



Introdução à Bioestatística Básica Aplicada à Odontologia

São Paulo

2020



Cláudio Mendes Pannuti / Fausto Medeiros Mendes / Edgard Michel-Crosato /
Ariane Venzon da Naia Sardo / Fábio Carneiro Martins

Introdução à Bioestatística Básica Aplicada à Odontologia

São Paulo

2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo da Publicação

Pannuti, Claudio Mendes.

Introdução à bioestatística básica aplicada à Odontologia / Cláudio Mendes Pannuti ... [et al.] -- São Paulo : Faculdade de Odontologia da USP, 2020.
E-book.

ISBN: 978-65-5787-014-3

1. Bioestatística. 2. Odontologia. I. Pannuti, Claudio Mendes. II. Mendes, Fausto Medeiros. III. Crosato, Edgard Michel. IV. Sardo, Ariane Venzon da Naia. V. Martins, Fábio Carneiro. VI. Título.

CDD 617.6

Ficha catalográfica elaborada por Fábio Jastwebski – CRB8/5280

Como citar: Pannuti CM, Mendes FM, Michel-Crosato E, Sardo AVN, Martins FC. Introdução à bioestatística básica aplicada à odontologia [Internet]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2020. Disponível em: <http://repositorio.fo.usp.br:8013/jspui/handle/fousp/115>

AUTORES

Claudio Mendes Pannuti

Professor Associado da Disciplina de Periodontia – FO-USP.

Fausto Medeiros Mendes

Professor Associado da Disciplina de Odontopediatria – FO-USP.

Edgard Michel-Crosato

Professor Associado do Departamento de Odontologia Social– FO-USP.

Ariane Venzon da Naia Sardo

Mestranda em Tecnologia Nuclear – IPEN - USP

Fábio Carneiro Martins

Doutorando em Saúde Coletiva – FO-USP.

Apresentação

Este é um pequeno compilado de conteúdo que pode servir de base para que você inicie sua trajetória pela bioestatística, de um modo mais direto, e sob um ponto de vista mais prático. O material foi desenvolvido e trabalhado sob um olhar didático, que visa aproximar uma ciência exata de um público cuja formação básica foi focada na área da saúde.

Nascido de um projeto de tutoria em um ano letivo bastante peculiar, esse material tem como principal objetivo de auxiliar os estudos na estatística para profissionais, não só da odontologia, mas de outras áreas de formação básica por vezes distantes das ciências exatas. Nos empenhamos em clarificar conceitos, direcionar o raciocínio e buscamos conectar o conteúdo da disciplina ao universo dos nossos alunos.

Todo conteúdo foi elaborado a partir das referências de conteúdo colocadas no final desta obra e das aulas ministradas na disciplina de Bioestatística aplicada à Odontologia, cuidadosamente elaborada e ministrada pelos Professores Doutores Claudio Mendes Pannuti, Fausto Medeiros Mendes e Edgard Michel Crosato. Além disso, a construção desse material contou com a ajuda dos tutores de disciplina Ariane Venzon da Naia Sardo e Fábio Carneiro Martins.

Esperamos poder ajudar a você e a quem mais você julgar que esse material possa servir: pode compartilhar!

Bons estudos!

SUMÁRIO

1	Introdução à bioestatística.....	6
1.1	Tipos de variáveis.....	7
1.2	Estatística descritiva.....	11
2	Distribuições dos dados amostrais.....	15
3	Noções de Inferência estatística.....	17
4	Escolha do teste estatístico.....	19
5	Testes de comparações de médias.....	24
6	Testes de comparações de frequências.....	26
	Referências.....	32

1 Introdução à bioestatística

- **Estatística:** é a aplicação científica de princípios matemáticos para a coleta, análise e apresentação de dados numéricos (American Statistical Association, 2020)
- **Bioestatística:** é a aplicação da estatística às áreas biológicas e às ciências da vida (Wilkinson, 1999).
- **População:** é um conjunto de unidades (por exemplo: pessoas) sobre o qual queremos ter informações (Vieira, 2015). Geralmente apresentam alguma característica em comum (ex: escolares de 12 anos) ou são determinadas geograficamente (ex: adultos que vivem na Grande São Paulo) (Fletcher et al., 2014)
 - **População de referência:** conjunto de pessoas para as quais os resultados da amostra serão generalizados (Fletcher et al., 2014)
- **Amostra:** subconjunto da população de referência que é selecionado para fazer parte do estudo (Fletcher et al., 2014). A partir dos dados da amostra é possível fazer uma INFERÊNCIA para a população de referência (Figura 1).

Figura 1 – População e amostra



Fonte: os autores.

1.1 Tipos de Variáveis

- **Variável:** atributo, mensurável ou não, sujeito à variação quantitativa ou qualitativa, no interior do conjunto. Podem ser classificadas de acordo com a escala de medição ou quanto à dependência (Vieira, 2015).

Quanto à escala de medição, podemos classificar uma variável em:

- **Qualitativa:** representam um atributo, uma característica, uma categoria; não são “contáveis”;
 - **Nominal:** é uma identificação, sem que exista qualquer possibilidade de ordenação/hierarquização entre as categorias da variável; é apenas um nome que a categoria recebe. (Ex.: Grupo sanguíneo; Fenótipo de pele; Sexo; Hábitos)
 - **Ordinal:** as categorias da variável podem ser ordenadas/hierarquizadas segundo um critério de intensidade, podendo ser apenas representadas por números, sem que isso signifique que possamos medir os valores. Por exemplo: um paciente com o índice de placa visível (IPV) 3 tem mais placa que um paciente com IPV 1, mas não podemos afirmar que o IPV 3 tem três vezes mais placa que o IPV 1: não estamos medindo a placa (colocando na balança, medindo volume por um escaneamento, etc.), estamos apenas categorizando. E, portanto, não sendo o IPV uma medida e sim um modo de ordenação de uma categoria, não podemos lidar com os números como se fossem quantidades (multiplicando, dividindo, etc.). Outros exemplos de variável ordinal são classe social e nível educacional.
- **Quantitativa:** as variáveis são descritas em valores que realmente expressam a quantidade de algo (diferente do que acontece com as variáveis ordinais)
 - **Discretas:** São expressas por números inteiros, observados dentro da unidade estatística, não admitindo frações sendo, normalmente, resultado de uma contagem simples. (Ex.:CPOD – número de dentes C, P e O; número de dentes presentes, número de consultas odontológicas, número de implantes perdidos).

- **Contínuas:** São aquelas que **admitem fracionamento** (“números quebrados”, é aquilo que você “mede” e não só “conta”). (Ex.: área, comprimento de algo; volume; estatura; peso; valores de pressão arterial; fluxo salivar – mililitros/minuto). Alguns exemplos em Odontologia são abertura de boca (em milímetros), profundidade de sondagem (em milímetros), níveis de interleucina no fluido gengival (em picogramas/mililitro).

ATENÇÃO: você pode se deparar com uma variável qualitativa transformada em “faixas” ou categorias, ou seja, em uma Qualitativa Ordinal.

Por exemplo: em uma pesquisa que avalia perda de peso com um determinado remédio e divide em “muita – média – pouca” perda de peso; os autores podem coletar o peso em quilogramas, ou seja, como uma quantitativa contínua, porém, podem decidir trabalhar com os dados em categorias. Nesse caso, a escolha do teste estatístico não será mais em função do peso em número (variável quantitativa), mas como variável ordinal, em função das categorias definida pelo pesquisador.

Da mesma maneira, a variável RENDA pode ser coletada como variável quantitativa contínua, por meio da pergunta “Qual a sua renda familiar em reais, por mês?”. Em seguida, os pesquisadores podem decidir transformar a variável em qualitativa ordinal, criando categorias nas quais os participantes da pesquisa podem ser classificados, tais como “classe baixa”, “classe média” e “classe alta”.

A escolha do teste estatístico depende de como os pesquisadores decidiram trabalhar ou apresentar a variável, e não como a variável é em sua origem.

Quadro 1 – Tipos de Variáveis em relação à escala de medição

Tipo de Variável		Exemplos
QUALITATIVA	<i>Nominal</i>	Grupo sanguíneo Fenótipo de pele Sexo Hábitos
	<i>Ordinal</i>	Classe social Nível educacional Índice de placa
QUANTITATIVA	<i>Discreta</i>	Número de dentes Número de implantes perdidos Número de consultas dentárias
	<i>Contínua</i>	Peso Altura Profundidade de sondagem Nível de interleucina 1-beta Abertura de boca

Fonte: os autores.

Quanto à dependência, podemos classificar uma variável em:

- **Independentes (ou variáveis de Exposição):** são as que definem o comportamento das variáveis dependentes; são exposições; são as variáveis cujos efeitos se quer medir (Cummings et al., 2015)
- **Dependentes (de Desfecho):** são os efeitos, que podem ter ou não relação, com a variável de exposição; o comportamento da variável de desfecho vai depender se a variável de exposição atua ou não sobre ela (Cummings et al., 2015).

Exemplos:

- Uma pesquisa que quer saber se a estatura varia com o passar da idade após os 60 anos (sabemos que sim, mas é só um exemplo, ok?); nesse caso, a “idade” é a variável independente (porque ela não é alterada pela estatura, ela pode ou não alterar a estatura) e “estatura” é dependente (porque ela pode ou não ser afetada pela idade);

- Uma pesquisa quer saber se a estatura afeta a ocorrência de acidentes domésticos; nesse caso, a variável “estatura” é a independente (sua altura não depende do acidente para existir, mas pode ser que o acidente dependa ou não da sua altura para ocorrer), e a variável “ocorrência de acidentes domésticos” é a de desfecho.

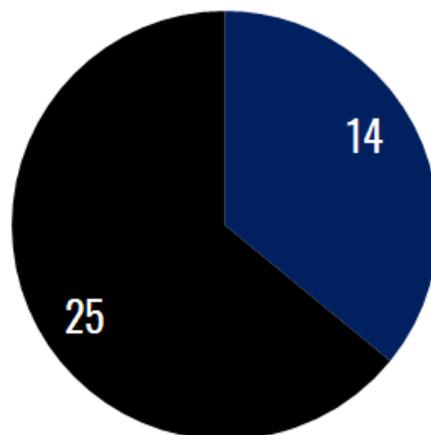
O correto discernimento de qual variável é dependente e qual é independente também será mandatório para escolher corretamente o teste.

1.2 Estatística descritiva

- **Medidas de frequência:**

- **Frequência absoluta:** Quantidade da ocorrência de eventos; Ex.: Quantas mulheres tem na turma de bioestatística? Resp. De 39 alunos, 25 são mulheres, frequência de 64,1% (Figura 2).

Figura 2 - Distribuição de homens e mulheres na turma de Bioestatística



Fonte: os autores.

- **Prevalência:** Frequência de casos da doença em um dado momento (Cummings et al., 2015)

- **Incidência:** Frequência com que surgem CASOS NOVOS de uma doença, num determinado intervalo de tempo (Cummings et al., 2015).

- **Medidas de tendência central:**

- **Média:** Soma de uma série de números dividida pelo tamanho da série; é a mais utilizada; muito útil nas comparações entre populações e outras situações que envolvem inferências; representa o valor “provável” de uma variável
 - *Média ponderada:* É a média que leva em conta a frequência com que os valores aparecem;
- **Mediana:** Valor numérico que divide uma série ordenada de números em dois subgrupos de igual tamanho (ou seja, ao meio). Quando o número da amostra (n) for ímpar, a mediana está na posição $(n + 1) \div 2$; se o n for par, a mediana será um valor médio entre os dois elementos centrais (você precisa achar as duas posições centrais e dividir os valores encontrados nessas posições por 2): é a média entre os elementos $n \div 2$ e $(n+1) \div 2$;
- **Moda:** Valor mais frequente de uma série de números

- **Medidas de dispersão:** As medidas de dispersão ou variabilidade representam o quão diferentes os dados de uma variável são entre eles.

- **Variância (s^2 ou σ^2):** Esta medida leva em conta todos os valores observados na série, com o uso dos desvios de cada valor em relação à média.

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

Onde:

s^2 = variância da amostra

x = valor obtido

\bar{x} = média

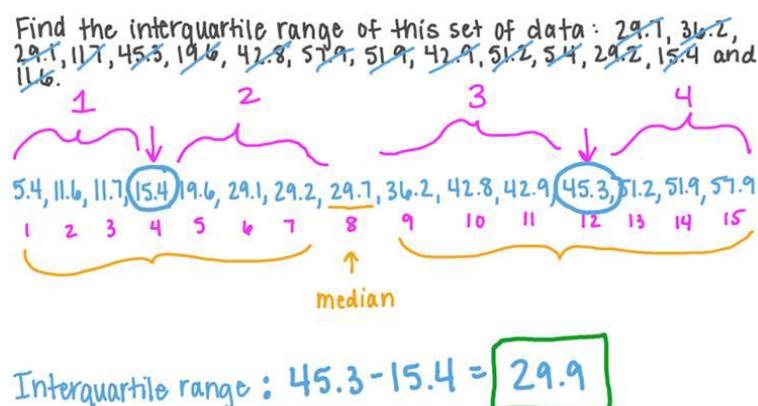
n = tamanho da amostra

- **Desvio padrão (s ou σ):** “quantidade de dispersão” de um conjunto de dados. Um problema de usar a variância como medida da dispersão é que ela não pode ser apresentada com a mesma unidade com que a variável foi medida; para isso, usamos o desvio padrão, que é a raiz quadrada da variância

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

- **Percentil e quartil:** Percentis dividem um conjunto de dados em até 100 partes de tamanho igual; A mediana é uma espécie de percentil (divide a amostra ao meio); Decil - divide a amostra em 10 partes; Quartil - divide a amostra em 4 partes (é o mais comum).
- **Intervalos e distância interquartílica:** Intervalo interquartil é definido pelos valores do 1º e 3º quartis; Região onde está localizado 50% dos valores mais centrais da distribuição; portanto, é menos afetado por valores atípicos extremos; Distância interquartílica é a diferença entre Q3 e Q1 (Figura 3).

Figura 3 – Intervalo interquartil (*interquartile range*)



Fonte: Nagawa (2020).

Que medidas usar?

A média e o desvio padrão são mais adequados para amostras sem muitos valores atípicos extremos – usamos quando há distribuição normal (paramétrica) dos dados.

A mediana deve ser acompanhada pelo intervalo interquartil, e é mais indicada quando a amostra apresenta valores atípicos extremos - distribuição não normal (não paramétrica) dos dados, ou quando a distribuição dos dados é assimétrica.

2 Distribuição dos dados amostrais

- **Probabilidade**

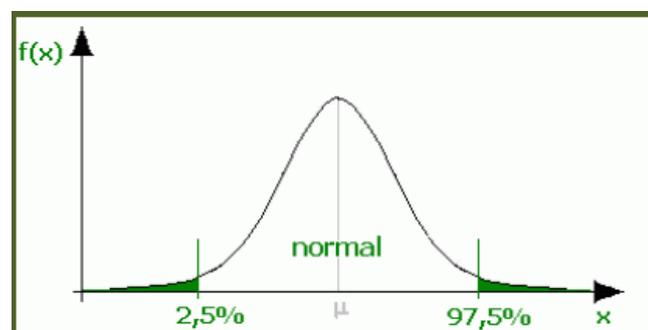
A palavra probabilidade deriva do Latim *probare* (provar ou testar). Informalmente, provável é uma das muitas palavras utilizadas para eventos incertos ou conhecidos. Se em um fenômeno aleatório as possibilidades são igualmente prováveis, então a probabilidade (P) de ocorrer um evento A é:

$$P(A) = \text{número de casos favoráveis} \div \text{número de casos possíveis}$$

Por exemplo: no lançamento de um dado, um número par pode ocorrer de 3 maneiras diferentes dentre 6 igualmente prováveis, portanto, $P=3/6=1/2=50\%$

- **Distribuição:** como os dados de uma amostra se distribuem
 - **Normal:** A distribuição normal é uma das mais importantes distribuições da estatística, conhecida também como Distribuição de Gauss ou Gaussiana. (Figura 4) O valor de uma variável tem ocorrência normal quando está entre 95% da área sob a curva em forma de sino, que tem a variável frequência no eixo dos Y, cujas extremidades ocupam 2,5% cada. Ou seja, um valor é considerado normal se está em qualquer ponto entre 0,025 e 0,975 (2,5 e 97,5%) da área sob a curva (Figura 4).

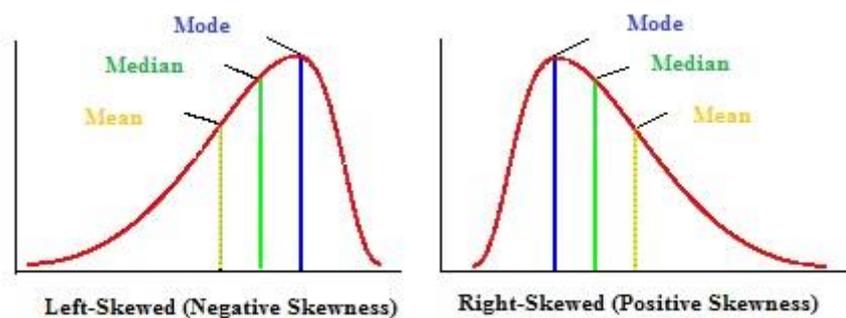
Figura 4 – Curva simétrica de distribuição normal



Fonte: os autores.

- **Não Normal:** ocorre quando a variável segue qualquer distribuição de probabilidade que não seja a normal, explicada acima. Isso ocorre quando há restrições sobre os valores das observações ou quando a distribuição tem caudas pesadas ou assimetrias em relação à distribuição normal (Glen, 2020). Note-se que, se diferentes amostras apresentarem o mesmo valor de média e diferentes valores de desvios padrão, a distribuição que tiver o maior desvio padrão se apresentará mais achatada, com maior dispersão em torno da média. Aquela que tiver o menor desvio padrão apresentará o maior valor de frequência e acentuada concentração de indivíduos em valores próximos à média (Figura 5).

Figura 5 – Curva assimétrica negativa (média é menor que a mediana) e curva assimétrica positiva (média é maior que a mediana)



Fonte: Statistics how to (2020).

3 Noções de inferência estatística

Conceitos básicos:

- **Inferência estatística:** é um ramo da Estatística cujo objetivo é fazer afirmações a partir de um conjunto de valores representativo (amostra) sobre um universo (população).
- **Intervalo de confiança:** intervalo de valores, centrado na estatística amostral, no qual julgamos, com um risco conhecido de erro, estar o parâmetro da população (Pandis, 2013; Vieira, 2015). Ele delimita um limite numérico inferior e superior, no qual, dentro desse intervalo, espera-se encontrar o verdadeiro valor da variável estimada.

- **Teste de Hipóteses:**

H0 = não há diferença entre os grupos

H1 = há diferença entre os grupos

Erros:

Tipo I – você rejeita H0 (detecta diferença na amostra) mas H0 é verdadeira (não tem diferença na população)

Segue a **Probabilidade α (nível de significância)** que é a máxima probabilidade, pré-estabelecida, que o autor aceita de cometer um erro tipo I.

Tipo II – você aceita H0 (não detecta diferença na amostra) mas H0 é falsa (tem diferença na população)

Segue a **Probabilidade β** é a probabilidade de você cometer erro tipo II

$\beta = 20$ - significa que se eu realizar a amostragem 100 vezes e realizar um teste estatístico, a probabilidade é eu falhar em detectar um efeito verdadeiro ((erro tipo 2), 20 vezes, ou 1 em cada 5 vezes).

- **Valor de P:** Na estatística clássica, o valor-P (também chamado de nível descritivo ou probabilidade de significância), é a probabilidade de se obter uma estatística de teste igual ou mais extrema que aquela observada em uma amostra, sob a hipótese nula. Ou seja, é o valor que deriva da sua análise

estatística, e que traduz a probabilidade de você ter dito que tinha diferença entre os grupos, mas não haver, e de você ter conseguido os resultados pelo acaso. Por isso, valores de P menores que 5% (0,05) indicam que você tem menos que 5% de chance de ter alcançado diferença estatística nos seus resultados pelo acaso (Betensky, 2019; Infanger; Schmidt-Trucksäss, 2019).

4 Escolha do teste estatístico

Escolha do teste estatístico: Vai depender do tipo de variável, do número de grupos e de como elas se relacionam entre si (Shintani, 2014).

- **Tipos de testes estatísticos**
 - **Testes de correlação:** duas variáveis quantitativas; por exemplo, altura e peso. Exemplos de testes: Coeficiente de correlação de Pearson, caso haja distribuição normal. Caso não haja distribuição normal, usar correlação de Spearman. A correlação pode ser positiva ou negativa;
 - **Testes de associação** (comparação de frequência): duas variáveis qualitativas. Exemplo: tabagismo (sim / não) e periodontite (sim/não). Exemplos de testes: Qui-Quadrado, McNemar) e,
 - **Testes de comparação de grupos:** uma qualitativa (grupo) e uma quantitativa (desfecho). Exemplo: grupo (teste e controle) e perda óssea marginal periimplantar (em mm). Exemplos de testes: Teste t de Student, Análise da variância.

A escolha do teste estatístico depende de:

- **Tipos de variáveis:**
 - **Quantitativa ou Qualitativa**

Observação: Se a variável for quantitativa, verificar antes se será utilizado um teste *paramétrico* ou não paramétrico (Pandis et al., 2015). Para usar um teste paramétrico, são necessários alguns requisitos, como normalidade e homocedasticidade. Testes *não paramétricos* não requerem normalidade nem homocedasticidade.

Homocedasticidade: homogeneidade entre as variâncias – verificada pelos testes *F*, *de Bartlet* ou *de Levene*. Para que os dados sejam considerados homocedásticos, o p valor deve ser maior que 0,05: ou seja, não deve haver diferença estatisticamente significativa entre as variâncias. Se não houver homocedasticidade dos dados, não adianta o teste de normalidade apontar que os dados seguem uma distribuição

normal/paramétrica: deve ser usado um teste não paramétrico.

- **Normalidade:** adesão da distribuição dos dados amostrais à curva normal.
 - **Testes estatísticos comuns para avaliar a normalidade (somente para dados QUANTITATIVOS)**

Em estatística, os testes de normalidade são usados para determinar se um conjunto de dados de uma dada variável é bem modelada por uma distribuição normal ou não, ou para calcular a probabilidade de a variável aleatória subjacente estar normalmente distribuída. Os testes mais utilizados para testar normalidade são:

D'Agostino's K-squared

Jarque-Bera

Anderson-Darling

Cramér-von-Mises criterion

Kolmogorov-Smirnov com correção de Lilliefors (tem maior poder que o teste sem a correção)

Teste Kolmogorov-Smirnov (tem menor poder que os outros testes, é pouco recomendado)

Teste Shapiro-Wilk (tem bom poder; ideal para amostras de até 50 unidades)

Pearson's chi-square

Shapiro-Francia

Quando submetemos dados a um teste de normalidade, testamos se nossos dados apresentam distribuição semelhante à distribuição normal, ou seja, a distribuição destes dados não pode apresentar diferença estatística em relação à curva normal. Em outras palavras, o p valor do teste de normalidade deve ser maior que 0,05, o que indica que não há diferença entre a distribuição dos nossos dados e a distribuição normal.

- **Relação entre grupos:**

- Independente
- Dependente (pareado): antes e depois; ou então lado Direito e lado Esquerdo no mesmo indivíduo

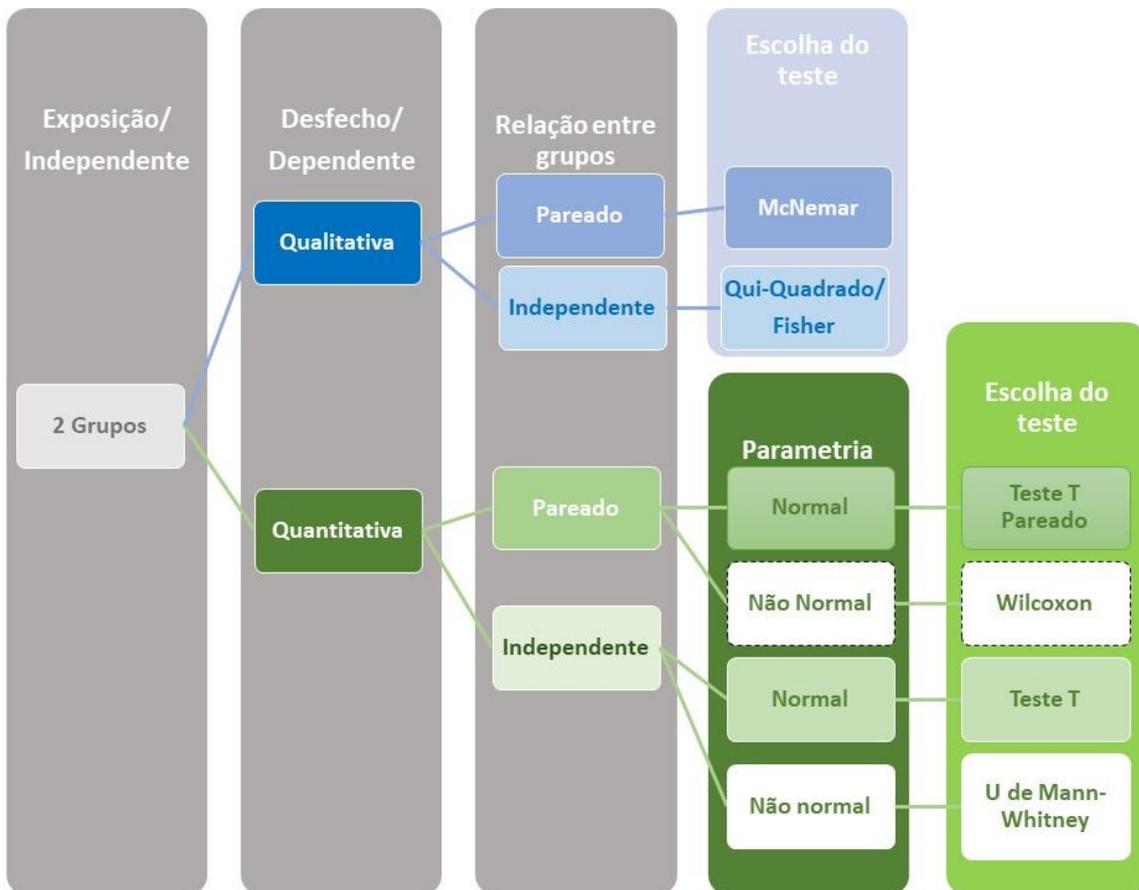
ANOVA: *spoiler* da bioestatística avançada

A ANOVA, a análise de variâncias, é um teste utilizado quando temos 3 ou mais amostras (grupos independentes), com desfecho quantitativo, comparadas simultaneamente entre si (Vieira, 2006). É um teste paramétrico, ou seja, que exige que os dados do desfecho avaliado sigam uma distribuição normal e apresentem homocedasticidade. A ANOVA a um fator pode ser utilizada para grupos independentes e desfecho quantitativo. Quando os dados são relacionados, como em estudos prospectivos, utilizamos a ANOVA de medidas repetidas.

Exemplo de quando se usa ANOVA: testar 3 tipos diferentes de analgésico em um grupo de pacientes, separados aleatoriamente em 3 grupos independentes de acordo com o tipo de analgésico a ser administrado, e avaliar a dor pós-operatória por escala VAS (variável de desfecho quantitativa).

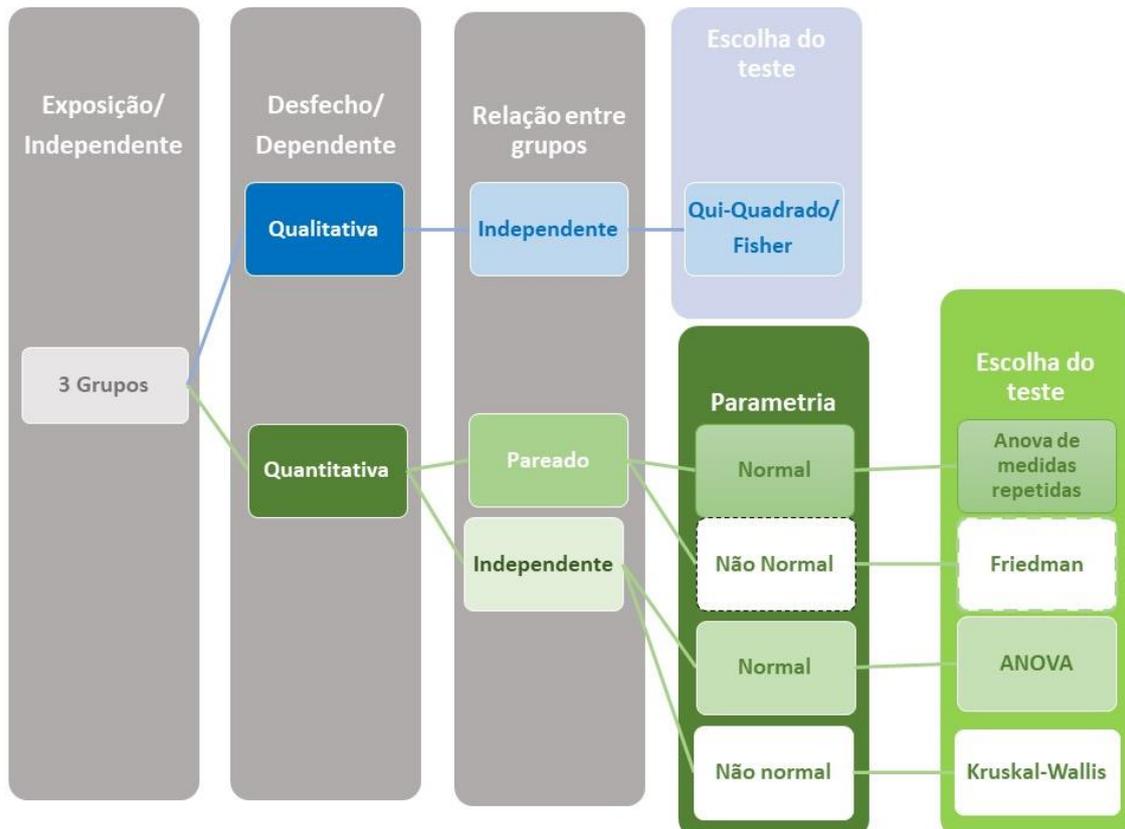
As figuras 6 e 7 contém um mapa para nortear a escolha do teste estatístico de acordo com o número de grupos e classificação de variáveis.

Figura 6 - Escolha do teste estatístico: 2 grupos



Fonte: os autores.

Figura 7 - Escolha do teste estatístico: 3 ou mais grupos



Fonte: os autores.

Teste T para amostras independentes

Usado para comparar as médias de dois grupos independentes em relação a um desfecho quantitativo, quando a distribuição dos dados é normal, mas a variância é desconhecida. Serve para comparar as médias, por meio da definição de um valor calculado de T, que leva em consideração a diferença das médias e o desvio padrão da amostra (Sampieri et al., 2006).

Esse valor de T calculado é comparado a um valor de T crítico (que é conhecido e tabelado) e que corresponde a hipótese nula. Se for maior que esse valor crítico, admite-se que há diferença significativa entre os grupos (ou seja, rejeita-se H0). Um n baixo afeta o valor de T e, conseqüentemente, poderá afetar o P valor:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{X_1X_2} \cdot \sqrt{\frac{2}{n}}}$$

Onde:

X₁: média da amostra 1

X₂: média da amostra 2

S_{x₁x₂}: desvio padrão conjugado

n: tamanho da amostra

Para testar esse valor de T, fazemos um teste de hipóteses unicaudal ou bicaudal (Ludbrook, 2013):

- *Unicaudal*: quando se pode assumir a direção do efeito; diz se uma média é maior ou menor que a outra; P valor é menor.
- *Bicaudal*: quando não podemos prever a direção do efeito; diz se há diferença entre as médias; P valor é maior.

Observação: é possível comparar grupos em relação a alguns tipos de variáveis ordinais por meio de testes paramétricos, como o teste t, desde que os requisitos para o uso de testes paramétricos estejam presentes (Cohen et al., 2001).

Teste t para amostras pareadas

Usado quando há dependência entre dois grupos, sendo a distribuição de ambos normais e havendo homocedasticidade. Pode ser usado quando a mesma amostra é medida antes e depois, ou quando são feitas mensurações no mesmo indivíduo, em delineamentos de boca dividida (por exemplo, quando o lado esquerdo é comparado com o lado direito).

Teste não paramétricos

Quando os requisitos para os testes paramétricos não forem encontrados (normalidade e homocedasticidade), podem ser usados testes não paramétricos (De Muth, 2009; Vieira, 2015). Há uma alternativa de teste não – paramétrico para cada teste paramétrico. No caso do teste t, essa alternativa é o teste de Mann-Whitney, e no caso do teste t para amostras pareadas, é o teste de Wilcoxon. Esse assunto será tópico de conteúdo da disciplina de bioestatística avançada.

Qui-quadrado

É um teste de *comparação de frequências*, ou seja, um teste para análises de dados qualitativos (Pandis, 2016a). É muito importante *entender as classificações de variáveis*, tanto em relação à escala de medição (qualitativo ou quantitativo) e em relação à dependência (exposição/independente ou desfecho/dependente). Essa noção clara de identificação e classificação de variáveis é indispensável para definir o tratamento dos dados, a escolha do teste e também a forma de apresentar os dados.

É importante, como já mencionado nesse documento, atentar para os arranjos que podem ser feitos entre as variáveis. Por exemplo, categorizar uma variável de desfecho quantitativa em uma variável dicotômica ou em faixas. Isso muda a características de trabalho dos dados, muda o tipo de teste, os resultados, mas pode ser utilizado para simplificar a análise dos dados.

No caso de testes de frequência, a variável de exposição será sempre uma variável qualitativa nominal e o desfecho será também qualitativo nominal. Com isso, iremos avaliar as distribuições das frequências. Classificar as variáveis quanto à dependência é indispensável para construir a análise de frequências, que depende da construção de uma tabela na qual a variável de exposição fica sempre nas linhas (horizontal) e o desfecho sempre nas colunas (vertical).

Uma tabela 2x2 ($n \times n$) é uma tabela construída com duas variáveis de desfecho e duas variáveis de exposição (Pandis, 2016b). O qui-quadrado é um teste que se baseia em um valor de dispersão dessas variáveis, gerando uma definição de associação ou não entre os dados das frequências.

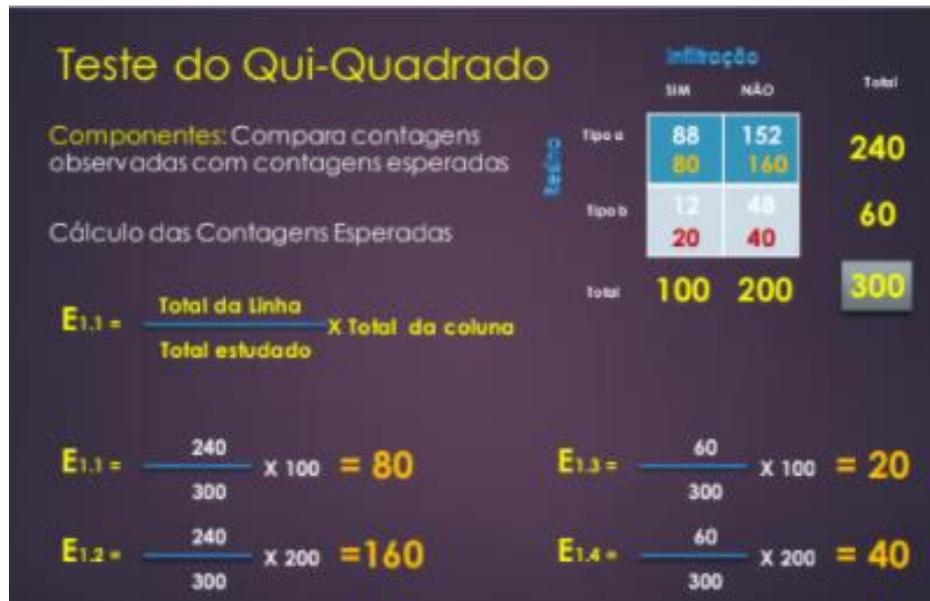
Temos alguns passos no cálculo do qui-quadrado:

- 1) Valores mensurados (observados) x valores esperados (estimados): os valores observados no teste são comparados com valores matemáticos esperados no processo; a primeira coisa a fazer é calcular esses valores estimados. De posse desses valores

esperados, irá se fazer uma comparação das observadas com as esperadas.

- 2) As contagens esperadas são feitas calculando da seguinte forma (obs.: na figura 7, em branco, os valores observados e em laranja/vermelho os valores esperados):

Figura 8 – Cálculo das contagens esperadas



Fonte: os autores.

- 3) Calcular o valor da diferença para cada uma das caselas da tabela (figura 8), comparando então os valores observados com os valores teoricamente esperados, de acordo com a seguinte fórmula:

$$x^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

Onde:

x^2 = valor do qui-quadrado

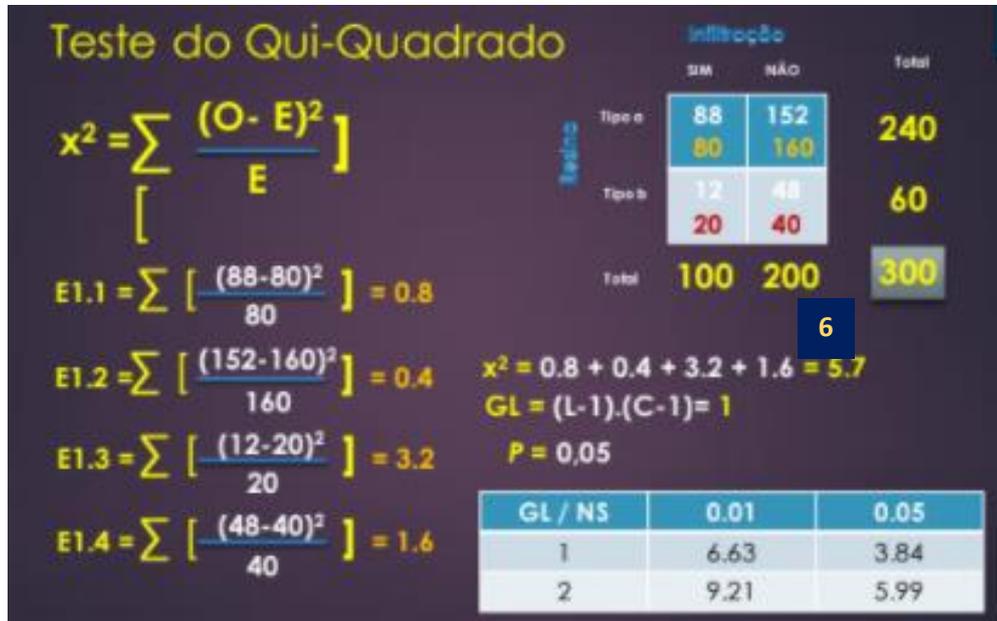
O = valor observado

E = valor esperado

Esses resultados servirá para verificar “o quanto” ficou diferente os valores calculados dos valores observados, sendo o valor do qui-

quadrado (x^2) o somatório (Σ) dessas diferenças entre valores (Figura 9).

Figura 9 – Comparação de valores calculados e esperados



Fonte: os autores.

- 4) De posse desse valor, consultamos uma tabela com graus de liberdades (GL) que variam de acordo com o número de linhas e o número de colunas, conforme consta na figura 9 (cálculo é $GL = [\text{linha} - 1] \times [\text{coluna} - 1]$)
- 5) De posse do grau de liberdade, consultamos a tabela de valores de qui-quadrado que relaciona os graus de liberdade com as probabilidades.

No nosso caso, com uma tabela 2x2 de grau de liberdade 1, no nível de significância de 5% temos um qui-quadrado tabelado de 3,84, e todos os valores de x^2 calculados acima desse valor, é um valor considerado significativo. Se adotássemos o valor de nível de significância de 1%, o x^2 calculado não teria apontado para uma diferença significativa entre meus dados, uma vez que o nosso x^2 calculado foi de 6 (que é menor que 6,64) (Tabela 1).

Tabela 1 – Tabela de distribuição de χ^2

DF	P										
	0.995	0.975	0.20	0.10	0.05	0.025	0.02	0.01	0.005	0.002	0.001
1	0.0000393	0.000982	1.642	2.706	3.841	5.024	5.412	6.635	7.879	9.550	10.828
2	0.0100	0.0506	3.219	4.605	5.991	7.378	7.824	9.210	10.597	12.429	13.816
3	0.0717	0.216	4.642	6.251	7.815	9.348	9.837	11.345	12.838	14.796	16.266
4	0.207	0.484	5.989	7.779	9.488	11.143	11.668	13.277	14.860	16.924	18.467
5	0.412	0.831	7.289	9.236	11.070	12.833	13.388	15.086	16.750	18.907	20.515
6	0.676	1.237	8.558	10.645	12.592	14.449	15.033	16.812	18.548	20.791	22.458
7	0.989	1.690	9.803	12.017	14.067	16.013	16.622	18.475	20.278	22.601	24.322
8	1.344	2.180	11.030	13.362	15.507	17.535	18.168	20.090	21.955	24.352	26.124
9	1.735	2.700	12.242	14.684	16.919	19.023	19.679	21.666	23.589	26.056	27.877
10	2.156	3.247	13.442	15.987	18.307	20.483	21.161	23.209	25.188	27.722	29.588
11	2.603	3.816	14.631	17.275	19.675	21.920	22.618	24.725	26.757	29.354	31.264
12	3.074	4.404	15.812	18.549	21.026	23.337	24.054	26.217	28.300	30.957	32.909
13	3.565	5.009	16.985	19.812	22.362	24.736	25.472	27.688	29.819	32.535	34.528
14	4.075	5.629	18.151	21.064	23.685	26.119	26.873	29.141	31.319	34.091	36.123
15	4.601	6.262	19.311	22.307	24.996	27.488	28.259	30.578	32.801	35.628	37.697
16	5.142	6.908	20.465	23.542	26.296	28.845	29.633	32.000	34.267	37.146	39.252
17	5.697	7.564	21.615	24.769	27.587	30.191	30.995	33.409	35.718	38.648	40.790
18	6.265	8.231	22.760	25.989	28.869	31.526	32.346	34.805	37.156	40.136	42.312
19	6.844	8.907	23.900	27.204	30.144	32.852	33.687	36.191	38.582	41.610	43.820
20	7.434	9.591	25.038	28.412	31.410	34.170	35.020	37.566	39.997	43.072	45.315
21	8.034	10.283	26.171	29.615	32.671	35.479	36.343	38.932	41.401	44.522	46.797
22	8.643	10.982	27.301	30.813	33.924	36.781	37.659	40.289	42.796	45.962	48.268
23	9.260	11.689	28.429	32.007	35.172	38.076	38.968	41.638	44.181	47.391	49.728
24	9.886	12.401	29.553	33.196	36.415	39.364	40.270	42.980	45.559	48.812	51.179

Fonte: Medcalc (2020).

- 6) Para dados independentes, mas de valores baixos, deveremos usar o teste exato de Fisher, que é uma correção matemática para n baixo.
- 7) Para dados dependentes (pareados), usamos o teste de McNemar para corrigir o processo e encontrar o qui-quadrado.

Medidas de Associação

Para verificar a magnitude de associação, em testes de frequências utilizamos medidas de associação.

Razão de prevalência (RP): cálculo da relação entre os dois riscos, relacionando a probabilidade dos expostos (PE) com a probabilidade dos não expostos (PNE), em adquirirem o desfecho. Cálculo (Tabela 2):

Tabela 2 – Organização de dados para cálculo da razão de prevalência e Odds ratio

		Desfecho	Sem Desfecho	Total
Fator de exposição	sim	a	b	A + B
	não	c	d	C + D
Total		A + C	B + D	A + B + C + D

Fonte: Os autores

$$PE = \frac{A}{A+B}$$

$$PNE = \frac{C}{C+D}$$

$$RP = PE/PNE$$

Como interpretar a RP?

- **Fator de Risco – RP >1:** eventos ocorridos positivos dividido pelo número total de eventos; é o atributo de um grupo da população que apresenta maior incidência de uma doença ou agravo à saúde em comparação com outros grupos definidos pela ausência ou menos exposição a tal característica.
- **Fator de Proteção <1:** é o atributo de um grupo com menor incidência de um determinado distúrbio em relação a outros grupos, definidos pela ausência ou baixa dosagem de tal fator.

Ou seja, podemos dizer que a RP mostra quantas vezes a probabilidade de um exposto é maior do que de um não exposto em adquirir a doença.

- **Odds ratio (OR)/Razão de Chances:** A OR traduz a relação entre as chances de haver exposição nos indivíduos com o desfecho e a chance de haver exposição no grupo sem o desfecho. Em outras palavras, a OR mede quantas vezes mais quem está exposto (está na linha do “sim” para exposição) tem chance de ter o desfecho.

Para calcular magnitude dos efeitos por OR, temos o seguinte produto cruzado da tabela 2 (desde que necessariamente os dados estejam organizados de acordo com o proposto por este material):

$$\text{Odds ratio} = \frac{AD}{BC}$$

Referências

- American Statistical Association. Alexandria: American Statiscsal Association; 2020. [citado 20 dez 2020]. Disponível em: <https://www.amstat.org/>.
- Betensky RA. The p-value requires context, Not a threshold. *Am Stat*. 2019 Mar;73(Suppl 1):115–7. doi: <https://doi.org/10.1080/00031305.2018.1529624>.
- Cohen ME. Analysis of ordinal dental data: evaluation of conflicting recommendations. *J Dent Res*. 2001 Jan;80(1):309-13. doi: [10.1177/00220345010800010301](https://doi.org/10.1177/00220345010800010301).
- Cummings SR, Browner WS, Grady D, Newman TB. *Delineando a pesquisa clínica: uma abordagem epidemiológica*. 4a ed. Porto Alegre: Artmed; 2015.
- De Muth JE. Overview of biostatistics used in clinical research. *Am J Health Syst Pharm*. 2009 Jan 1;66(1):70-81. doi: [10.2146/ajhp070006](https://doi.org/10.2146/ajhp070006).
- Fletcher RH, Fletcher SW, Fletcher GS. *Epidemiologia clínica: elementos Essenciais*. 5a ed. Porto Alegre: Artmed; 2014.
- Glen, S. "Pearson Mode Skewness" from StatisticsHowTo.com: Elementary Statistics for the rest of us! 2020. [citado 20 set. 2020]. Disponível em: <https://www.statisticshowto.com/pearson-mode-skewness/>.
- Infanger D, Schmidt-Trucksäss A. P value functions: An underused method to present research results and to promote quantitative reasoning. *Stat Med*. 2019 Sep 20;38(21):4189-97. doi: [10.1002/sim.8293](https://doi.org/10.1002/sim.8293).
- Ludbrook J. Should we use one-sided or two-sided P values in tests of significance? *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 2013 Jun;40(6):357-61. doi: [10.1111/1440-1681.12086](https://doi.org/10.1111/1440-1681.12086).
- Medcalc: easy-to-use statistical software. Values of the Chi-squared distribution. 2020. [citado 19 nov 2020]. Disponível em: <https://www.medcalc.org/manual/chi-square-table.php>.
- Nagwa Limited. Figura 3. [citado 13 dez 2020]. Disponível em: <https://www.nagwa.com/pt/lessons/210131263987/>.
- Pandis N. Confidence intervals rather than P values. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013 Feb;143(2):293-4. doi: [10.1016/j.ajodo.2012.11.012](https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2012.11.012).
- Pandis N. Nonparametric methods. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2015 Oct;148(4):695. doi: [10.1016/j.ajodo.2015.07.014](https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.07.014).
- Pandis N. The chi-square test. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2016a Nov;150(5):898-9. doi: [10.1016/j.ajodo.2016.08.009](https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2016.08.009).

Pandis N. The 2 × 2 tabulation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2016b Oct;150(4):715. doi: 10.1016/j.ajodo.2016.08.002.

Sampieri RH, Collado CF, Lucio PB. Análise de dados. In: Sampieri RH, Collado CF, Lucio PB. *Metodologia de pesquisa*. 3. ed. São Paulo: McGraw Hill; 2006. Capítulo 10; p. 412-527.

Shintani A. Primer of statistics in dental research: Part II. *J Prosthodont Res*. 2014 Apr;58(2):85-91. doi: 10.1016/j.jpor.2014.03.003.
Statistics How To. Statistics for the rest of us! 2020. [citado 10 dez 2020]. Disponível em: <https://www.statisticshowto.com/pearson-mode-skewness/>.

Vieira S. *Introdução à bioestatística*. 5. ed. Rio de Janeiro: Gen; Guanabara Koogan; 2015.

Vieira S. *Análise de variância: ANOVA*. São Paulo: Atlas; 2006.

Wilkinson L. Statistical methods in psychology journals: Guidelines and explanations. *Am Psychol* [Internet]. 1999;54(8):594–604. doi: <http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/0003-066X.54.8.594>.