



Variabilidade

Felipe
Figueiredo

Variabilidade
de dados
numéricos

Aprofundamento

Variabilidade

Incertezas de dados numéricos

Felipe Figueiredo

Sumário

- 1 Variabilidade de dados numéricos
 - Fontes de Variabilidade
 - Visualizando a variabilidade com histogramas
 - Média e a mediana
 - Quantificando com percentis
 - Quantificando com variância e DP
 - N ou N-1?
 - Interpretação do DP
- 2 Aprofundamento
 - Aprofundamento



Variabilidade

Felipe
Figueiredo

Variabilidade
de dados
numéricos

Aprofundamento

Discussão da aula passada



Variabilidade

Felipe
Figueiredo

Variabilidade
de dados
numéricos

Aprofundamento

Discussão da leitura obrigatória da aula passada

Pergunta



Variabilidade

Felipe
Figueiredo

Variabilidade
de dados
numéricos

Fontes de
Variabilidade
Visualizando a
variabilidade com
histogramas
Média e a mediana
Quantificando com
percentis
Quantificando com
variância e DP
N ou N-1?
Interpretação do DP

Aprofundamento

O que é o desvio padrão de uma amostra?



HHS Public Access

Author manuscript

Clin Neurophysiol. Author manuscript; available in PMC 2016 September 01.

Published in final edited form as:

Clin Neurophysiol. 2015 September ; 126(9): 1790–1796. doi:10.1016/j.clinph.2014.11.017.

Inter-session reliability of electrical impedance myography in children in a clinical trial setting

Tom R. Geisbush, BA¹, Nicole Visyak, BA², Lavanya Madabusi, BA², Seward B. Rutkove, MD¹, and Basil T. Darras, MD²

¹Department of Neurology, Beth Israel Deaconess Medical Center, Harvard Medical School, Boston, MA, USA

²Department of Boston Children's Hospital, Harvard Medical School, Boston, MA, USA

Abstract

Objective—High reliability is a prerequisite for any test to be useful as a biomarker in a clinical trial. Here we assessed the reproducibility of electrical impedance myography (EIM) in children by comparing data obtained by different evaluators on separate days.

Methods—Healthy boys and boys with Duchenne muscular dystrophy (DMD) aged 2-14 years underwent EIM of multiple muscles performed by two evaluators on two visits separated by 3-7 days. Single and multifrequency data were analyzed. Reliability was assessed via calculation of the percent relative standard deviation (% RSD), Bland-Altman analysis, and the intraclass correlation coefficient (ICC).

RESULTS

Subjects

A total of 22 healthy boys and 14 boys with DMD and underwent repeated measurements 3 - 7 days after the first measurement. The age ranges for the DMD and healthy groups were 2.2 - 13.2 and 2.1 - 12.4 years, respectively. The mean age \pm the standard deviations were 7.7 ± 3.0 for the DMD group and 7.1 ± 3.2 for the healthy group.

A idade média \pm desvio padrão do grupo DMD é 7.7 ± 3.0 .

- O que significa este 3.0?
- Como estas descrições se comparam com as do grupo controle?
- Os grupos têm idades diferentes?
- Os grupos têm variabilidades diferentes?
- Que outras informações você precisa para responder?

- Medidas sumárias resumem a informação contida nos dados em um pequeno conjunto de números.
- Medidas sumárias de **populações** se chamam **parâmetros**, e são representadas por letras gregas (μ , σ^2 , σ , etc).
- Medidas sumárias de **amostras** se chamam **estatísticas** e são representadas por letras comuns (\bar{x} , s^2 , s , etc).
- Geralmente trabalhamos com estatísticas descritivas.

Tipos de medidas sumárias

Os dois principais tipos de medidas sumárias utilizadas na literatura são:

- Medidas de Tendência Central
- Medidas de Variabilidade (ou Dispersão)

Veremos hoje ambas, com foco na Variabilidade

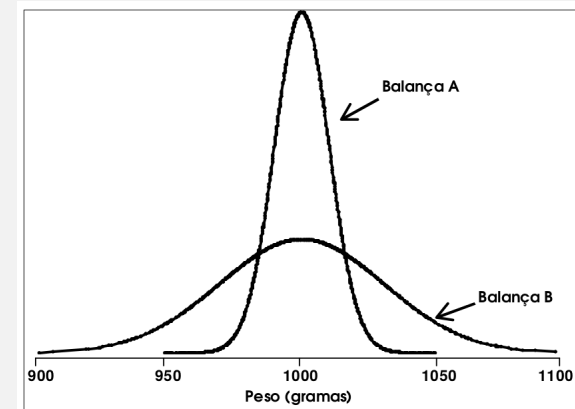


Figura: Variabilidade da medição de uma esfera metálica de 1000g. Balança A, “imprecisão” de 50g, balança B, “imprecisão” de 100g (Fonte: Reis, Reis, 2002)

- Imprecisão ou erro experimental
- Variabilidade biológica
- “Mancadas” experimentais

Conceito de Erro na Estatística

No contexto acadêmico, **erro** não tem o mesmo significado do cotidiano.

Erro se refere a todas as fontes de variabilidade acima.

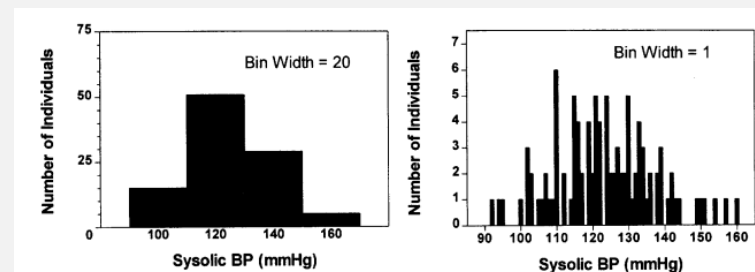
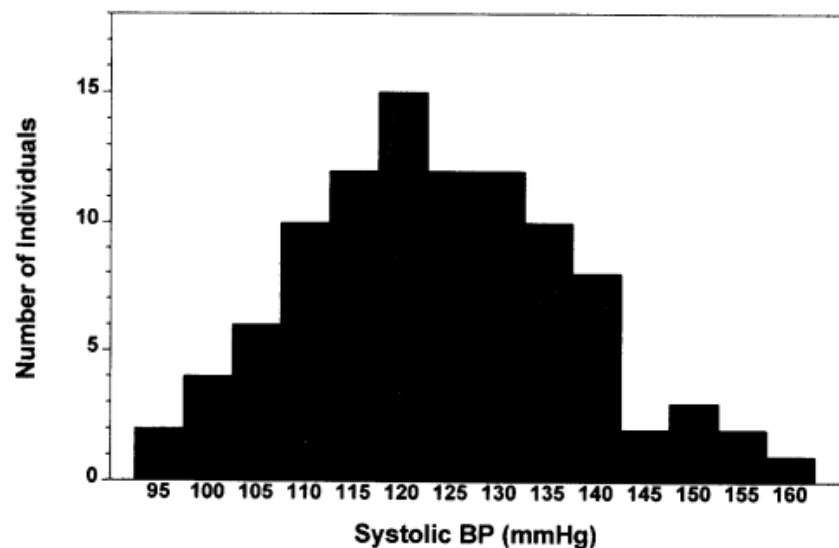
Outro nome comum é **dispersão** (*scatter*).

Exemplo

100 estudantes de [insira aqui um curso da área da saúde] trabalharam em pares, e mediram a pressão sistólica de seu parceiro(a). Ao final do exercício, a turma obteve 100 valores de pressão sistólica.

Pergunta

Como “entender” essa listagem de 100 números?



Exemplo – Colesterol

Foram observados os seguintes níveis de colesterol de uma amostra de pacientes. Qual é o nível médio de colesterol nestes pacientes?

$x_1 = 144$
 $x_2 = 146$
 $x_3 = 139$
 $x_4 = 155$
 $x_5 = 144$
 $x_6 = 148$

$$\bar{x} = \frac{876}{6} = 146$$

A mediana é o dado que ocupa o percentil de 50% dados (**posição central**).

- Para se calcular a mediana, deve-se ordenar os dados.
- Encontrar o valor do **meio** se n for ímpar.
- Encontrar a média dos dois valores do **meio** se n for par.

Colesterol

Conforme no exemplo (colesterol)

$x_3 = 139$
 $x_1 = 144$
 $x_5 = 144$
 $x_2 = 146$
 $x_6 = 148$
 $x_4 = 155$

$$M_d = \frac{144 + 146}{2} = 145$$

O que acontece...

... na presença de valores extremos?

Qual é a diferença?

O que acontece com a média, na presença de um valor extremo?
(muito grande, ou muito pequeno em relação aos outros)

Colesterol

$x_1 = 144$
 $x_2 = 146$
 $x_3 = 139 = 13$
 $x_4 = 155$
 $x_5 = 144$
 $x_6 = 148$

O que acontece se você digitar
13 ao invés de **139**?

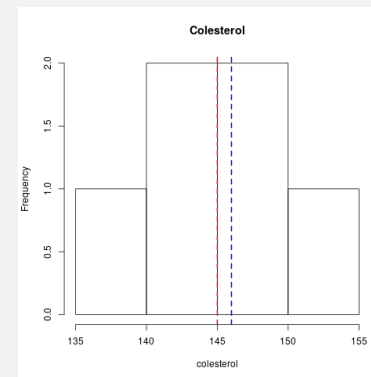
● $\bar{x} = 146, M_d = 145$

● $\bar{x} = 125, M_d = 145$

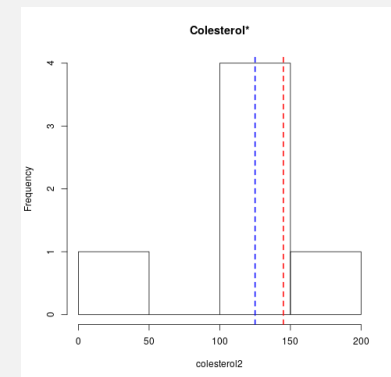
Pense...

Qual é a implicação disso em seu projeto?

Efeito do outlier nas medidas centrais



$\bar{x} = 146; M_d = 145$



$\bar{x} = 125; M_d = 145$

Valores extremos podem ser:

- erros de digitação/tabulação
- erros de mensuração/instrumentais
- valores legítimos, porém raros
- valores legítimos.
(i.e., apenas *parecem* extremos, mas não são)

Descrição de dados amostrais

Dados numéricos são minimamente descritos pelo seu Centro

- Dados “bem comportados”^{a2}
 - Média (\bar{x})
- Dados “mal comportados”
 - Mediana (M_d)

^aparamétricos: veremos o que isso significa em aulas futuras

Table 2. Smoothed age- and sex-specific percentile values for the 50-m sprint (s), ball push test (m), and triple hop test (m).

Age (yrs)	P ₁₀	P ₂₀	P ₃₀	P ₄₀	P ₅₀	P ₆₀	P ₇₀	P ₈₀	P ₉₀
Boys [10;14]									
50-m sprint (s)									
9	10.8	10.3	10.0	9.8	9.5	9.3	9.1	9.0	8.6
10	10.4	10.0	9.7	9.5	9.3	9.1	8.9	8.7	8.3
11	10.1	9.7	9.4	9.2	9.0	8.8	8.6	8.5	8.1
12	9.8	9.4	9.1	8.9	8.7	8.5	8.3	8.2	7.8
Girls [9;14]									
9	11.1	10.6	10.2	10.0	9.8	9.6	9.4	9.1	8.8
10	10.7	10.2	9.9	9.7	9.5	9.3	9.1	8.8	8.5
11	10.3	9.9	9.6	9.3	9.1	8.9	8.7	8.5	8.3
12	10.0	9.5	9.2	9.0	8.8	8.6	8.4	8.2	8.0
Boys [4;9]									
ball push (m)									
9	5.93	6.51	6.67	6.98	7.29	7.63	8.03	8.55	9.39
10	6.67	7.52	7.74	8.13	8.51	8.89	9.31	9.81	10.52
11	7.72	8.63	8.86	9.30	9.73	10.17	10.67	11.27	12.15
12	8.79	9.74	9.99	10.47	10.95	11.45	12.03	12.74	13.83
Girls [4;9]									
9	4.85	5.37	5.74	6.06	6.35	6.65	6.97	7.34	7.86
10	5.42	5.99	6.41	6.76	7.09	7.42	7.76	8.19	8.77
11	6.45	7.13	7.63	8.05	8.44	8.84	9.26	9.75	10.44
12	7.23	7.99	8.55	9.02	9.46	9.91	10.38	10.93	11.70
Boys [0;4]									
triple hop (m)									
9	6.06	6.73	6.89	7.19	7.47	7.75	8.04	8.39	8.88
10	6.61	7.34	7.52	7.84	8.15	8.45	8.78	9.16	9.69
11	7.16	7.95	8.15	8.50	8.83	9.16	9.51	9.92	10.49
12	7.71	8.56	8.77	9.15	9.51	9.86	10.24	10.69	11.30
Girls [0;4]									
9	5.65	6.16	6.53	6.85	7.14	7.44	7.75	8.12	8.63
10	6.26	6.79	7.17	7.50	7.81	8.11	8.44	8.82	9.36
11	6.89	7.43	7.82	8.16	8.47	8.79	9.12	9.52	10.06
12	7.53	8.08	8.48	8.82	9.14	9.46	9.80	10.20	10.75

Notes. P = percentile; in square parentheses: equivalent degrees of freedom (edf) for the chosen model of LM/S method; L = skew; M = median; S = coefficient of variation; o = original age; r = rescaled age.

doi:10.1371/journal.pone.0142393.t002

RESEARCH ARTICLE

Physical Fitness Percentiles of German Children Aged 9–12 Years: Findings from a Longitudinal Study

Kathleen Golle^{1*}, Thomas Muehlbauer¹, Ditmar Wick², Urs Granacher¹

1 Division of Training and Movement Sciences, Research Focus Cognition Sciences, University of Potsdam, Potsdam, Germany, **2** University of Applied Science in Sport and Management, Potsdam, Germany

* kathleen.golle@uni-potsdam.de

Abstract

Background

Generating percentile values is helpful for the identification of children with specific fitness characteristics (i.e., low or high fitness level) to set appropriate fitness goals (i.e., fitness/health promotion and/or long-term youth athlete development). Thus, the aim of this longitudinal study was to assess physical fitness development in healthy children aged 9–12 years and to compute sex- and age-specific percentile values.

Methods

Two-hundred and forty children (88 girls, 152 boys) participated in this study and were tested for their physical fitness. Physical fitness was assessed using the 50-m sprint test (i.e., speed), the 10-m ball push test, the triple hop test (i.e., power), and four extremity muscle



OPEN ACCESS

Citation: Golle K, Muehlbauer T, Wick D, Granacher U (2015) Physical Fitness Percentiles of German Children Aged 9–12 Years: Findings from a Longitudinal Study. PLoS ONE 10(11): e0142393. doi:10.1371/journal.pone.0142393

Editor: Jennifer L. Baker, Institute of Preventive Medicine, DENMARK

Received: April 17, 2015

Accepted: October 31, 2015

Uma criança (9 anos) faz o sprint de 50m em 10s.

- 1 Qual é o percentil de um menino com este tempo?
- 2 Qual é o percentil de uma menina com este tempo?
- 3 O que isto significa?

Table 2. Smoothed age- and sex-specific percentile values for the 50-m sprint (s), ball push test (m), and triple hop test (m).

Age (yrs)	P ₁₀	P ₂₀	P ₃₀	P ₄₀	P ₅₀	P ₆₀	P ₇₀	P ₈₀	P ₉₀
50-m sprint (s)									
Boys [1/2/10]									
9	10.8	10.3	10.0	9.8	9.5	9.3	9.1	9.0	8.6
10	10.4	10.0	9.7	9.5	9.3	9.1	8.9	8.7	8.3
11	10.1	9.7	9.4	9.2	9.0	8.8	8.6	8.5	8.1
12	9.8	9.4	9.1	8.9	8.7	8.5	8.3	8.2	7.8
Girls [1/2/10]									
9	11.1	10.6	10.2	10.0	9.8	9.6	9.4	9.1	8.8
10	10.7	10.2	9.9	9.7	9.5	9.3	9.1	8.8	8.5
11	10.3	9.9	9.6	9.3	9.1	8.9	8.7	8.5	8.3
12	10.0	9.5	9.2	9.0	8.8	8.6	8.4	8.2	8.0

Descrição de dados amostrais

Dados numéricos são suficientemente descritos por: Centro e Dispersão

- Dados “bem comportados”^a
 - Média (DP)
- Dados “mal comportados”
 - Mediana e Amplitude Interquartil (M_d e AIQ IQR em inglês)
 - Mediana e Intervalo Interquartil (M_d e IIQ)

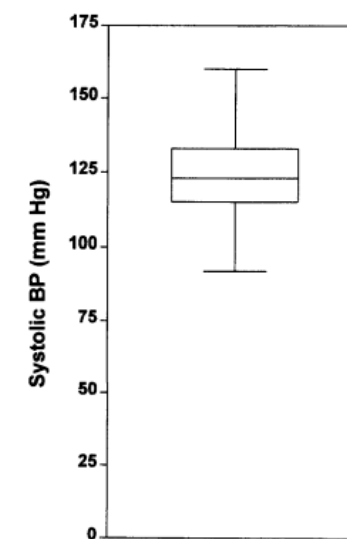
^aParamétricos: veremos o que isso significa em aulas futuras

Tabela 1
Características basais dos pacientes e informações cirúrgicas

Variáveis		Grupo-controle n=21	Grupo-intervenção n=21	p
Sexo n (%)	Masculino	13 (62)	13 (62)	NS
	Feminino	8 (38)	8 (38)	
Idade	média±DP (anos)	63,0±10,8	68,5±9,8	NS
IMC	média±DP (kg/m ²)	28,4±4,2	25,7±4,3	0,04
FEVE (%)	média±DP	54,0±15,6	53,4±13,7	NS
EuroSCORE	mediana (AIQ)	6 (3,5-10,5)	7 (4-12)	NS

Preisig et al., 2014
(Ventilação não Invasiva após Cirurgia Cardiovascular: um Ensaio Clínico Randomizado)

- “Caixa e bigodes”
- A caixa delimita os quartis de Q_1 e Q_3 (IIQ)
 - Percentis 25% e 75%
 - O tamanho da caixa representa a AIQ
- Barra interna que representa a mediana
 - Segundo quartil (Q_2) ou percentil de 50%
- Barras verticais *indicam* a amplitude dos dados
 - Mínimo e Máximo “razoáveis”
 - Regras para “a maioria”



"Regras para a maioria"



Variabilidade

Felipe
Figueiredo

Variabilidade
de dados
numéricos

Fontes de
Variabilidade

Visualizando a
variabilidade com
histogramas

Média e a mediana

Quantificando com
percentis

Quantificando com
variância e DP

N ou N-1?

Interpretação do DP

Aprofundamento

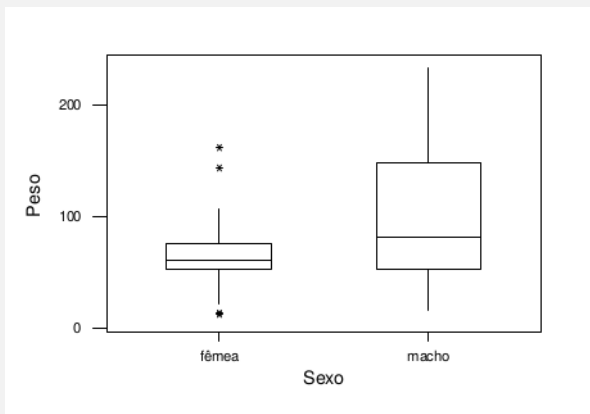


Figura: Boxplots para dois grupos de dados (Fonte: Reis, Reis, 2002)

A seguir, você verá...



Variabilidade

Felipe
Figueiredo

Variabilidade
de dados
numéricos

Fontes de
Variabilidade

Visualizando a
variabilidade com
histogramas

Média e a mediana

Quantificando com
percentis

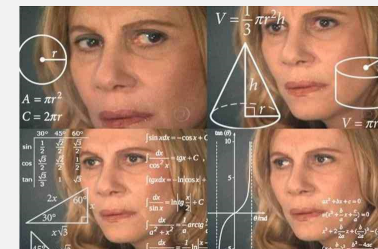
Quantificando com
variância e DP

N ou N-1?

Interpretação do DP

Aprofundamento

- uma cadência de ideias (todas relacionadas)
- o que uma significa...
... em relação à próxima.
- prós e contras de cada uma
- do mais **simples**...
... ao mais **aplicado**.



Tenha em mente...



Variabilidade

Felipe
Figueiredo

Variabilidade
de dados
numéricos

Fontes de
Variabilidade

Visualizando a
variabilidade com
histogramas

Média e a mediana

Quantificando com
percentis

Quantificando com
variância e DP

N ou N-1?

Interpretação do DP

Aprofundamento

Nosso objetivo é **entender**...

... uma medida que descreva a variabilidade de uma amostra

Desvios em relação à média



Variabilidade

Felipe
Figueiredo

Variabilidade
de dados
numéricos

Fontes de
Variabilidade

Visualizando a
variabilidade com
histogramas

Média e a mediana

Quantificando com
percentis

Quantificando com
variância e DP

N ou N-1?

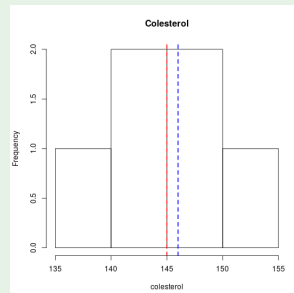
Interpretação do DP

Aprofundamento

- Uma maneira de entender a variabilidade do dataset é analisar os desvios em relação à média.
- Cada desvio é a diferença entre o valor do dado e a média.

Colesterol (N = 6, média 146)

144 146 139 155 144 148

Variabilidade
de dados
numéricosFontes de
VariabilidadeVisualizando a
variabilidade com
histogramasMédia e a mediana
Quantificando com
percentisQuantificando com
variância e DP

N ou N-1?

Interpretação do DP

Aprofundamento

Colesterol

{144, 146, 139, 155, 144, 148}

- $N = 6$
- $\bar{x} = 146$

- 1 $D_1 = 144 - 146 = -2$
- 2 $D_2 = 146 - 146 = 0$
- 3 $D_3 = 139 - 146 = -7$
- 4 $D_4 = 155 - 146 = 9$
- 5 $D_5 = 144 - 146 = -2$
- 6 $D_6 = 148 - 146 = 2$

Variabilidade
de dados
numéricosFontes de
VariabilidadeVisualizando a
variabilidade com
histogramasMédia e a mediana
Quantificando com
percentisQuantificando com
variância e DP

N ou N-1?

Interpretação do DP

Aprofundamento

Colesterol (N = 6, média 146)

144 146 139 155 144 148

Desvios em relação à média

-2 0 -7 9 -2 2

Variabilidade
de dados
numéricosFontes de
VariabilidadeVisualizando a
variabilidade com
histogramasMédia e a mediana
Quantificando com
percentisQuantificando com
variância e DP

N ou N-1?

Interpretação do DP

Aprofundamento

Mas os desvios...

- 1 são tão numerosos quanto os dados
- 2 têm sinal (direção do desvio)
- 3 SEMPRE têm soma **nula**, portanto o desvio médio é sempre 0

Pense...

Uma fórmula que dá o mesmo resultado para qualquer dataset... serve para resumir seus dados?

Variabilidade
de dados
numéricosFontes de
VariabilidadeVisualizando a
variabilidade com
histogramasMédia e a mediana
Quantificando com
percentisQuantificando com
variância e DP

N ou N-1?

Interpretação do DP

Aprofundamento

Colesterol

Somando tudo:

$$\sum D = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 + D_5 + D_6 =$$

$$(-2) + 0 + (-7) + 9 + (-2) + 2 = 0$$

Pense...

Uma fórmula que dá o mesmo resultado para qualquer dataset... serve para resumir seus dados?

- Como extrair alguma informação útil (e sumária!) dos desvios?
- Problema: sinais

Pergunta

Como tirar os sinais dos desvios?

- 1 Tirar o módulo (valor absoluto)
- 2 Elevar ao quadrado

Tomando-se o módulo dos desvios temos:

Definição

Desvio médio absoluto (MAD) é a média dos desvios absolutos

- É uma medida de dispersão robusta (pouco influenciada por outliers)
- Módulo não tem boas propriedades matemáticas (analíticas e algébricas).
- Pouco usado para inferência (apesar da robustez)

Colesterol

$$\{144, 146, 139, 155, 144, 148\}, \bar{x} = 146$$

- 1 $|D_1| = |144 - 146| = 2$
- 2 $|D_2| = |146 - 146| = 0$
- 3 $|D_3| = |139 - 146| = 7$
- 4 $|D_4| = |155 - 146| = 9$
- 5 $|D_5| = |144 - 146| = 2$
- 6 $|D_6| = |148 - 146| = 2$

$$MAD = \frac{\sum |D_i|}{6} = 3.7$$

- Uma outra maneira de eliminar os sinais é elevar ao quadrado cada desvio.
- Preserva boas propriedades matemáticas
- Calculando a média dos quadrados dos desvios (desvios quadráticos) temos ...

Definição

A variância é a média dos desvios quadráticos.

- Variância populacional

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_j - \mu)^2}{N}$$

- Variância amostral

$$s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

- Conveniente do ponto de vista matemático (boas propriedades algébricas e analíticas).
- Unidade quadrática, pouco intuitiva para interpretação de resultados.

Colesterol

{144, 146, 139, 155, 144, 148}, $\bar{x} = 146$

- 1 $(D_1)^2 = (144 - 146)^2 = (-2)^2 = 4$
- 2 $(D_2)^2 = (146 - 146)^2 = 0^2 = 0$
- 3 $(D_3)^2 = (139 - 146)^2 = (-7)^2 = 49$
- 4 $(D_4)^2 = (155 - 146)^2 = 9^2 = 81$
- 5 $(D_5)^2 = (144 - 146)^2 = (-2)^2 = 4$
- 6 $(D_6)^2 = (148 - 146)^2 = 2^2 = 4$

$$s^2 = \frac{\sum D_i^2}{5} = 28.4$$

Definição

O desvio padrão é a raiz quadrada da variância.

- Desvio padrão populacional

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \mu)^2}{N}}$$

- Desvio padrão amostral

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

- É a medida mais usada, por estar na mesma escala (unidade) dos dados.
- Boas propriedades matemáticas
- Boas propriedades como estimador (Inferência)

Colesterol

$$\{144, 146, 139, 155, 144, 148\}, \bar{x} = 146$$

$$s^2 = 28.4$$

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{28.4} = 5.3$$

Lembre-se

Você não precisa **saber fazer** esses cálculos!

Eles são feitos instantaneamente por máquinas!



Nosso objetivo é **entender...**

... uma medida que descreva a variabilidade de uma amostra

Não podemos comparar diretamente o **valor** do DP de dois grupos.

Por que?

Desvio Padrão Relativo

O desvio padrão relativo é uma medida de dispersão **normalizada**.

Ela ignora a escala da mensuração.

$$DPR = \frac{s}{\bar{x}} \times 100$$

Sinônimos

- Desvio padrão relativo (DPR)
- Coeficiente de Variação (CV)
- *Relative Standard Deviation* (RSD)

	50/200 kHz						
	Phase		Reactance		Resistance		N
	ICC	% RSD	ICC	% RSD	ICC	% RSD	
Trans. 6-Muscle	0.88	3.1 ± 2.5	0.92	3.6 ± 2.7	0.97	0.9 ± 1.0	28
Long. 6-Muscle	0.93	2.5 ± 1.9	0.96	2.8 ± 2.0	0.99	0.6 ± 0.5	31
Trans. Upper Extremity	0.80	3.8 ± 3.8	0.89	4.4 ± 3.8	0.98	1.1 ± 0.9	31
Long. Upper Extremity	0.90	3.1 ± 2.2	0.94	3.3 ± 2.3	0.98	0.8 ± 0.7	29
Trans. Lower Extremity	0.89	3.1 ± 2.7	0.91	3.9 ± 2.6	0.94	1.2 ± 1.1	32
Long. Lower Extremity	0.88	3.2 ± 2.8	0.92	3.5 ± 2.9	0.97	0.8 ± 0.7	33

Colesterol

$$CV = \frac{5.3}{146} = 4\%$$

Fórmula com N

Usada apenas para cálculos com dados de toda a população.

Fórmula com N-1

Usada para cálculos com dados de uma amostra.

Pense...

Você tem acesso a toda a população, ou apenas a uma amostra?

O que é o desvio padrão de uma amostra?

Quiz!

Pergunta

O desvio dos dados em relação à média é uma medida de dispersão:

- 1 Verdadeiro
- 2 Falso

Pergunta

São medidas adequadas para descrever o centro dos dados:

- 1 Média (\bar{x})
- 2 Variância (s^2)
- 3 Intervalo Interquartil
- 4 Mediana

Pergunta

A medida de dispersão mais utilizada na prática é:

- 1 Variância (s^2)
- 2 Desvio Médio absoluto (MAD)
- 3 **Desvio padrão (s)**
- 4 Desvio padrão relativo (DPR)

*“Um pouco mais da metade” dos valores está a 1 DP da média
(considerando ambos os lados)*

*“Quase todos” os dados estão a 2 DP da média (considerando ambos os
lados)*

- *Cenas dos próximos capítulos*

Leitura obrigatória

Capítulo 3. Pular as seções:

- Calculando o DP numa calculadora

Leitura recomendada

Não há