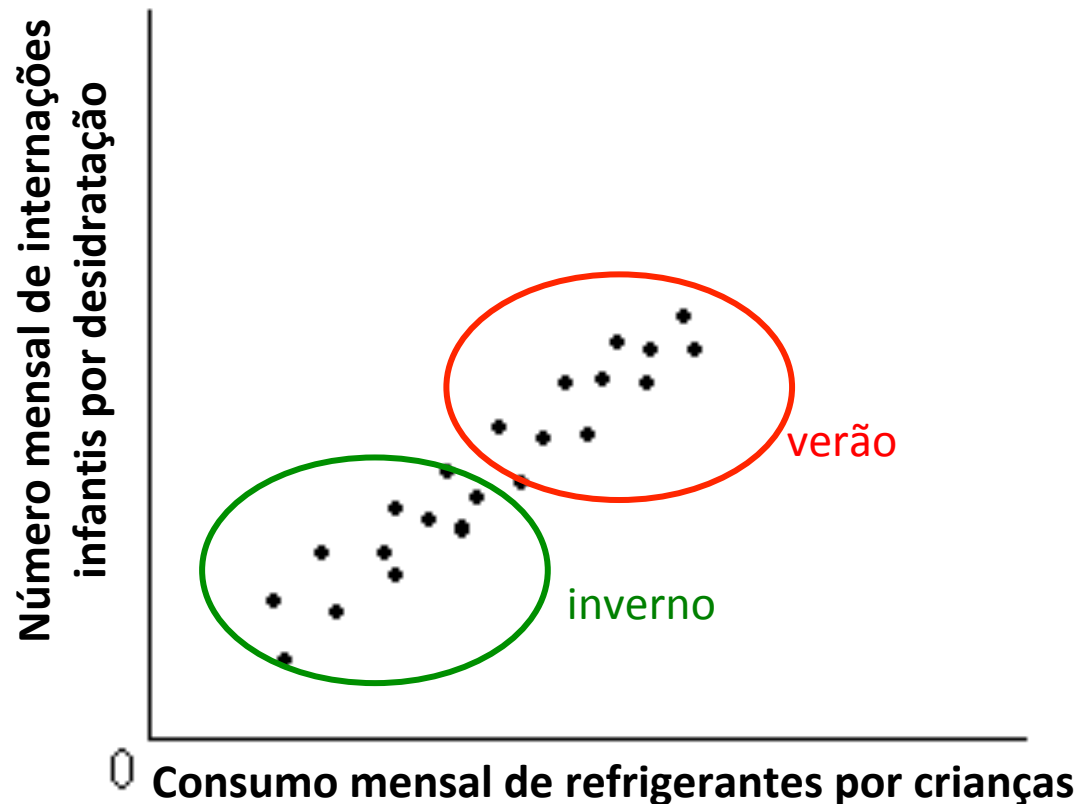
A relação entre duas variáveis pode ser explicada por outro fator



**A variável "mês de amostragem" (ou "estação do ano") não foi incluída na análise**

# FATORES DE CONFUSÃO

A relação entre duas variáveis pode ser explicada por outro fator

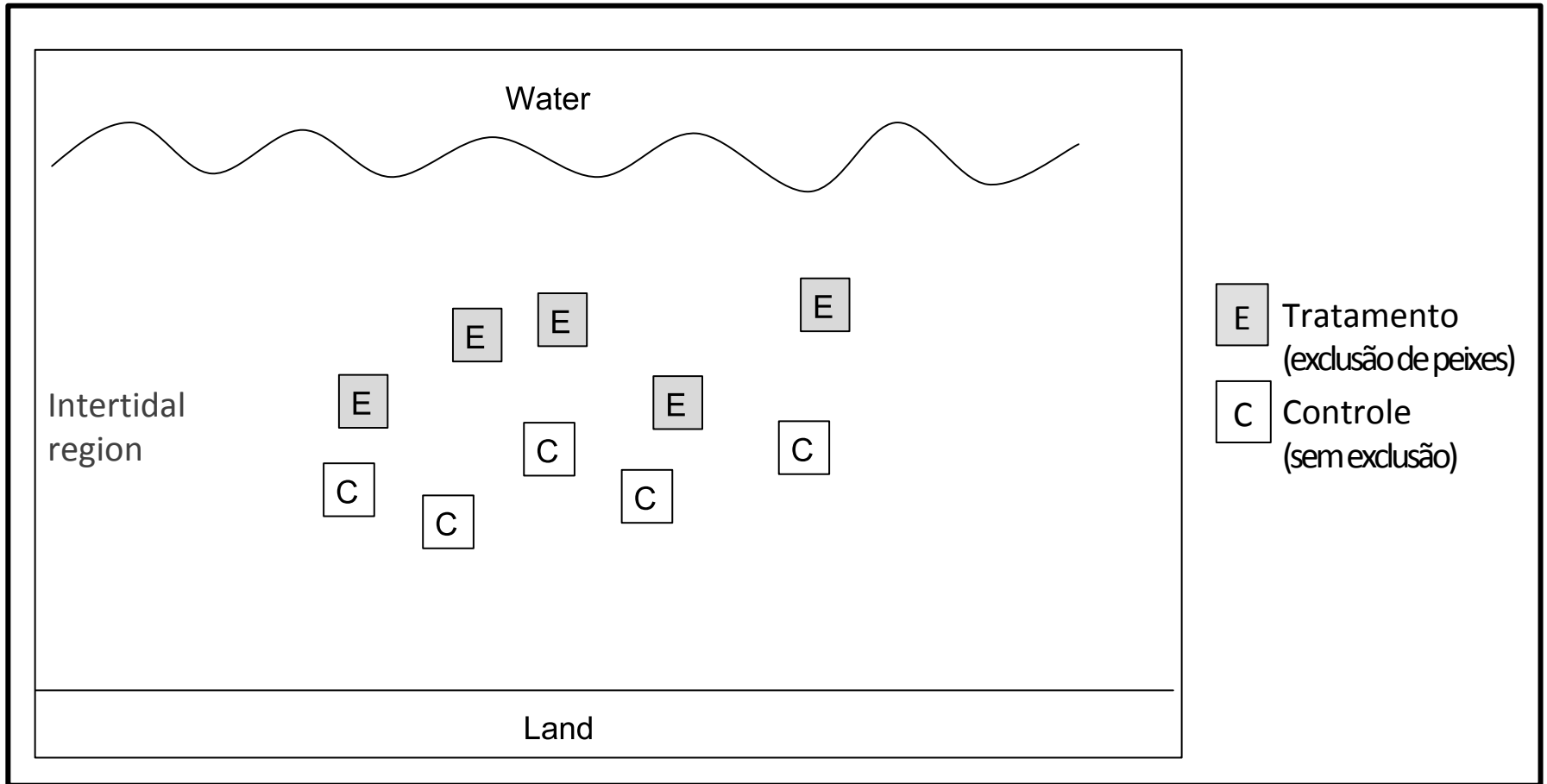


A variável "mês de amostragem" (ou "estação do ano") não foi incluída na análise

# FATORES DE CONFUSÃO

O efeito de um tratamento pode ser explicado por outro fator

Estudo sobre predação da comunidade bentônica por peixes na zona entre-marés



Nesse exemplo, a maior proximidade com o mar poderia explicar as diferenças entre E e C

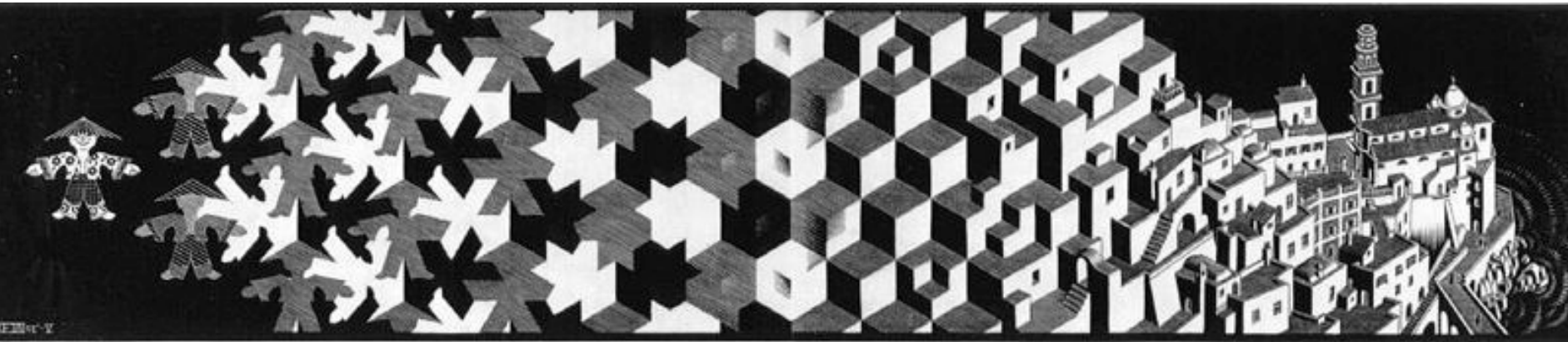
# FATORES DE CONFUSÃO

- Atuam principalmente sobre a **FORÇA DE INFERÊNCIA** dos seus resultados

## COMO EVITAR:

- Conhecimento prévio e/ou estudo-piloto
- Manipulação ou controle de condições
- Medição de variáveis adicionais (Covariáveis) - Antes/Durante/Depois

# FATORES DE CONFUSÃO



Descrição -> Previsões -> Processos -> Mecanismos

Descritivo

Controle-Impacto

Controle-Impacto

**Experimentos**

Analítico

Analítico

**Experimentos**

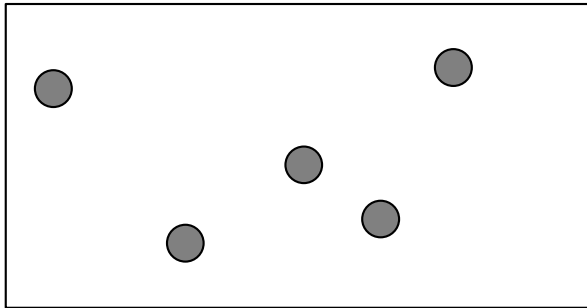
**Experimentos**



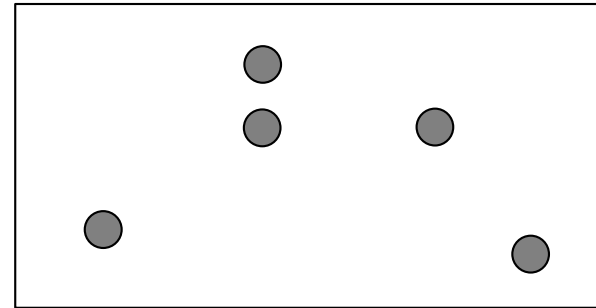
# PSEUDORREPLICAÇÃO

Unidades amostrais tomadas em uma escala e **inferência** feita em outra escala  
Não são réplicas verdadeiras (são sub-amostras) e não são independentes

Área queimada



Área não queimada



Círculo cinza = ponto de amostragem de biomassa de micro-organismos de solo

Qual(is) pergunta(s) poderia(m) ser respondida(s) com os dados obtidos nesse estudo?

Quais são as unidades amostrais no exemplo acima?

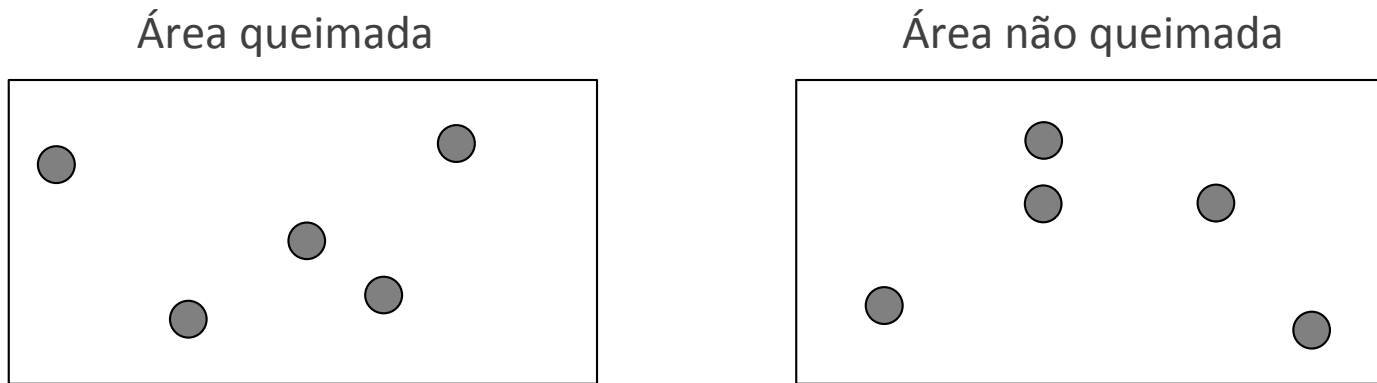
**SERIA UMA PSEUDORREPLICAÇÃO SE A PERGUNTA FOSSE:**

***"Áreas queimadas têm menos biomassa de micro-organismos no solo?"***

As **unidades amostrais** são os **quadrados** ( $n=1$  em cada condição) e os **círculos** são **sub-amostras**

**NÃO SERIA UMA PSEUDORREPLICAÇÃO SE A PERGUNTA FOSSE:**

**"Essa área queimada tem menos biomassa de micro-organismos no solo do que essa área não queimada?"**



Círculo cinza = ponto de amostragem de biomassa de micro-organismos de solo

Nesse caso: as **unidades amostrais** seriam os **círculos** (n=5 em cada área)

**PORÉM, INFERÊNCIA RESTRITA - VALE A PENA?**

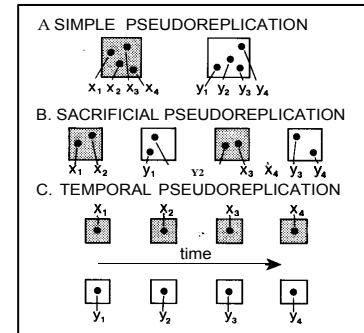


# PSEUDORREPLICAÇÃO (tópico polêmico)

*Ecological Monographs* 54(2), 1984, pp. 187-211  
© 1984 by the Ecological Society of America

## PSEUDOREPLICATION AND THE DESIGN OF ECOLOGICAL FIELD EXPERIMENTS

STUART H. HURLBERT  
*Department of Biology, San Diego State University,  
San Diego, California 92182 USA*



### *On misinterpretations of pseudoreplication and related matters: a reply to Oksanen*

*Stuart H. Hurlbert, Stuart H. Hurlbert, Dept of Biology and Center for Inland Waters, San Diego State Univ., San Diego, California 92182, USA. (shurlbert@sunstroke.sdsu.edu)*

2004, a luta continua...

Sub-amostras aumentam a **precisão** de uma estimativa

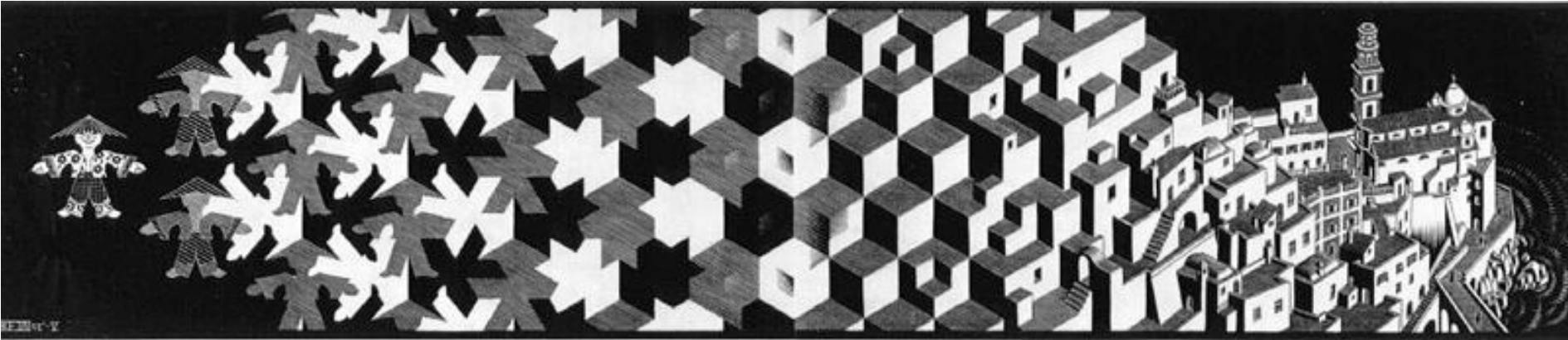
MAS não podem ser tratadas como réplicas independentes! -> **Correção analítica**

Em geral, é melhor investir em  
mais unidades amostrais (réplicas)  
do que em sub-amostras

X

Mas, existem situações que é  
importante investir em sub-  
amostras para não perder réplicas

# PSEUDORREPLICAÇÃO



Descrição -> Previsões -> Processos -> Mecanismos

Descritivo

Controle-Impacto

Controle-Impacto

**Experimentos**

Analítico

Analítico

**Experimentos**

**Experimentos**



Exemplo comum: aquários

Você identifica potenciais **problemas** na amostragem anterior que realizou?

Oeste (W)

Sul (S)



Norte (N)

Oceano Atlântico - Leste (E)

**Gostaria de realocar suas unidades amostrais? Vá pensando sobre isso...**

# **DELINEAMENTOS PARA ESTUDOS OBSERVACIONAIS**

**(não exclusivamente)**

# AMOSTRAGEM ALEATÓRIA SIMPLES

## PRINCÍPIO BÁSICO:

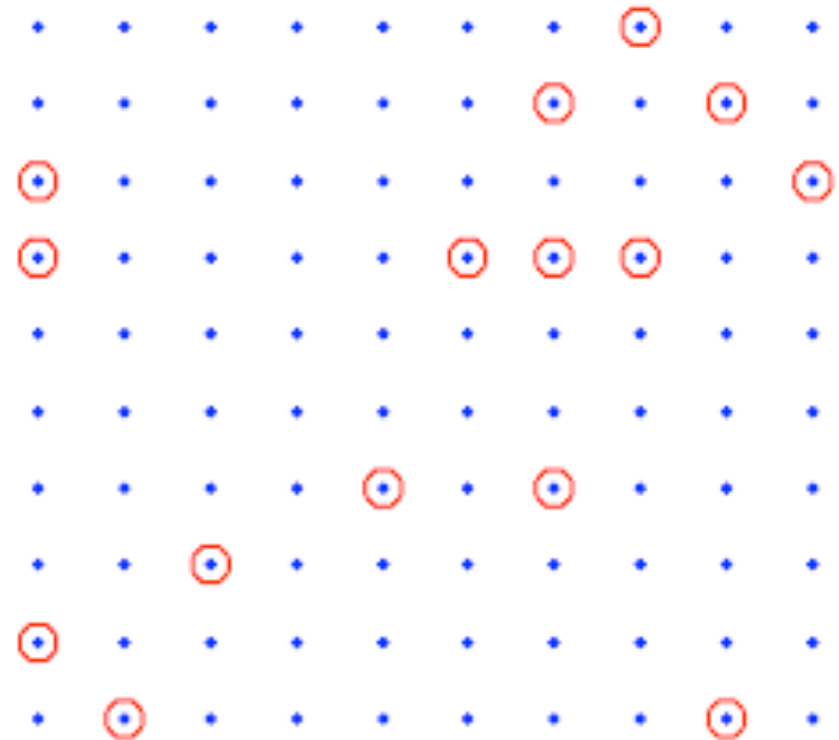
Qualquer unidade amostral deve ter a mesma probabilidade de ser amostrada

### PROCEDIMENTOS:

DEFINIR CLARAMENTE A **POPULAÇÃO (\*)**  
(limites espaciais e temporais )

DEFINIR **UNIDADES AMOSTRAIS(\*)**

DEFINIR A **FORMA DE ALEATORIZAÇÃO (\*)**



(\*) importante para todos os próximos delineamentos

# ALEATORIZAÇÃO

Quais métodos conhecem para definir onde estabelecer uma unidade amostral?

Muitos métodos inadequados (não atendem as premissas da aleatoriedade):

- Atirar pedras ou outros objetos para trás
- Ir contando e pedir para alguém dizer para parar

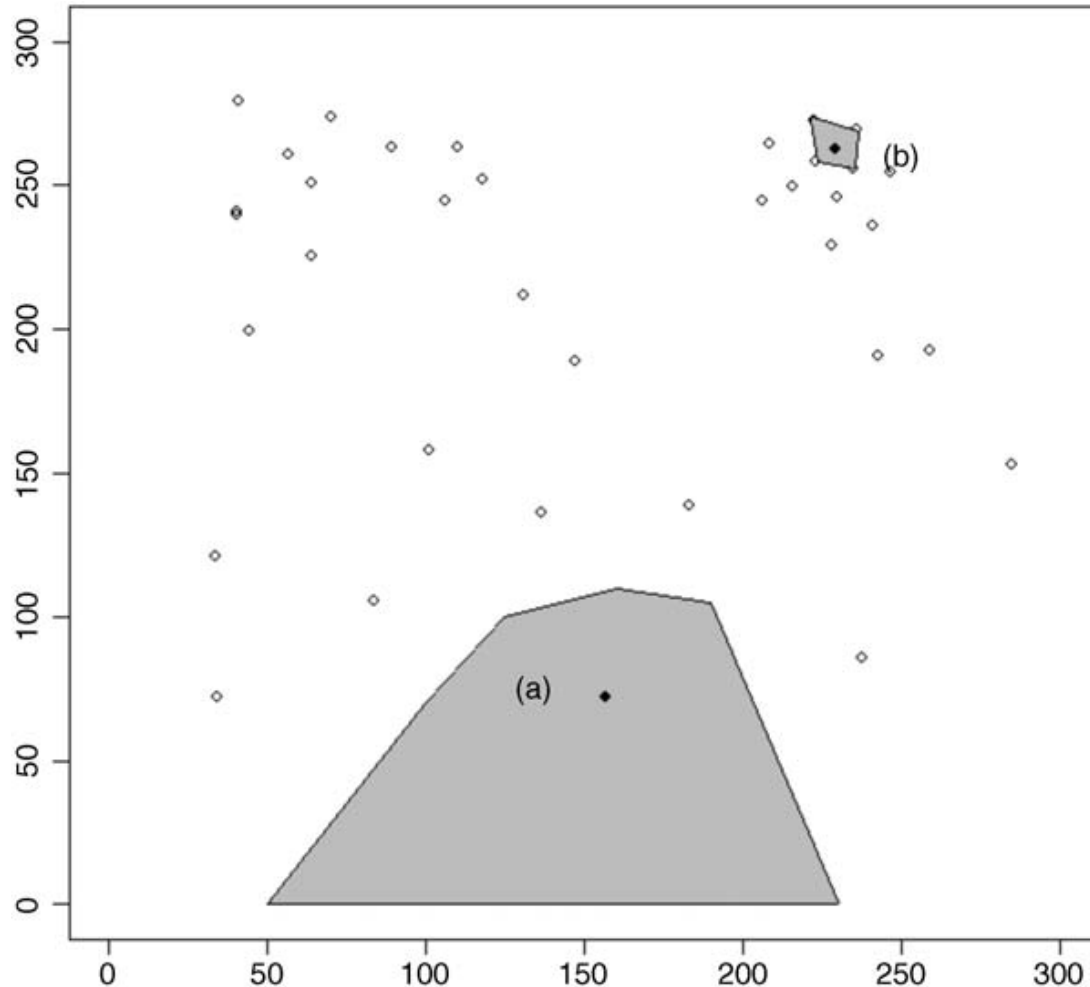
*"Some investigators locate plots by **throwing a rock over your shoulder**, or **walking a certain number of steps with their eyes closed**. Not only are such techniques **dangerous**, they also do not represent random sampling. We call such techniques 'haphazard'." Michael Palmer*



## Outro método inadequado (apesar de muito usado):

- Sortear um ponto xy e amostrar indivíduo mais próximo

**As árvores (a) e (b) dessa parcela têm a mesma chance de serem amostradas por esse método?**



As áreas em cinza definem todos os potenciais pontos xy que indicariam aquela árvore para ser amostrada

# ALEATORIZAÇÃO

## Alguns métodos adequados:

- Tabelas de números aleatórios
- Números aleatórios gerados por programas de computador (ressalvas)
- Últimos dígitos de cronômetro

20	17	42	01	72	33	94	55	89	65	58	60
74	49	04	27	56	49	11	63	77	79	90	31
94	70	49	49	05	74	64	00	26	07	23	00
22	15	78	49	74	37	50	94	13	90	08	14
93	29	12	20	26	22	66	98	37	53	82	62
45	04	77	48	87	77	66	91	42	98	17	26
44	91	99	08	72	87	33	58	12	08	91	12
16	23	91	95	97	98	52	49	40	37	21	46
04	50	65	37	99	57	74	98	93	99	78	30
32	70	17	05	79	58	50	26	54	30	01	88
03	64	59	55	85	63	49	46	61	89	33	79
62	49	00	67	28	96	19	65	13	44	78	39
61	00	95	85	86	94	64	17	47	67	87	59
89	03	90	40	10	60	18	43	97	37	68	97





# AMOSTRAGEM ALEATÓRIA SIMPLES

## VANTAGENS:

SE FOI POSSÍVEL SEGUIR TODOS OS PROCEDIMENTOS INDICADOS :

$$\begin{array}{l} \text{MÉDIA AMOSTRAL} \\ \text{(Estimador)} \end{array} \quad \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} = \begin{array}{l} \text{MÉDIA POPULACIONAL} \\ \text{(Parâmetro)} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{VARIÂNCIA AMOSTRAL} \\ \text{(Estimador)} \end{array} \quad \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \bar{y})^2}{n - 1} = \begin{array}{l} \text{VARIÂNCIA POPULACIONAL} \\ \text{(Parâmetro)} \end{array}$$

(n-1) é usado ao invés de n para corrigir o estimador

**TESTES DE HIPÓTESES PODEM SER REALIZADOS COM SEGURANÇA**

# AMOSTRAGEM ALEATÓRIA SIMPLES

## DESVANTAGENS E PROBLEMAS:

- REQUER UM TAMANHO GRANDE DE AMOSTRA
- POSSÍVEL DIFICULDADE DE ACESSO AOS PONTOS DEFINIDOS
- MUITO ESFORÇO QUANDO OBJETOS ESTÃO AGREGADOS OU SÃO RAROS (localmente)
- SE HOVER HETEROGENEIDADE, AMBIENTES RAROS PODEM NÃO SER AMOSTRADOS

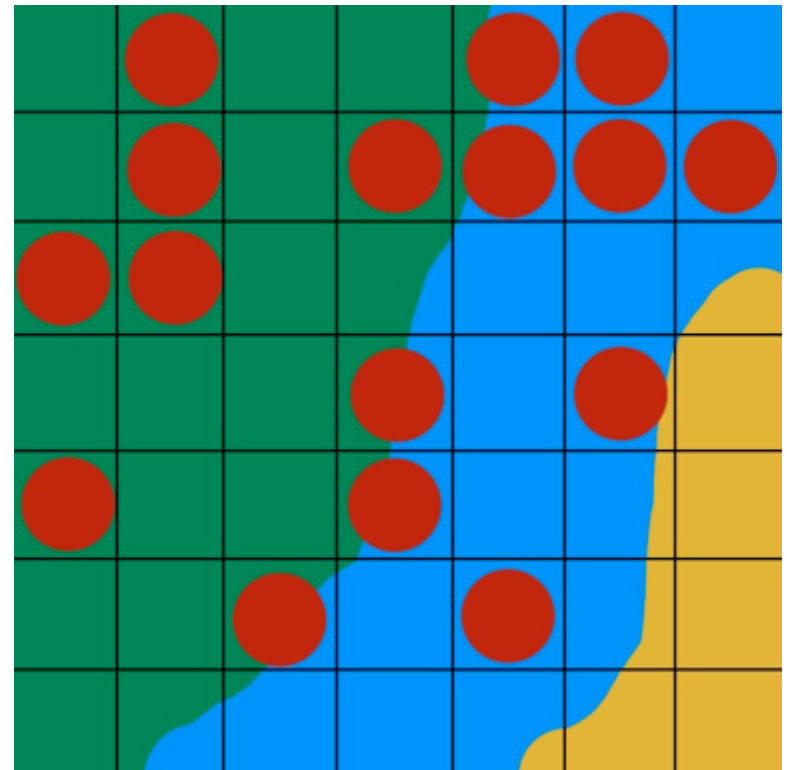
### Amostragem aleatória

• Procedimento estatístico excelente

• Pode exigir muito tempo para encontrar locais

Pode pular alguns habitats

Muitos locais podem estar vazios



# AMOSTRAGEM ALEATÓRIA SIMPLES

## SOLUÇÕES PARA OS PROBLEMAS:

- ESTUDO PILOTO E BUSCA POR CONHECIMENTOS PRÉVIOS
- TÉCNICAS ANALÍTICAS POSTERIORES (Procedimentos de Monte Carlo)
- MEDIÇÕES ADICIONAIS (PARA EVITAR FATORES DE CONFUSÃO; PÓS-ESTRATIFICAÇÃO)
- OPÇÃO POR OUTROS ESQUEMAS DE AMOSTRAGEM (ver a seguir)

# AMOSTRAGEM ALEATÓRIA ESTRATIFICADA

## PRINCÍPIO BÁSICO:

Divide a população em "estratos" e aloca unidades amostrais dentro de cada estrato

## PROCEDIMENTOS:

### DEFINIR ESTRATOS

Princípio: internamente mais homogêneos que entre

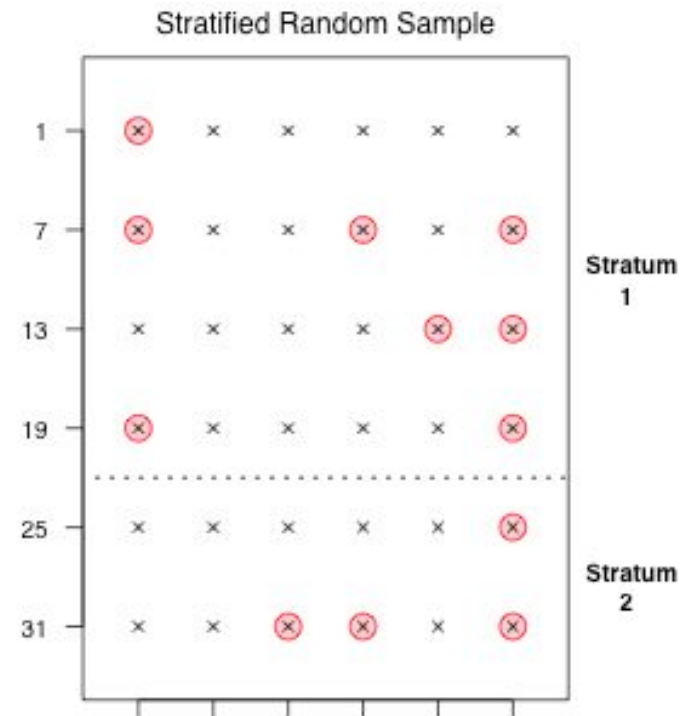
### QUANTIFICAR OS ESTRATOS

PRÉ: Se os fatores da estratificação já forem conhecidos

PÓS: Se os fatores não forem conhecidos *a priori*

### AMOSTRAR OS ESTRATOS

Dentro de cada estrato, a amostragem deve ser **aleatória**



Mas, precisa manter um número mínimo de réplicas em cada estrato (Gotelli & Ellison  $\approx 10$ )

# AMOSTRAGEM ALEATÓRIA ESTRATIFICADA

## VANTAGENS:

SE FOR POSSÍVEL SEGUIR TODOS OS PROCEDIMENTOS INDICADOS:

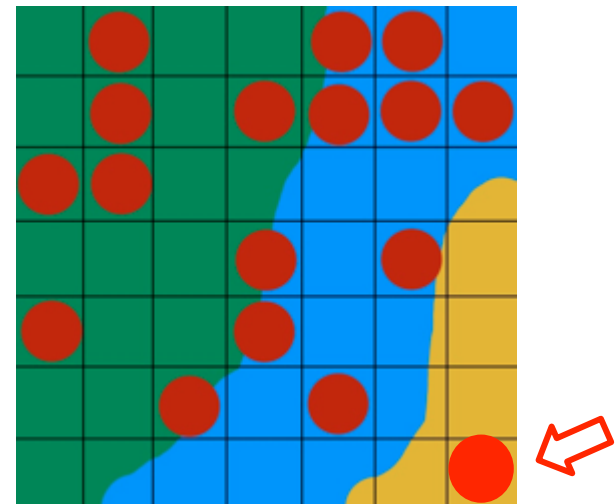
- É POSSÍVEL UTILIZAR A MÉDIA E A VARIÂNCIA COMO ESTIMADORES

$$\bar{y}_{\text{str}} = \sum_{h=1}^l W_h \bar{y}_h$$

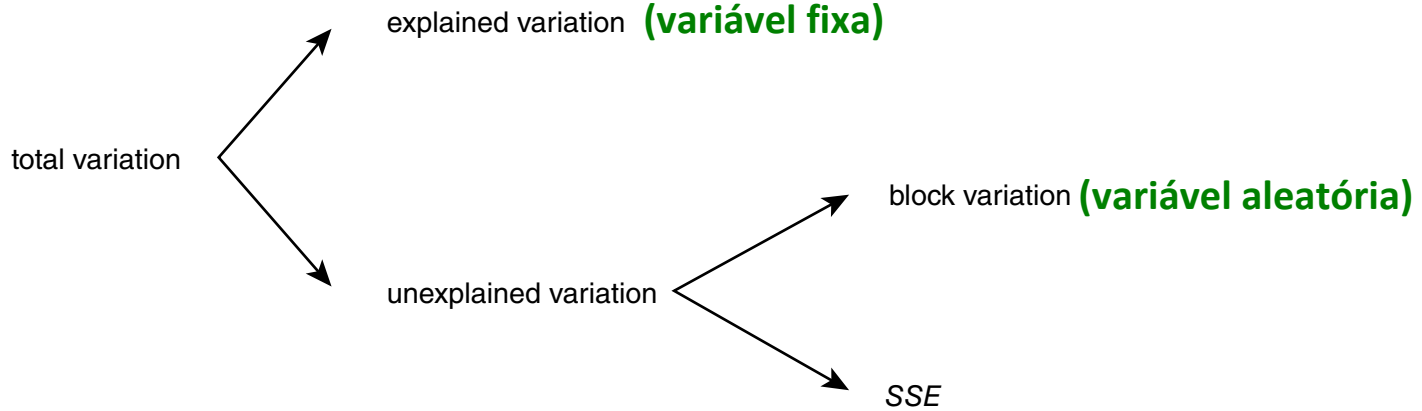
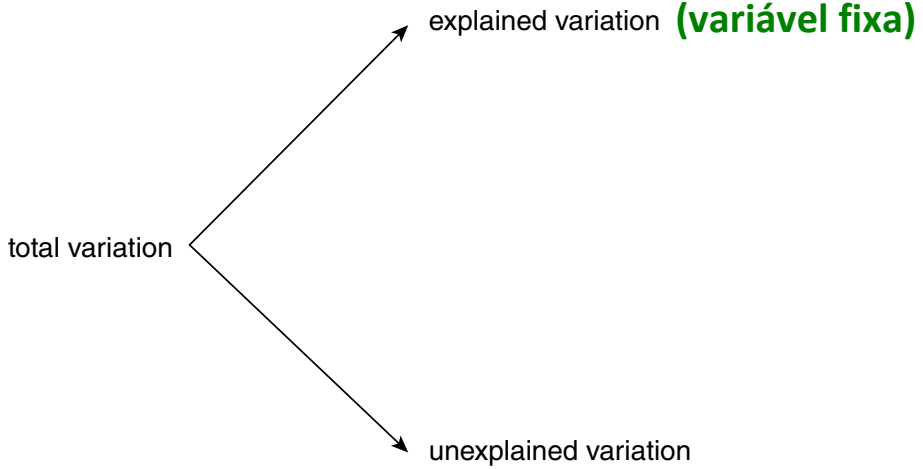
adiciona-se um termo de peso ( $W$ ) para cada estrato  $h$

- MELHORA **MUITO** A SUA ESTIMATIVA COM UM NÚMERO **MENOR** DE UNIDADES AMOSTRAIS

- RESOLVE O PROBLEMA DE AMBIENTES RAROS



# Atribuir parte da variação aos estratos (blocos) diminui a fração de variação não explicada



# AMOSTRAGEM ALEATÓRIA ESTRATIFICADA

## DESVANTAGENS E PROBLEMAS:

- NO CASO DE HETEROGENEIDADE PERCEPTÍVEL

Necessidade de conhecimento prévio e/ou de tomada de dados adicionais

- NO CASO DE HETEROGENEIDADE IMPERCEPTÍVEL

Erro no "grão" para definir estratos

## SOLUÇÕES:

- ANALÍTICAS (**PÓS-ESTRATIFICAÇÃO** com dados adicionais)

- MEDIÇÕES ADICIONAIS

- OPÇÃO POR OUTROS ESQUEMAS DE AMOSTRAGEM

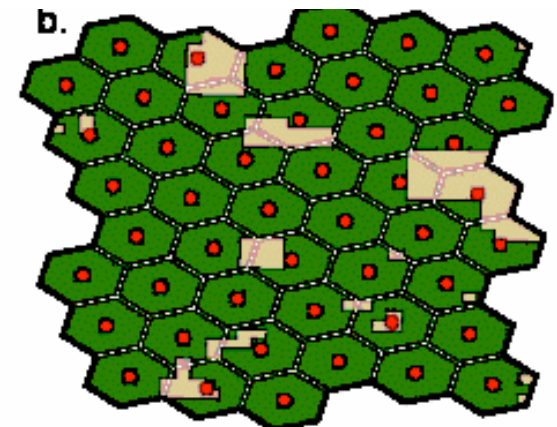
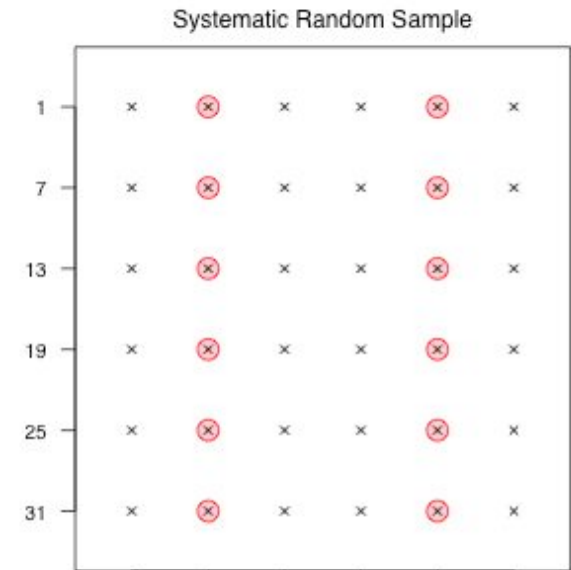
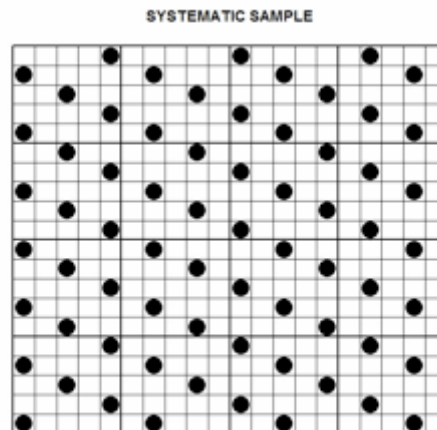
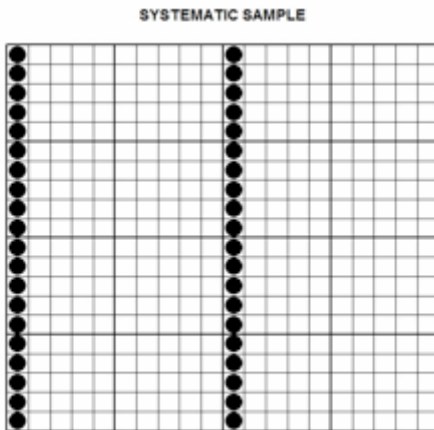
# AMOSTRAGEM SISTEMÁTICA

## PRINCÍPIO BÁSICO:

A partir de um ponto inicial, as unidades amostrais estão espalhadas a uma distância fixa

## PROCEDIMENTO FUNDAMENTAL:

- DEFINIR O ESPAÇAMENTO

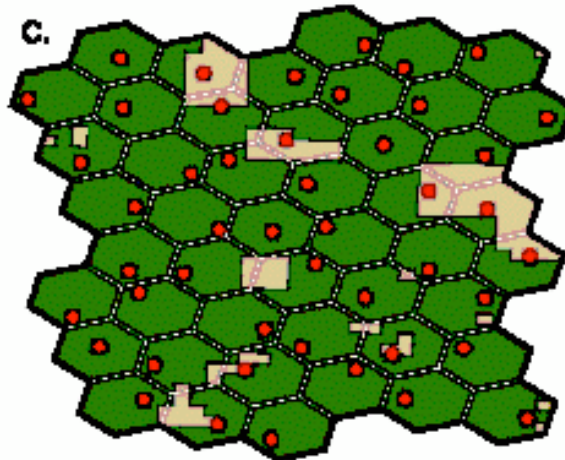




# AMOSTRAGEM SISTEMÁTICA

## VANTAGENS:

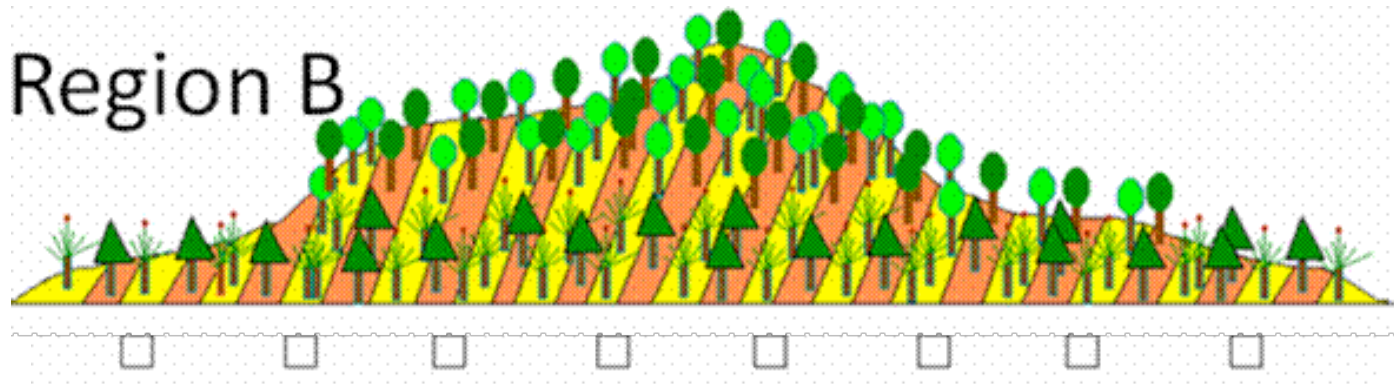
- FÁCIL EXECUÇÃO
- ACESSO FACILITADO AOS PONTOS DE MEDIÇÃO/ FÁCIL RECUPERAÇÃO PARA RECENSOS
- ADEQUADA PARA REVELAR MUDANÇAS AO LONGO DE GRADIENTES
- ESPALHA MELHOR AS UNIDADES AMOSTRAIS (**INTERSPERSÃO**) - Maior representatividade
- PODE SER **ASSOCIADA** COM OUTROS ESQUEMAS DE AMOSTRAGEM



# AMOSTRAGEM SISTEMÁTICA

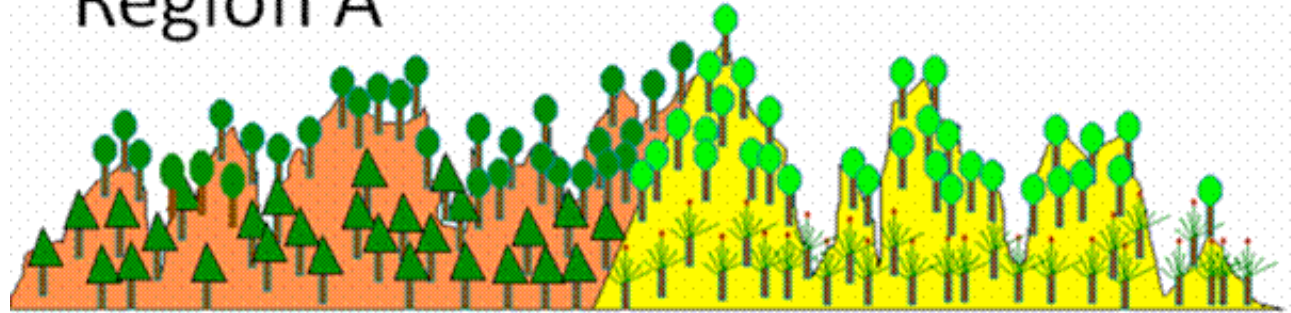
## DESVANTAGENS E PROBLEMAS:

- DIFICULDADE DE DEFINIR O GRAU DE ESPAÇAMENTO
- MAIOR CHANCE DE HAVER **DEPENDÊNCIA** ENTRE UNIDADES AMOSTRAIS
- SINCRONIA INDESEJADA COM ALGUM FATOR AMBIENTAL (obscurece a variância real)



# ESCALA (GRÃO E EXTENSÃO)

Region A



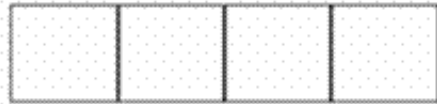
Grão Pequeno X Extensão Pequena



Grão Pequeno X Extensão Grande



Grão Grande X Extensão Pequena



Grão Grande X Extensão Grande



Region B



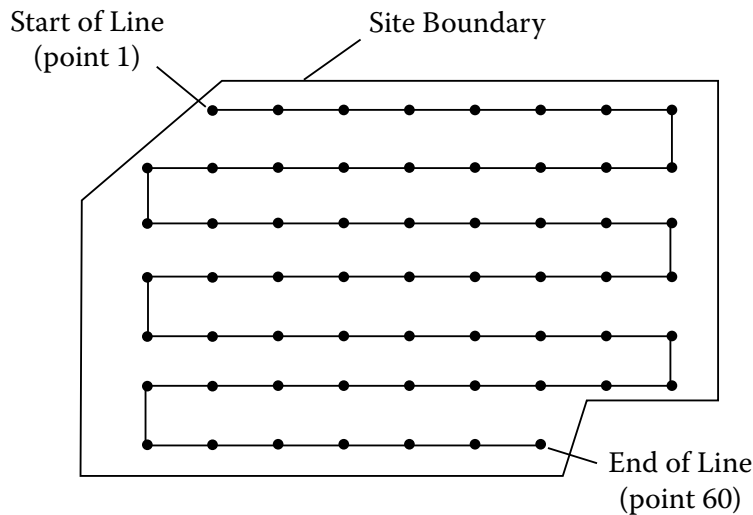
Qual seria a melhor e qual seria a pior amostragem para cada uma das regiões?

# AMOSTRAGEM SISTEMÁTICA

## SOLUÇÕES:

- MEDIÇÕES ADICIONAIS ANTERIORES (Evitar sincronia; definir espaçamento)
- ASSOCIAR COM OUTROS ESQUEMAS DE AMOSTRAGENS
- ANALÍTICAS (PÓS-ESTRATIFICAÇÃO; SERPENTINA)

Existem formas analíticas de incorporar o efeito da amostragem sistemática



$$s_L^2 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (y_i - y_{i-1})^2 / (n-1)$$

usa essa variância corrigida para  
estimar o erro padrão

# VÁRIOS OUTROS ESQUEMAS DE AMOSTRAGEM

**AMOSTRAGEM ANINHADA (Nested/Cluster)**

**AMOSTRAGEM MULTI-ESTÁGIOS**

**AMOSTRAGEM REPETIDA**

**AMOSTRAGEM ADAPTATIVA**

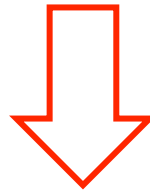
**CAPTURA-RECAPTURA**

**AMOSTRAGEM ROBUSTA -> DETECTABILIDADE**

**TAMBÉM COMBINAÇÕES ENTRE DIFERENTES ESQUEMAS**

## PRINCIPAIS REQUISITOS DE UMA BOA AMOSTRAGEM:

- UNIDADES AMOSTRAIS ALOCADAS DE FORMA **ALEATÓRIA**
- NÚMERO DE UNIDADES AMOSTRAIS DEVE SER "**SUFICIENTE**" (Lei dos Grandes Números)
- UNIDADES AMOSTRAIS **INDEPENDENTES**



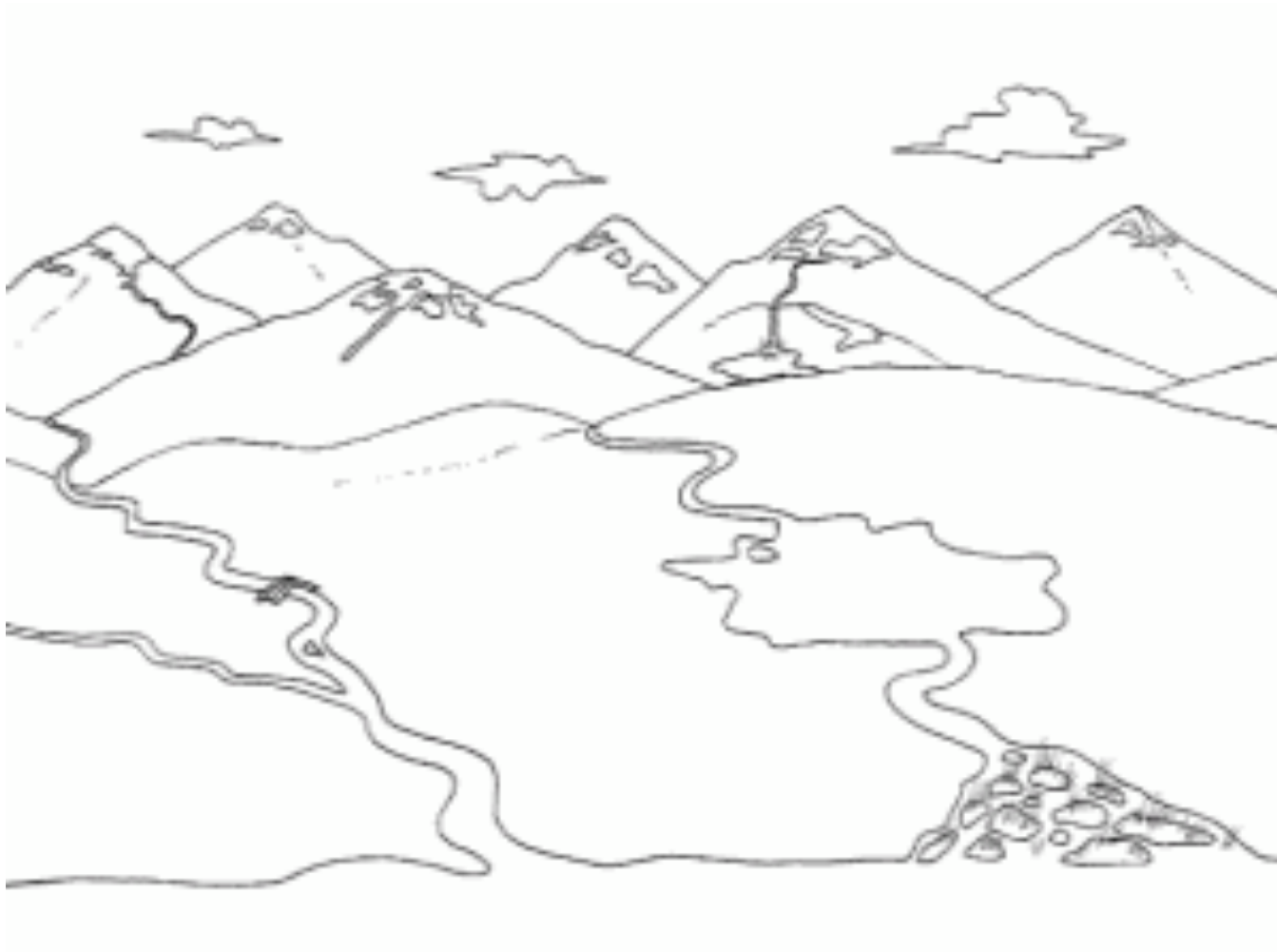
PODEMOS UTILIZAR A AMOSTRA PARA ESTIMAR OS PARÂMETROS POPULACIONAIS

**Número adequado de amostras e aleatorização devem sempre andar juntos!!**

Você identifica potenciais **problemas** na amostragem anterior que realizou? quais?

Oeste (W)

Sul (S)



Norte (N)

Oceano Atlântico - Leste (E)

**Gostaria de realocar as 10 unidades amostrais? Indique na figura 2 com o símbolo "#"**

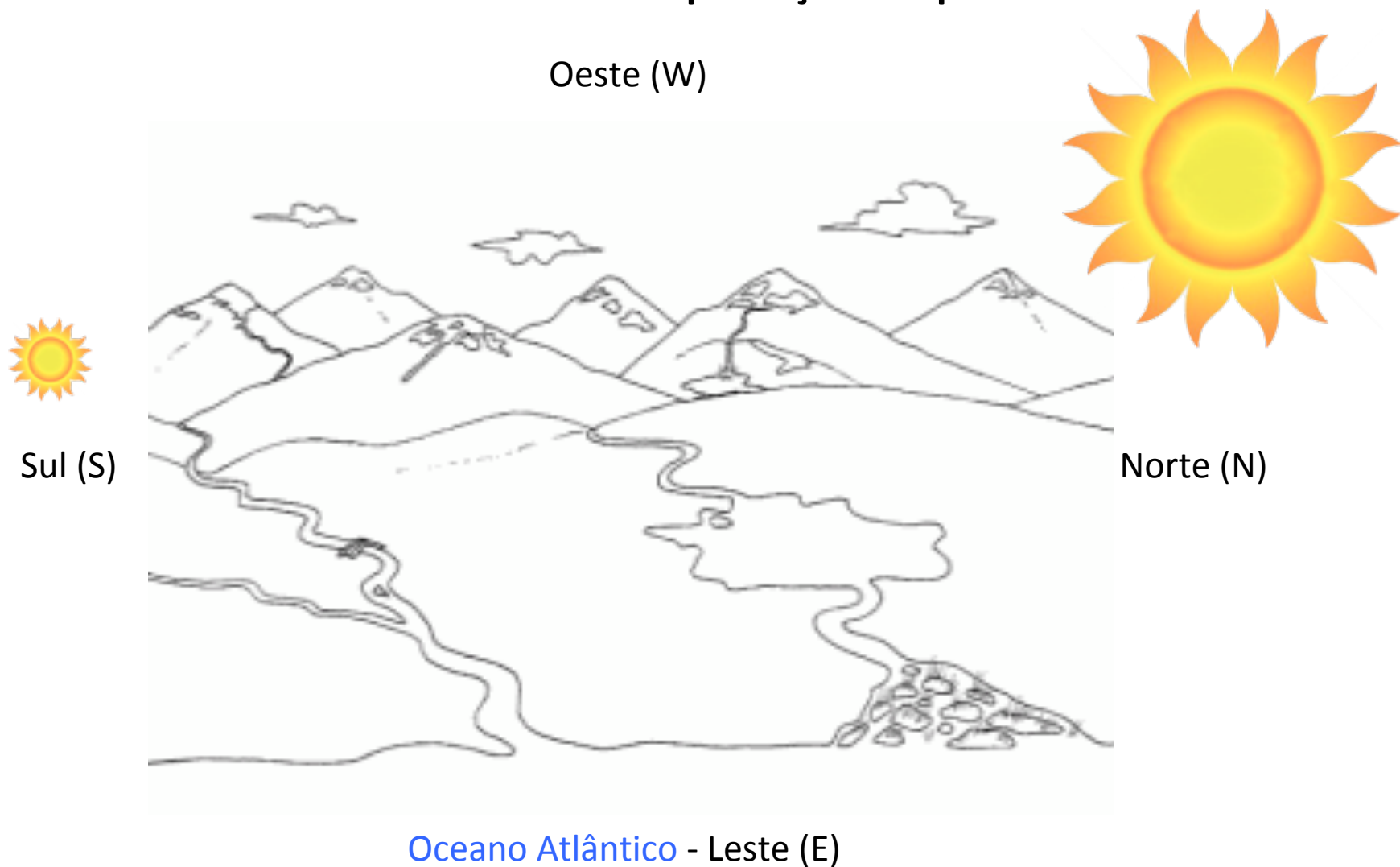
**Gostaria de realocar as 60 unidades amostrais? Indique na figura 2 com o símbolo "+"**

**Após a coleta dos dados da nossa planta, notamos que existe uma variação muito grande na produção de sementes, mesmo considerando as 60 unidades amostrais estabelecidas.**

**Quais fatores poderiam estar determinando essa variação?**



**Será que pode haver diferenças entre as faces N e S das montanhas, em função da maior radiação incidente sobre as folhas na face N, que poderia afetar a fotossíntese e a reprodução das plantas?**



**Como você alocaria agora as 10 unidades amostrais? Indique na figura 2 com o símbolo "z"**

**Como você alocaria agora as 60 unidades amostrais? Indique na figura 2 com o símbolo "\*"**



**Encontramos diferenças significativas na produção de sementes entre unidades amostrais localizadas na face norte (menor produção de sementes) e na face sul (maior produção de sementes)**

**A hipótese de maior incidência de radiação, afetando a reprodução foi corroborada?**

**Qual outro processo/mecanismo poderia determinar essas diferenças?**

**Será que diferenças entre faces N e S ocorrem em função do ressecamento do solo?**

Oeste (W)



Sul (S)

Norte (N)



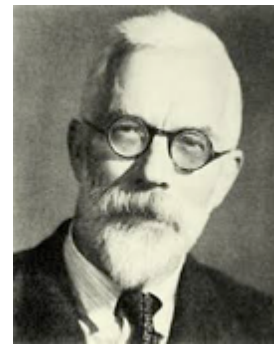
Oceano Atlântico - Leste (E)

**Como separar o efeito da radiação sobre as folhas e do ressecamento do solo?**

**DELINEAMENTOS PARA ESTUDOS EXPERIMENTAIS  
(não exclusivamente)**

# DELINEAMENTOS EXPERIMENTAIS

## O QUE MUDA?



VARIÁVEIS PREDITORAS SÃO MANIPULADAS E ISOLADAS DE OUTROS FATORES



# TRÍADE DE PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

REPLICAÇÃO - ALEATORIZAÇÃO - **CONTROLE**

**Replicação e Aleatorização devem sempre andar juntas!!**

**IDEALMENTE NÃO EXISTEM FATORES DE CONFUSÃO EM UM EXPERIMENTO**  
*(True-experiment)*

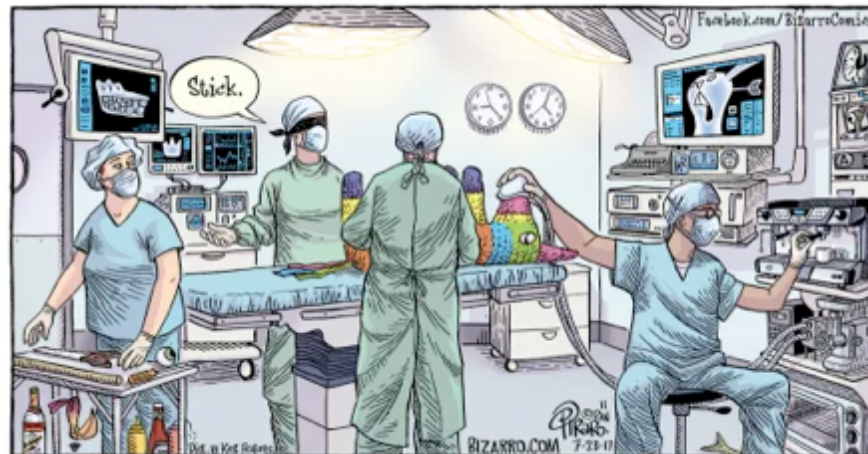
# DIFERENTES TIPOS DE CONTROLE:

## CONTROLE DE EFEITO

- Sem a aplicação do tratamento

## CONTROLE DE PROCEDIMENTO

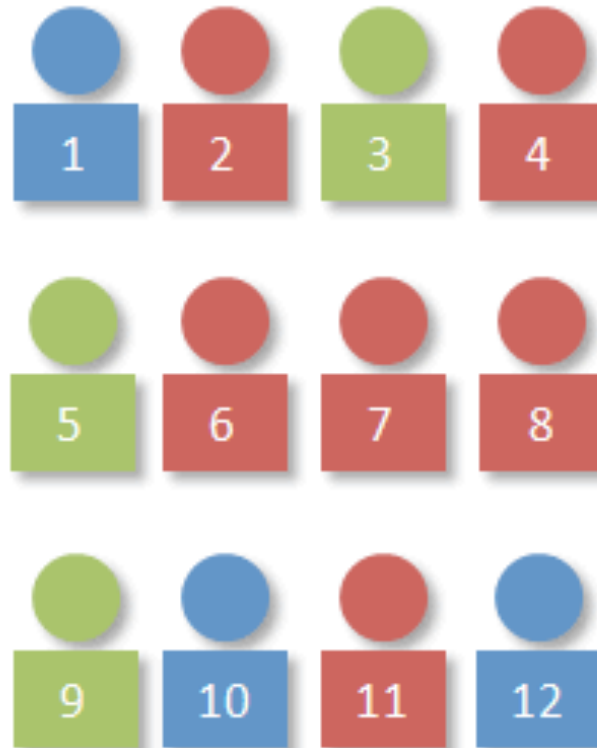
- Gaiolas sem telas
- Controle osmótico (PEG)
- Garrafas sem furos
- Sham surgery



# ALEATORIZAÇÃO SIMPLES - UM FATOR

## PRINCÍPIO BÁSICO:

Qualquer réplica deve ter a mesma chance de ter um tratamento atribuído a ela



ANALITICAMENTE FÁCIL LIDAR COM NÚMEROS DIFERENTES DE RÉPLICAS POR TRATAMENTO

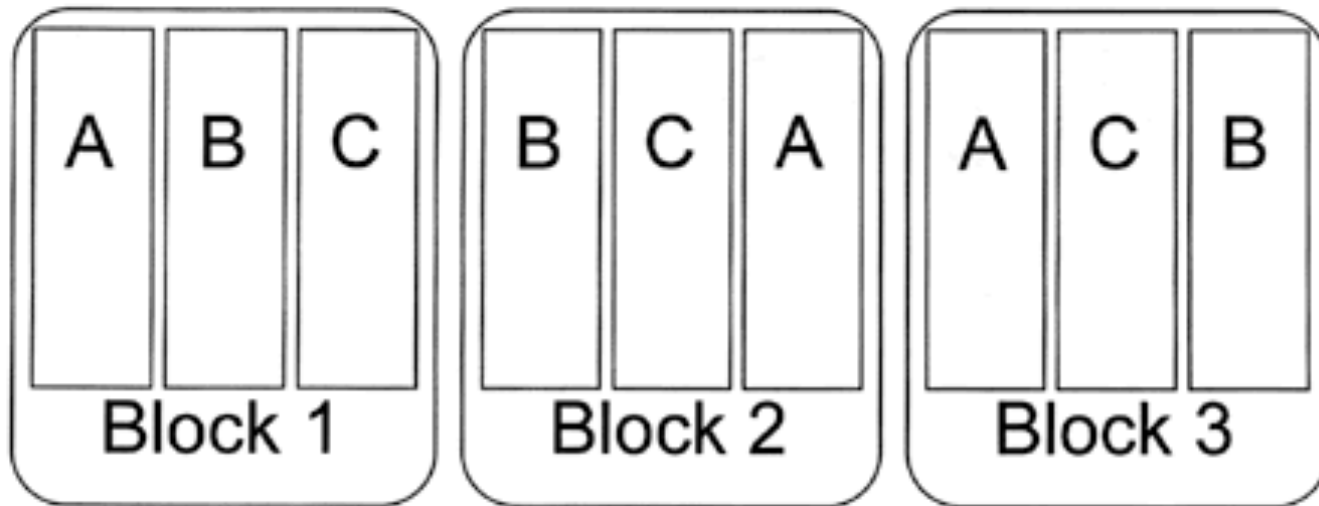
**É o delineamento básico para a ANOVA de um fator**



# BLOCOS ALEATORIZADOS

## PRINCÍPIOS BÁSICOS:

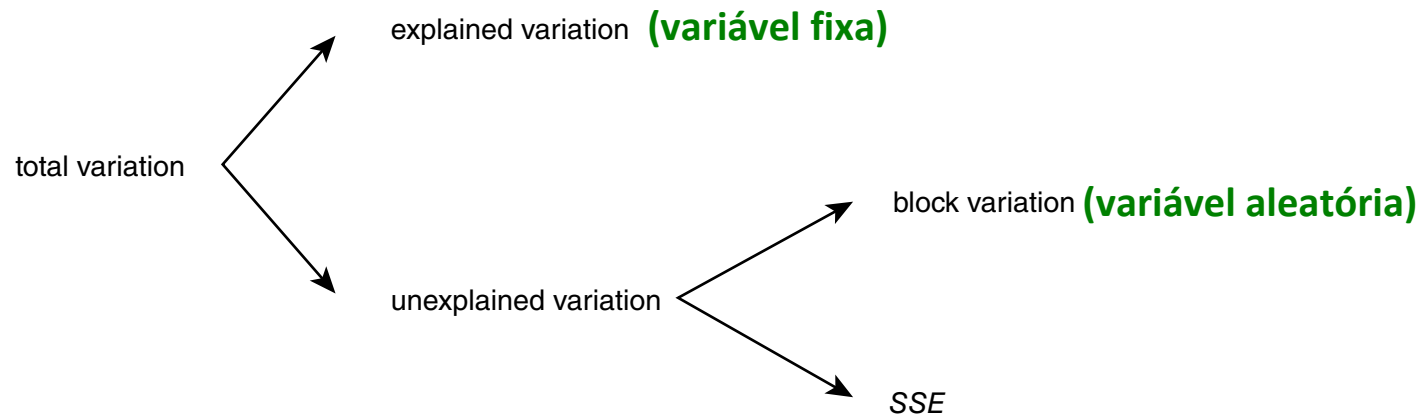
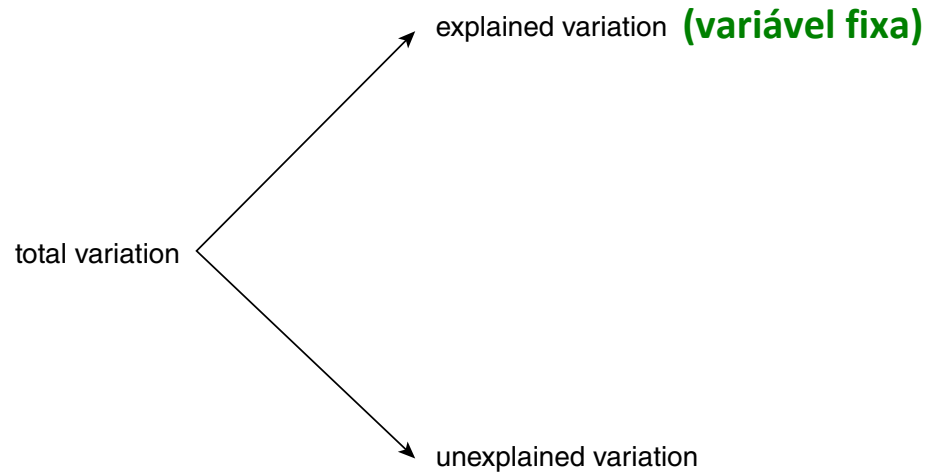
**Blocos são internamente mais homogeneamente do que entre blocos**  
**Alocar tratamentos aleatoriamente dentro de blocos**



Blocos não representam um outro fator conhecido

Minimiza a chance de algum efeito desconhecido atuar em apenas um tratamento

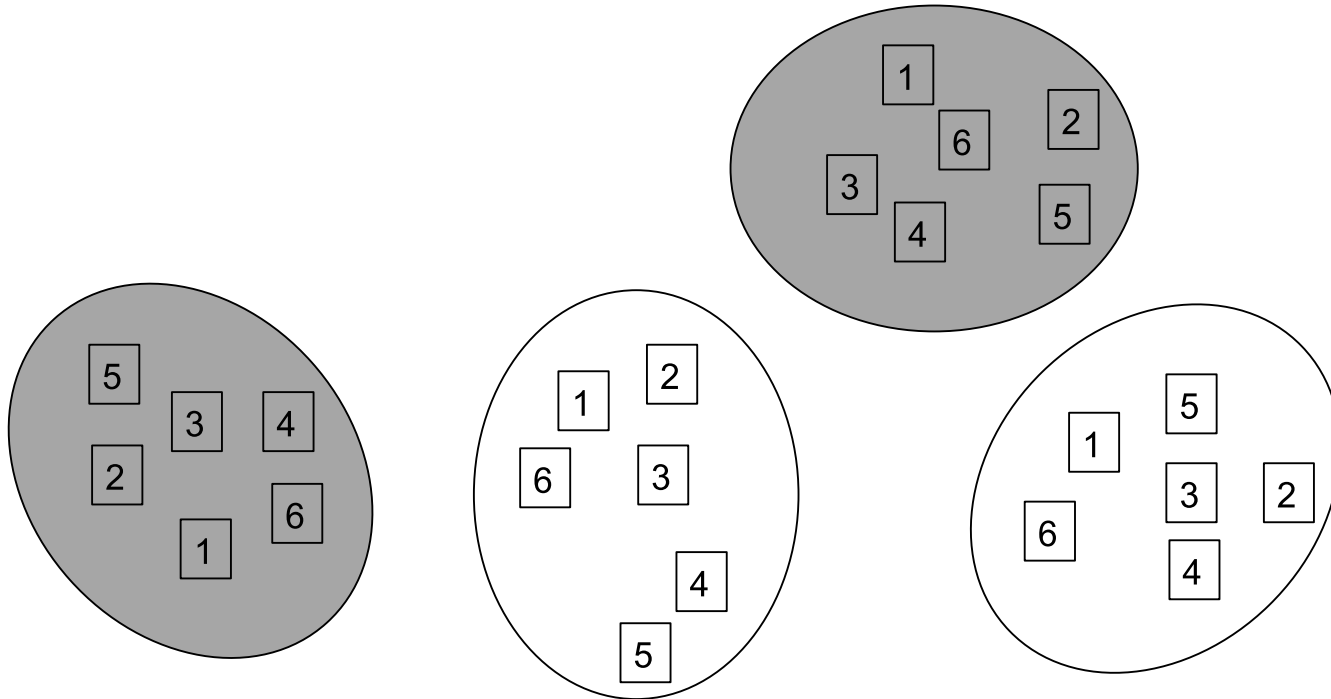
Lembrando: Atribuir parte da variação aos blocos diminui a fração de variação não explicada



# SPLIT-PLOT

## PRINCÍPIO BÁSICO:

Uma réplica de cada nível de tratamento de um dos fatores do experimento em cada réplica do segundo fator. Caso particular de blocos.



### Exemplo

**Fator 1:** 05 antifúngicos diferentes injetados em peixes em gaiolas e um controle (06 níveis)

**Fator 2:** 02 tipos de lagos (cinza = lagos profundos; branco = lagos rasos)

**Cuidado com o ESFORÇO AMOSTRAL ao incluir fatores e/ou níveis dentro dos fatores.  
Aumentos muito rápidos (exponencial)!**

# MULTIFATORIAL - DOIS FATORES (com vários níveis cada)

## PRINCÍPIO BÁSICO:

Os tratamentos são completamente cruzados e ortogonais. Todo nível de tratamento do primeiro fator é representado com todos os níveis do segundo

**Two way ANOVA**  
**2 factors: Row vs. Column factors (R X C)**

COLUMNS:      C levels

	1	2	...	C
1	<i>Group11</i>	<i>Group12</i>	...	<i>Group1C</i>
2	<i>Group21</i>	...	...	...
...	...	...	...	...
R	<i>GroupR1</i>	...	...	<i>GroupRC</i>

ROWS: R levels

**Atenção às combinações que não fazem sentido, não podem ser feitas na prática ou que podem ser perigosas**

# MUITOS OUTROS DELINEAMENTOS

DESIGN TYPE	SCHEMA
A-1 Completely Randomized	
A-2 Randomized Block	
A-3 Systematic	
B-1 Simple Segregation	
B-2 Clumped Segregation	
B-3 Isolative Segregation	
B-4 Randomized, but with inter-dependent replicates	
B-5 No replication	

Hurlbert (1984)

**E MAIS:**  
**QUADRADO LATINO**  
**SÉRIES TEMPORAIS**  
**ANTES-DEPOIS-CONTROLE-IMPACTO (ADCI)**

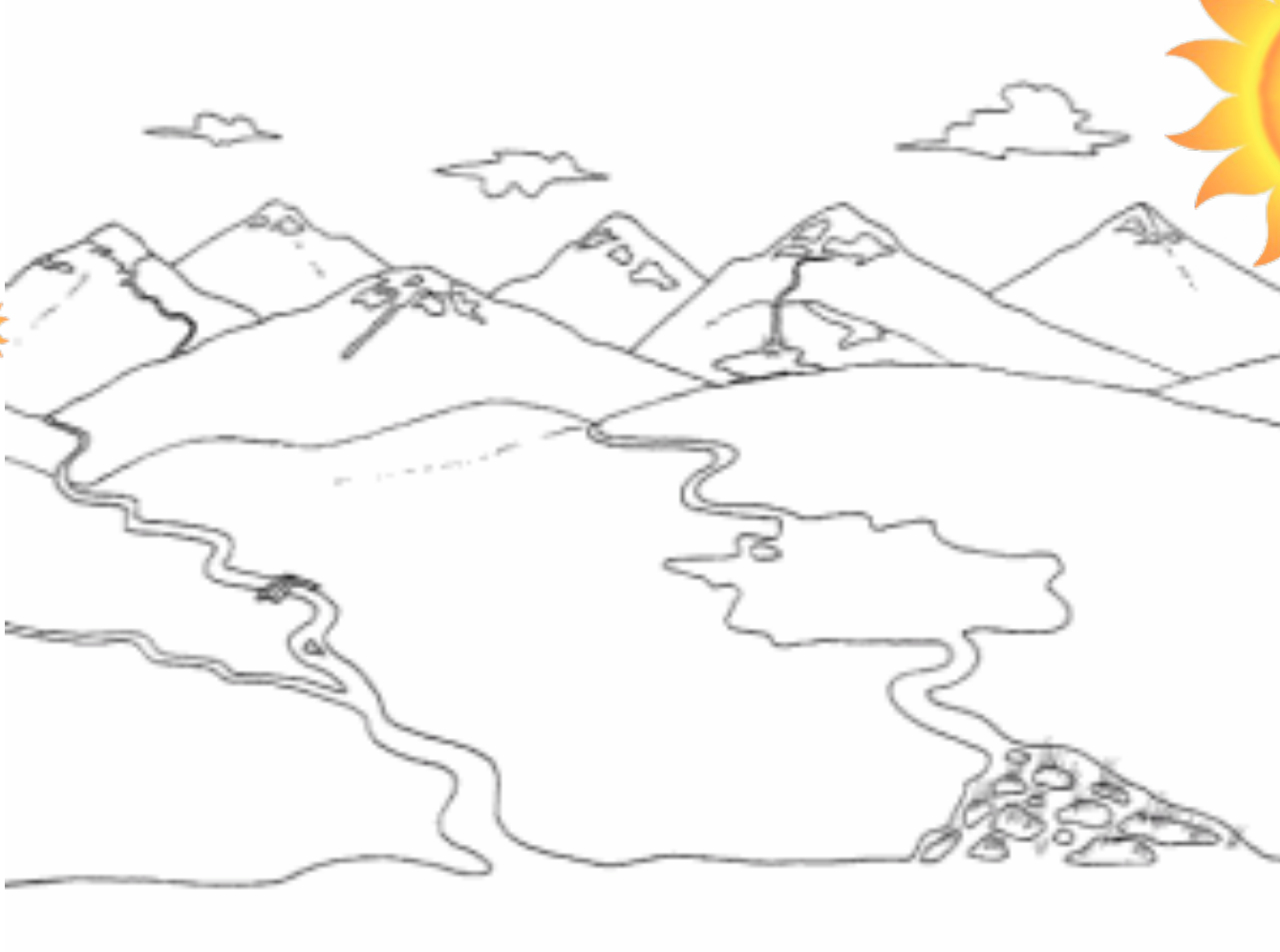
...

O menor número de sementes produzido pelas plantas localizadas na face norte é explicado pelo efeito do excesso de radiação sobre as folhas ou pelo efeito do ressecamento do solo?

Oeste (W)



Sul (S)



Norte (N)

Oceano Atlântico - Leste (E)

# MESMO COM EXPERIMENTOS, É DIFÍCIL DETERMINAR O MECANISMO DEFINITIVO

## **Decisão é filosófica:**

Onde parar?

Qual é o limite?

Qual mecanismo é suficiente para a aplicação dos resultados (custos x benefícios)?

### **CASO DAS BACTÉRIAS E TOXINAS**

- Experimento muito bem delineado demonstra relação entre presença da bactéria A e a doença "mal do estatístico". Nos resultados existe uma certa variação, mas dentro dos limites aceitos.
- Bactéria A tem a toxina X, mas nem sempre; Doentes nem sempre têm bactérias A e são podem ter;
- Bactéria B também tem toxina X, mas nem sempre (variação nos resultados de manifestação da doença). Resultados similares aos da bactéria A

**Mecanismo: Bactérias ou toxinas? Faz diferença na aplicação? Na Profilaxia?**

## Outros exemplos

- Alelopatia sem controlar PEG
- Adição de fertilizantes sem analisar alteração de pH do solo (i.e. não foi a fertilidade e sim o pH que promoveu mudanças)

## Outros problemas

### Exemplo de manipulação excessiva:

*Clones seriam bons para fazer experimentos de efeitos de remédios?*

Talvez não, pois não exprimem a variação entre indivíduos.

Mas servem para quantificar a variabilidade devido a outros fatores (ambientais, manipulação, etc)



## Resumo e algumas dicas importantes:

- A definição de o que é um bom delineamento depende da pergunta do estudo;
- Sempre será fundamental ter a população estatística definida *a priori* e claramente;
- Muitas decisões são baseadas em experiência;
- Se não tiver experiência, procure a literatura;
- Todas as decisões devem ser embasadas em algo concreto, que possa ser justificado;
- Prefira sempre a aleatorização do que a conveniência na hora de definir unidades amostrais/experimentais(Incorpore a aleatorização);
- Estratificar é bom, mas o delineamento precisa ser incorporado na análise adequada;
- Se os planos iniciais não derem certo no campo/laboratório pare e reflita novamente sobre as implicações de cada decisão;
- Quando estiver em campo/laboratório e algo não funcionou como planejado durante a coleta de dados, sempre anote as mudanças realizadas;
- Um bom delineamento consegue até prever se uma moeda vai dar cara ou coroa (ver artigo sobre o Euro e dos Bayesianos).

