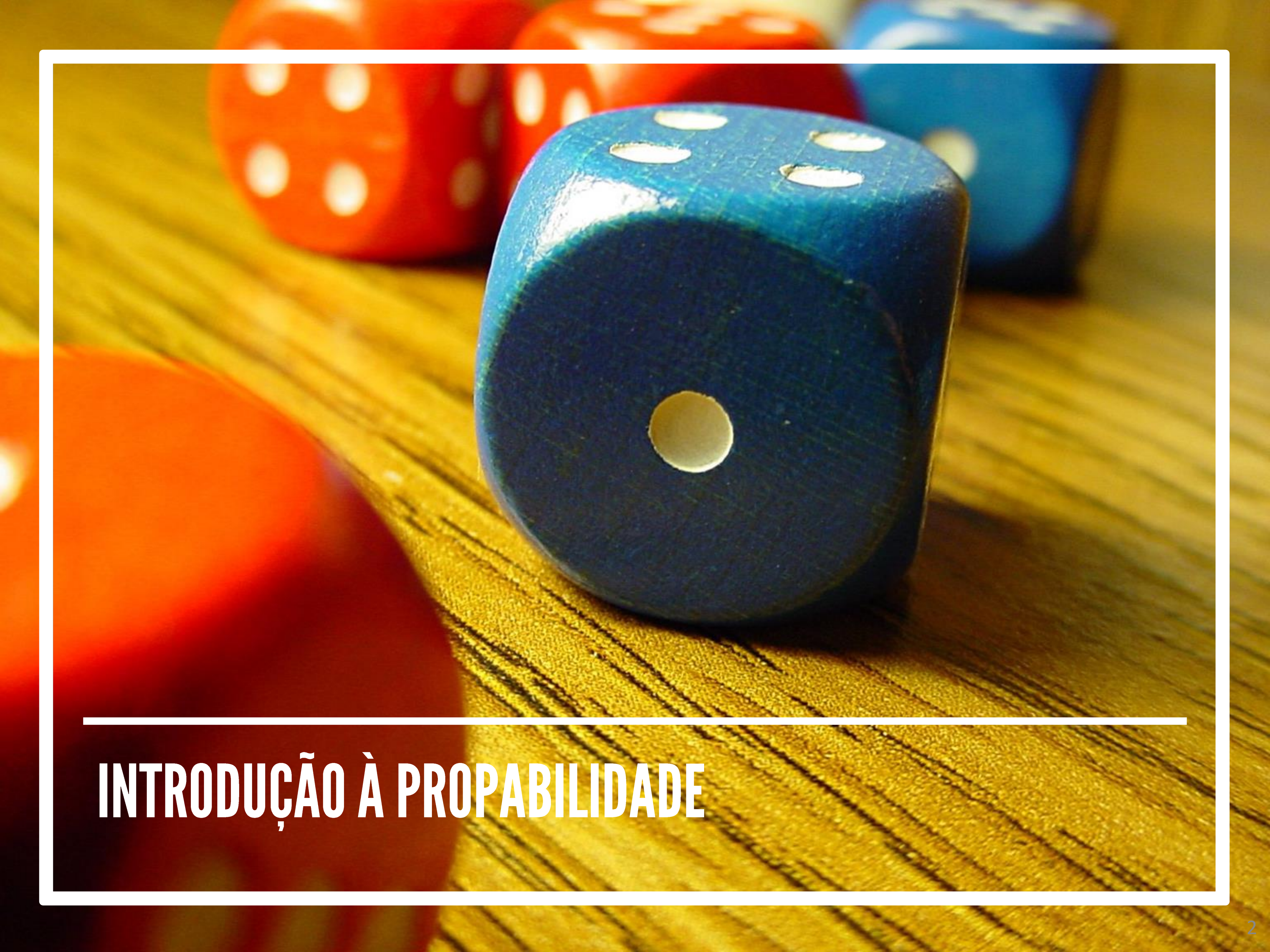
BIOLOGIA/BIOMEDICINA

BIOESTATÍSTICA

Profª. Letícia Raposo
profleticiaraposo@gmail.com



INTRODUÇÃO À PROPABILIDADE

OBJETIVOS DA AULA

- Compreender os conceitos e terminologias relativos à teoria das probabilidades;
- Prever a ocorrência de um ou mais eventos utilizando a teoria das probabilidades;
- Aprender a usar modelos de probabilidade para entender melhor os fenômenos aleatórios.

INTRODUÇÃO

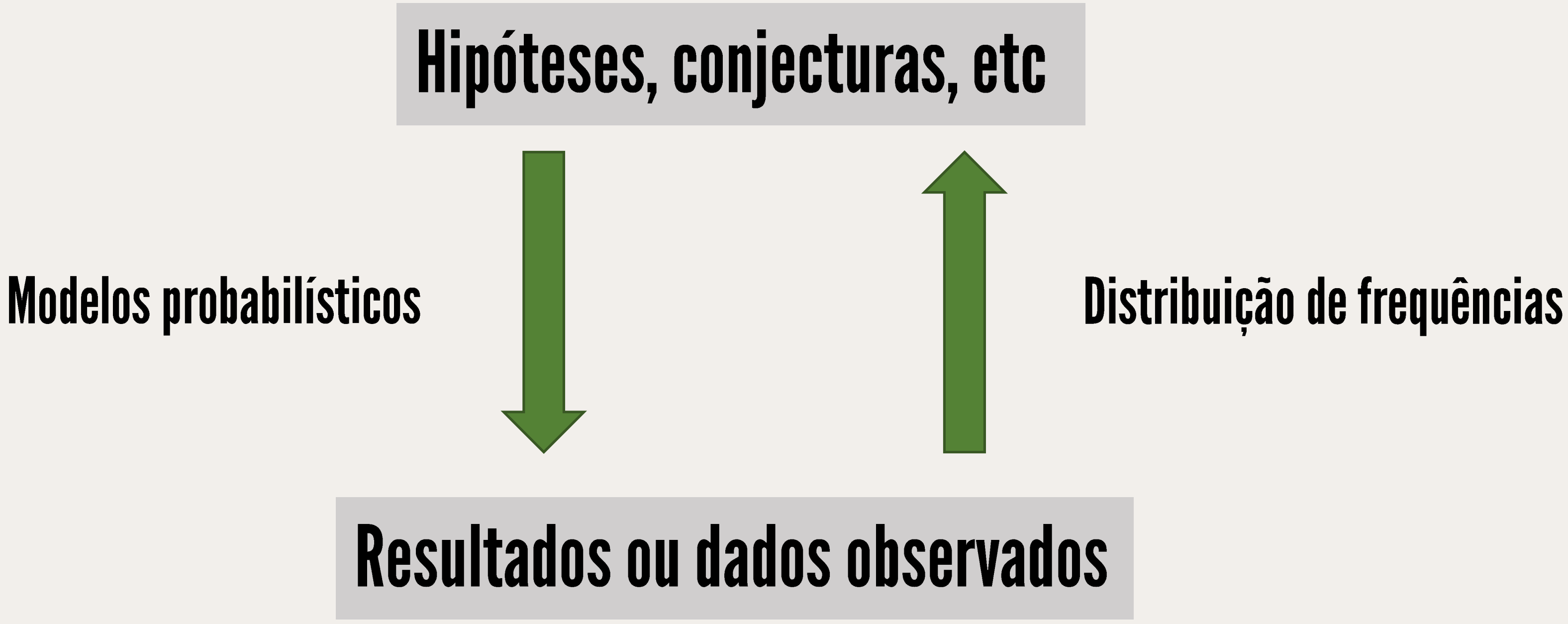
- *Nas aulas anteriores...*
  - Entender uma variável estudando o comportamento de um conjunto de observações (amostra).
  - Predomínio do raciocínio indutivo: com base na organização e descrição dos dados observados, procuramos fazer conjecturas sobre o universo (população) em estudo.
- *Hoje...*
  - Raciocínio de forma inversa: procuraremos entender como poderão ocorrer os resultados de uma variável, considerando certas suposições (raciocínio dedutivo).

INTRODUÇÃO

Supondo que 60% dos estudantes da Universidade usam a biblioteca, o que se pode deduzir sobre a porcentagem de alunos que usam a biblioteca em uma amostra simples de 10 alunos?

- A resposta a essa indagação não é um simples número, pois dependendo dos alunos selecionados, teremos resultados diferentes.
- Precisamos apresentar quais são os possíveis resultados e como eles poderão ocorrer → *modelos probabilísticos*.

MODELOS PROBABILÍSTICOS



DEFINIÇÕES BÁSICAS

Os modelos probabilísticos são construídos a partir de certas hipóteses ou conjecturas sobre o problema em questão e constituem-se de duas partes:

1) dos possíveis resultados e

2) de uma certa lei que nos diz quão provável é cada resultado (ou grupo de resultados).

Problema em questão

Lançamento de uma moeda

Possíveis resultados

Cara ou coroa

O quanto é provável cada resultado

Probabilidade de ocorrer cara é a mesma de ocorrer coroa

DEFINIÇÕES BÁSICAS

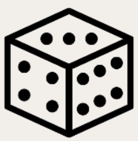
Seja um experimento aleatório (experiência ou situação em que deve ocorrer um, dentre vários resultados possíveis).

Espaço amostral S **é o conjunto de TODOS os resultados possíveis do experimento e será denotado por Ω.**

ESPAÇO AMOSTRAL

Exemplos:

- Lançar um moeda e observar a face voltada para cima: $\Omega = \{cara, coroa\}$.



- Lançar um dado e observar o número de pontos marcado no lado voltado para cima: $\Omega = \{1,2,3,4,5,6\}$.

- Numa certa universidade, indagar a um aluno se ele já usou a biblioteca: $\Omega = \{sim, não\}$.

- Numa escola de ensino fundamental, selecionar uma criança e medir a sua altura: $\Omega = \{x, tal\ que\ x \in \Re\ e\ 0 < x <$

ESPAÇO AMOSTRAL

Discreto

Quando podemos listar os possíveis resultados.

Contínuo

Quando temos um infinidade de resultados possíveis dentro de um intervalo de números reais.

DEFINIÇÕES BÁSICAS

Seja um experimento aleatório (experiência ou situação em que deve ocorrer um, dentre vários resultados possíveis).

Espaço amostral **é o conjunto de TODOS os resultados possíveis do experimento e será denotado por Ω.**

Evento **é um conjunto de resultados de um experimento.**

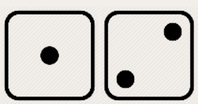
Podemos dizer que A é um evento se e somente se A é um subconjunto do espaço amostral Ω, pois Ω é o conjunto de TODOS os resultados possíveis.

EVENTO

Exemplo:

No lançamento de um dado, podemos ter interesse nos seguintes eventos:

A = ocorrer um número par - $\boldsymbol{A} = \{2,4,6\}$;



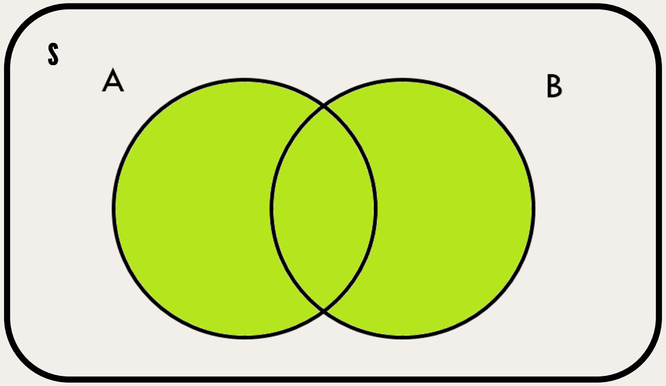
B = ocorrer um nº menor que três - $\boldsymbol{B} = \{1,2\}$;

C = ocorrer o ponto seis - $\boldsymbol{C} = \{6\}$; *e*

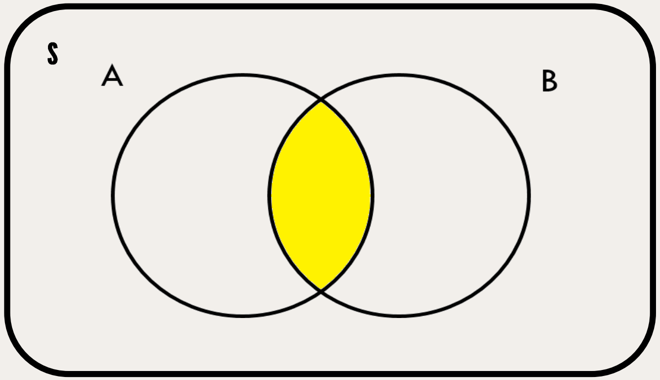
D = ocorrer um ponto maior que seis - $\boldsymbol{D} = \{\quad\}$.

Evento impossível – representado pelo conjunto vazio.

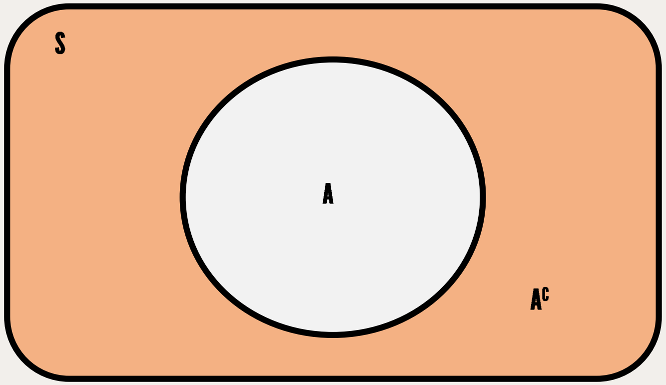
UNIÕES, INTERSECÇÕES E COMPLEMENTOS



União de dois eventos
$A \cup B$

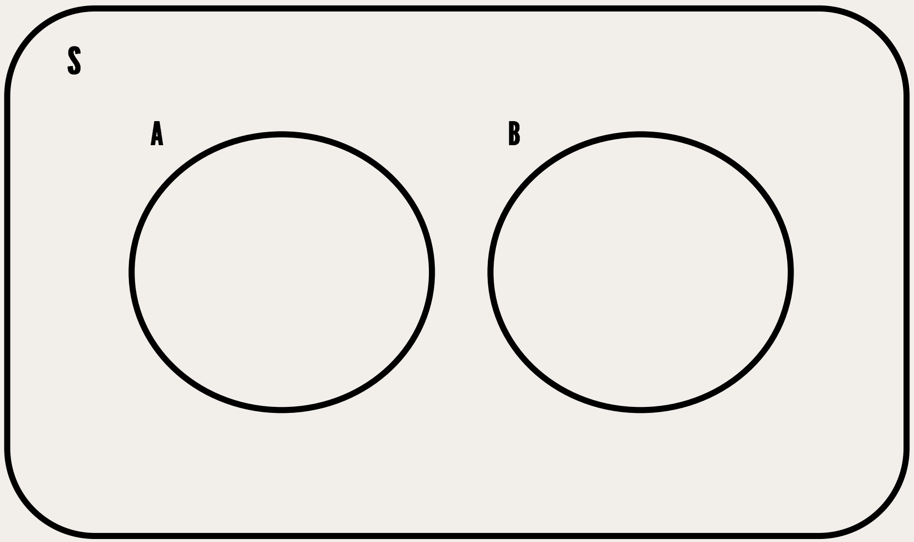


Intersecção de dois eventos
$A \cap B$



Complemento do evento A

EVENTOS MUTUAMENTE EXCLUSIVOS



Não possuem elementos em comum,
de forma que eles não podem ocorrer simultaneamente.

DEFINIÇÕES BÁSICAS

Seja um experimento aleatório (experiência ou situação em que deve ocorrer um, dentre vários resultados possíveis).

Espaço amostral é o conjunto de TODOS os resultados possíveis do experimento e será denotado por Ω.

Evento é um conjunto de resultados de um experimento.

Podemos dizer que A é um evento se e somente se A é um subconjunto do espaço amostral Ω, pois Ω é o conjunto de TODOS os resultados possíveis.

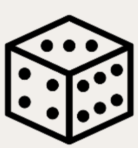
Probabilidade é um valor entre 0 e 1. A soma das probabilidades de todos os resultados possíveis do experimento deve ser igual a 1.

PROBABILIDADE

- No lançamento de um moeda, se considerarmos a moeda perfeitamente equilibrada e o lançamento imparcial, os resultados tornam-se equiprováveis. Temos o seguinte modelo probabilístico:

Resultado	Probabilidade
Cara	0,5 (1/2)
Coroa	0,5 (1/2)

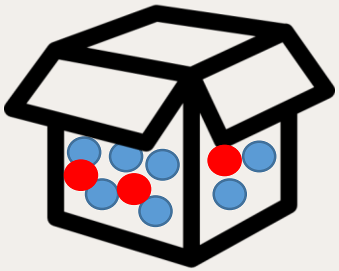
- No lançamento de um dado, se considerarmos o dado perfeitamente equilibrado e o lançamento imparcial, tem-se o seguinte modelo probabilístico:



Resultado	1	2	3	4	5	6
Probabilidade	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6

PROBABILIDADE

- Na seleção de uma bola na urna, sabendo que temos 7 bolas azuis e 3 vermelhas, supondo que a bola seja extraída aleatoriamente, temos o seguinte modelo:



Resultado	Probabilidade
Azul	0,7 (7/10)
Vermelha	0,3 (3/10)

- No problema de usuários da biblioteca, vamos supor que em toda a universidade 60% dos alunos usam e 40% não. Se o aluno for selecionado aleatoriamente, o modelo probabilístico será:

Resultado	Probabilidade
Sim	0,6
Não	0,4

PROBABILIDADE

<u>Princípio da equiprobabilidade</u>: quando as características do experimento sugerem N resultados possíveis, todos com igual probabilidade de ocorrência, a probabilidade de um certo evento A, contendo N_A resultados, pode ser definida por:

$$P(A) = \frac{N_A}{N}$$

A = ocorrer um nº par - $P(A) = \frac{3}{6} = \frac{1}{2} = 0{,}5$

B = ocorrer um nº < 3 – $P(B) = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$

C = ocorrer o ponto 6 – $P(C) = \frac{1}{6}$

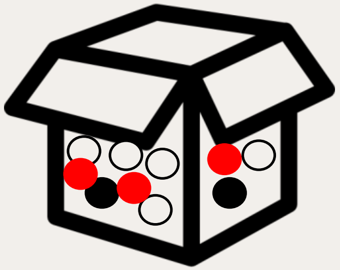
D = ocorrer um ponto > 6 – $P(D) = \frac{0}{6} = 0.$

PROBABILIDADE

Uma forma mais geral de alocar probabilidades a eventos é somando as probabilidades dos resultados que compõem o evento.

$$P(ocorrer\ nº\ par) = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{1}{2}$$

Ex: seja uma urna com 5 bolas brancas, 3 vermelhas e 2 pretas. Selecionar uma bola ao acaso. Qual a probabilidade da bola selecionada ser branca ou vermelha?



$$P(branca\ ou\ vermelha) = \frac{5}{10} + \frac{3}{10} = \frac{8}{10} = 0{,}8$$

$$P(branca\ ou\ vermelha) = 1 - P(preta) = 1 - \frac{2}{10} = 0{,}8$$

OU = SOMA!!!

PROBABILIDADE

- Eventos independentes: quando a ocorrência de um deles não altera a probabilidade da ocorrência do outro.
  - Ex: no lançamento imparcial de um dado e uma moeda, os eventos $A = n^{o}\, par\, no\, dado$ e $B = cara\, na\, moeda$ podem ser admitidos como independentes, já que a ocorrência de A (ou B) nada tem a ver com a ocorrência de B (ou A).
- Quando a ocorrência de um evento puder ser interpretada como resultante da ocorrência simultânea de dois outros eventos independentes, sua probabilidade pode ser obtida pelo produto das probabilidades individuais desses eventos.

PROBABILIDADE

Exemplo: Lançar duas vezes, de forma imparcial e <u>independente</u>, um dado perfeitamente equilibrado. Calcular a probabilidade de <u>ocorrer número par em ambos</u> os lançamentos.

$$P(nº\ par\ em\ ambos\ os\ lançamentos) =$$
$$= P(nº\ par\ no\ 1º\ lançamento) \times P(nº\ par\ no\ 2º\ lançamento) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

E = PRODUTO!!!

EXEMPLO

Um experimento médico mostrou que a probabilidade de um novo medicamento ser efetivo é de 0,75, a probabilidade de um certo efeito colateral é de 0,4 e a probabilidade de **ambos** ocorrerem é de 0,3. Esses eventos são independentes?

EXEMPLO

Um experimento médico mostrou que a probabilidade de um novo medicamento ser efetivo é de 0,75, a probabilidade de um certo efeito colateral é de 0,4 e a probabilidade de ambos ocorrerem é de 0,3. Esses eventos são independentes?

$$P(A \cap B) = 0{,}3$$

PARA SEREM EVENTOS INDEPENDENTES $\longrightarrow$

$$P(A \cap B) = P(A)P(B)$$

$$P(A \cap B) = 0{,}75 \times 0{,}4 = 0{,}3 \checkmark$$

REGRAS BÁSICAS DA PROBABILIDADE

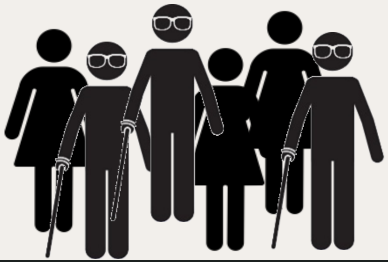
- A probabilidade de um evento A ocorrer é um número entre 0 e 1:

$$0 \leq \mathrm{P}(A) \leq 1$$

- O espaço amostral S tem probabilidade igual a 1: $\mathrm{P}(S) = 1$
- A probabilidade de um conjunto vazio $(\emptyset)$ ocorrer é nula: $\mathrm{P}(\emptyset) = 0$
- Regra da adição: $\mathrm{P}(A \cup B) = P(A) + P(B) - \mathrm{P}(A \cap B)$
  - Eventos mutuamente excludentes: $\mathrm{P}(A \cup B) = P(A) + P(B)$
- Se A^C for o evento complementar de A: $\mathrm{P}(A^C) = 1 - P(A)$
- Regra da multiplicação para eventos independentes:

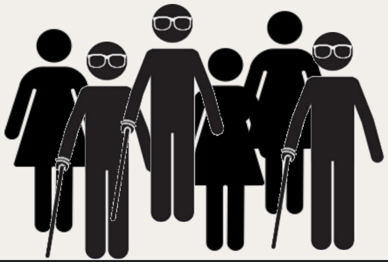
$$\mathrm{P}(A \cap B) = P(A) \times P(B)$$

EXEMPLO



Aproximadamente 4,25% da população é cega e 50% da população é feminina. Se a probabilidade de ser cego ou mulher é 54%, qual é a probabilidade de uma pessoa ser cega e mulher?

EXEMPLO



Aproximadamente 4,25% da população é cega e 50% da população é feminina. Se a probabilidade de ser cego ou mulher é 54%, qual é a probabilidade de uma pessoa ser cega e mulher?

- ✓ C: é $cego$
- ✓ M: é $mulher$
- ✓ $P(C) = 0{,}0425$
- ✓ $P(M) = 0{,}50$
- ✓ $P(C \cup M) = 0{,}54$
- ✓ $P(C \cap M) = ?$

$$P(C \cup M) = P(C) + P(M) - P(C \cap M)$$

$$0{,}54 = 0{,}0425 + 0{,}50 - P(C \cap M)$$

$$\boxed{P(C \cap M) = 0{,}0025}$$

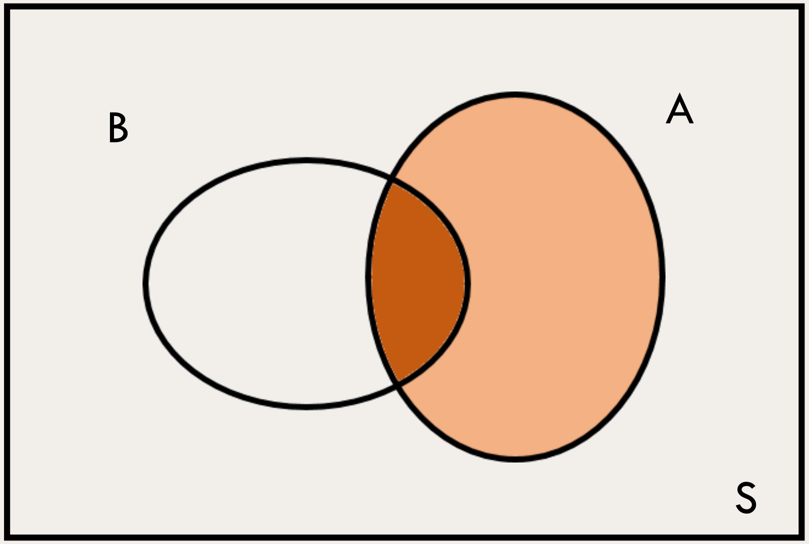
PROBABILIDADE CONDICIONAL

Quando a obtenção das probabilidades depende do que é conhecido e do que foi aprendido ou assumido sobre a situação que estamos trabalhando, utilizamos a probabilidade condicional.

Sejam A e B dois eventos de um espaço amostral S, associado a um experimento, em que $P(A) > 0$. A probabilidade de B ocorrer condicionada a A ter ocorrido, será representada por $P(B|A)$ e calculada por

$$P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)}$$

$$\frac{N_{AB}}{N_A} = \frac{\frac{N_{AB}}{N}}{\frac{N_A}{N}}$$



PROBABILIDADE CONDICIONAL

Sejam A e B dois eventos de um espaço amostral S, associado a um experimento, em que $P(A) > 0$. A probabilidade de B ocorrer condicionada a A ter ocorrido, será representada por $P(B|A)$ e calculada por

$$P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)}$$

$$\frac{N_{AB}}{N_A} = \frac{\frac{N_{AB}}{N}}{\frac{N_A}{N}}$$

Note que,

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$$

$$\frac{N_{AB}}{N_B} = \frac{\frac{N_{AB}}{N}}{\frac{N_B}{N}}$$

As probabilidades condicionais não são definidas quando as probabilidades dos denominadores são iguais a zero.

REGRA DA MULTIPLICAÇÃO PARA PROBABILIDADES CONDICIONAIS

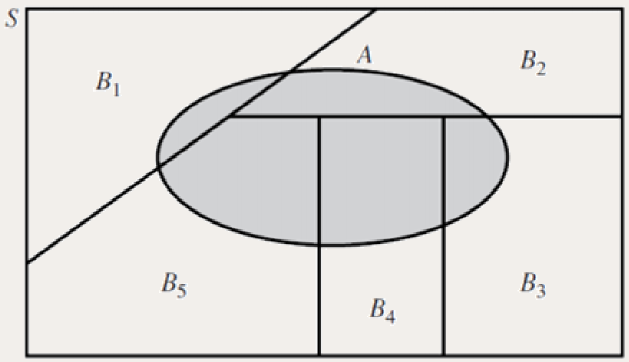
Com o conceito de probabilidade condicional, é possível apresentar uma maneira de se calcular a probabilidade da interseção de dois eventos A e B em função destes eventos. Esta expressão é denominada de regra da multiplicação.

$$P(A \cap B) = P(B|\mathrm{A})P(A) = P(A|\mathrm{B})P(B)$$

PROBABILIDADE CONDICIONAL E PARTIÇÕES

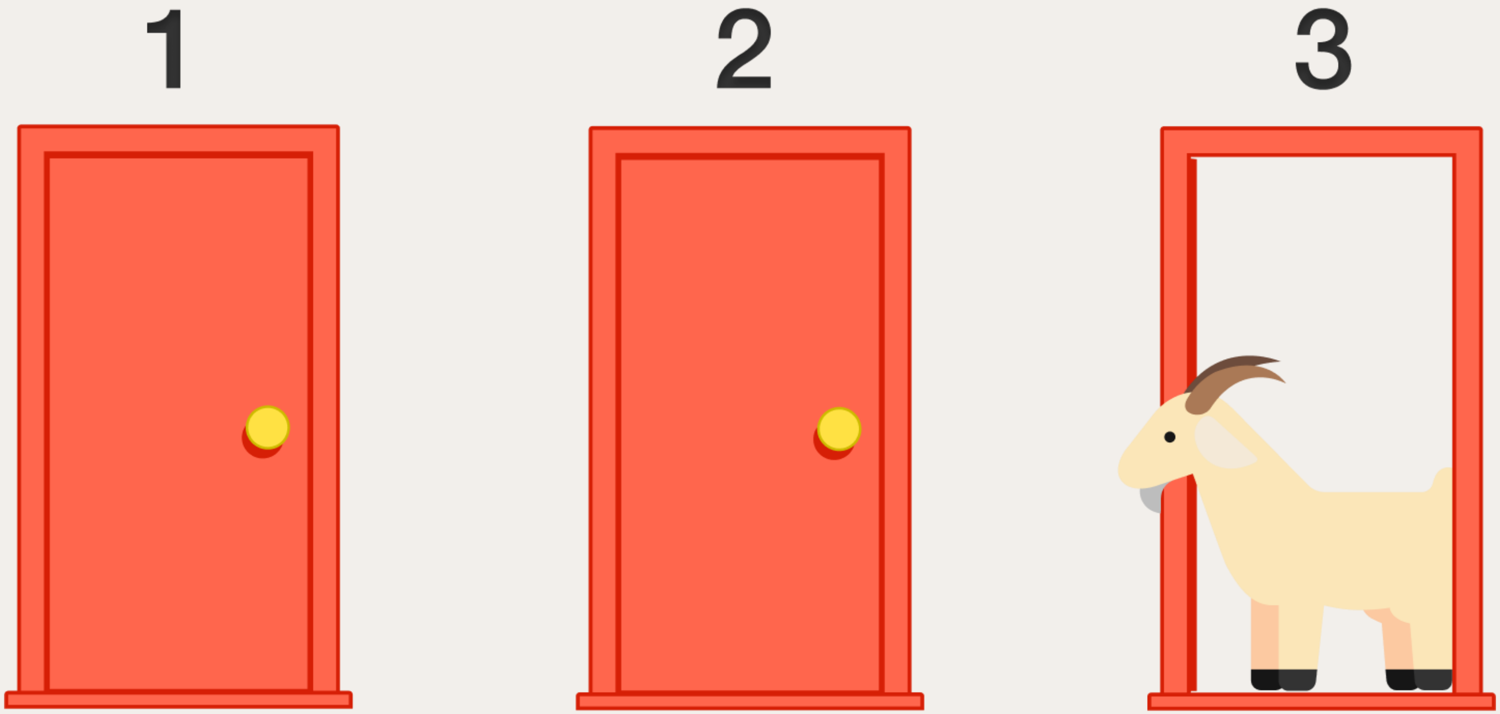
- Seja S o espaço amostral de um experimento, e considere k eventos disjuntos $B_1, B_2 \dots, B_k$ em S tais que $\bigcup_{i=1}^{k} B_i = S$. Dizemos que esses eventos formam uma partição de S.

- (Lei da probabilidade total) Suponha que os eventos $B_1, B_2 \dots, B_k$ formam uma partição do espaço S e que $P(B_j) > 0$ para $j = 1, \dots, k$. Então, para qualquer evento A em S,



$$P(A) = \sum_{j=1}^{k} P(B_j)\, P(A|B_j)$$

O PROBLEMA DE MONTY HALL



https://www.youtube.com/watch?v=hdo4CZC76fA

O PROBLEMA DE MONTY HALL

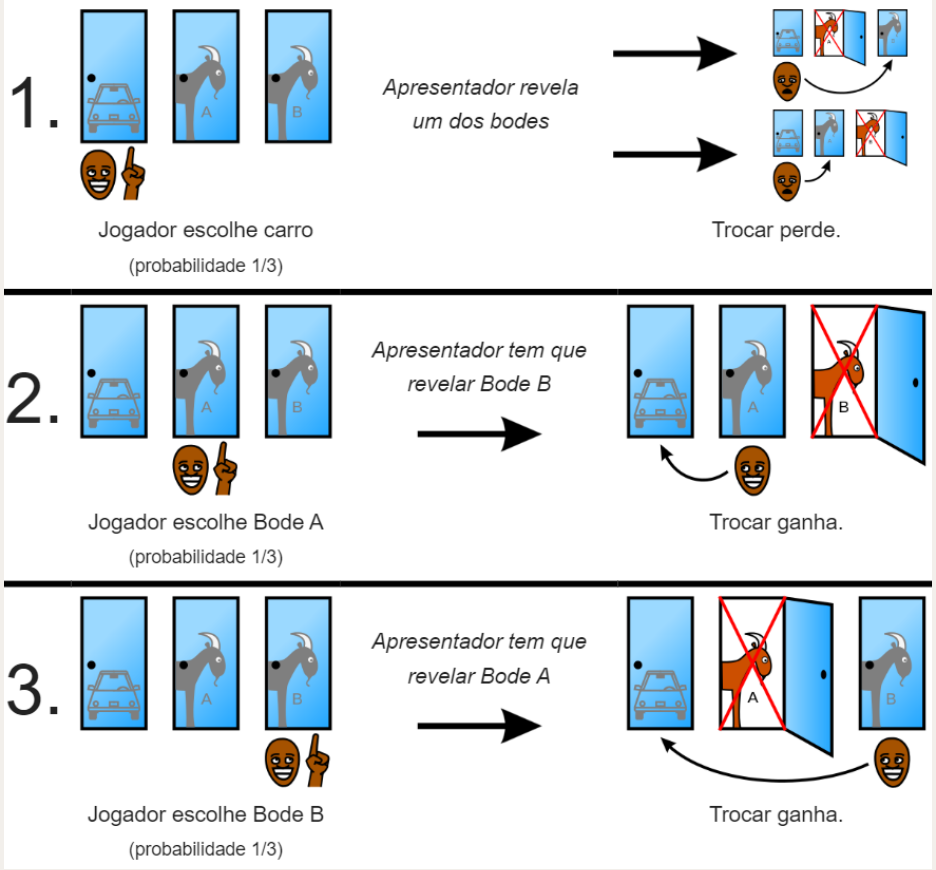


Imagem retirada de https://pt.wikipedia.org/wiki/Problema_de_Monty_Hall

TEOREMA DE BAYES

THOMAS BAYES
(1701-1761)

PIERRE-SIMON LAPLACE
(1749-1827)

- O teorema de Bayes é um método para interpretar evidências no contexto de experiência ou conhecimento anterior.
- Foi descoberto por Thomas Bayes e descoberto independentemente por Pierre-Simon Laplace.
- Aplicações na área da epidemiologia, genética, processamento de imagem, aprendizado de máquina, psicologia, ciência forense...

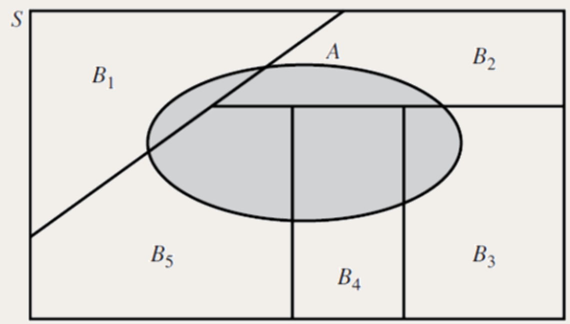
TEOREMA DE BAYES

$$P(A \cap B) = P(A)P(\mathrm{B|A}) = P(B)P(A|B)$$

$$P(\mathrm{B|A}) = \frac{P(B)P(\mathrm{A|B})}{P(A)}$$

Este é o teorema de Bayes, o qual permite o cálculo de $P(\mathrm{B|A})$ se conhecermos $P(A), P(B)$ e $P(A|B)$.

TEOREMA DE BAYES



A probabilidade de ocorrência do evento B_i, dado que o evento A ocorreu no experimento:

$$P(B_i|A) = \frac{P(B_i)P(A|B_i)}{P(A)}$$

PROBABILIDADE A POSTERIORI

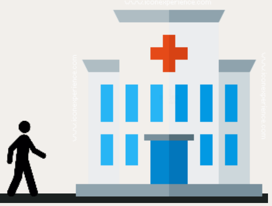
PROBABILIDADE A PRIORI

VEROSSIMILHANÇA

$$P(B_i|A) = \frac{P(B_i)P(A|B_i)}{\sum_{j=1}^{n} P(B_j)P(A|B_j)}$$

EVIDÊNCIA

EXEMPLO



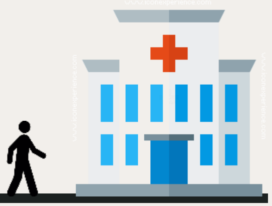
Você está caminhando na rua e nota que o posto de saúde está fornecendo um teste gratuito para uma certa doença. O teste tem a seguinte confiabilidade:

- *Sensibilidade: se uma pessoa tem a doença, o teste tem 90% de probabilidade de dar um resultado positivo.*
- *Especificidade: se uma pessoa não tem a doença, o teste tem 90% de probabilidade de dar um resultado negativo. (Portanto, só 10% de probabilidade de dar resultado falso positivo).*

Dados epidemiológicos indicam que a prevalência da doença é de apenas 1 em 10.000, mas como o teste é gratuito e não invasivo, você decide fazer.

Alguns dias depois você recebe uma carta informando que seu teste deu positivo. Agora, qual é a probabilidade de você ter a doença?

EXEMPLO



Dados epidemiológicos indicam que a prevalência da doença é de apenas 1 em 10.000, mas como o teste é gratuito e não invasivo, você decide fazer.

D_+: ter a doença
T_+: teste positivo
- $P(D_+) = 0{,}0001$ → Prevalência (Probabilidade pré-teste)

EXEMPLO

Sensibilidade: se uma pessoa tem a doença, o teste tem 90% de probabilidade de dar um resultado positivo.

D_+: ter a doença
T_+: teste positivo
- $P(D_+) = 0{,}0001$ → Prevalência (Probabilidade pré-teste)
- $P(T_+|D_+) = 0{,}90$

EXEMPLO

Especificidade: se uma pessoa não tem a doença, o teste tem 90% de probabilidade de dar um resultado negativo. (Portanto, só 10% de probabilidade de dar resultado falso positivo).

D_+: ter a doença
T_+: teste positivo

- $P(D_+) = 0{,}0001$ → Prevalência (Probabilidade pré-teste)
- $P(T_+|D_+) = 0{,}90$
- $P(T_-|D_-) = 0{,}90$
- $P(T_+|D_-) = 0{,}10$

EXEMPLO

Alguns dias depois você recebe uma carta informando que seu teste deu positivo. Agora, qual é a probabilidade de você ter a doença?

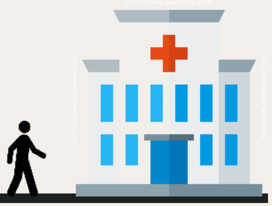
D_+: ter a doença
T_+: teste positivo

- $P(D_+) = 0{,}0001$ → Prevalência (Probabilidade pré-teste)
- $P(T_+|D_+) = 0{,}90$
- $P(T_-|D_-) = 0{,}90$
- $P(T_+|D_-) = 0{,}10$

$$P(D_+|T_+) = \frac{P(T_+|D_+)P(D_+)}{P(T_+)}$$

?

EXEMPLO



Alguns dias depois você recebe uma carta informando que seu teste deu positivo. Agora, qual é a probabilidade de você ter a doença?

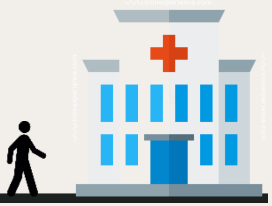
D_+: ter a doença
T_+: teste positivo

- $P(D_+) = 0{,}0001$
- $P(T_+|D_+) = 0{,}90$
- $P(T_-|D_-) = 0{,}90$
- $P(T_+|D_-) = 0{,}10$

$$P(D_+|T_+) = \frac{P(T_+|D_+)P(D_+)}{P(T_+)}$$

$$P(T_+) = P(T_+ \cap D_+) + P(T_+ \cap D_-)$$
$$P(T_+) = P(T_+|D_+)P(D_+) + P(T_+|D_-)P(D_-)$$
$$P(T_+) = 0{,}90 \times 0{,}0001 + 0{,}10 \times 0{,}9999 = 0{,}10008$$

EXEMPLO



Agora, qual é a probabilidade de você ter a doença?

D_+: ter a doença
T_+: teste positivo
- $P(D_+) = 0{,}0001$

$$P(D_+|T_+) = \frac{P(T_+|D_+)P(D_+)}{P(T_+)}$$

$$P(D_+|T_+) = \frac{0{,}90 \times 0{,}0001}{0{,}10008} = 0{,}0009$$

A probabilidade pós-teste aumentou 9x, mas continua baixa, aproximadamente 1 em 1000.
- Doença é relativamente rara (1 em 10.000).

DIAGRAMA EM ÁRVORE

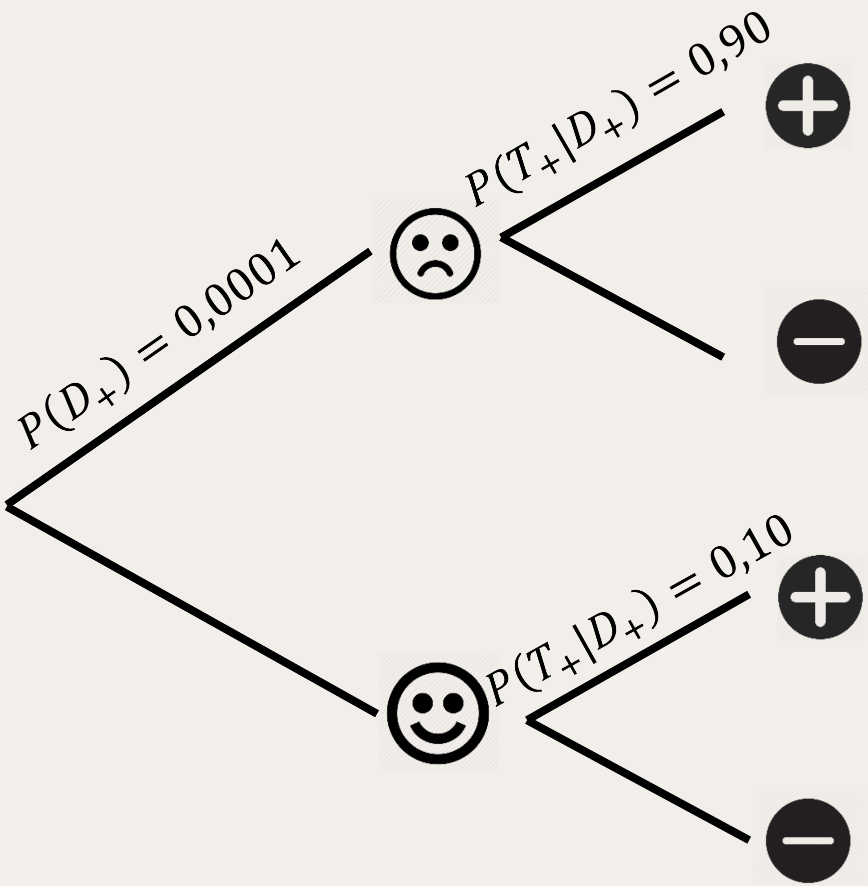
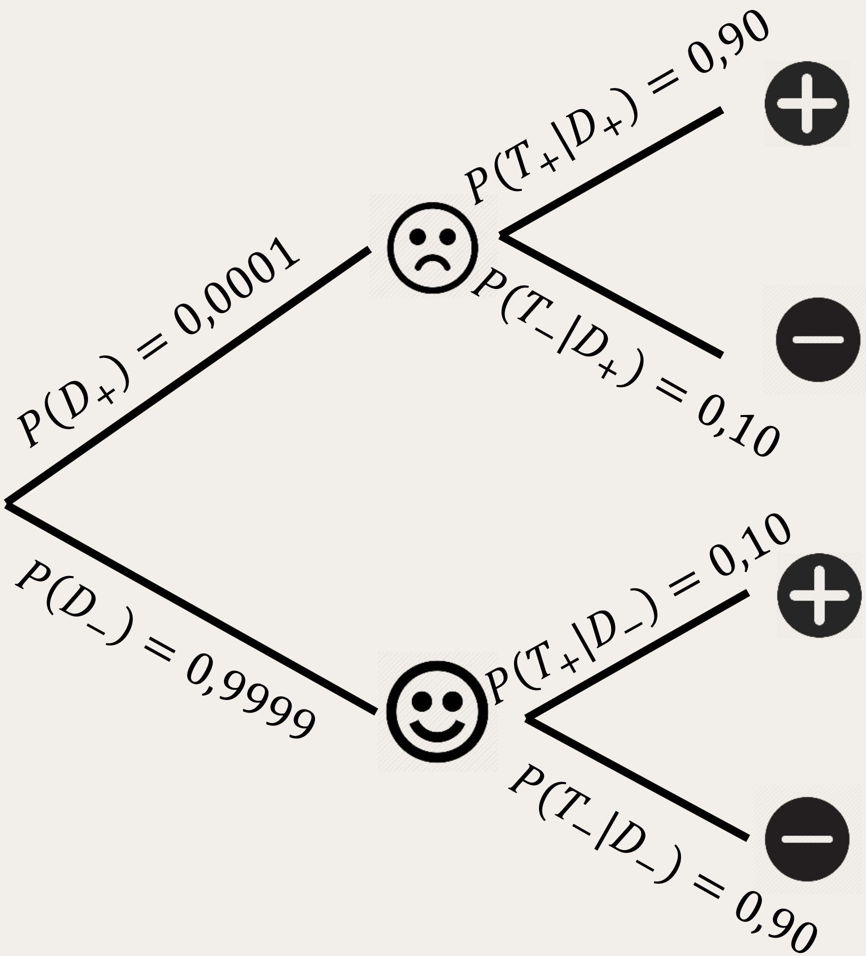


DIAGRAMA EM ÁRVORE



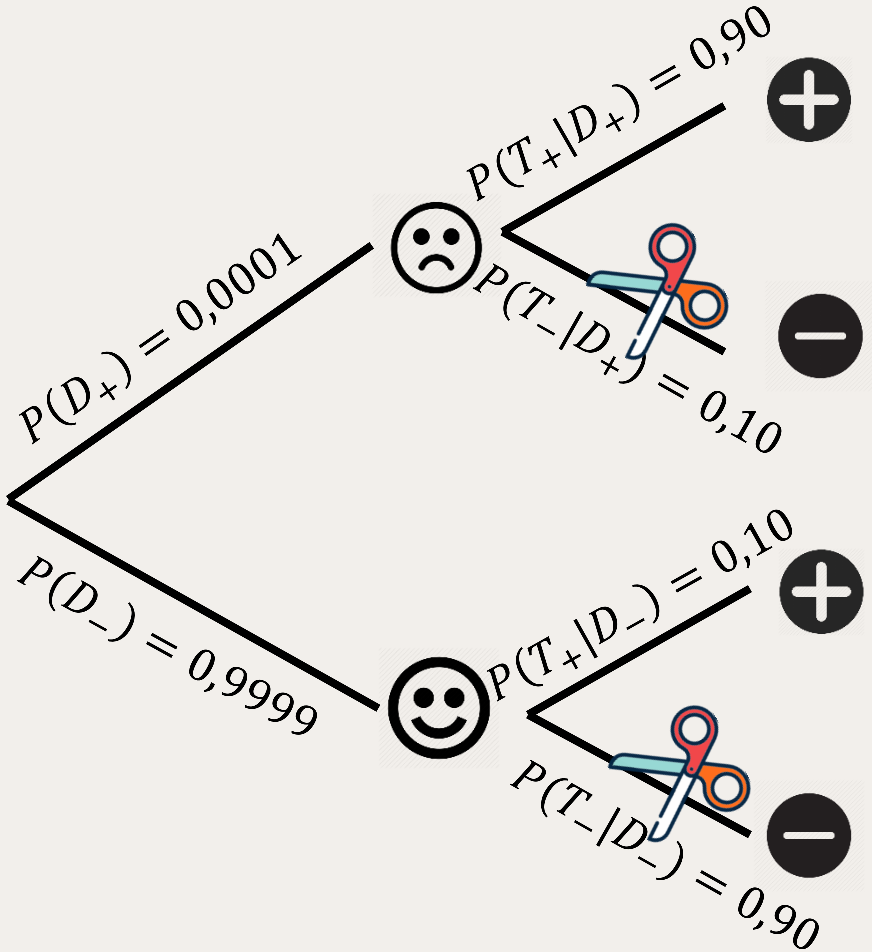
$$P(D_+ \cap T_+) = 0{,}0001 \times 0{,}90 = 0{,}00009$$

$$P(D_+ \cap T_-) = 0{,}0001 \times 0{,}10 = 0{,}00001$$

$$P(D_- \cap T_+) = 0{,}9999 \times 0{,}10 = 0{,}09999$$

$$P(D_- \cap T_-) = 0{,}9999 \times 0{,}90 = 0{,}89991$$

DIAGRAMA EM ÁRVORE



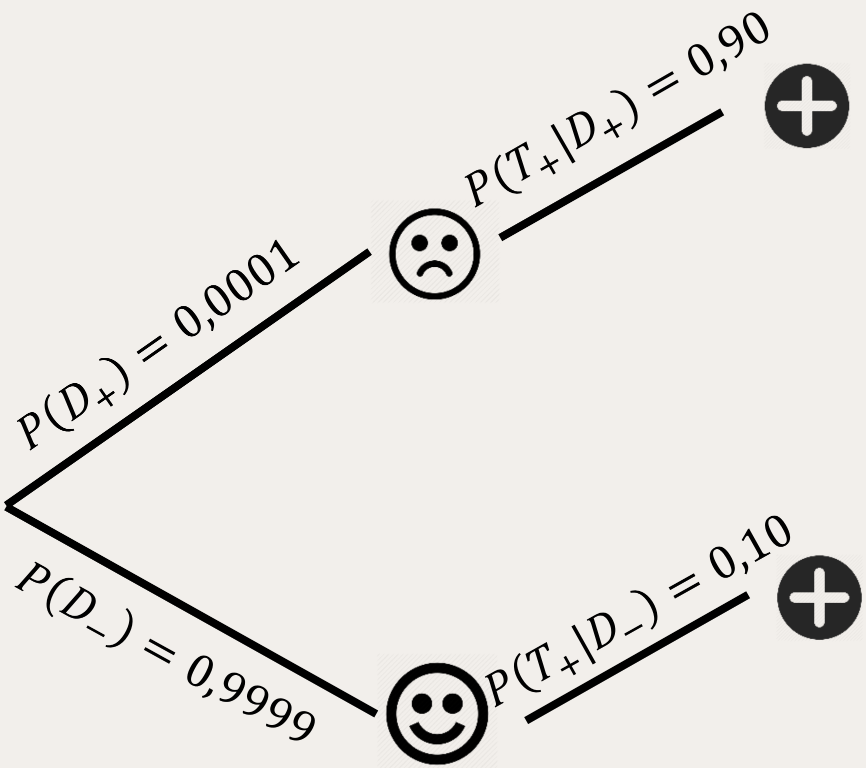
$P(D_+ \cap T_+) = 0{,}0001 \times 0{,}90 = 0{,}00009$

$P(D_+ \cap T_-) = 0{,}0001 \times 0{,}10 = 0{,}00001$

$P(D_- \cap T_+) = 0{,}9999 \times 0{,}10 = 0{,}09999$

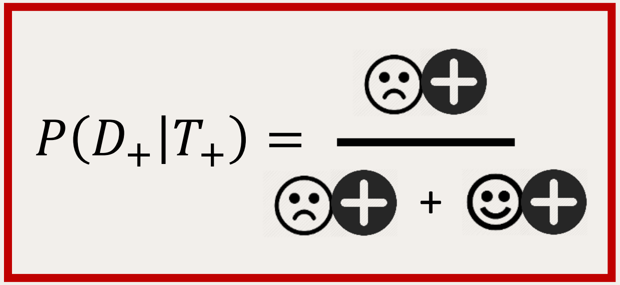
$P(D_- \cap T_-) = 0{,}9999 \times 0{,}90 = 0{,}89991$

DIAGRAMA EM ÁRVORE



$P(D_+ \cap T_+) = 0,0001 \times 0,90 = 0,00009$

$P(D \cap T_+) = 0,9999 \times 0,10 = 0,09999$



TESTES DIAGNÓSTICOS

OBJETIVOS DA AULA

- Compreender o que são testes diagnósticos;
- Conhecer os principais índices de desempenho dos testes;
  - Sensibilidade;
  - Especificidade;
  - Valores Preditivos.
- Avaliar a determinação do ponte de corte;
- Curva ROC.

TESTES DIAGNÓSTICOS

- Diagnóstico: decisão clínica baseada, conscientemente ou não, em probabilidade.
- Objetivos:
  - Triagem de pacientes;
  - Diagnóstico de doenças;
  - Acompanhamento ou prognóstico da evolução do paciente.
- Para chegar ao diagnóstico, existem várias possibilidades, com níveis de certeza que variam de acordo com as informações disponíveis.

COMO MEDIR O NÍVEL DE CERTEZA DE PRESENÇA DE UMA DOENÇA APÓS A OBSERVAÇÃO DE UM TESTE POSITIVO?

Referência

Teste Diagnóstico	Doente	Não Doente
Positivo	Verdadeiros Positivos (VP)	Falsos Positivos (FP)
Negativo	Falsos Negativos (FN)	Verdadeiros Negativos (VN)

VALIDADE DE UM TESTE DIAGNÓSTICO

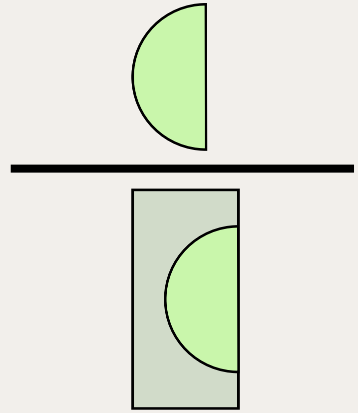
Para determinar a validade, compara-se os resultados do teste com os de uma referência (padrão ouro).

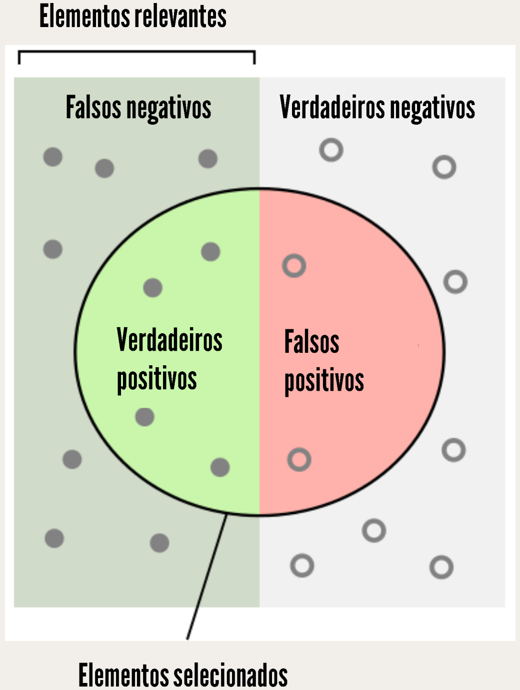
SENSIBILIDADE E ESPECIFICIDADE

A sensibilidade e a especificidade são medidas importantes pois nos dão uma ideia de quão bom é o desempenho de um teste diagnóstico em comparação com o de um teste padrão ouro existente.

Sensibilidade: proporção verdadeiros positivos em relação ao total de doentes.

$$S = \frac{VP}{VP+FN} =$$



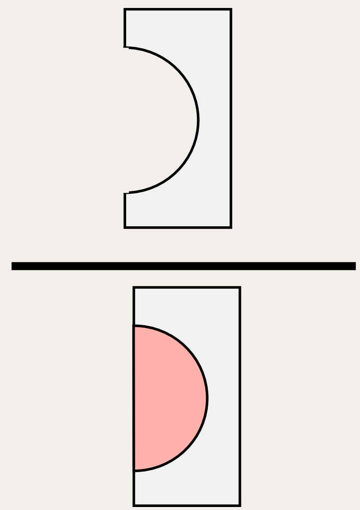


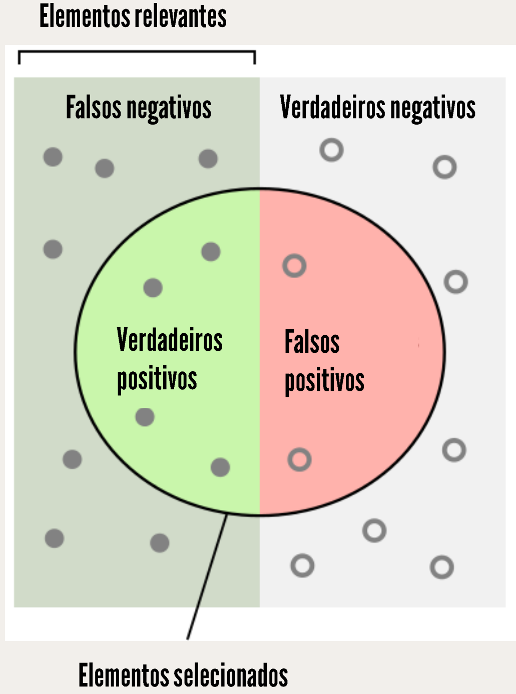
SENSIBILIDADE E ESPECIFICIDADE

A sensibilidade e a especificidade são medidas importantes pois nos dão uma ideia de quão bom é o desempenho de um teste diagnóstico em comparação com o de um teste padrão ouro existente.

<u>Especificidade</u>: proporção verdadeiros negativos em relação ao total de não doentes.

$$E = \frac{VN}{VN+FP} =$$





TESTES SENSÍVEIS

- Quando não se pode correr o risco de não detectar a doença, uma vez que os falsos negativos serão dispensados de seguimento.
- Teste sensível (poucos falso-negativos):
  - Doença perigosa, mas tratável (sífilis, tuberculose, Hodgkin, transfusão - aids);
  - Excluir doenças;
  - Probabilidade de doença é baixa e propósito é descobrir a doença: exame periódico, banco de sangue.

TESTES ESPECÍFICOS

- Associados com custo;
- Rotulação de pacientes;
- Teste específico (poucos falso positivos):
  - Quimioterapia, indicação de cirurgia, doença estigmatizante.

SENSIBILIDADE E ESPECIFICIDADE

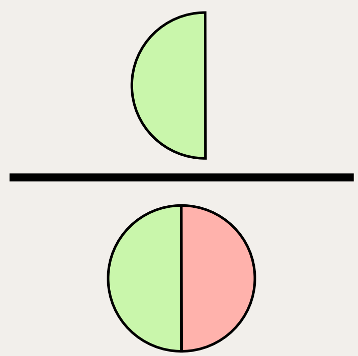
- Úteis para avaliar o desempenho de um teste diagnóstico, mas não são muito úteis para ajudar a tomar decisões clínicas personalizadas.
- Quando um clínico tem um paciente cujo teste apresentou resultado positivo, a pergunta mais importante é a seguinte: dado que o teste é positivo, qual é a probabilidade de o paciente ter a doença?

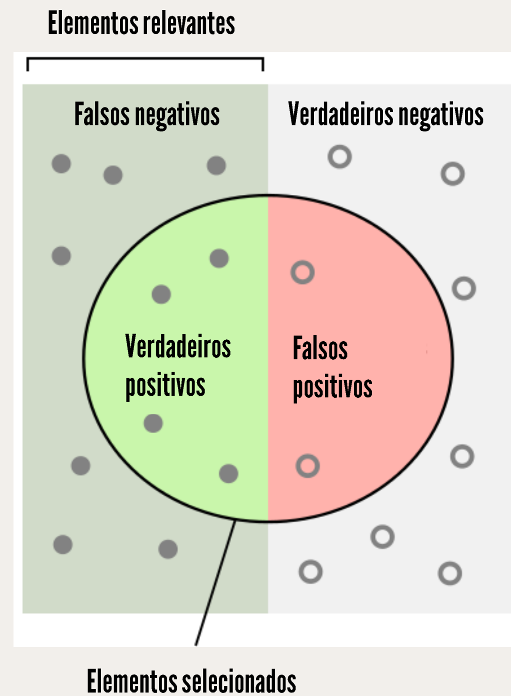
VALORES PREDITIVOS

Ajudam a compreender o quão bem um teste é capaz de diagnosticar uma doença com base nos resultados do padrão ouro.

Valor Preditivo Positivo: proporção verdadeiros positivos em relação ao total de positivos pelo teste.

$$\text{VPP} = \frac{VP}{VP+FP} =$$



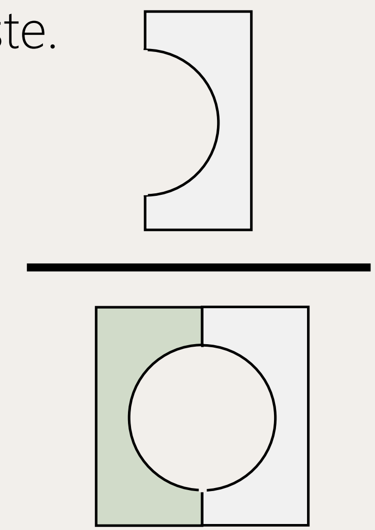


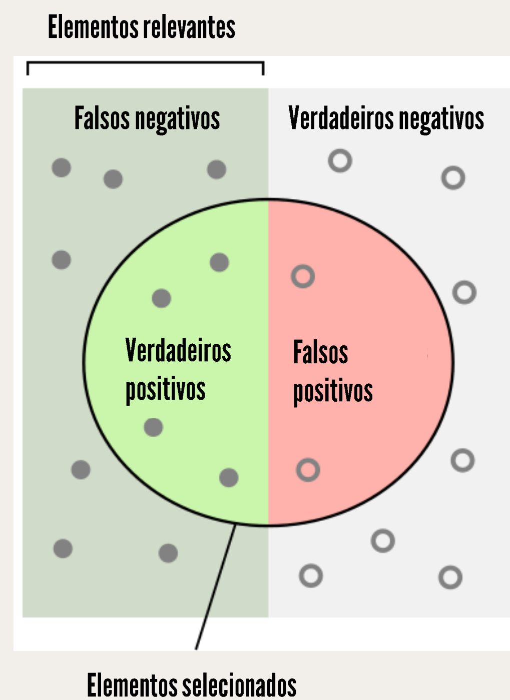
VALORES PREDITIVOS

Ajudam a compreender o quão bem um novo teste é capaz de diagnosticar uma doença com base nos resultados do padrão ouro.

<ins>Valor Preditivo Negativo</ins>: proporção de verdadeiros negativos em relação ao total de negativos identificados pelo teste.

$$\text{VPN} = \frac{VN}{VN+FN} =$$





VALORES PREDITIVOS

- ATENÇÃO!!! Dependem da prevalência da doença na população.
- Se a prevalência (probabilidade pré-teste) da doença for alta em uma determinada população, o VPP aumenta e o VPN diminui.
  - Valores preditivos não são características fixas do teste e não podem ser generalizados para populações com diferentes prevalências da doença.

$$VPP = \frac{S \times P}{(S \times P) + (1 - E) \times (1 - P)}$$

$$VPN = \frac{E \times (1 - P)}{(1 - S) \times P + E \times (1 - P)}$$

***SÓ PODEMOS CALCULAR O VPP E VPN A PARTIR DA MATRIZ DE CONFUSÃO SE ELA TRAZ O VALOR REAL DA PREVALÊNCIA.**

VALORES PREDITIVOS

- VPP alto: um paciente cujo teste apresente resultado positivo muito provavelmente tem a doença que está sendo investigada.
- VPN alto: um paciente cujo teste apresente resultado negativo muito provavelmente não tem a doença que está sendo investigada.

VALORES PREDITIVOS

- Quanto mais sensível, melhor o VPN.

$$VPN = \frac{E \times (1 - P)}{(1 - S) \times P + E \times (1 - P)}$$

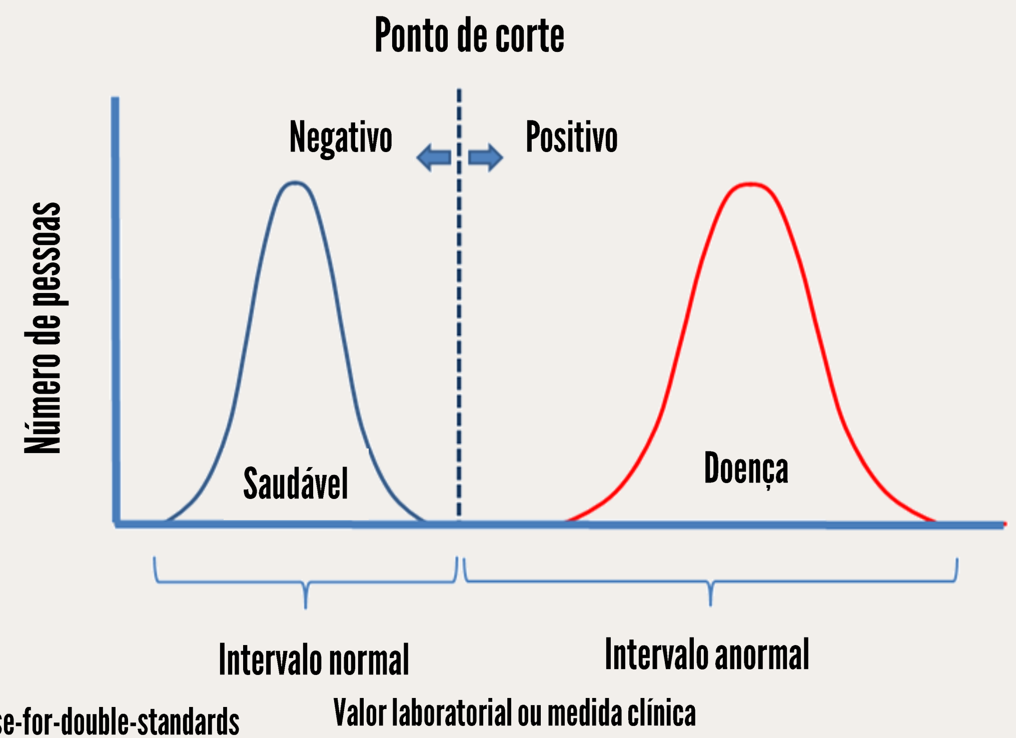
- Quanto mais específico, melhor o VPP.

$$VPP = \frac{S \times P}{(S \times P) + (1 - E) \times (1 - P)}$$

O VPP E O VPN SÃO MAIS ÚTEIS QUE A SENSIBILIDADE E A ESPECIFICIDADE PARA OS CLÍNICOS PORQUE ESTIMAM A PROBABILIDADE DE DOENÇA (OU SUA AUSÊNCIA) A PARTIR DO RESULTADO DO TESTE.

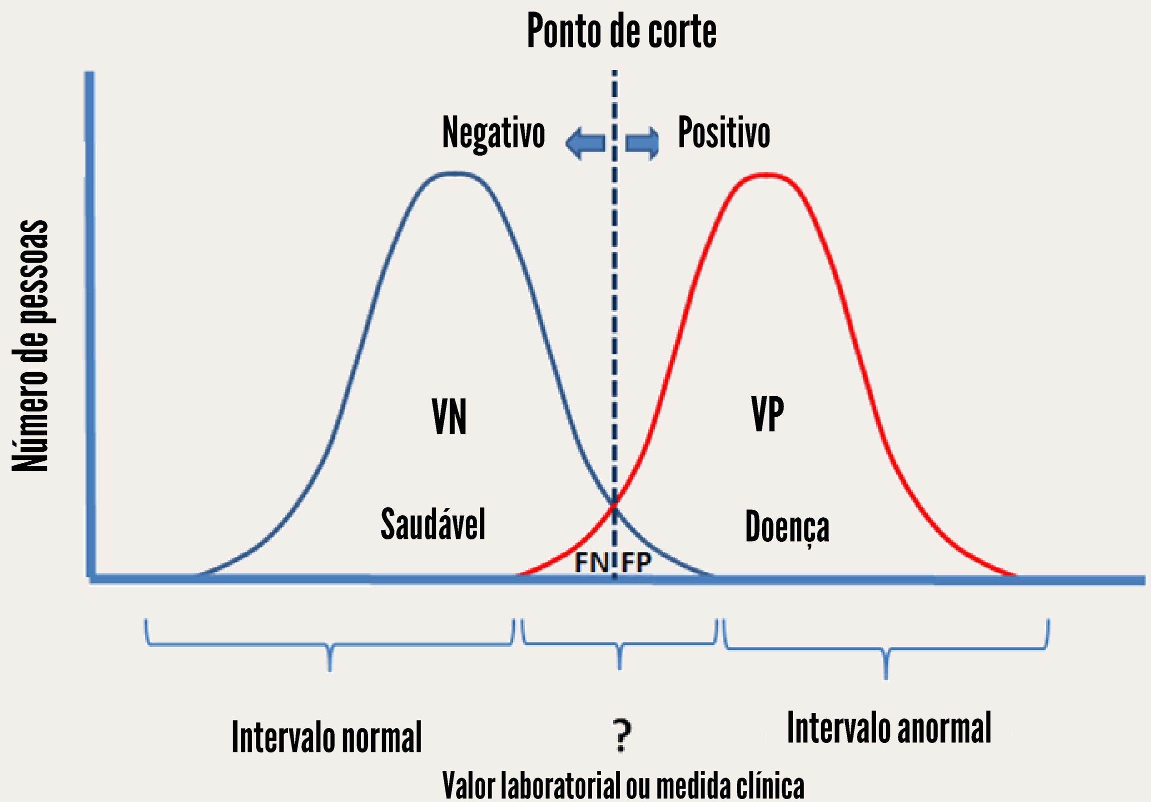
PONTO DE CORTE

Quando um teste diagnóstico é avaliado, o pesquisador estabelece um ponto de corte que define se o teste é positivo ou negativo, e há sempre uma troca entre sensibilidade e especificidade.



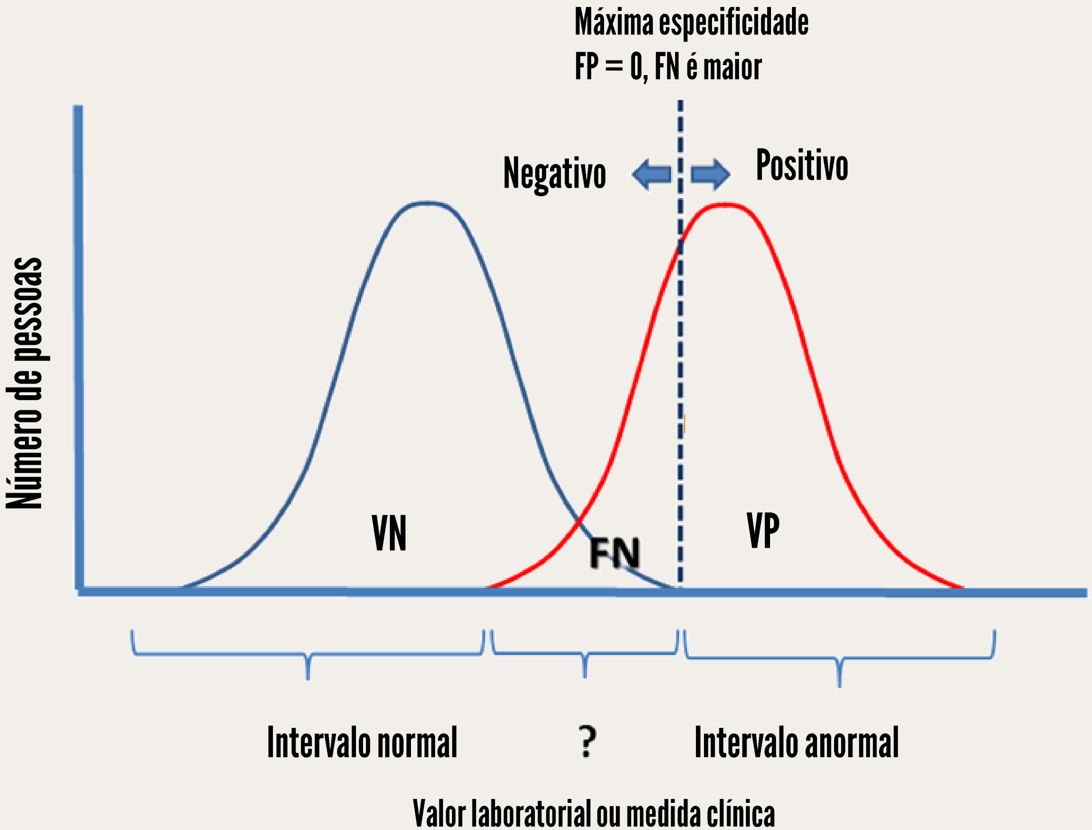
http://www.drcoplan.com/dsm5-the-case-for-double-standards

PONTO DE CORTE



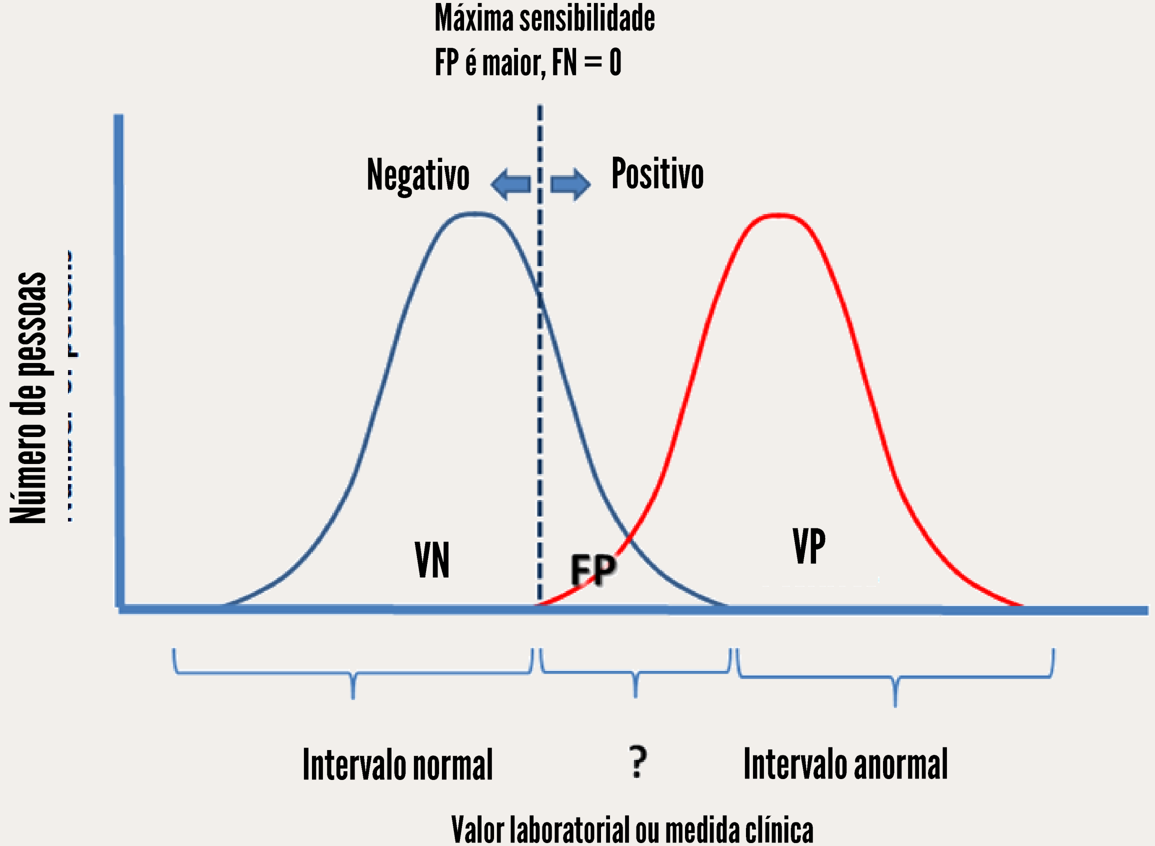
http://www.drcoplan.com/dsm5-the-case-for-double-standards

PONTO DE CORTE



http://www.drcoplan.com/dsm5-the-case-for-double-standards

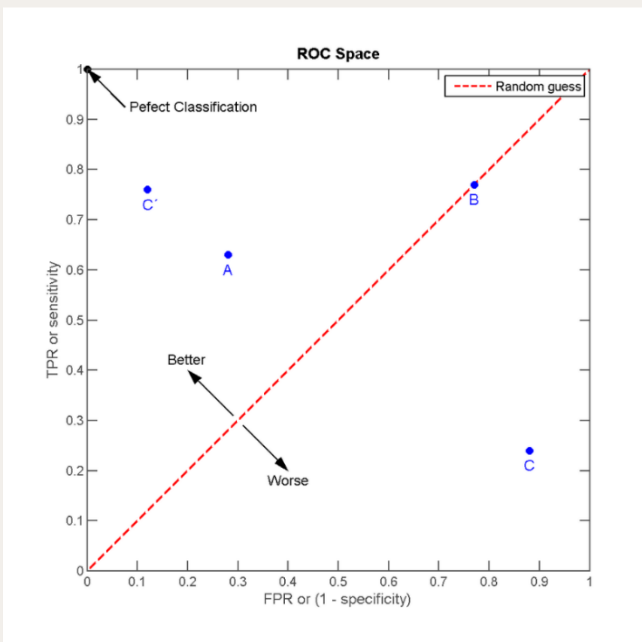
PONTO DE CORTE

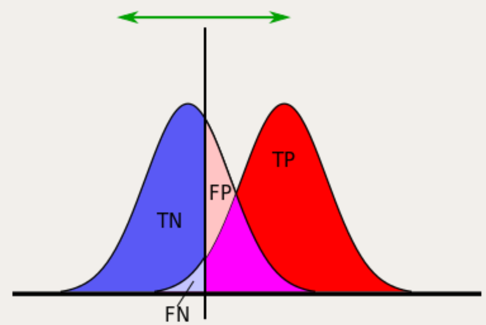


http://www.drcoplan.com/dsm5-the-case-for-double-standards

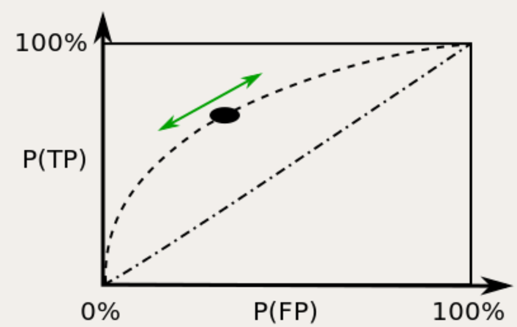
CURVAS ROC

Usamos curvas ROC para fazer uma avaliação global do valor de um teste diagnóstico por meio do cálculo da área sob a curva (*Area Under ROC Curve*, AUC).



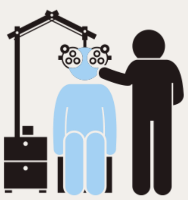


TP	FP
FN	TN



EXERCÍCIO

Um médico clínico geral de uma escola examinou uma população de 2.000 alunos na tentativa de detectar casos suspeitos de tracoma. Considere que a prevalência de tracoma na faixa etária de escolares seja de 10%, a sensibilidade do exame do médico clínico geral seja de 80% e sua especificidade de 80%. Todas as crianças rotuladas como "positivas", ou seja, suspeitas de tracoma pelo clínico geral da escola serão posteriormente encaminhadas para exames com o oftalmologista. A sensibilidade e especificidade do exame do oftalmologista é 90%.

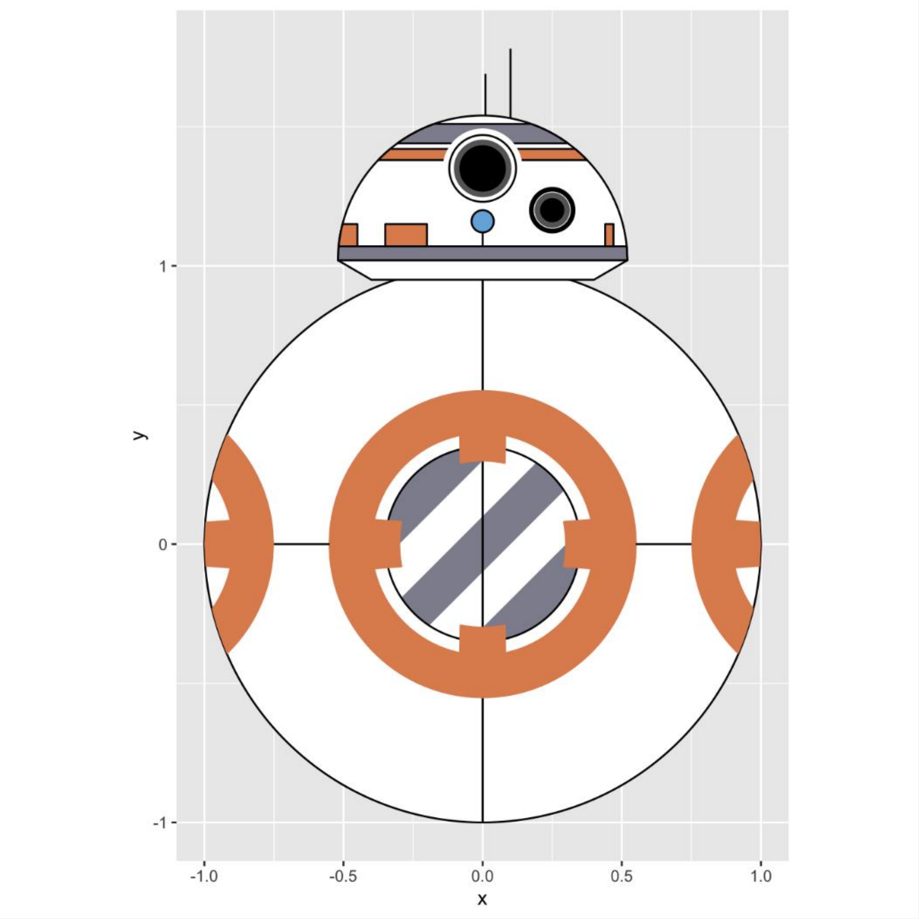


Retirado de: http://www.joinville.ifsc.edu.br/~anna/AULAS%20EPIDEMIOLOGIA%20-%20CURSO/epidem/Epi_Valid_R.pdf

EXERCÍCIO

1. Quantas crianças foram rotuladas como "positivas" pelo médico da escola?
2. Quantas crianças foram rotuladas como "positivas" pelo oftalmologista?
3. Qual é o valor preditivo positivo do exame feito pelo médico da escola?
4. Qual é o valor preditivo positivo do exame feito pelo oftalmologista?
5. Quantas crianças são examinadas por ambos, ou seja, pelo médico da escola e pelo oftalmologista?

ARTE DO DIA FEITA EM R



https://www.r-graph-gallery.com/144-droid-bb-8-data-art.html

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBETTA, Pedro Alberto. Estatística aplicada às ciências sociais. Ed. UFSC, 2008.

- DANCEY, Christine P.; REIDY, John G.; ROWE, Richard. Estatística Sem Matemática para as Ciências da Saúde. Penso Editora, 2017.

- MAGNUSSON, Willian E. Estatística [sem] matemática: a ligação entre as questões e a análise. Planta, 2003.