

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.

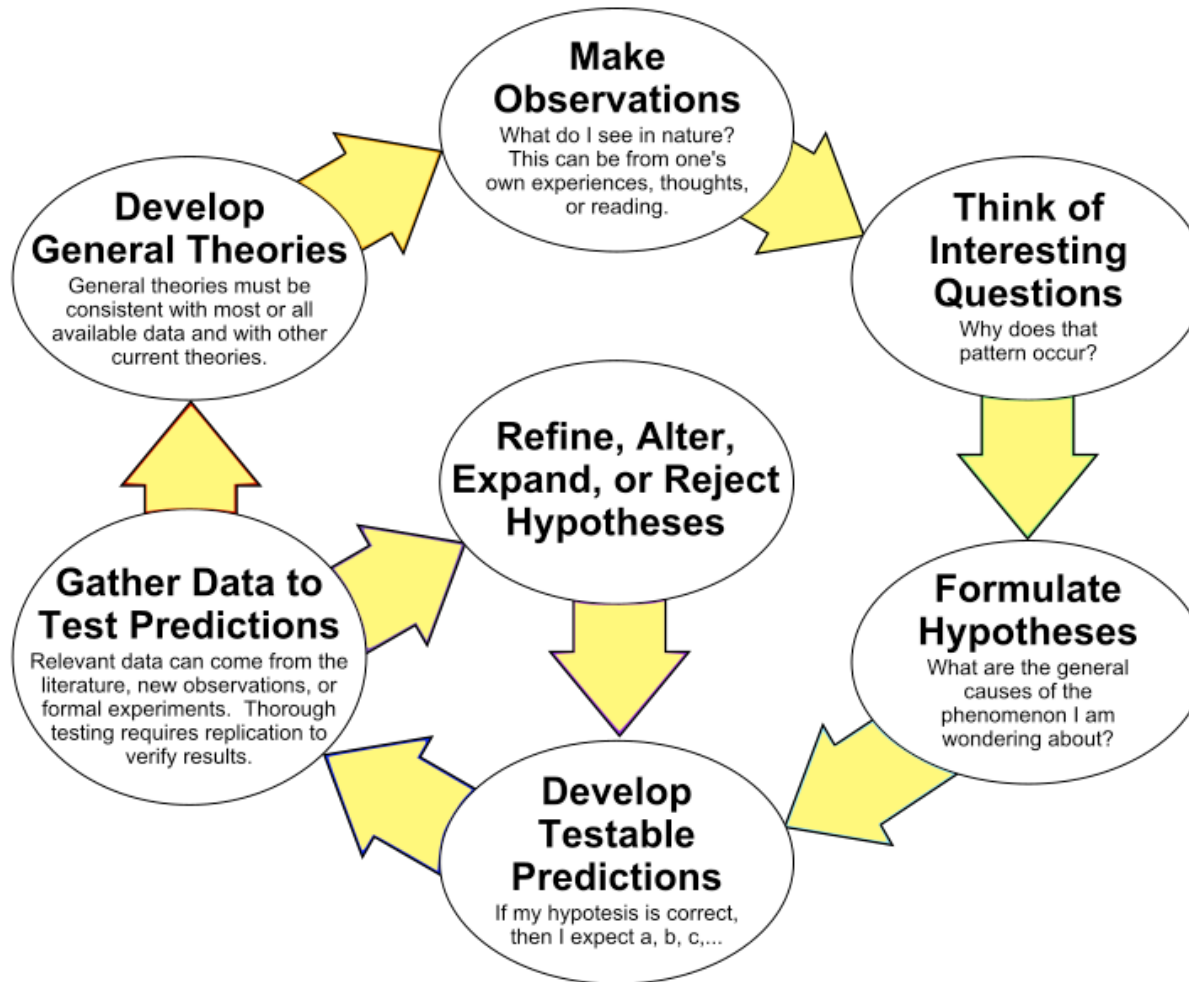
Bake until thoroughly cooked.

Garnish with additional observations.

Too simple!

ETAPAS DO MÉTODO CIENTÍFICO

The Scientific Method as an Ongoing Process



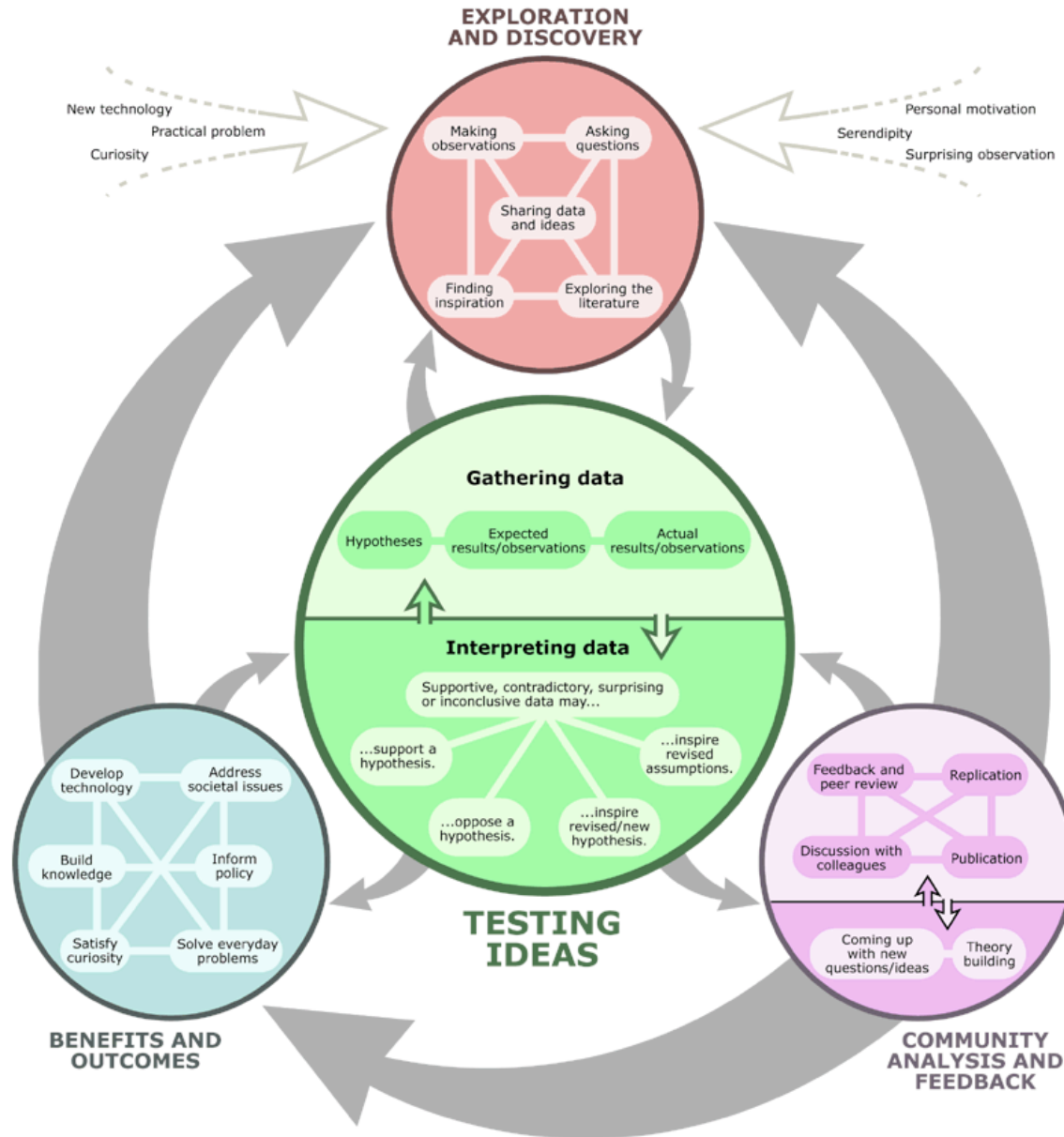
ETAPAS DO MÉTODO CIENTÍFICO



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



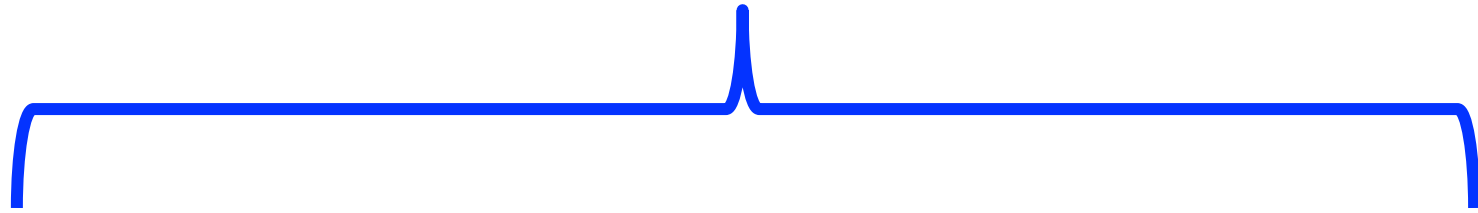
DELINEAMENTO

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)

Tamanho de amostra
Distribuição espacial
Esforço amostral possível



Premissas

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!**"

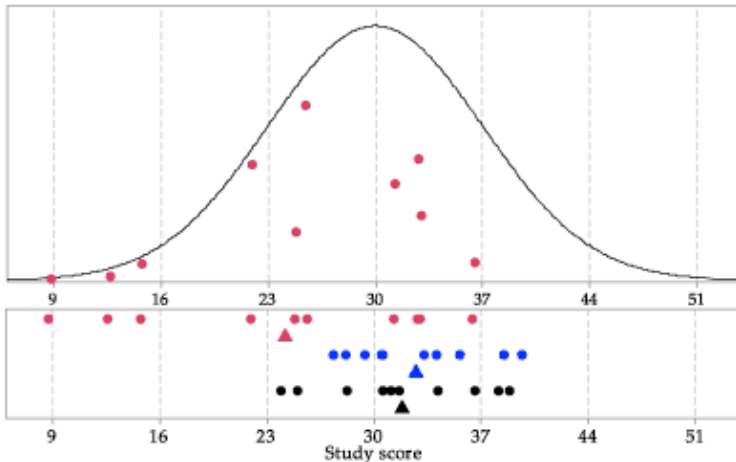
Michael Palmer

INCERTEZAS

VARIÁVEIS ALEATÓRIAS

INCERTEZAS INTRÍNSECAS DA POPULAÇÃO ESTATÍSTICA

Yet another ten randomly sampled study scores
from a Normal distribution of study scores, with mean=30, standard deviation=7

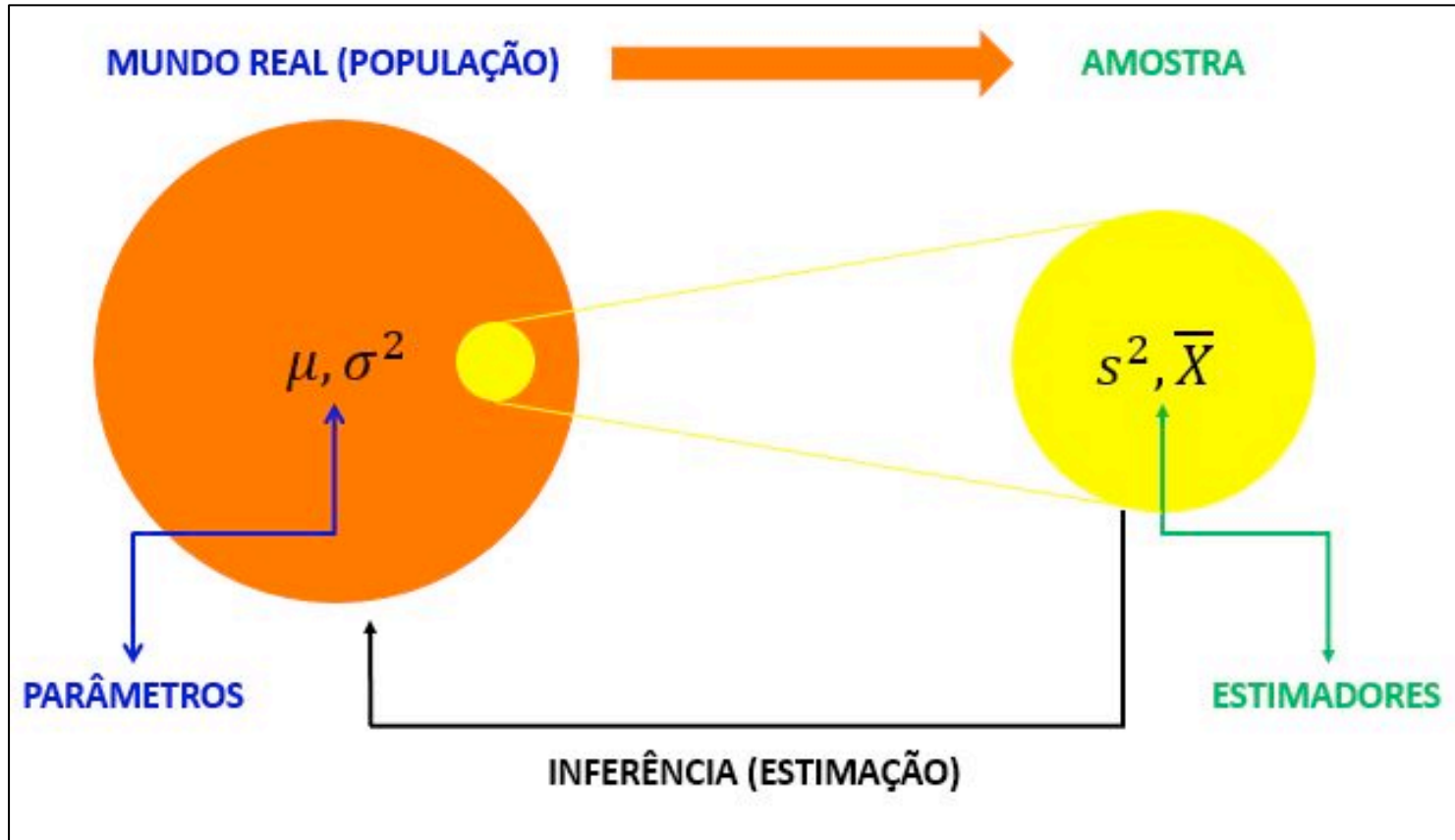


AMOSTRA

INCERTEZAS ADICIONAIS SOBRE A QUALIDADE DA ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS POPULACIONAIS



DIFERENÇA ENTRE PARÂMETROS E ESTIMADORES



Desconhecidos,
Mas **FIXOS**

**Importância de
definir claramente
a população**

Definidos pelos
elementos das
unidades amostrais
ou réplicas

Estatística ou estimativa pontual

O QUE É, MATEMATICAMENTE, UM BOM ESTIMADOR?

DEFINIÇÃO BASEADA EM PROCEDIMENTOS MATEMÁTICOS E/OU COMPUTACIONAIS

NÃO SE PREOCUPEM COM ISSO!!

EXISTE TODA UMA ÁREA DA ESTATÍSTICA VOLTADA PARA ENCONTRAR ESTIMADORES

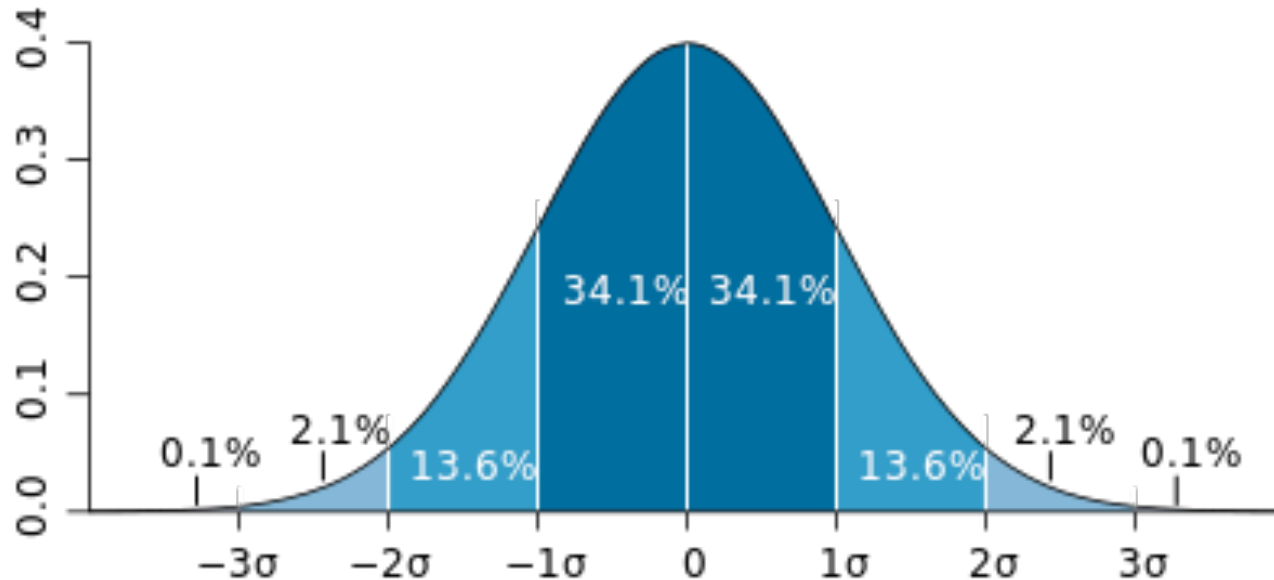
SEM VIÉS - Se forem tomadas medidas de várias amostras com esse estimador, a média dessas medidas deve coincidir com o parâmetro original

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

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 μ	$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$	\bar{x}
Variance σ^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

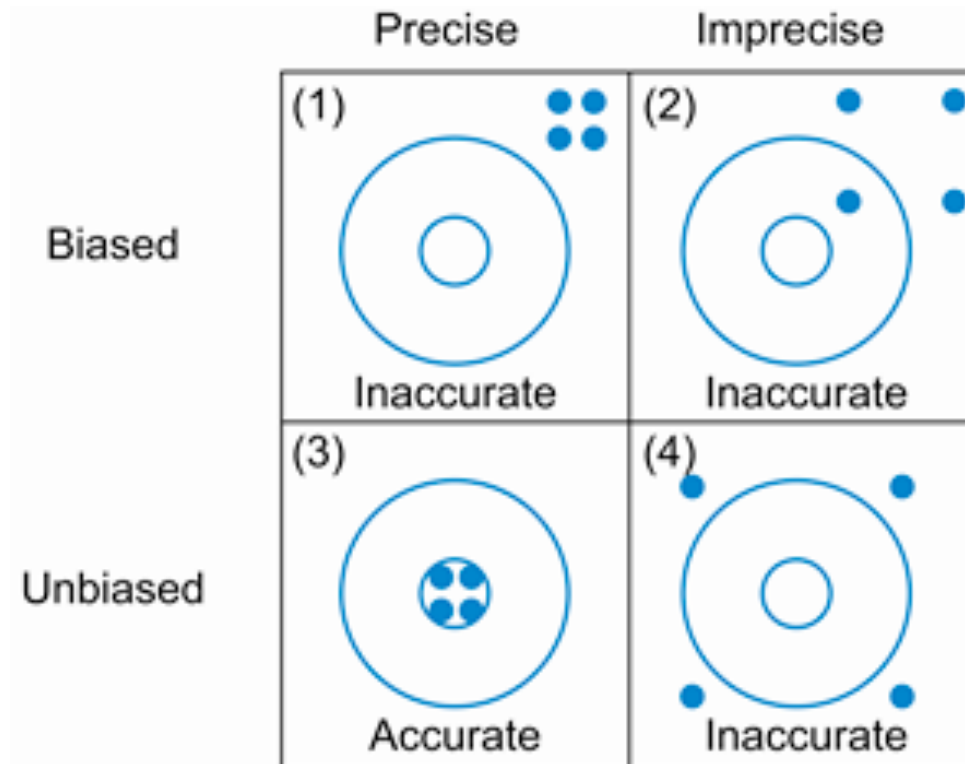


NOSSO OBJETIVO: Obter uma estimativa confiável com o menor esforço amostral

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...

Estamos interessados em modelar as respostas reprodutivas de uma espécie rara de planta visando assegurar sua manutenção a longo prazo

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
- Ainda não sabemos quase nada dessa espécie

Objetivo inicial:

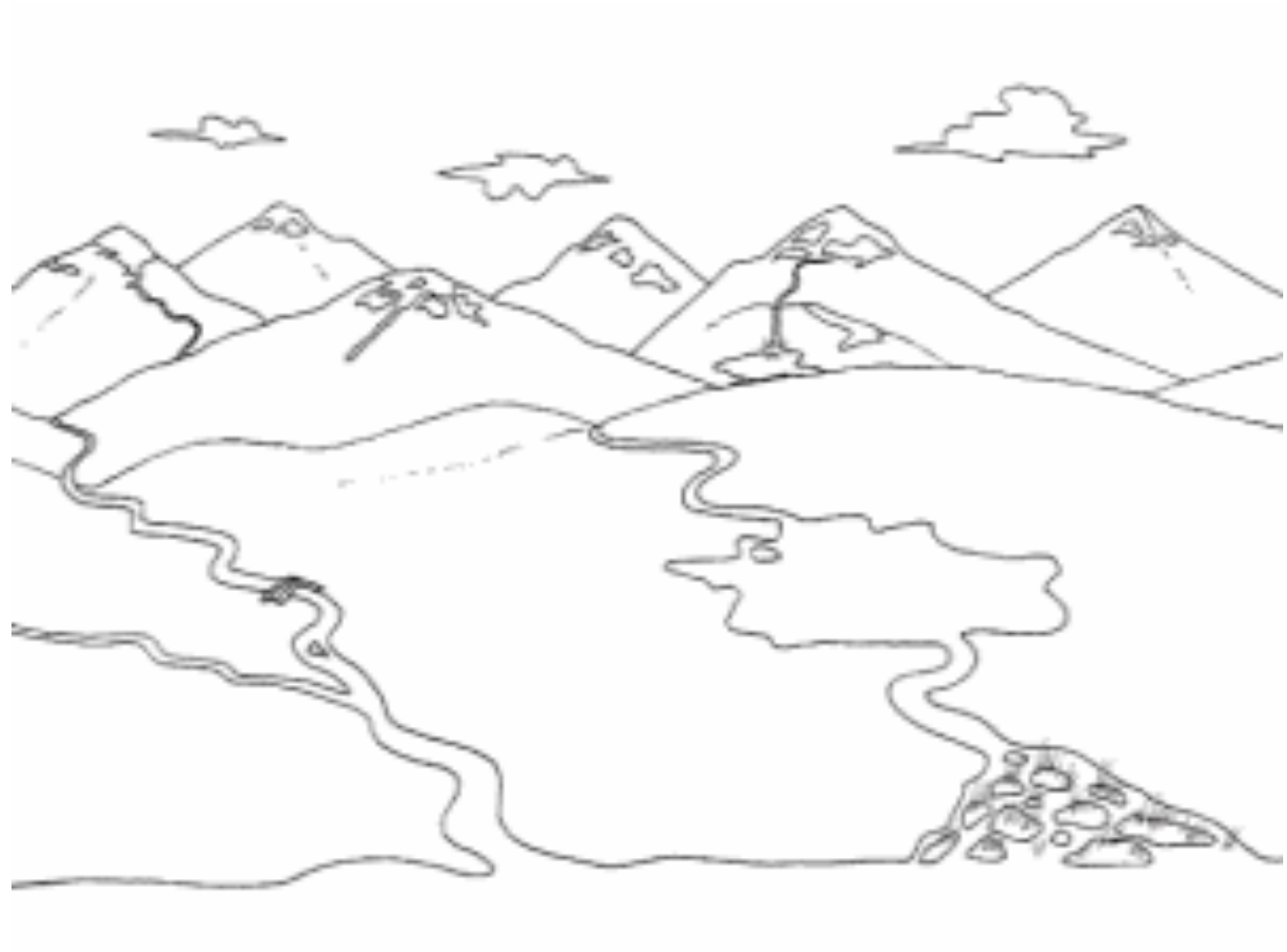
Estimar o número médio de sementes produzidas por essa espécie

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

Oeste (W)

Sul (S)

Norte (N)



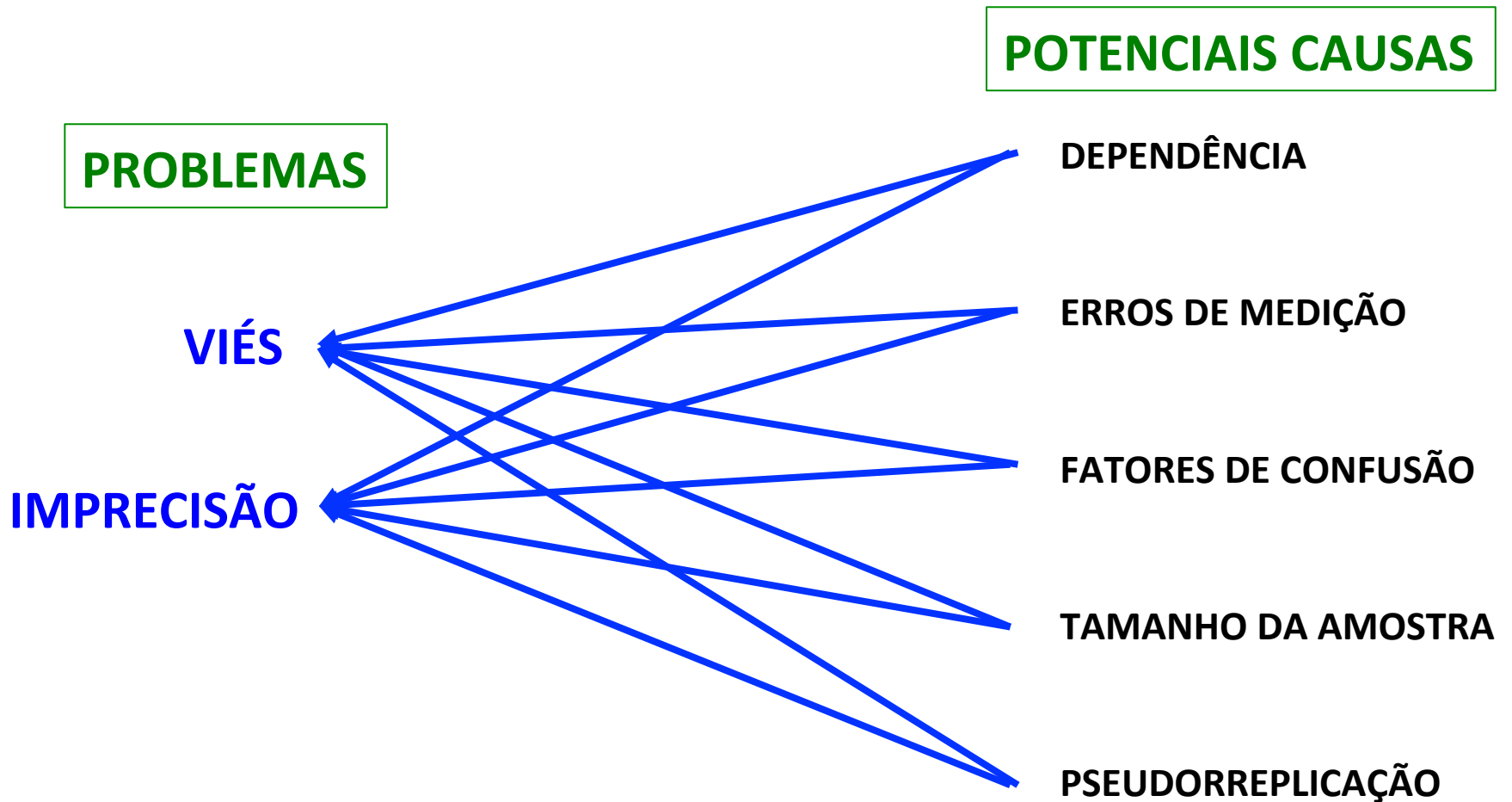
Oceano Atlântico - Leste (E)

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", como alocaria as UAs.



PRINCIPAIS PROBLEMAS PARA SE OBTER UMA BOA ESTIMATIVA



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 { SEM MANIPULAÇÃO
COM MANIPULAÇÃO (~ Experimentos de campo)

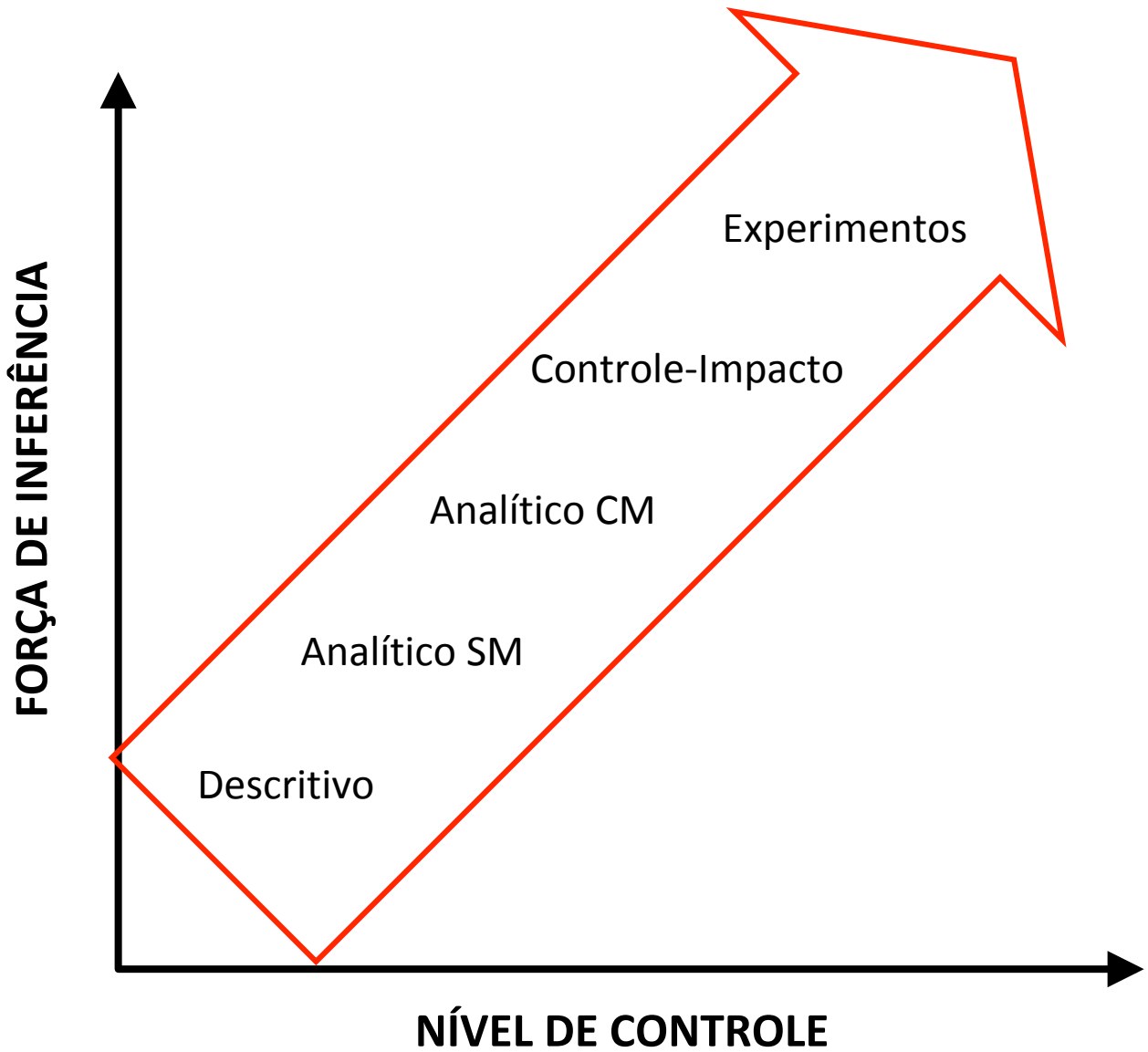
CONTROLE - IMPACTO

EXPERIMENTAIS - Variáveis **preditoras** controladas (laboratório ou campo)

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

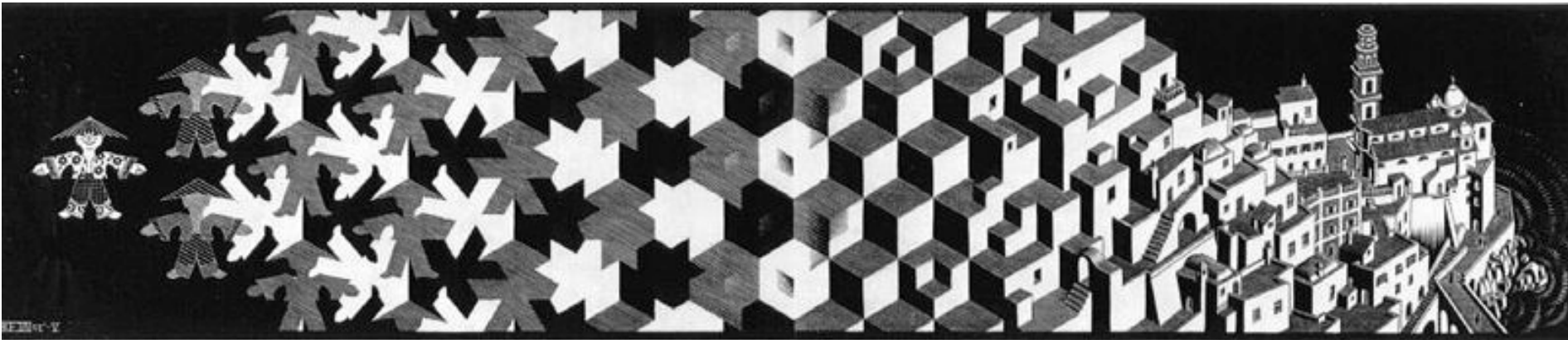
A nomenclatura e a classificação dos diferentes estudos variam muito entre autores!

Maior nível de **controle das preditoras** -> maior **FORÇA DE INFERÊNCIA**



Adaptado de Schwarz(1998)

DO SIMPLES AO COMPLEXO



Descrição -> Previsões -> Processos -> Mecanismos

Descritivo

Controle-Impacto

Controle-Impacto

Experimentos

Analítico SM

Analítico SM

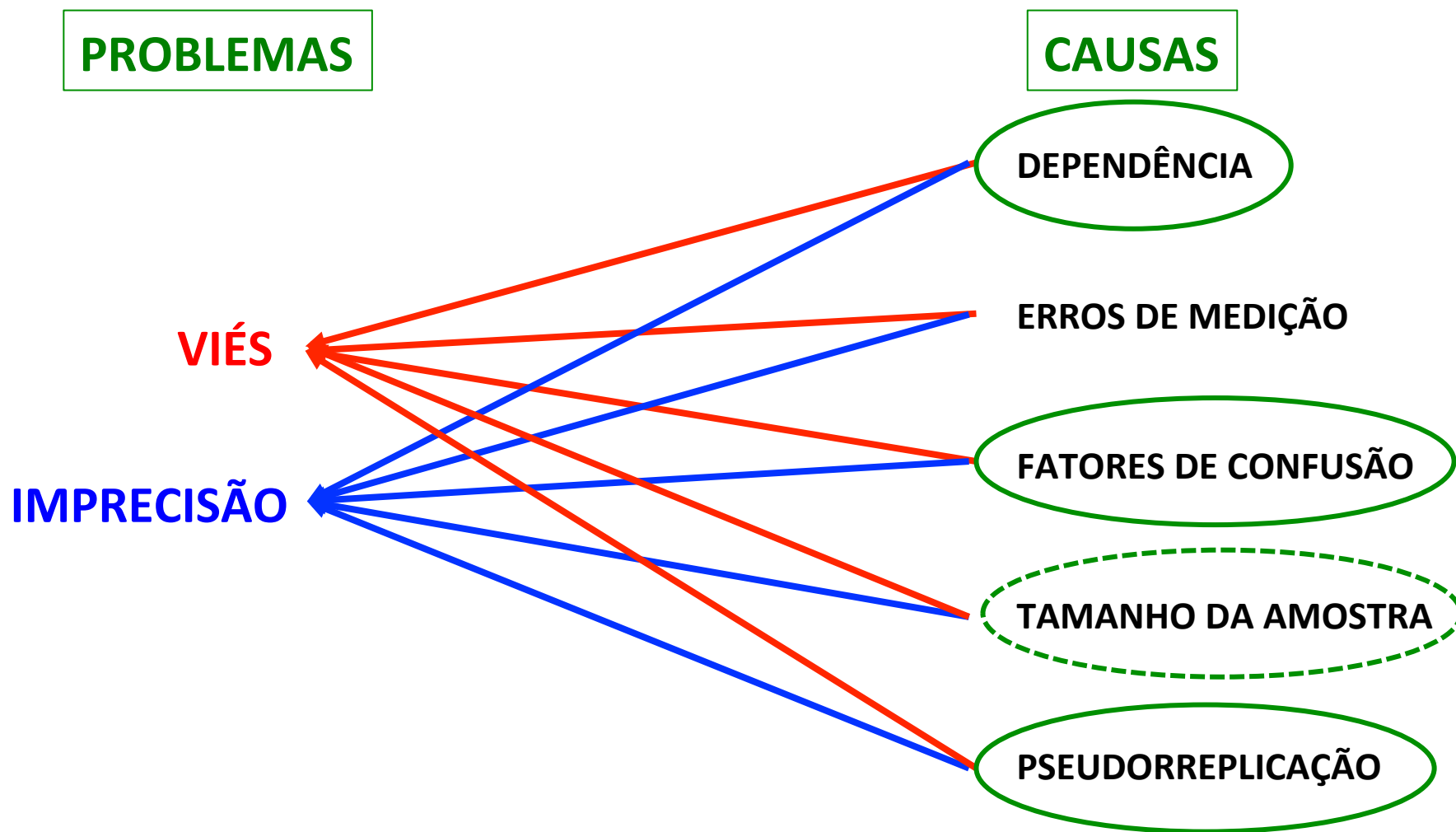
Analítico CM

Analítico CM

Experimentos

Experimentos

RETOMANDO OS PRINCIPAIS PROBLEMAS PARA OBTER UMA BOA ESTIMATIVA



Atenção: AMOSTRA = conjunto de unidades amostrais (ou réplicas)

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

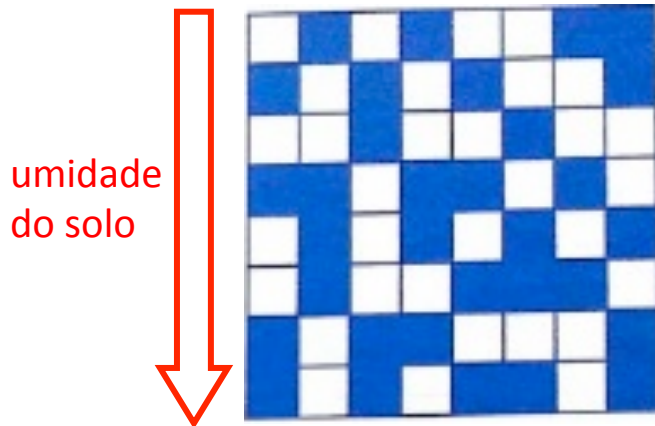
Ex. Alelopatia

Exemplo com **DEPENDÊNCIA ESPACIAL POSITIVA**

COMPARANDO MÉDIAS DE DUAS AMOSTRAS

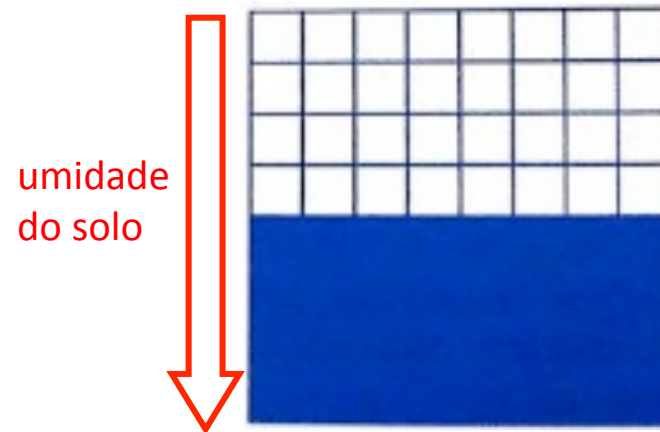
AMOSTRA 1

(unidades amostrais independentes)



AMOSTRA 2

(unidades amostrais dependentes)



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

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

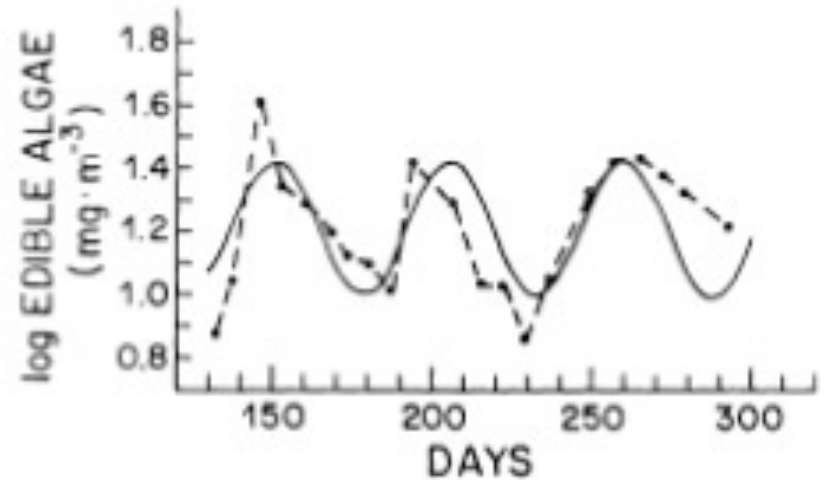
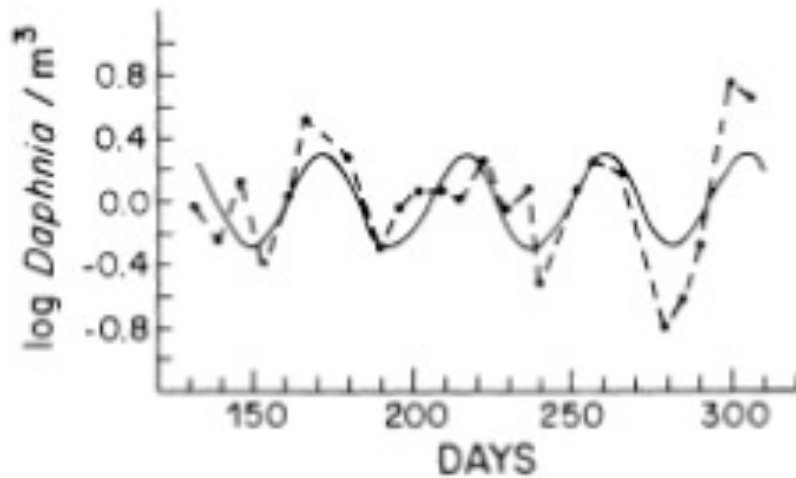


FIG. 2.—An example of class-2 dynamics from Lake Washington (data from Edmondson and Litt 1982). *Daphnia* and edible algae ($\text{mg C} \cdot \text{m}^{-3}$) display joint cycles in abundance. The

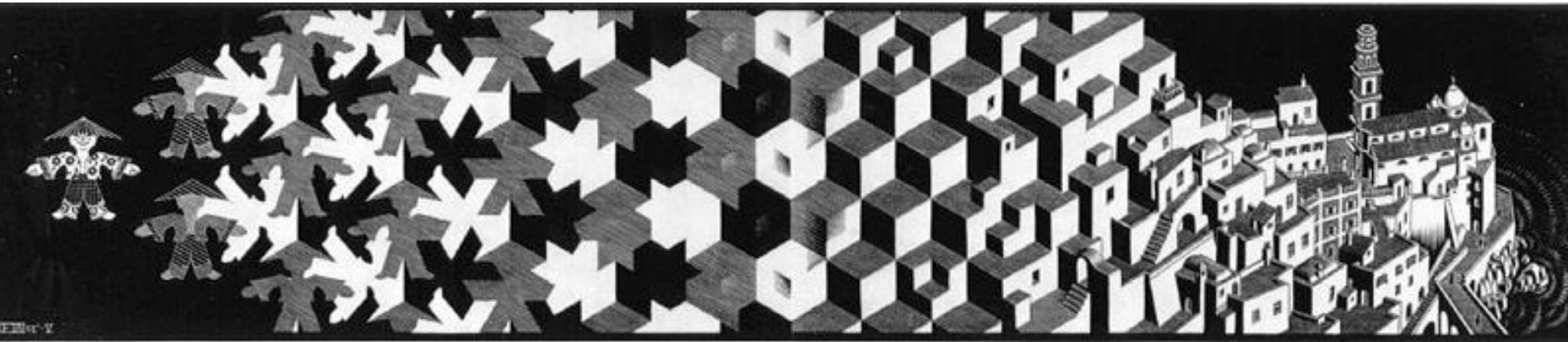
Quanto mais próximas as datas de coleta, mais similares serão os valores -> menor variação

DEPENDÊNCIA

COMO EVITAR:

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

DEPENDÊNCIA



Descrição -> Previsões -> Processos -> Mecanismos

Descritivo

Controle-Impacto

Controle-Impacto

Experimentos

Analítico SM

Analítico SM

Analítico CM

Analítico CM

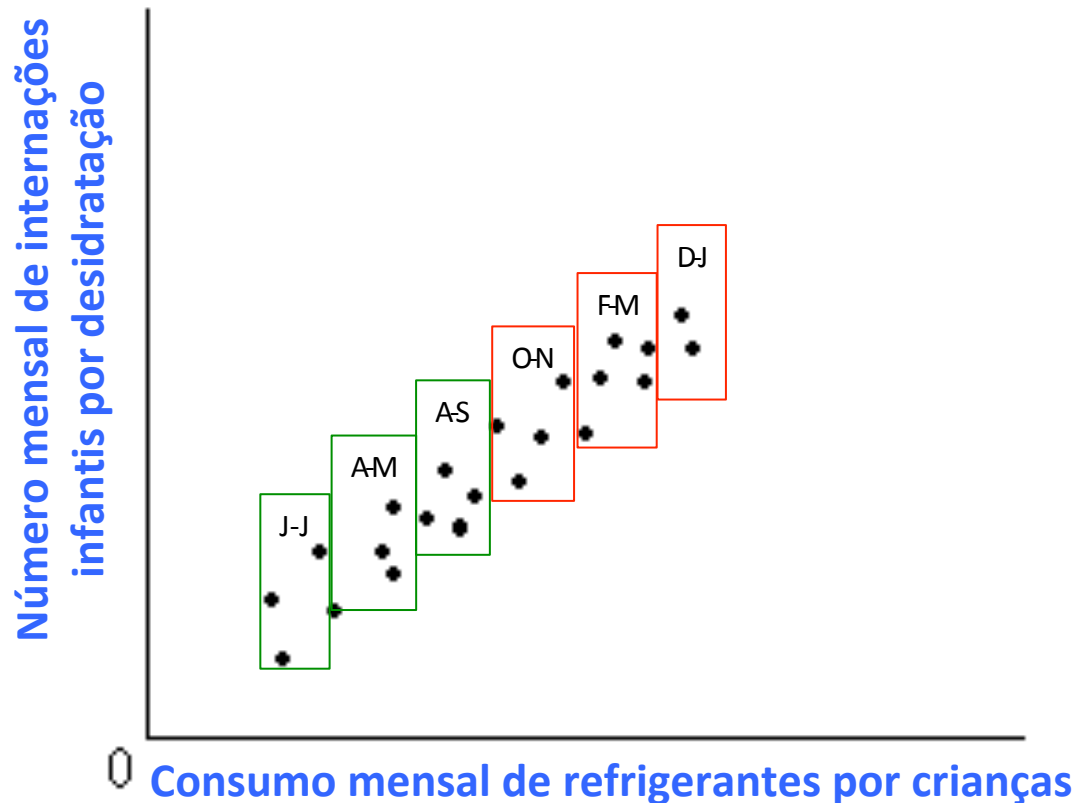
Experimentos

Experimentos



FATORES DE CONFUSÃO

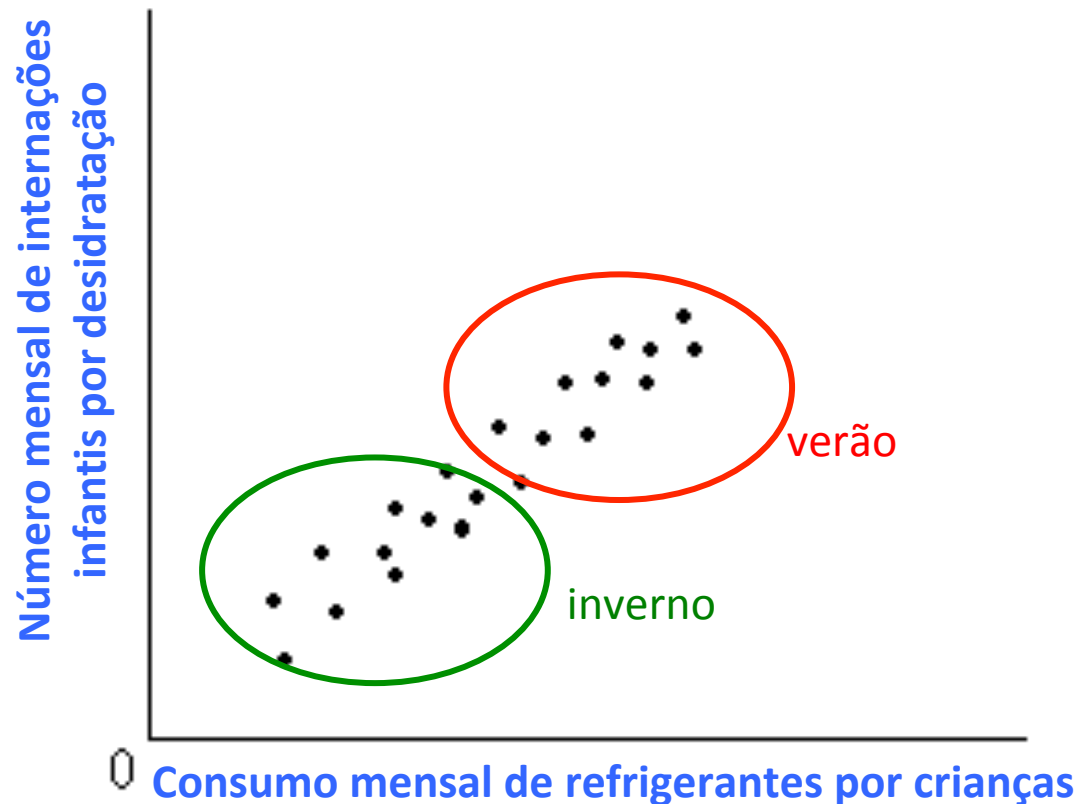
A relação entre duas variáveis pode ser explicada por outro fator



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

FATORES DE CONFUSÃO

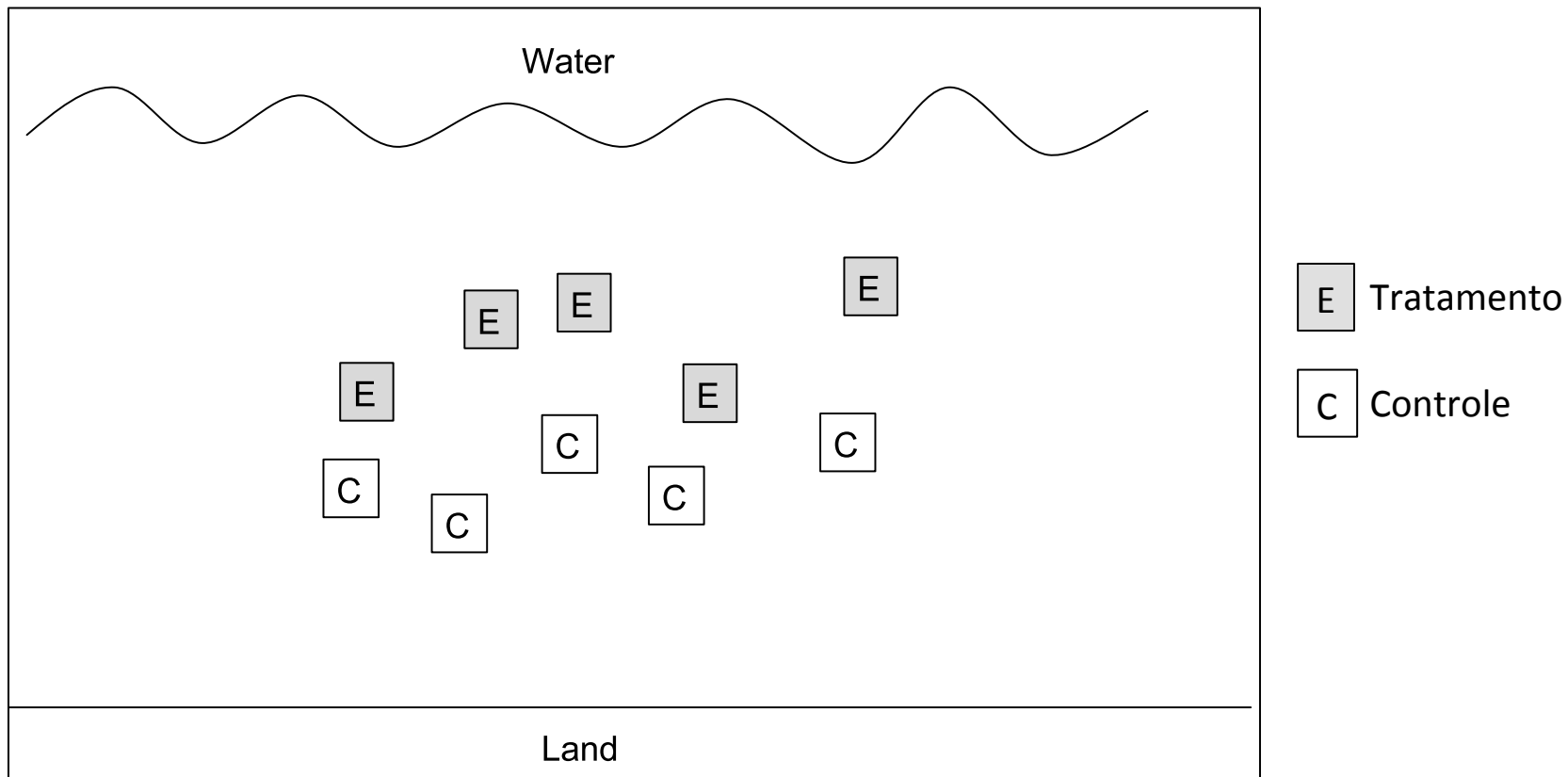
A relação entre duas variáveis pode ser explicada por outro fator



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



Nesse exemplo, a "distância até a água" não foi considerada na análise

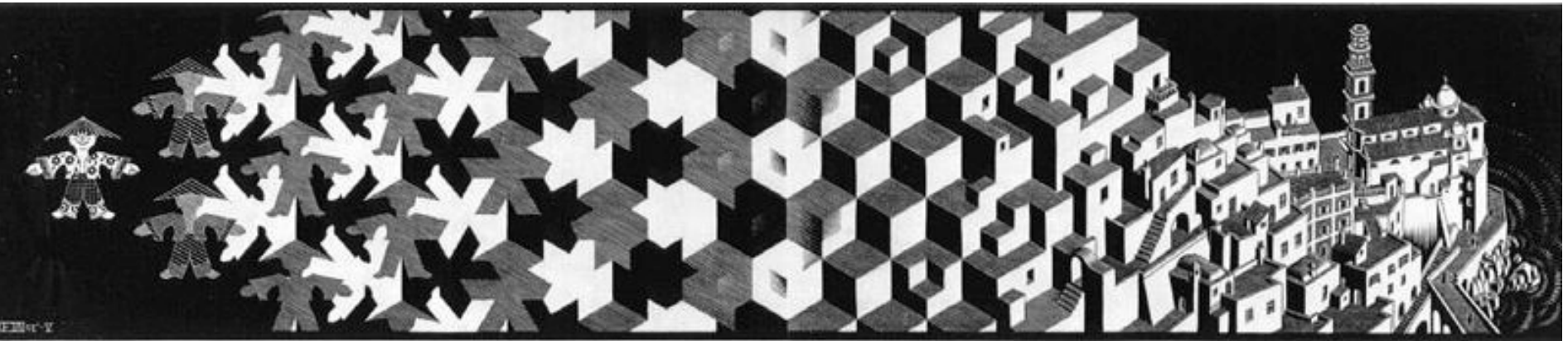
FATORES DE CONFUSÃO

- 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 SM

Analítico SM

Analítico CM

Analítico CM

Experimentos

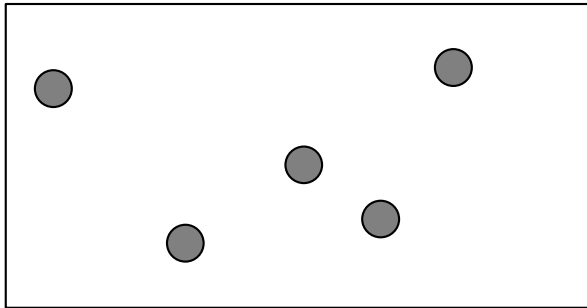
Experimentos



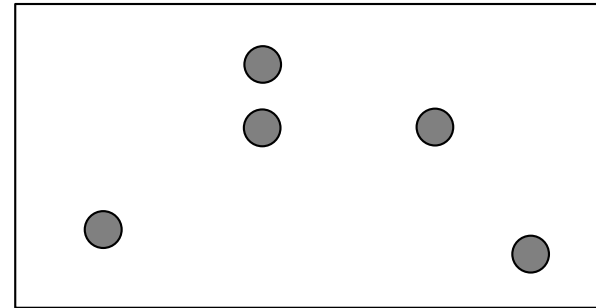
PSEUDORREPLICAÇÃO

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

Burnt area



Unburnt area



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:

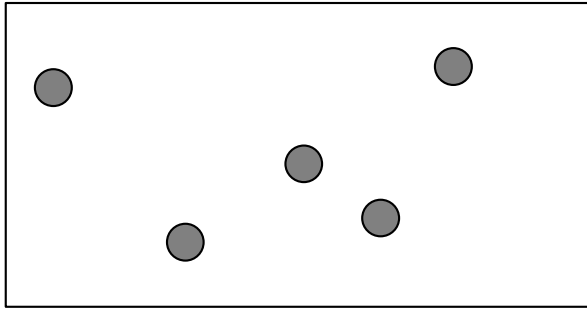
"Áreas sujeitas a fogo têm menor biomassa de micro-organismos no solo?"

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

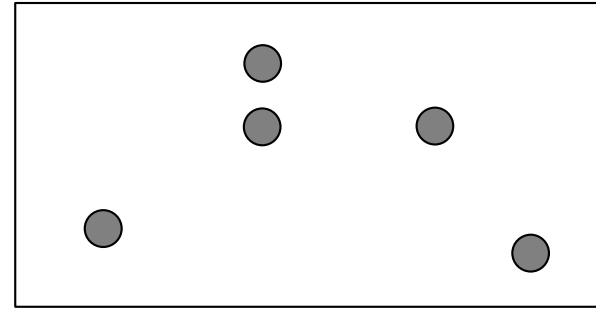
NÃO SERIA UMA PSEUDORREPLICAÇÃO SE A PERGUNTA FOSSE:

"Essa área sujeita a fogo tem menor biomassa de micro-organismos no solo do que essa outra área não sujeita a fogo?"

Burnt area



Unburnt area



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)

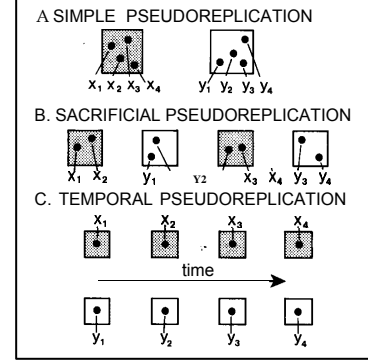
PORÉM, INFERÊNCIA RESTRITA - VALE A PENA?

PSEUDORREPLICAÇÃO

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)*

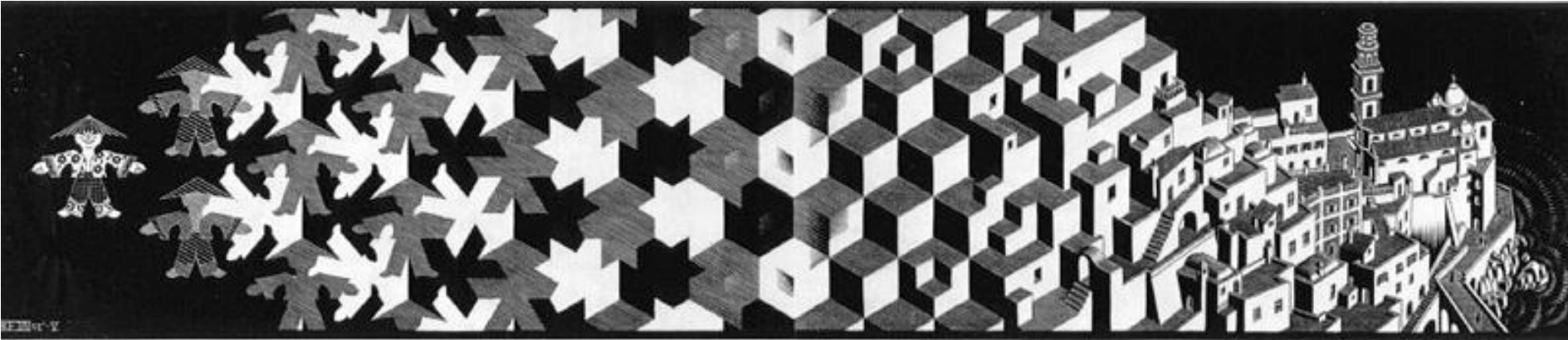
2004, a luta continua...

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**

PSEUDORREPLICAÇÃO



Descrição -> Previsões -> Processos -> Mecanismos

Descritivo

Controle-Impacto

Controle-Impacto

Experimentos

Analítico SM

Analítico SM

Analítico CM

Analítico CM

Experimentos

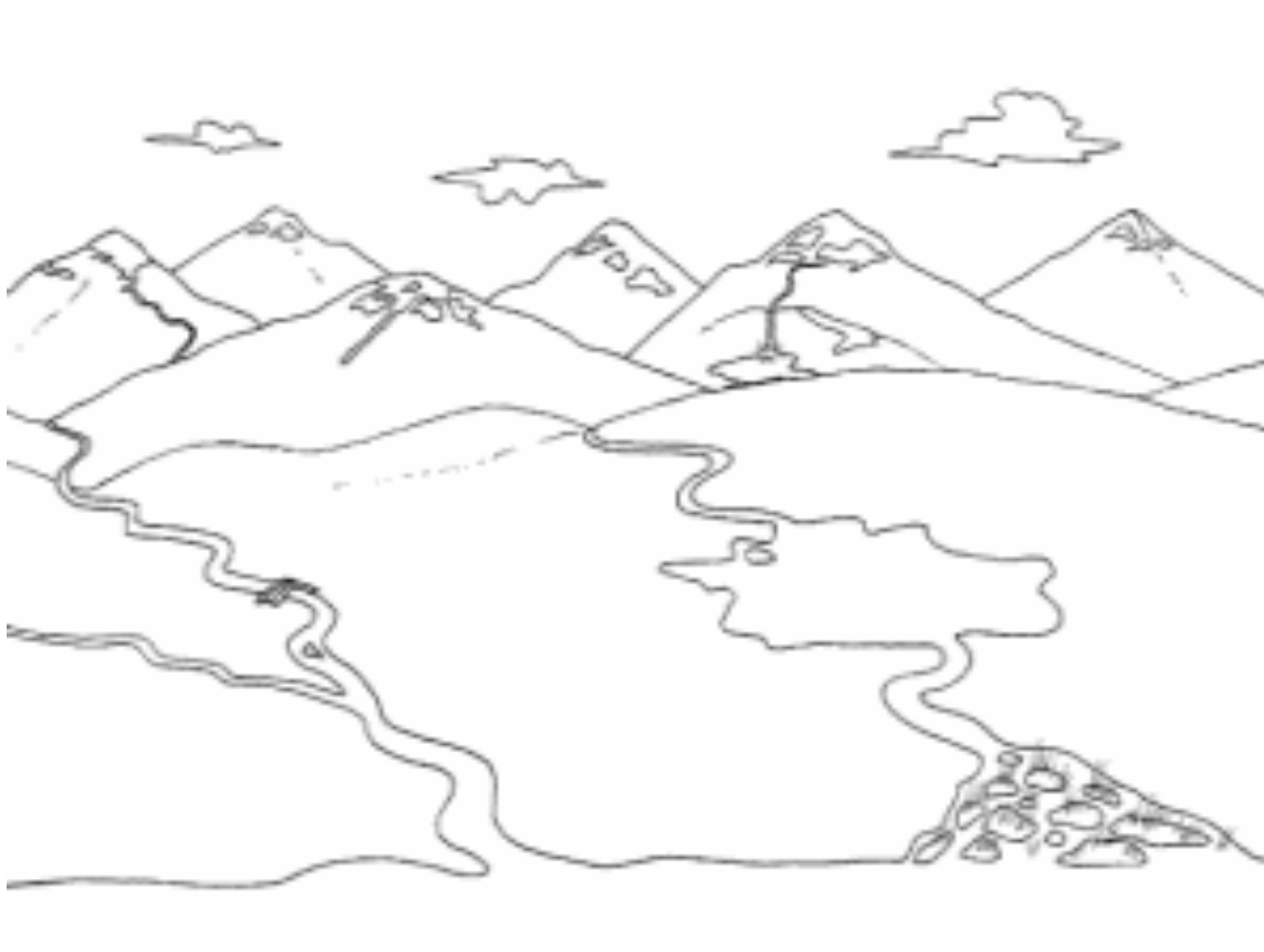
Experimentos



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?

DELINEAMENTOS PARA ESTUDOS OBSERVACIONAIS

(não exclusivamente)

AMOSTRAGEM ALEATÓRIA SIMPLES

PRINCÍPIO BÁSICO:

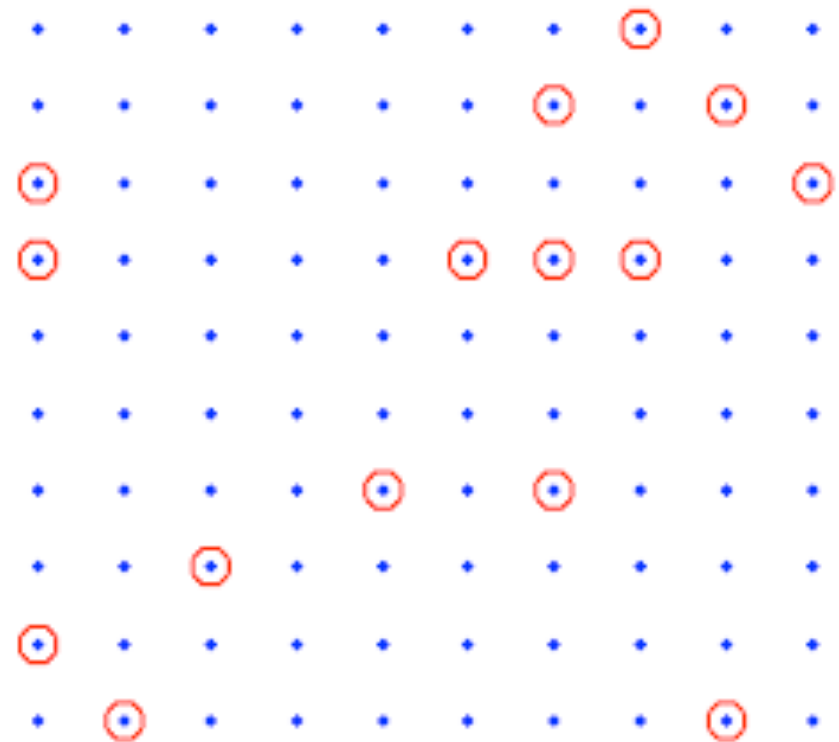
Qualquer unidade amostral deve ter a mesma probabilidade de ser amostrada

PROCEDIMENTOS:

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

DEFINIR **UNIDADES AMOSTRAIS(*)**

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



(*) importante para todos os próximos delineamentos

ALEATORIZAÇÃO

"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



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
- Sortear um ponto $x;y$ e amostrar indivíduo mais próximo

ALEATORIZAÇÃO

Alguns métodos adequados:

- Tabela 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 :

MÉDIA AMOSTRAL $\frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} =$ MÉDIA POPULACIONAL

VARIÂNCIA AMOSTRAL $\sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \bar{y})^2}{n - 1} =$ VARIÂNCIA POPULACIONAL

$(n-1)$ 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
- ACESSO AOS PONTOS DEFINIDOS
- MUITO ESFORÇO QUANDO OBJETOS ESTÃO AGREGADOS OU SÃO RAROS (localmente)
- SE HOUVER HETEROGENEIDADE, AMBIENTES RAROS PODEM NÃO SER AMOSTRADOS

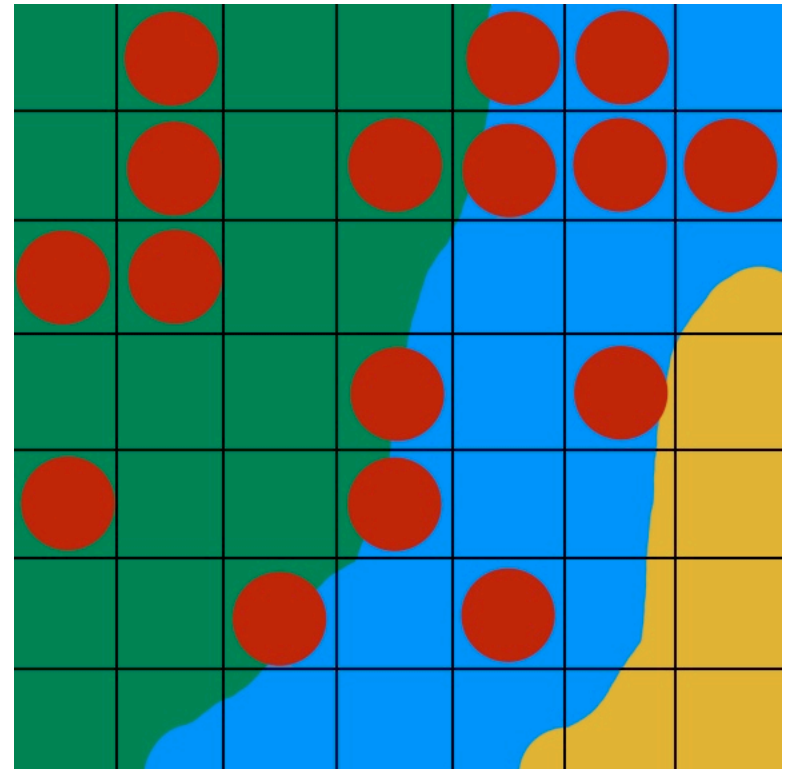
Amostragem aleatória

• Procedimento estatístico excelente

• Pode exigir muito tempo para encontrar locais

Pode pular alguns habitats

Muitos locais podem estar vazios



AMOSTRAGEM ALEATÓRIA SIMPLES

SOLUÇÕES:

- ESTUDO PILOTO E BUSCA POR CONHECIMENTOS PRÉVIOS
- ANALÍTICAS (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

Internamente mais homogêneos que entre

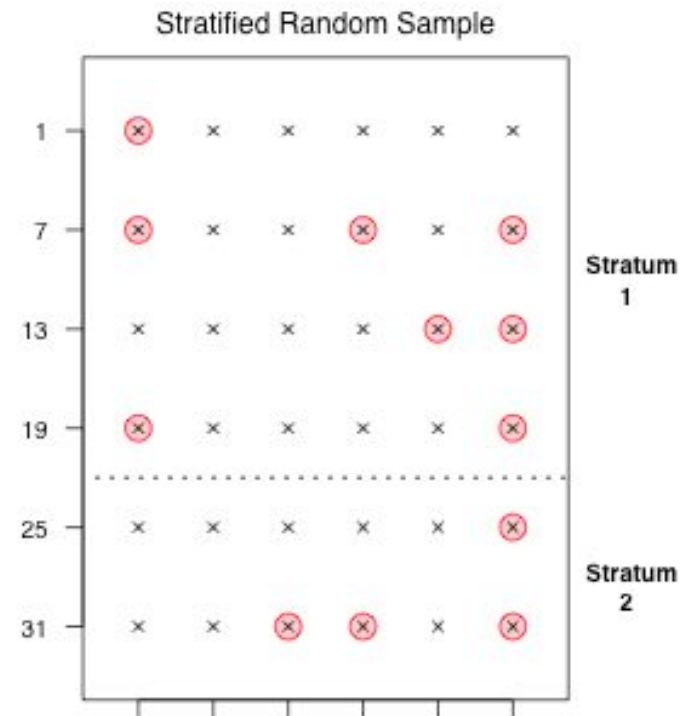
QUANTIFICAR OS ESTRATOS

PRÉ: Se os fatores da estratificação já forem conhecidos

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

AMOSTRAR OS ESTRATOS

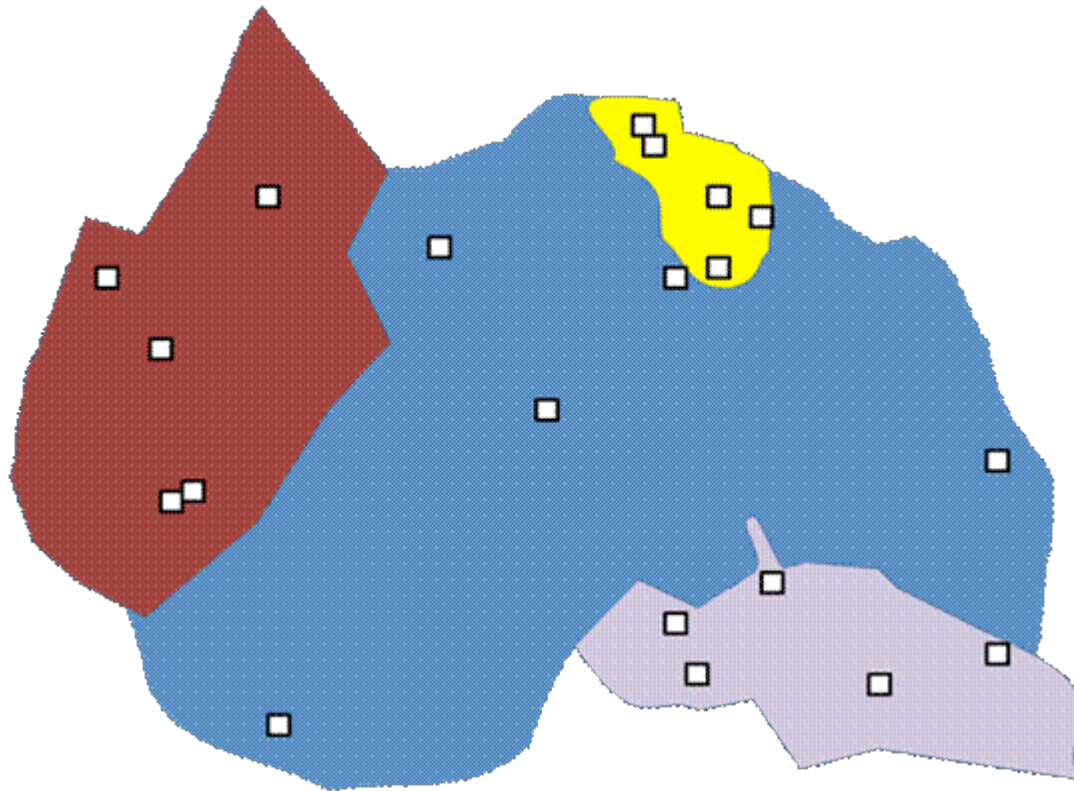
Dentro de cada estrato, a amostragem deve ser **aleatória**



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

Fazer a amostragem **equitativa** ou **proporcional** aos estratos?

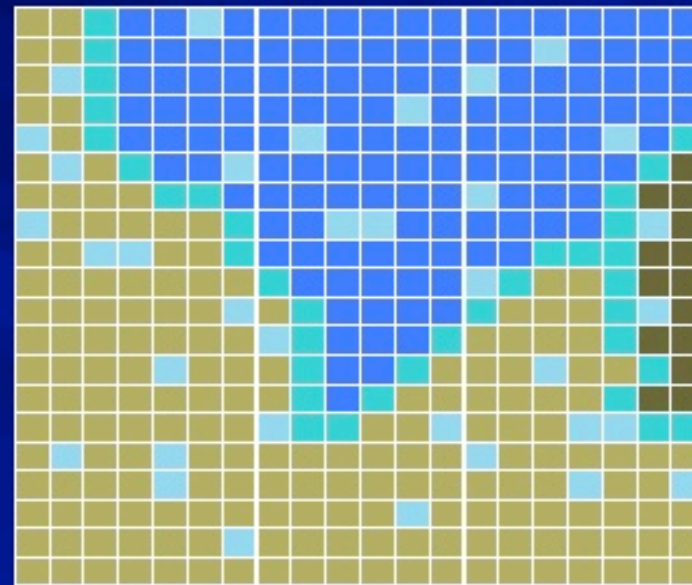
Alocação equitativa é mais útil quando se quer estimativas igualmente precisas para todos os estratos ou para a população geral








Analiticamente mais fácil de lidar com números iguais de UAs

Fazer a amostragem **equitativa** ou **proporcional** aos estratos?

Alocação proporcional é mais útil quando os maiores estratos são os mais importantes



 Rio
 Unidade amostrada

 } Unidade amostrada,
 } Cor depende da
 } estratificação

(Lowe *et al.* 2004)

AMOSTRAGEM ALEATÓRIA ESTRATIFICADA

VANTAGENS:

SE FOR POSSÍVEL SEGUIR TODOS OS PROCEDIMENTOS INDICADOS:

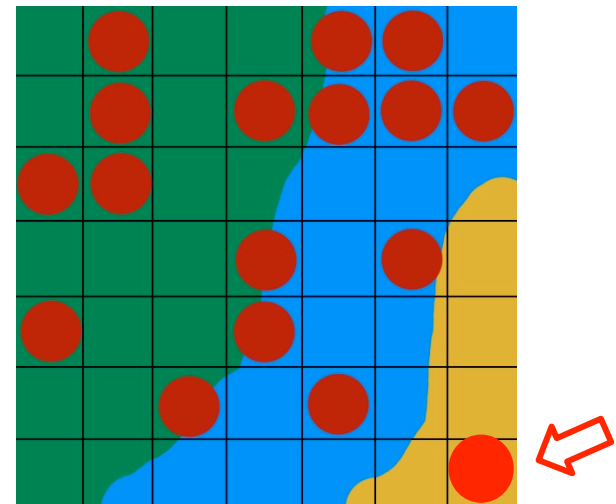
- É POSSÍVEL UTILIZAR A MÉDIA E A VARIÂNCIA COMO ESTIMADORES

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

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



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

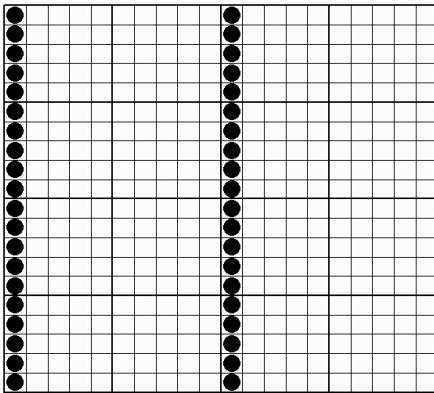
PRINCÍPIO BÁSICO:

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

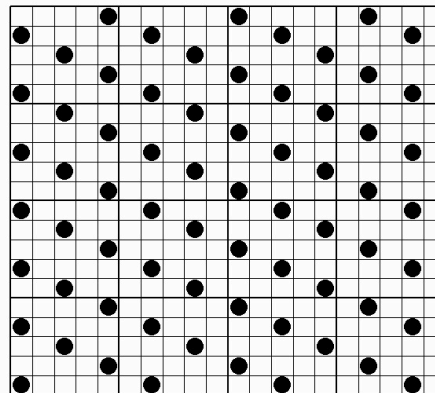
PROCEDIMENTOS:

- DEFINIR O ESPAÇAMENTO

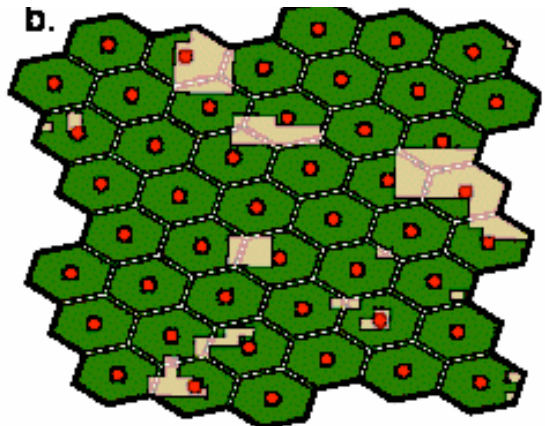
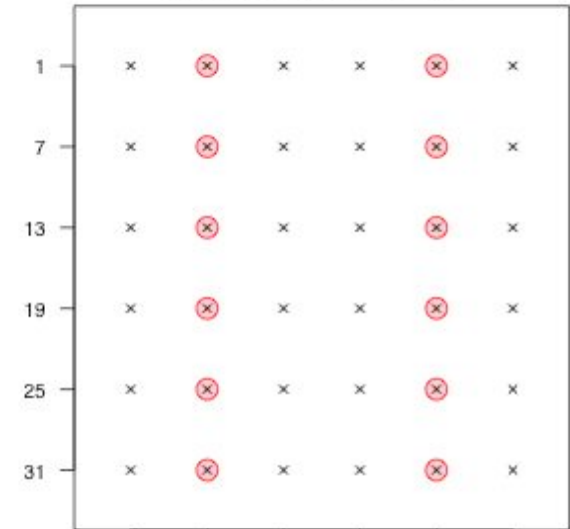
SYSTEMATIC SAMPLE



SYSTEMATIC SAMPLE



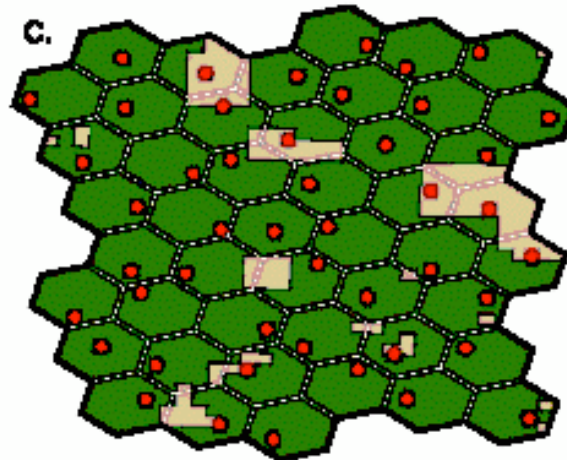
Systematic Random Sample



AMOSTRAGEM SISTEMÁTICA

VANTAGENS:

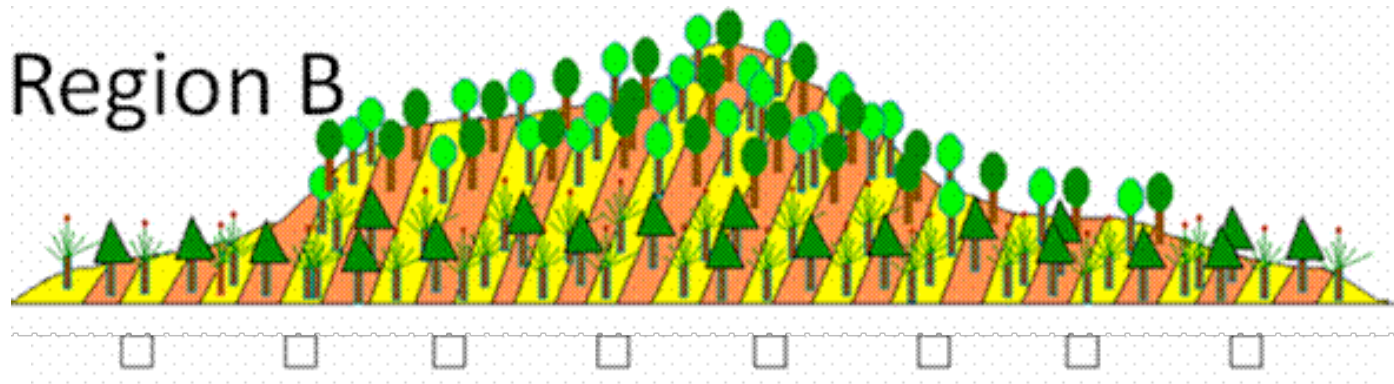
- FÁCIL EXECUÇÃO
- ACESSO FACILITADO AOS PONTOS DE MEDIÇÃO/ FÁCIL RECUPERAÇÃO PARA RECENSOS
- ADEQUADA PARA REVELAR MUDANÇAS AO LONGO DE GRADIENTES
- ESPALHA MELHOR AS UNIDADES AMOSTRAIS (**INTERSPERSÃO**) - Maior representatividade
- PODE SER **ASSOCIADA** COM OUTROS ESQUEMAS DE AMOSTRAGEM



AMOSTRAGEM SISTEMÁTICA

DESVANTAGENS E PROBLEMAS:

- DIFICULDADE DE DEFINIR O GRAU DE ESPAÇAMENTO
- **DEPENDÊNCIA** ENTRE UNIDADES AMOSTRAIS, A DEPENDER DA DISTÂNCIA ENTRE ELAS
- SINCRONIA INDESEJADA COM ALGUM FATOR AMBIENTAL



ESCALA (GRÃO E EXTENSÃO)

Region A



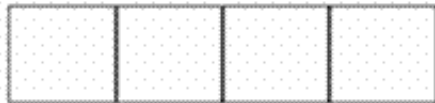
Grão Pequeno X Extensão Pequena



Grão Pequeno X Extensão Grande



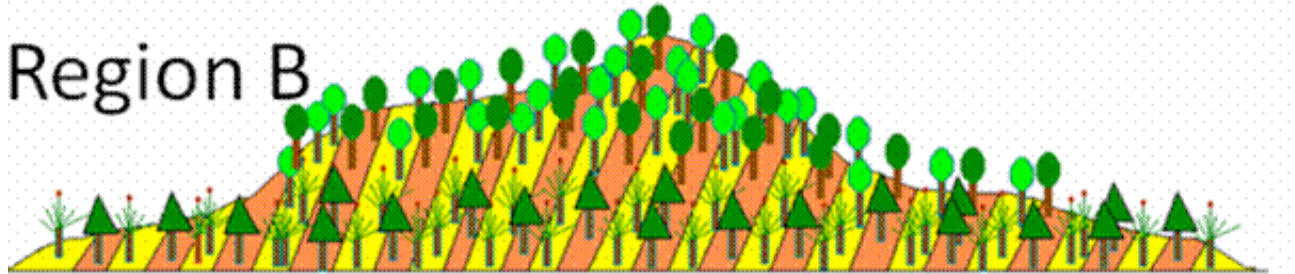
Grão Grande X Extensão Pequena



Grão Grande X Extensão Grande



Region B

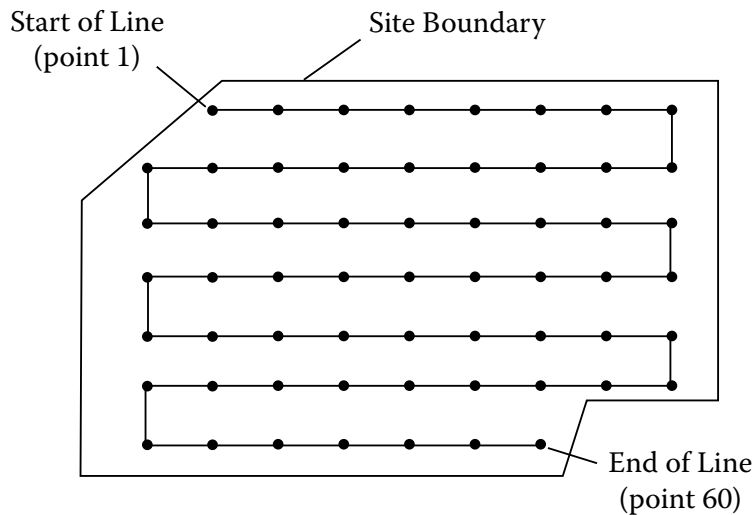


AMOSTRAGEM SISTEMÁTICA

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

AMOSTRAGEM MULTI-ESTÁGIOS

AMOSTRAGEM REPETIDA

ESTIMATIVA DE RAZÃO (*RATIO-ESTIMATION*)

AMOSTRAGEM ADAPTATIVA

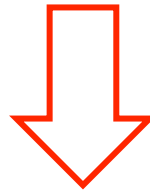
CAPTURA-RECAPTURA

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**



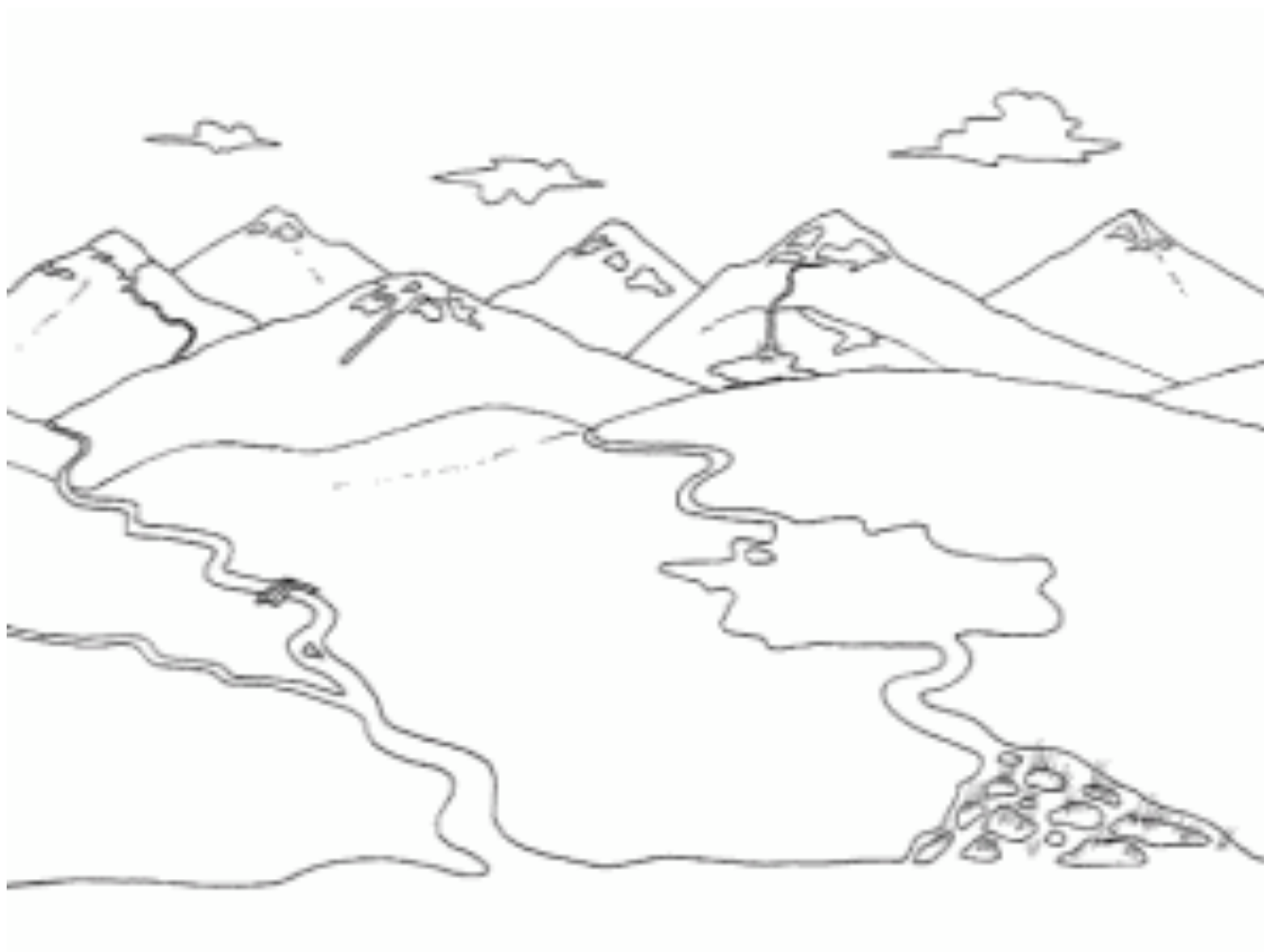
PODEMOS UTILIZAR A AMOSTRA PARA ESTIMAR OS PARÂMETROS POPULACIONAIS

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

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

Oeste (W)

Sul (S)



Norte (N)

Oceano Atlântico - Leste (E)

Gostaria de realocar as 10 unidades amostrais? Indique na figura com #

Gostaria de realocar as 60 unidades amostrais? Indique na figura com +

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, em função da radiação incidente sobre as folhas, afetando a fotossíntese e a reprodução ?

Oeste (W)



Sul (S)



Norte (N)

Oceano Atlântico - Leste (E)

Como você alocaria agora as 10 unidades amostrais? Indique na figura com z
Como você alocaria agora as 60 unidades amostrais? Indique na figura com *

Encontramos diferenças significativas na produção de sementes entre unidades amostrais localizadas na face norte e na face sul

Qual o processo/mecanismo que determina essas diferenças?

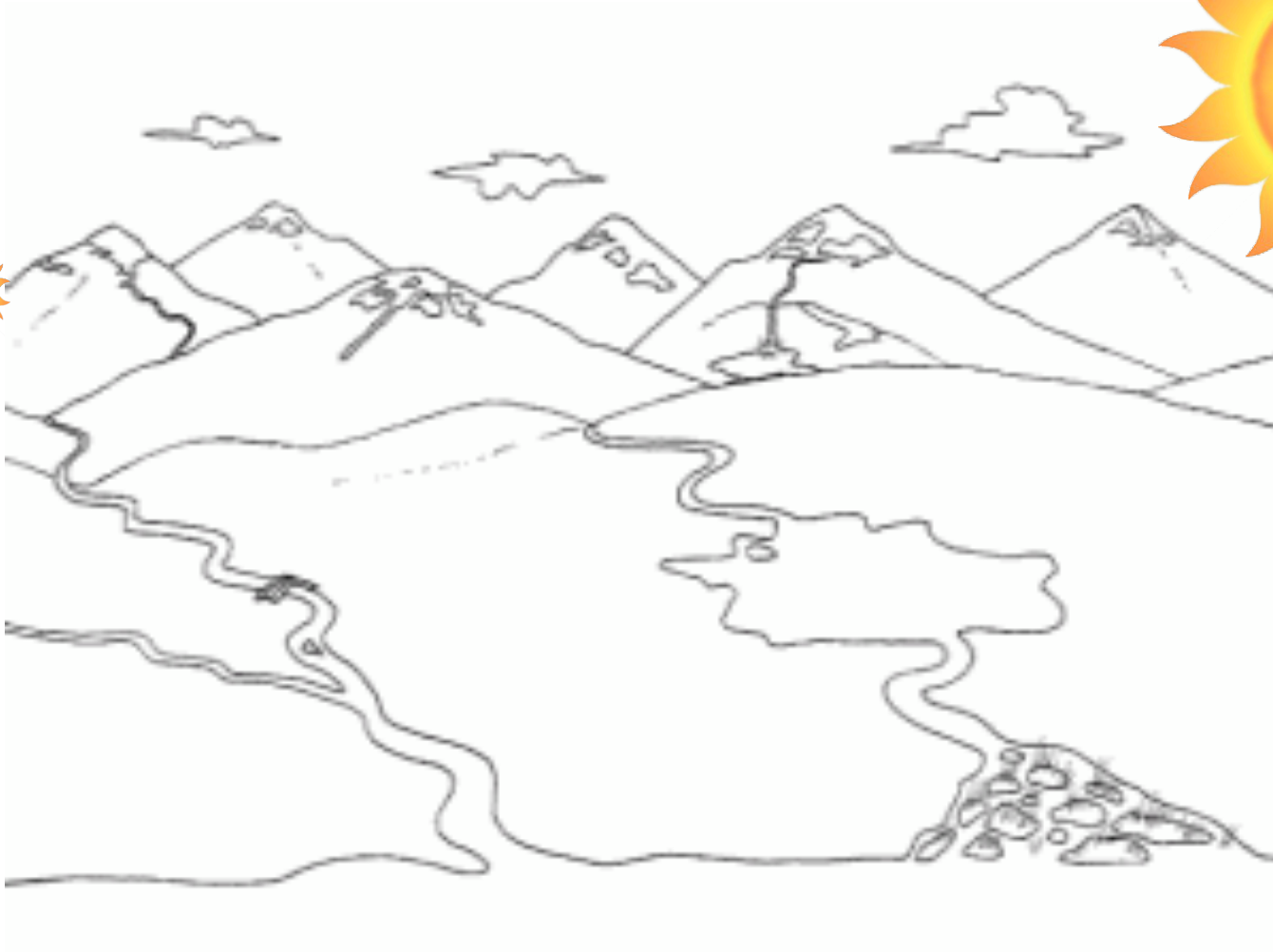
Será que as diferenças entre as faces N e S são em função do ressecamento do solo?

Oeste (W)



Sul (S)

Norte (N)



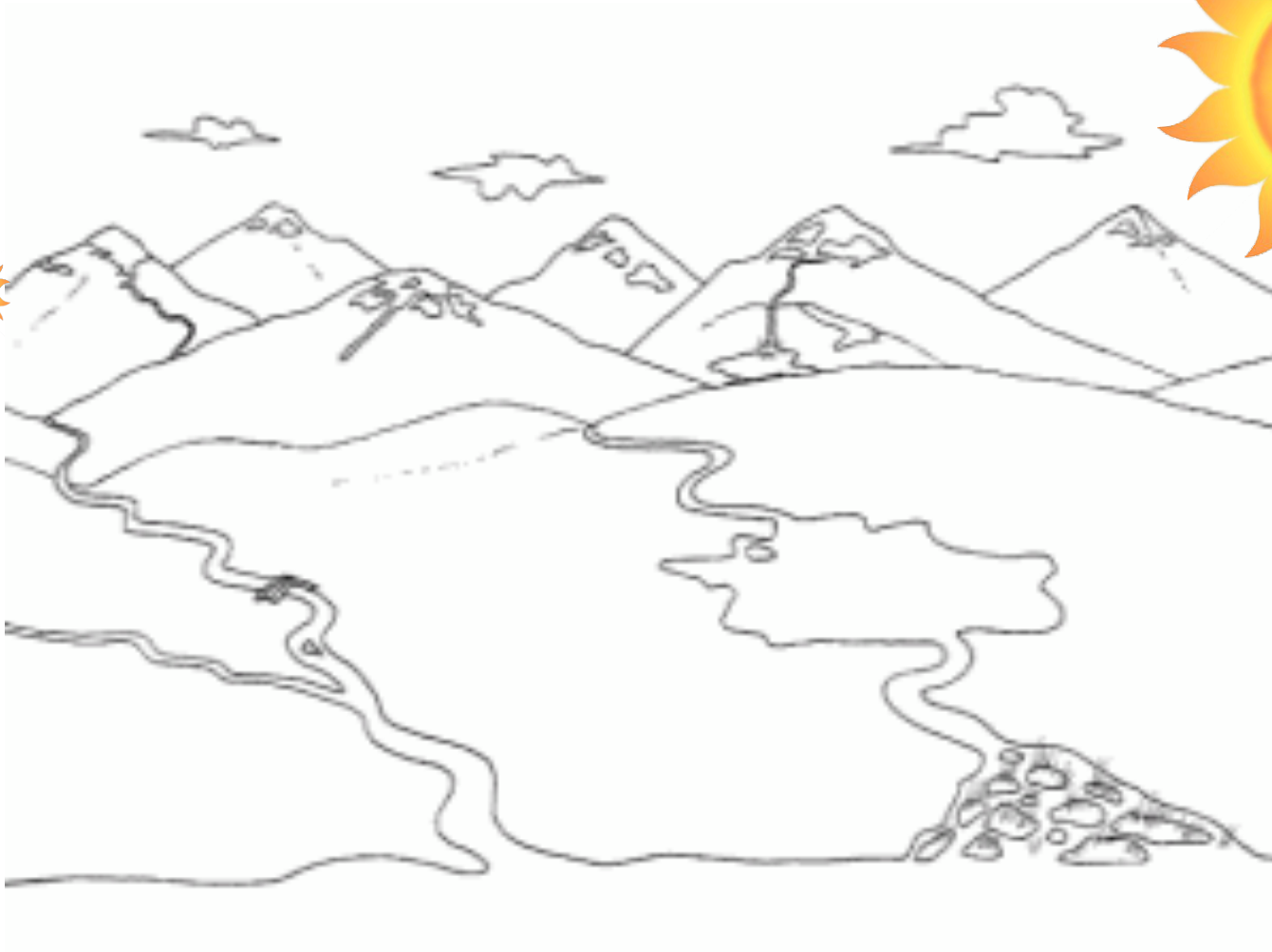
Oceano Atlântico - Leste (E)

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

Oeste (W)



Sul (S)



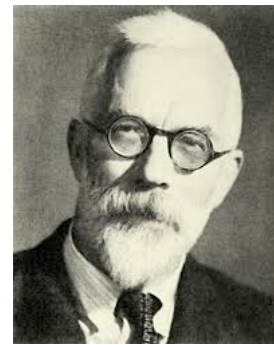
Norte (N)

Oceano Atlântico - Leste (E)

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

DELINEAMENTOS EXPERIMENTAIS

O QUE MUDA?



VARIÁVEIS PREDITORAS SÃO MANIPULADAS E ISOLADAS DE OUTROS FATORES



DELINEAMENTOS EXPERIMENTAIS

O QUE MUDA?

PREMISSAS MAIS RÍGIDAS:

- Seleção das unidades experimentais e atribuição dos tratamentos são **independentes** das variáveis resposta de interesse
- Efeitos aleatórios e erros experimentais são **independentes**
- Efeitos aleatórios e erros experimentais são **igualmente distribuídos**, como uma variável aleatória **com média zero**

TRÍADE DE PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

REPLICAÇÃO - ALEATORIZAÇÃO - **CONTROLE**

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

Replicação e Aleatorização devem sempre andar juntas!!

DIFERENTES TIPOS DE CONTROLE:

CONTROLE DE EFEITO

- Sem a aplicação do tratamento

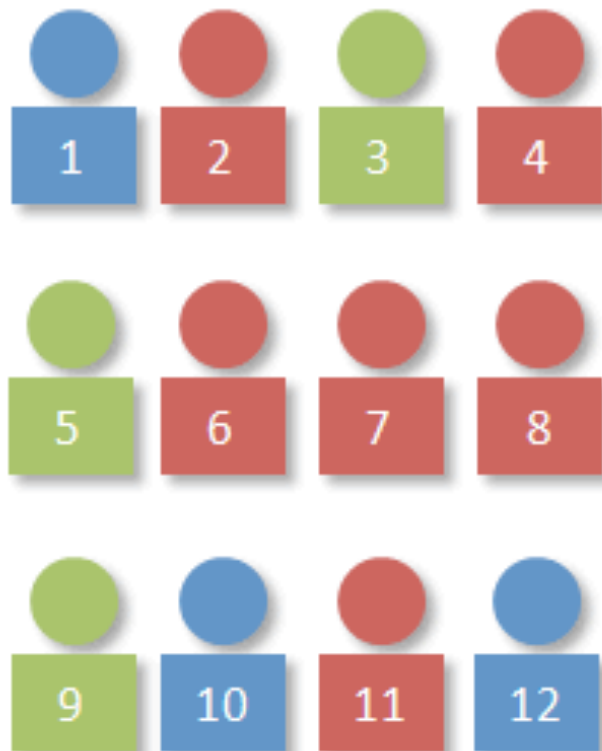
CONTROLE DE PROCEDIMENTO

- Gaiolas sem telas
- Garrafas sem furos
- Sham surgery

ALEATORIZAÇÃO SIMPLES - UM FATOR

PRINCÍPIO BÁSICO:

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



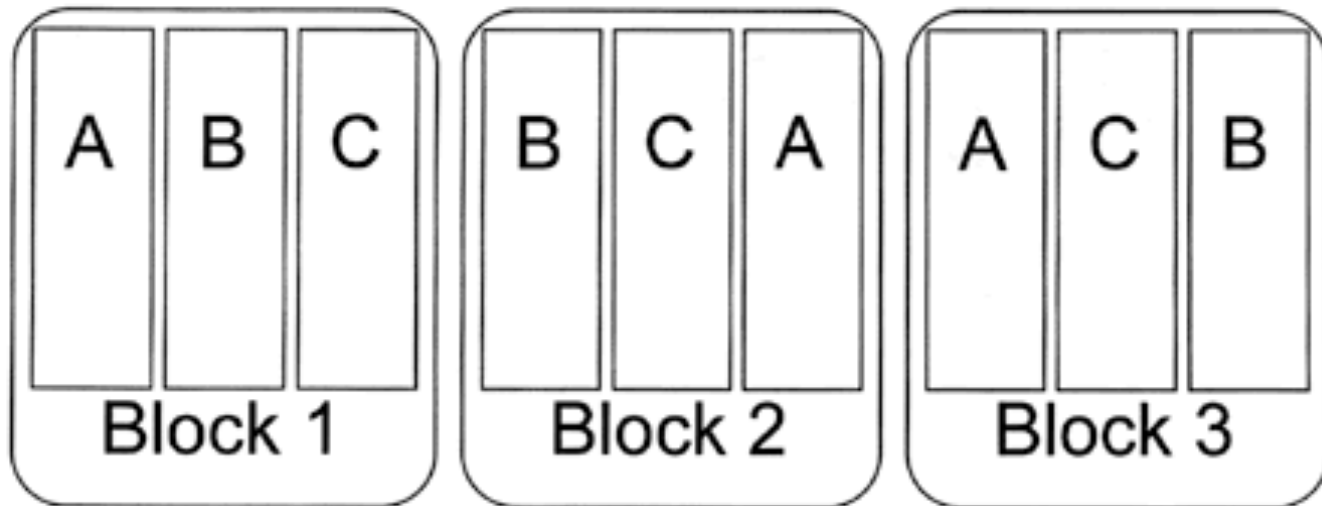
- ANALITICAMENTE FÁCIL LIDAR COM NÚMEROS DIFERENTES DE RÉPLICAS POR TRATAMENTO

É o delineamento básico para a ANOVA de um fator

BLOCOS ALEATORIZADOS

PRINCÍPIO BÁSICO:

Aloca tratamentos aleatoriamente dentro de blocos



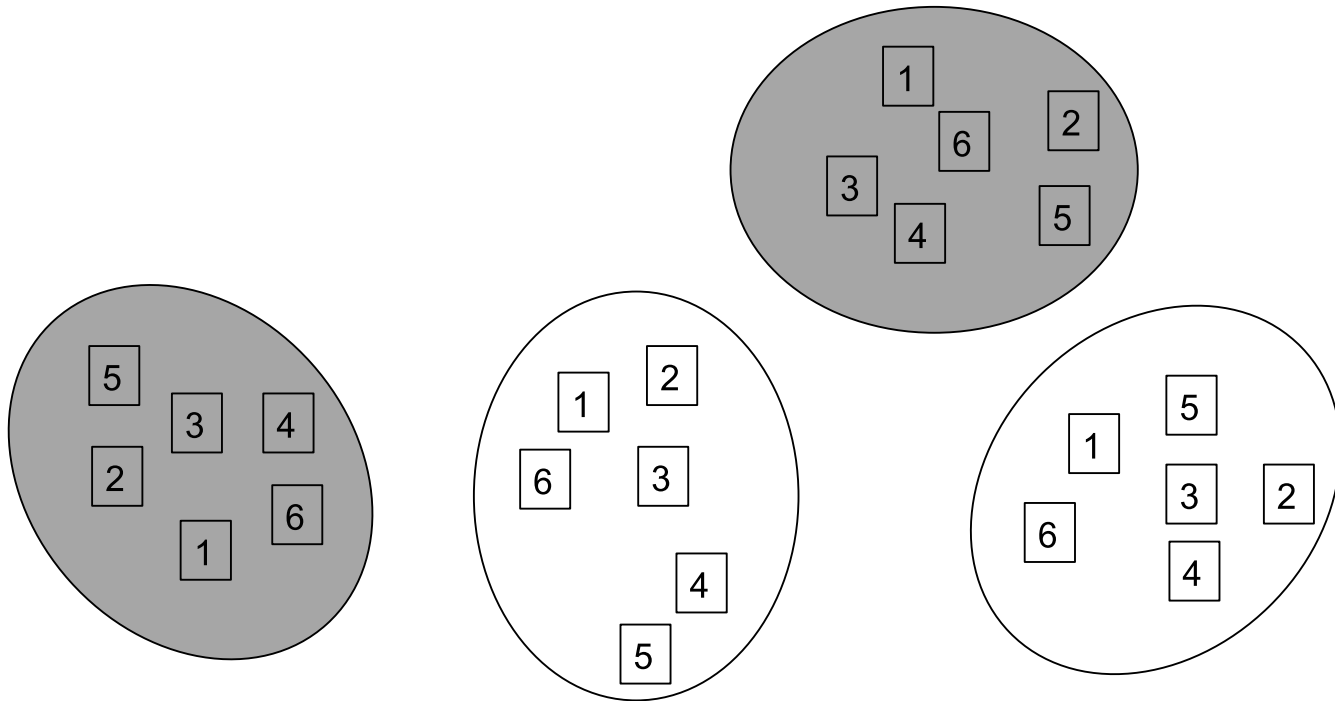
Blocos não representam um outro fator conhecido

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

É o delineamento básico para a ANOVA aninhada (Nested)

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)

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
ROWS: R levels	1	<i>Group11</i>	<i>Group12</i>	...	<i>Group1C</i>
	2	<i>Group21</i>

	R	<i>GroupR1</i>	<i>GroupRC</i>

Cuidado com o ESFORÇO AMOSTRAL nos split-plot e nos multifatoriais
Aumentos muito rápidos ...

O número de combinações é exponencial e, se considerar o número de réplicas necessárias para cada combinação, pode tornar o experimento inviável (economicamente e em termos de esforço)

Atenção às combinações que não fazem sentido...

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)

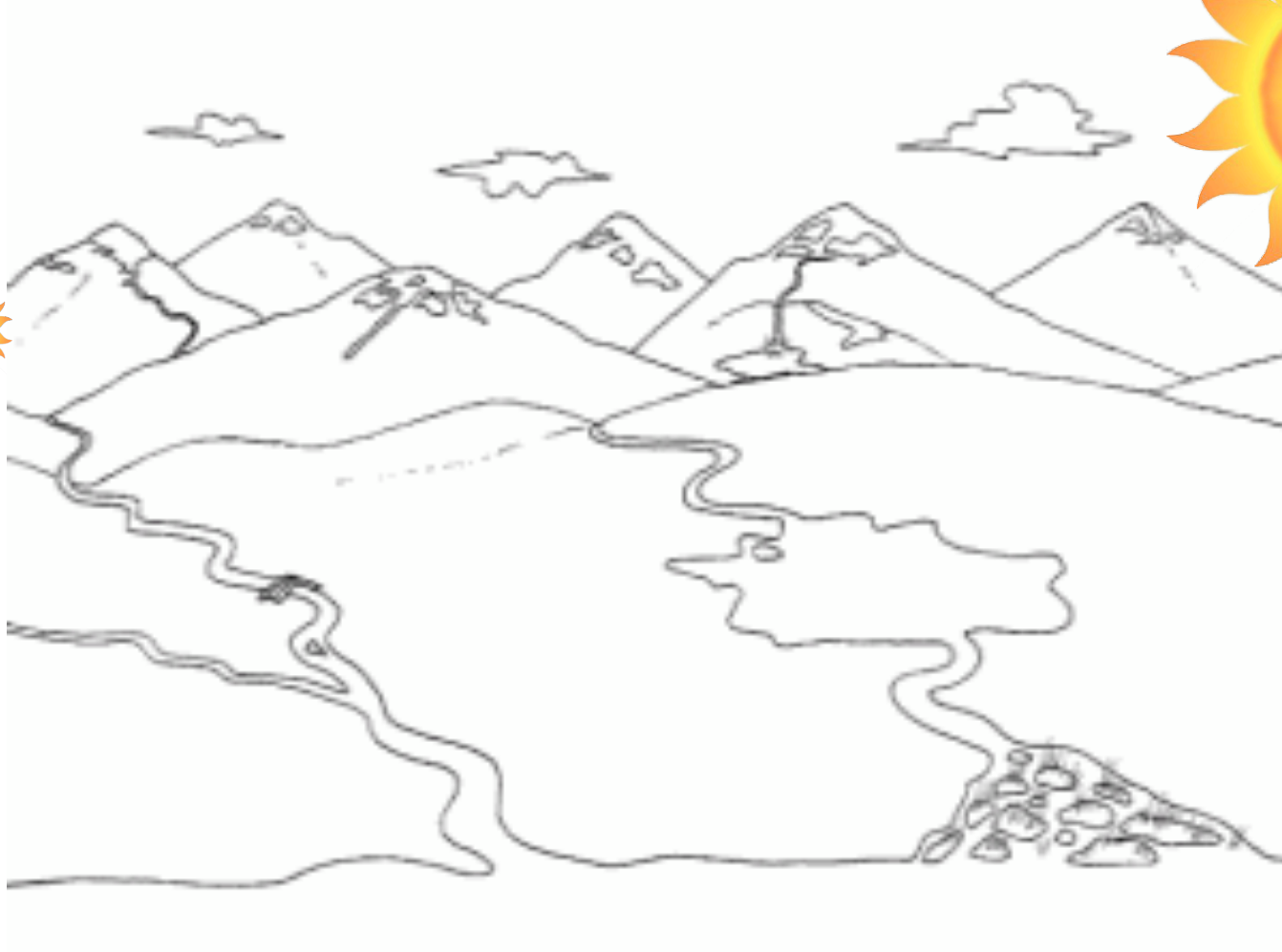
...

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)

DISCUSSÃO SOBRE OS DELINEAMENTOS
EXPERIMENTAIS PROPOSTOS PARA O ESTUDO DO
NÚMERO DE SEMENTES

Dicas finais da aula:

- 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
- Um bom delineamento consegue até prever se uma moeda vai dar cara ou coroa (ver artigo sobre o Euro e dos Bayesianos)