

# Estudo de Caso 02: Comparação do IMC médio de alunos do PPGEE-UFMG ao longo de dois semestres

*Autores: Danilo A. Caldeira Silva (Monitor), Fabiano Viana Oliveira da Cunha Médice (Relator), Fabrício Teixeira Coura (Coordenador) e Guilherme Lopes de Figueiredo Brandão (Verificador)*

*22 de Outubro de 2018*

## Resumo

O presente trabalho aborda um experimento realizado para a comparação do IMC médio de duas populações de estudantes, sendo alunos da pós-graduação da UFMG nos semestres de 2016-2 e 2017-2. A coleta de dados foi realizada e disponibilizada pelo professor proponente da atividade e os dados foram obtidos do repositório do mesmo. Foi feita a filtragem das amostras e testadas de forma independente por sexo masculino e feminino. Foram definidas e testadas as hipóteses nula e alternativa, assim como a estimação do tamanho de efeito e do intervalo de confiança. Por fim, aborda-se a validação das premissas do teste e a derivação das conclusões apresentadas pelo experimento.

## O Experimento

O experimento elaborado consistiu, primeiramente, na obtenção do peso e altura das amostras de conveniência, neste caso, os alunos da disciplina Planejamento e Análise de Experimentos do programa de pós-graduação da UFMG nos semestres de 2016-2 e 2017-2. Estes dados foram obtidos e disponibilizados pelo professor em seu repositório do Github [1].

### **Dados da Turma de 2016**

##	ID	Course	Gender	Height.m	Weight.kg
## 1	1	PPGEE	F	1.57	45.5
## 2	2	PPGEE	F	1.62	53.0
## 3	3	PPGEE	F	1.70	57.0
## 4	4	PPGEE	F	1.62	59.0
## 5	5	PPGEE	F	1.67	63.0
## 6	6	PPGEE	F	1.76	78.0
## 7	7	PPGEE	F	1.64	51.0
## 8	8	PPGEE	M	1.79	80.0
## 9	9	PPGEE	M	1.58	58.0
## 10	10	PPGEE	M	1.74	85.0
## 11	11	PPGEE	M	1.75	115.0
## 12	12	PPGEE	M	1.78	71.0
## 13	13	PPGEE	M	1.71	71.0
## 14	14	PPGEE	M	1.78	86.0
## 15	15	PPGEE	M	1.81	80.0
## 16	16	PPGEE	M	1.79	72.0
## 17	17	PPGEE	M	1.70	62.5
## 18	18	PPGEE	M	1.82	100.0
## 19	19	PPGEE	M	1.72	52.0
## 20	20	PPGEE	M	1.83	84.0
## 21	21	PPGEE	M	1.70	74.0
## 22	22	PPGEE	M	1.83	92.0
## 23	23	PPGEE	M	1.73	60.0
## 24	24	PPGEE	M	1.69	57.5
## 25	25	PPGEE	M	1.89	87.0
## 26	26	PPGEE	M	1.63	81.0
## 27	27	PPGEE	M	1.81	78.0
## 28	28	PPGEE	M	1.73	68.0
## 29	29	ENGSI	F	1.67	53.0
## 30	30	ENGSI	F	1.61	55.0
## 31	31	ENGSI	F	1.56	43.0
## 32	32	ENGSI	M	1.89	80.0
## 33	33	ENGSI	M	1.80	97.0
## 34	34	ENGSI	M	1.77	78.0
## 35	35	ENGSI	M	1.67	65.0
## 36	36	ENGSI	M	1.81	110.0
## 37	37	ENGSI	M	1.86	110.0
## 38	38	ENGSI	M	1.70	63.0
## 39	39	ENGSI	M	1.79	64.0
## 40	40	ENGSI	M	1.78	84.0
## 41	41	ENGSI	M	1.75	57.5
## 42	42	ENGSI	M	1.70	64.0
## 43	43	ENGSI	M	1.82	80.0
## 44	44	ENGSI	M	1.83	70.0
## 45	45	ENGSI	M	1.84	73.0
## 46	46	ENGSI	M	1.69	58.0
## 47	47	ENGSI	M	1.75	70.0
## 48	48	ENGSI	M	1.76	74.8
## 49	49	ENGSI	M	1.83	85.0

### Dados Turma de 2017

##	Weight.kg	height.m	Sex	Age.years
## 1	89.0	1.73	M	23
## 2	72.5	1.64	M	28
## 3	84.0	1.70	M	34
## 4	90.0	1.72	M	27
## 5	60.0	1.70	M	33
## 6	79.0	1.80	M	27
## 7	80.4	1.84	M	24
## 8	65.0	1.70	M	25
## 9	88.0	1.88	M	31
## 10	64.0	1.69	M	27
## 11	53.0	1.66	M	39
## 12	60.0	1.84	M	29
## 13	78.0	1.76	M	36
## 14	86.0	1.71	M	32
## 15	49.0	1.68	F	23
## 16	54.0	1.61	F	24
## 17	48.0	1.64	F	24
## 18	46.0	1.61	F	31
## 19	68.0	1.71	M	31
## 20	74.0	1.68	M	26
## 21	69.0	1.76	M	23
## 22	63.0	1.65	M	22
## 23	78.0	1.83	M	33
## 24	60.2	1.70	M	25
## 25	71.0	1.70	M	27

Inicialmente, tendo em vista que os dados disponibilizados estão em formatos diferentes e que o arquivo relativo a turma 2016-2 apresenta, também, dados de alunos de graduação, foi realizada uma preparação dos dados, de forma a obter apenas os valores referentes a alunos da pós-graduação.

### Dados da Turma de 2016 Filtrados

##	ID	Course	Gender	Height.m	Weight.kg
## 1	1	PPGEE	F	1.57	45.5
## 2	2	PPGEE	F	1.62	53.0
## 3	3	PPGEE	F	1.70	57.0
## 4	4	PPGEE	F	1.62	59.0
## 5	5	PPGEE	F	1.67	63.0
## 6	6	PPGEE	F	1.76	78.0
## 7	7	PPGEE	F	1.64	51.0
## 8	8	PPGEE	M	1.79	80.0
## 9	9	PPGEE	M	1.58	58.0
## 10	10	PPGEE	M	1.74	85.0
## 11	11	PPGEE	M	1.75	115.0
## 12	12	PPGEE	M	1.78	71.0
## 13	13	PPGEE	M	1.71	71.0
## 14	14	PPGEE	M	1.78	86.0
## 15	15	PPGEE	M	1.81	80.0
## 16	16	PPGEE	M	1.79	72.0
## 17	17	PPGEE	M	1.70	62.5
## 18	18	PPGEE	M	1.82	100.0
## 19	19	PPGEE	M	1.72	52.0
## 20	20	PPGEE	M	1.83	84.0
## 21	21	PPGEE	M	1.70	74.0
## 22	22	PPGEE	M	1.83	92.0
## 23	23	PPGEE	M	1.73	60.0
## 24	24	PPGEE	M	1.69	57.5
## 25	25	PPGEE	M	1.89	87.0
## 26	26	PPGEE	M	1.63	81.0
## 27	27	PPGEE	M	1.81	78.0
## 28	28	PPGEE	M	1.73	68.0

Em posse dos valores de Altura e Peso, foi realizado o cálculo do ICM, gerando uma nova coluna nos dados. O IMC é calculado por  $IMC = \text{Peso} / \text{Altura}^2$ .

#### Dados da Turma de 2016

##	ID	Course	Gender	Height.m	Weight.kg	IMC
## 1	1	PPGEE	F	1.57	45.5	18.46
## 2	2	PPGEE	F	1.62	53.0	20.20
## 3	3	PPGEE	F	1.70	57.0	19.72
## 4	4	PPGEE	F	1.62	59.0	22.48
## 5	5	PPGEE	F	1.67	63.0	22.59
## 6	6	PPGEE	F	1.76	78.0	25.18
## 7	7	PPGEE	F	1.64	51.0	18.96
## 8	8	PPGEE	M	1.79	80.0	24.97
## 9	9	PPGEE	M	1.58	58.0	23.23
## 10	10	PPGEE	M	1.74	85.0	28.08
## 11	11	PPGEE	M	1.75	115.0	37.55
## 12	12	PPGEE	M	1.78	71.0	22.41
## 13	13	PPGEE	M	1.71	71.0	24.28
## 14	14	PPGEE	M	1.78	86.0	27.14
## 15	15	PPGEE	M	1.81	80.0	24.42
## 16	16	PPGEE	M	1.79	72.0	22.47
## 17	17	PPGEE	M	1.70	62.5	21.63
## 18	18	PPGEE	M	1.82	100.0	30.19
## 19	19	PPGEE	M	1.72	52.0	17.58
## 20	20	PPGEE	M	1.83	84.0	25.08
## 21	21	PPGEE	M	1.70	74.0	25.61
## 22	22	PPGEE	M	1.83	92.0	27.47
## 23	23	PPGEE	M	1.73	60.0	20.05
## 24	24	PPGEE	M	1.69	57.5	20.13
## 25	25	PPGEE	M	1.89	87.0	24.36
## 26	26	PPGEE	M	1.63	81.0	30.49
## 27	27	PPGEE	M	1.81	78.0	23.81
## 28	28	PPGEE	M	1.73	68.0	22.72

### Dados Turma de 2017

##	Weight.kg	height.m	Sex	Age.years	IMC
## 1	89.0	1.73	M	23	29.74
## 2	72.5	1.64	M	28	26.96
## 3	84.0	1.70	M	34	29.07
## 4	90.0	1.72	M	27	30.42
## 5	60.0	1.70	M	33	20.76
## 6	79.0	1.80	M	27	24.38
## 7	80.4	1.84	M	24	23.75
## 8	65.0	1.70	M	25	22.49
## 9	88.0	1.88	M	31	24.90
## 10	64.0	1.69	M	27	22.41
## 11	53.0	1.66	M	39	19.23
## 12	60.0	1.84	M	29	17.72
## 13	78.0	1.76	M	36	25.18
## 14	86.0	1.71	M	32	29.41
## 15	49.0	1.68	F	23	17.36
## 16	54.0	1.61	F	24	20.83
## 17	48.0	1.64	F	24	17.85
## 18	46.0	1.61	F	31	17.75
## 19	68.0	1.71	M	31	23.26
## 20	74.0	1.68	M	26	26.22
## 21	69.0	1.76	M	23	22.28
## 22	63.0	1.65	M	22	23.14
## 23	78.0	1.83	M	33	23.29
## 24	60.2	1.70	M	25	20.83
## 25	71.0	1.70	M	27	24.57

Após a organização dos dados, realizou-se uma análise exploratória, afim de identificar possíveis *outliers*, assimetrias ou outras peculiaridades. A Figura 1 e a Figura 2 apresentam os *boxplot* dos dados obtidos para a turma 2016-2 e 2017-2, respectivamente. Observa-se que a turma 2016-2 apresenta um *outlier*.

Figura 1 - Boxplot do IMC da Turma 2016

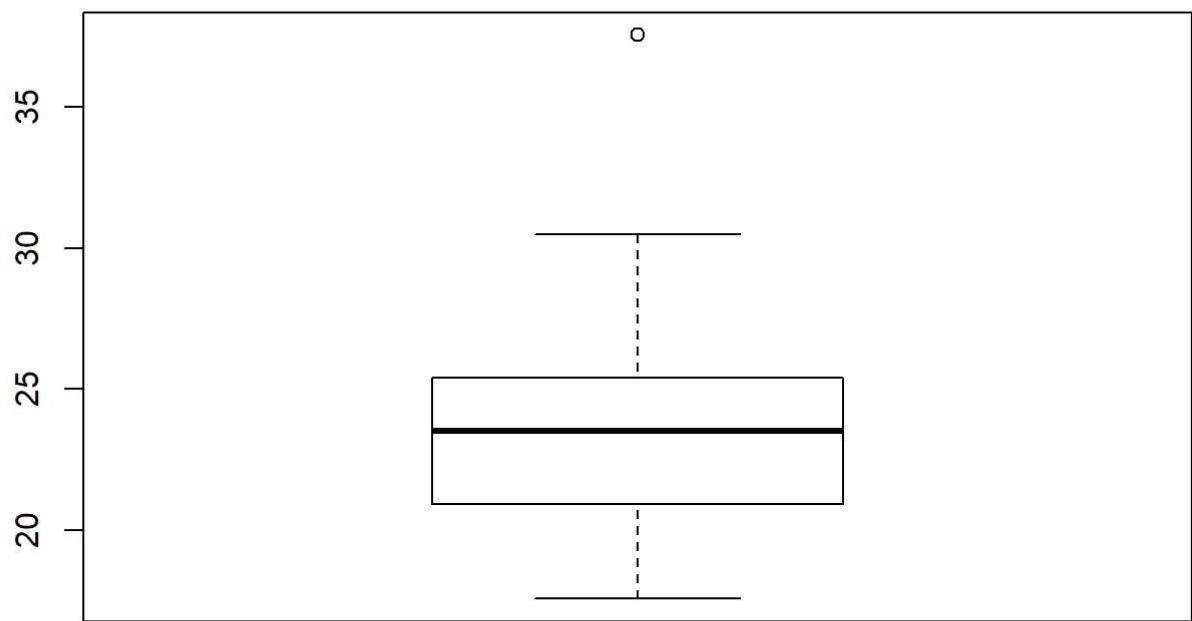
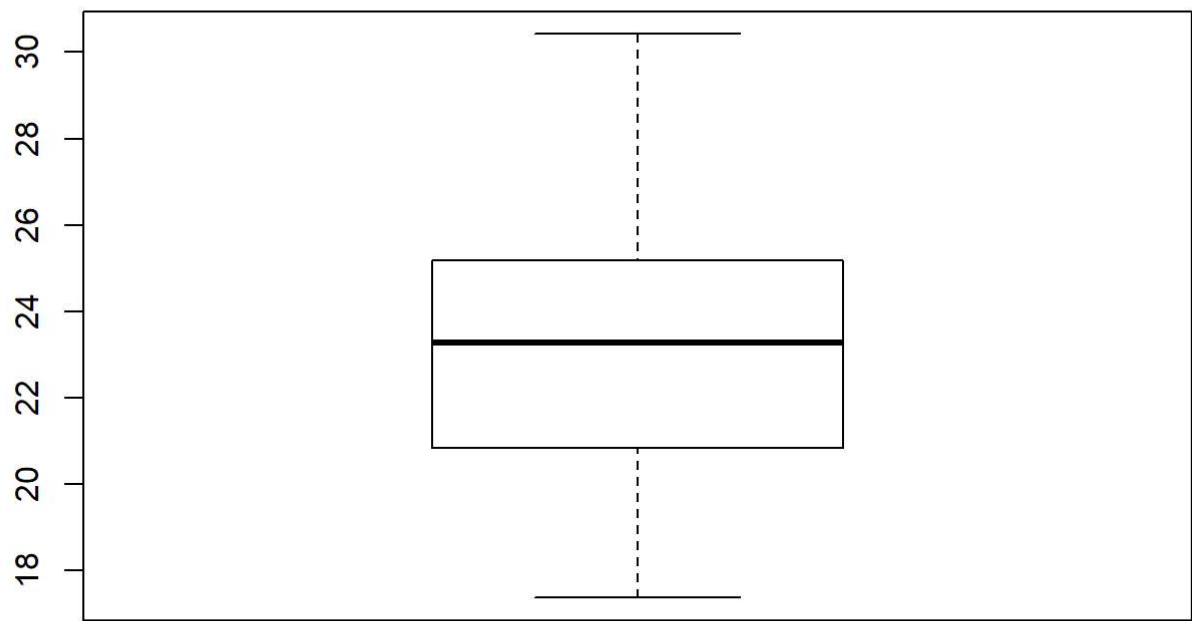


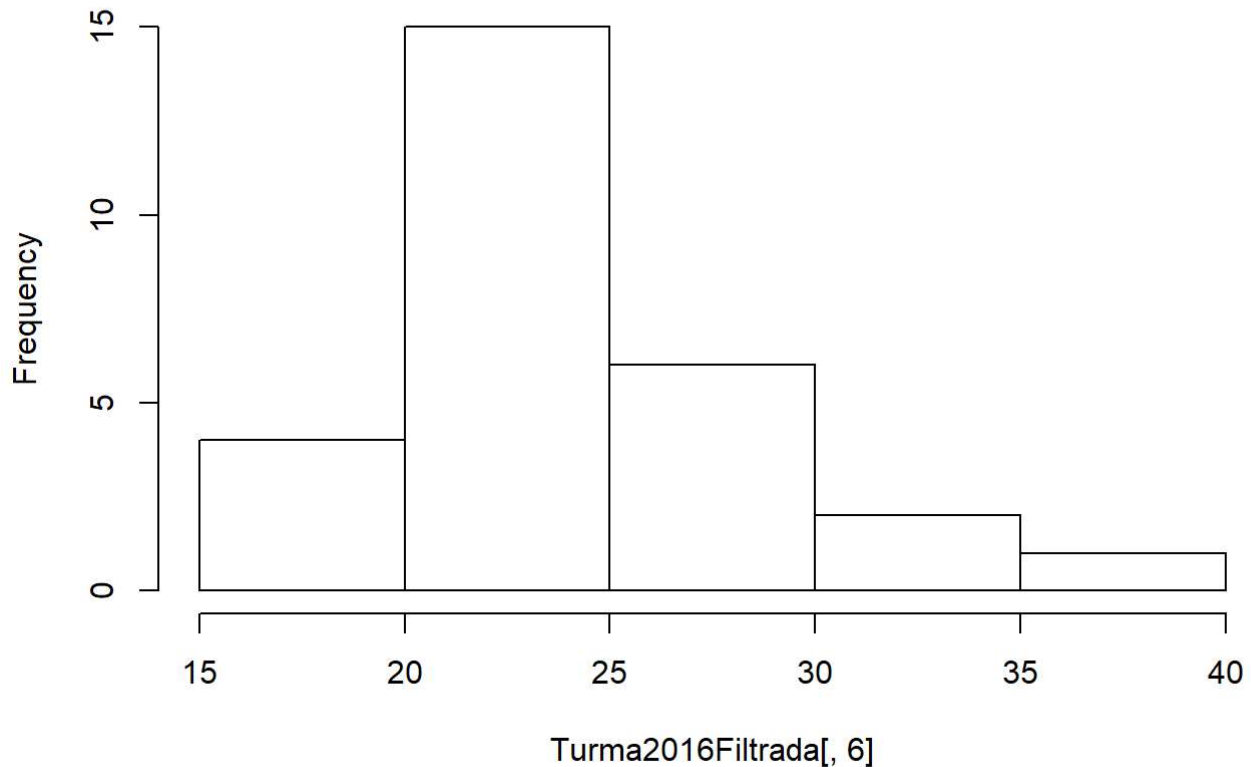
Figura 2 - Boxplot do IMC da Turma 2017



Posteriormente, foram obtidos os histogramas das amostras, conforme apresentados nas Figuras 3 e 4. Visualmente, os dados de IMC da turma 2017 apresenta normalidade, enquanto os da turma 2016 apresentam uma cauda mais pesada à direita.

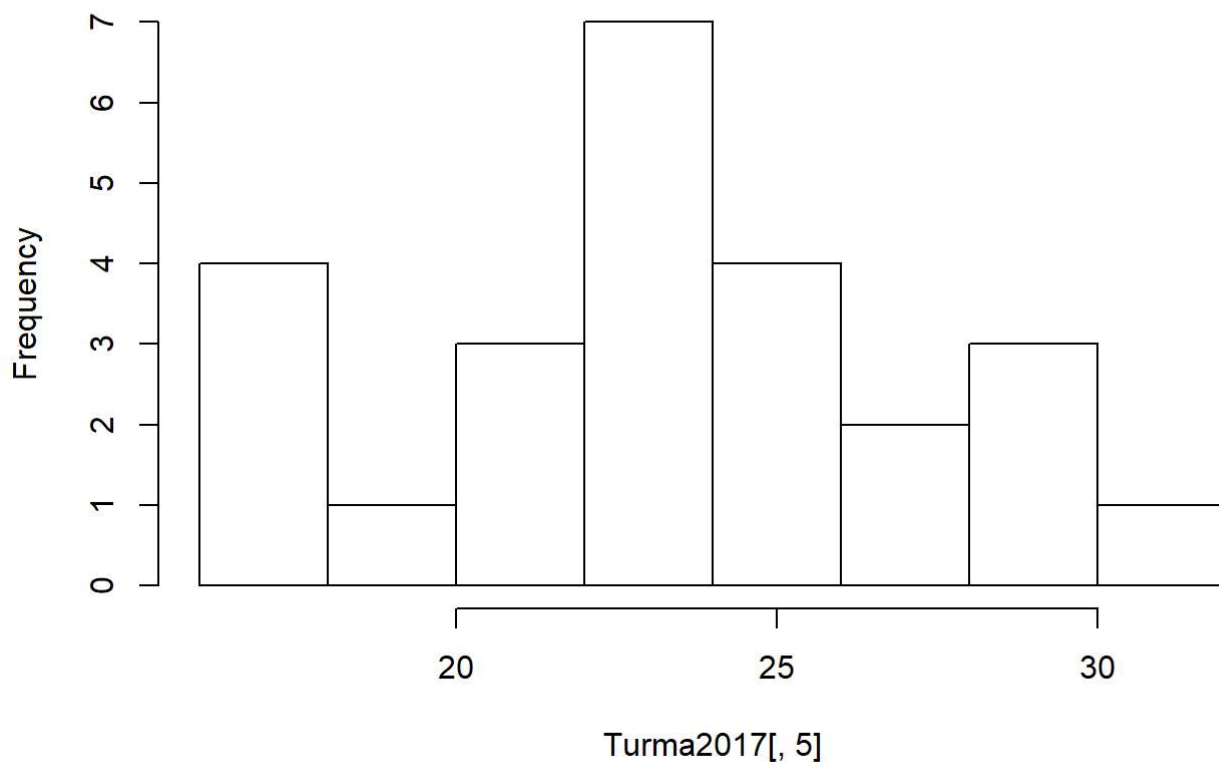
**Figura 3 - Histograma do IMC da Turma 2016**

**Histogram of Turma2016Filtrada[, 6]**



**Figura 4 - Histograma do IMC da Turma 2017**



**Histogram of Turma2017[, 5]**

Executou-se, então, o teste de Shapiro-Wilk de normalidade [2]. Os resultados do teste estão mostrados no *output* abaixo:

```
##
## Shapiro-Wilk normality test
##
## data: Turma2016Filtrada[, 6]
## W = 0.92186, p-value = 0.03858
```

```
##
## Shapiro-Wilk normality test
##
## data: Turma2017[, 5]
## W = 0.95379, p-value = 0.3047
```

A partir dos resultados apresentados nos histogramas e nos teste de normalidade, observa-se que eles indicam que a suposição de normalidade se verifica a um nível de confiança 99% para ambas as amostras obtidas, apesar do *outlier* apresentado nos dados da turma 2016-2 [3]. Assim, observando os dados, reparou-se uma tendência à atuação da diferença de sexo nos dados. Assim, para comprovar se há alguma correlação do sexo, realizou-se um diagrama de dispersão.

Figura 5 - Gráfico de Dispersão da Turma 2016

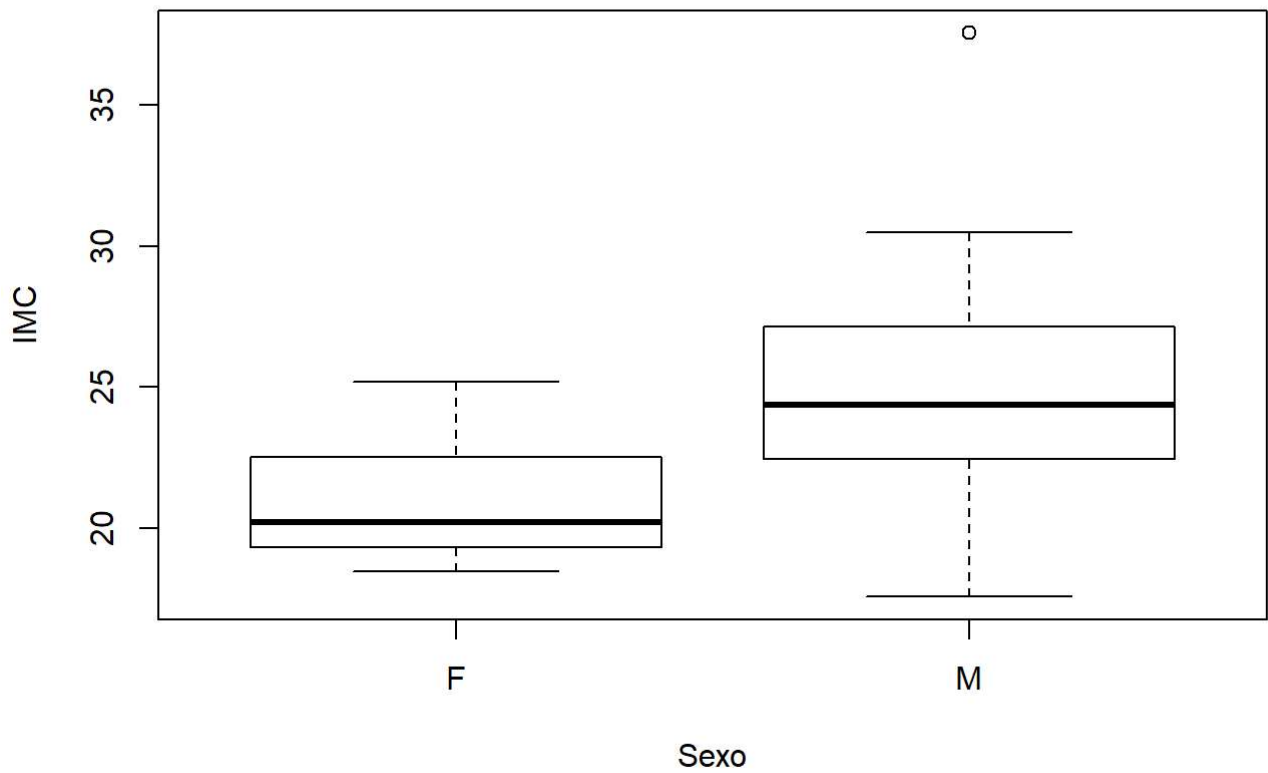
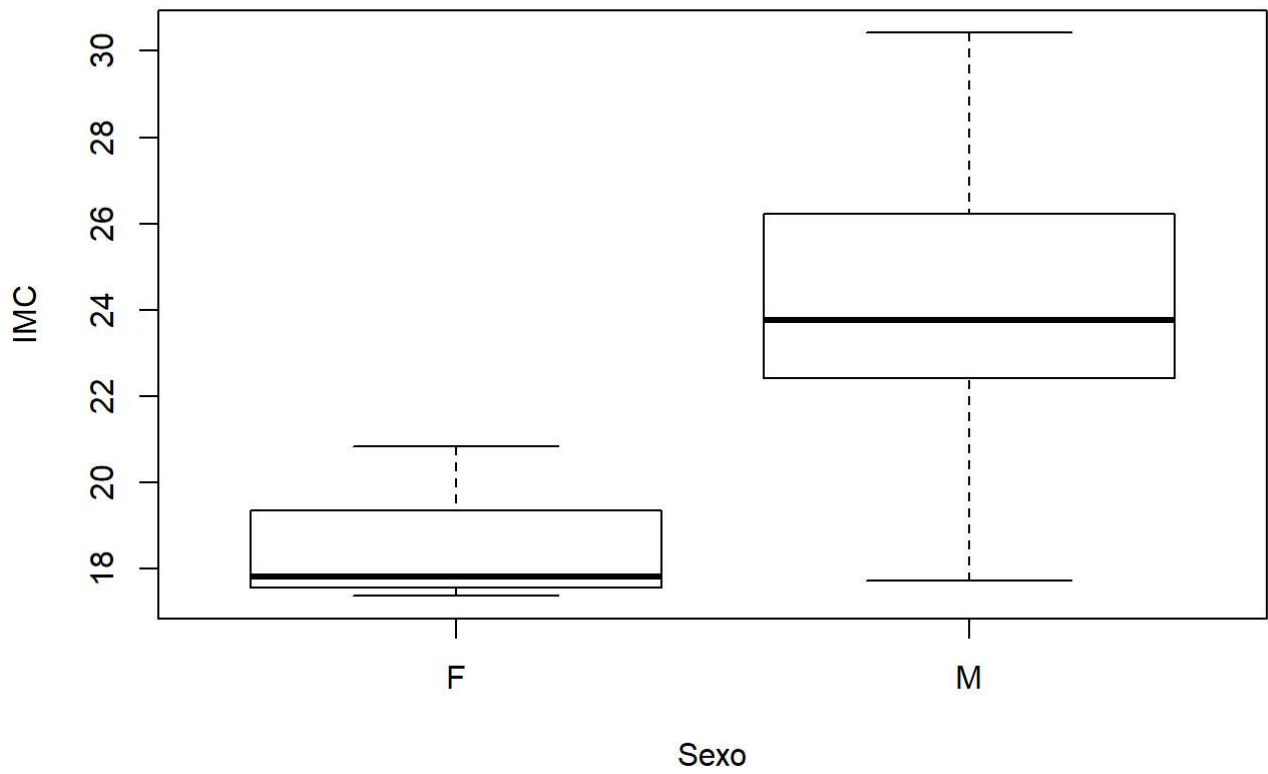


Figura 6 - Gráfico de Dispersão Turma 2017



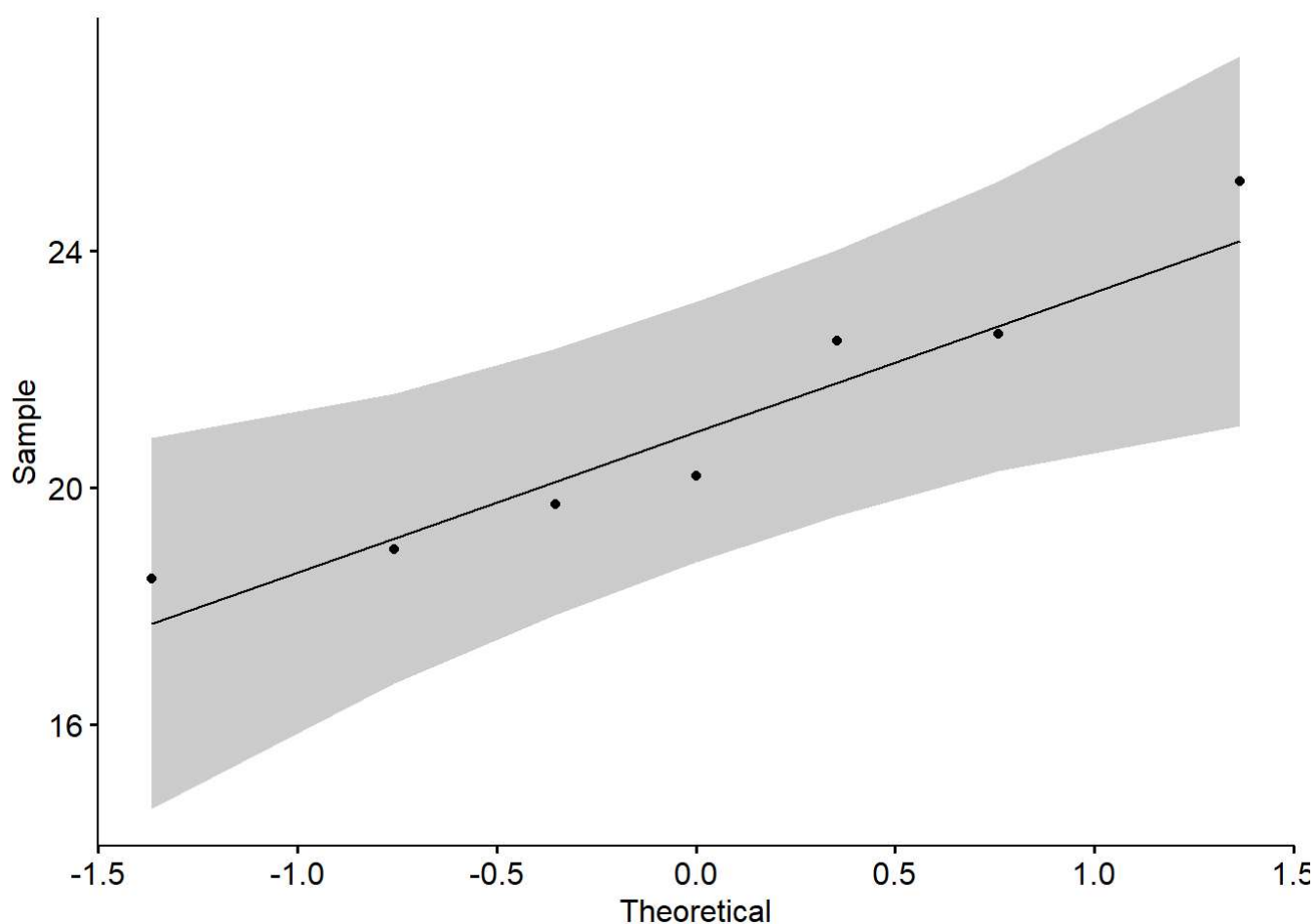
Após analisar os gráficos, a separação por sexo se viu necessária para a correta análise dos dados. Assim, realizou-se a análise exploratória de normalidade dos dados, considerando-se a divisão por sexo de cada turma, aplicando-se o teste de normalidade de Shapiro-Wilk e a análise dos gráficos quantil-quantil. Os resultados são apresentados nos *outputs*:

```
## Warning: package 'ggpubr' was built under R version 3.4.4
```

```
## Loading required package: magrittr
```

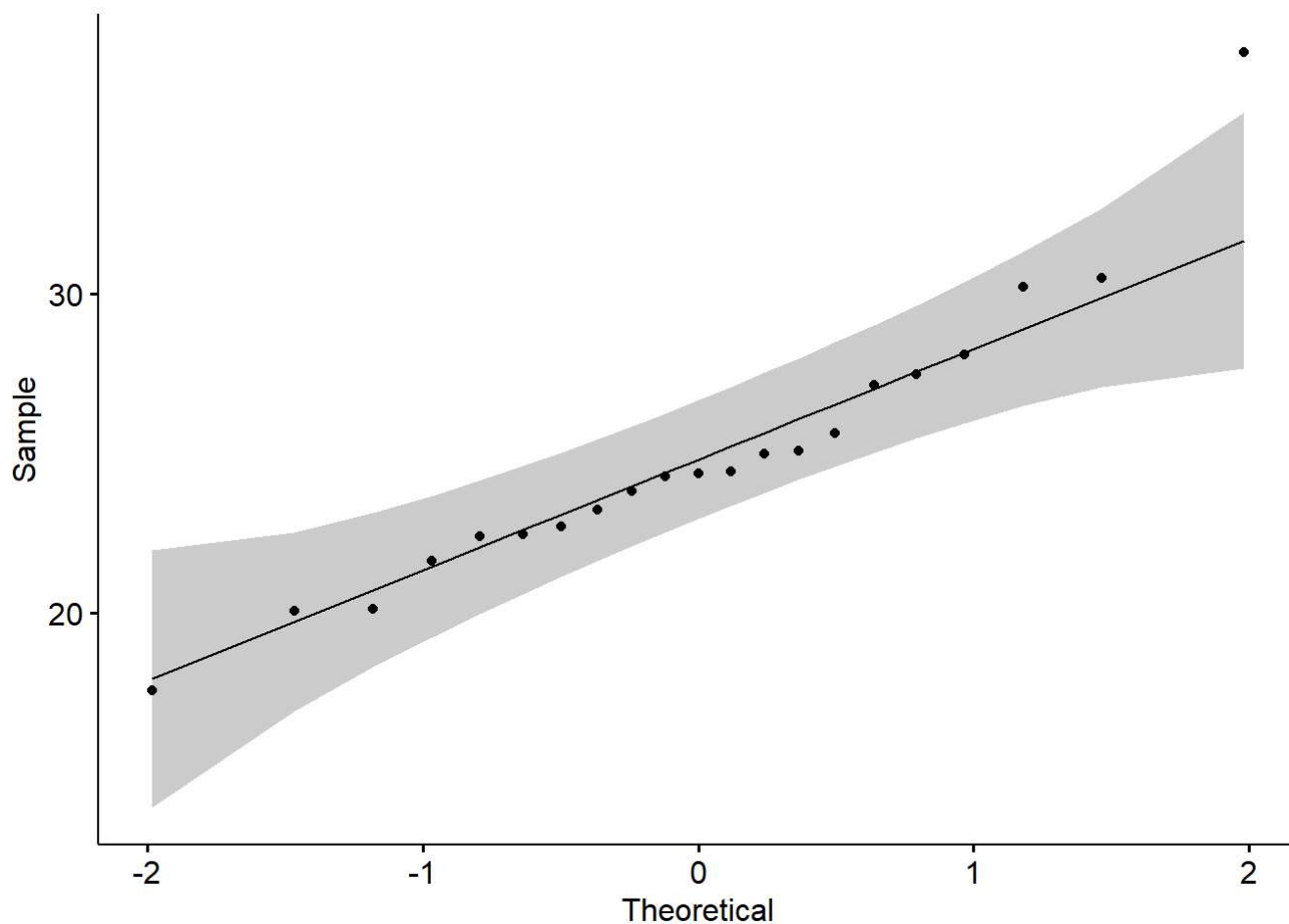
```
##
## Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  F2016[, 6]
## W = 0.91987, p-value = 0.4684
```

**Figura 7 - Gráfico Quantil-Quantil das Mulheres da Turma 2016**



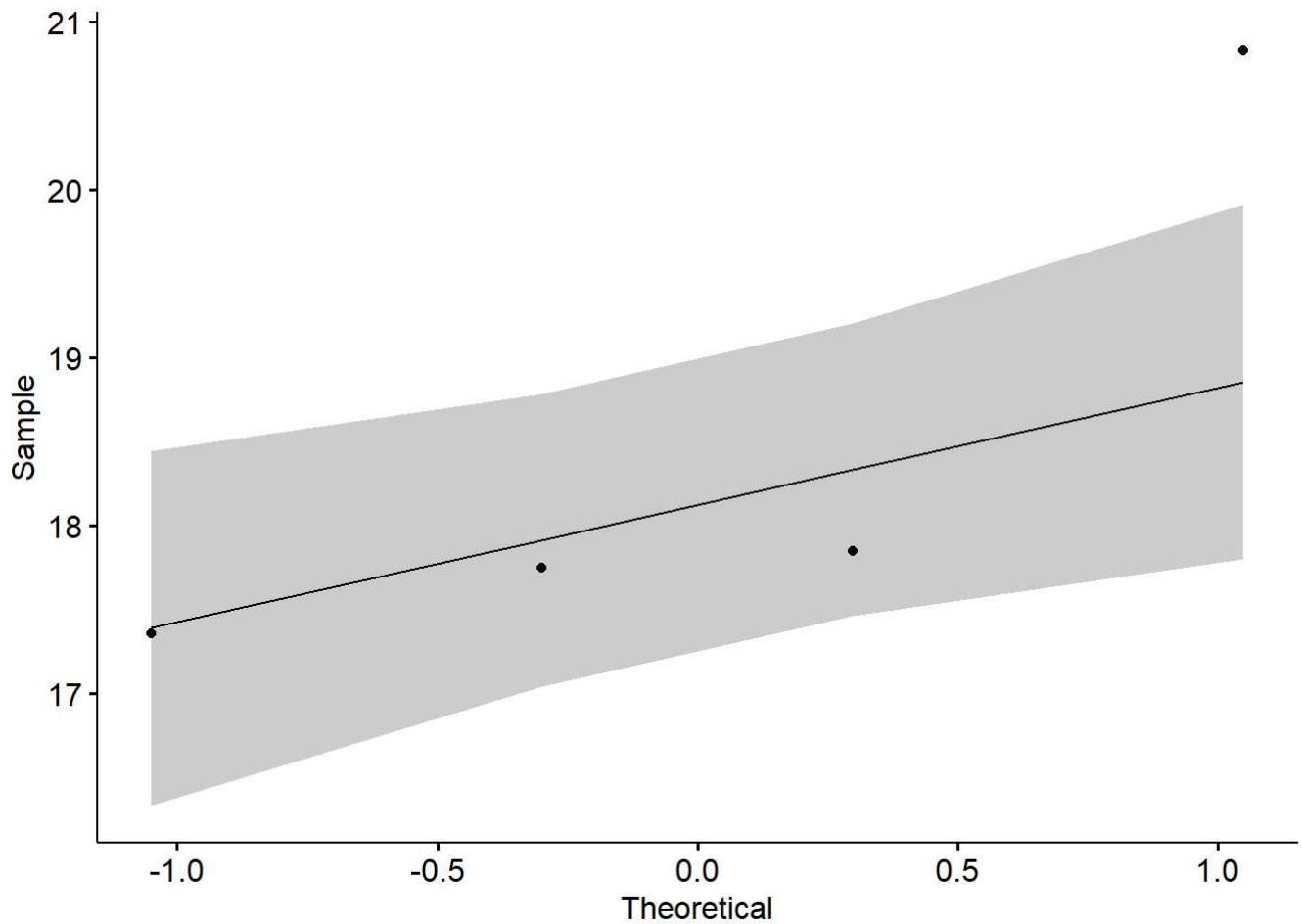
Pelo o valor do Teste Shapiro Wilk e pelo a figura 7, percebe-se que os dados são normais.

```
##
## Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  M2016[, 6]
## W = 0.92835, p-value = 0.1275
```

**Figura 8 - Gráfico Quantil-Quantil dos Homens da Turma 2016**

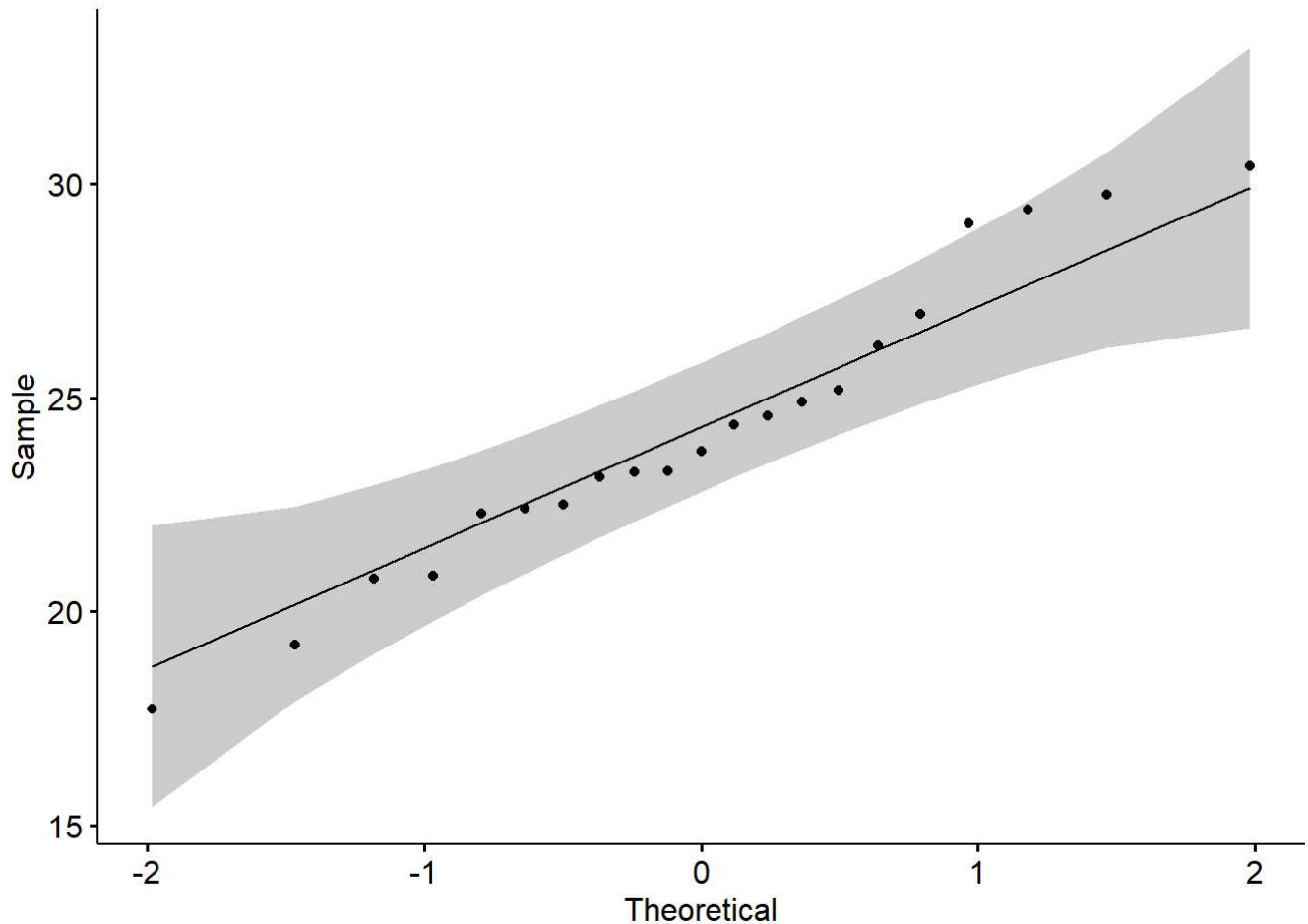
Pelo o valor do Teste Shapiro Wilk e pelo a figura 8, percebe-se que os dados são normais, apesar de haver um outlier que puxa a amostra para não normalidade.

```
##  
## Shapiro-Wilk normality test  
##  
## data: F2017[, 5]  
## W = 0.74871, p-value = 0.03756
```

**Figura 9 - Gráfico Quantil-Quantil das Mulheres da Turma 2017**

Pelo o valor do Teste Shapiro Wilk e pelo a figura 9, percebe-se que os dados não são normais. Por haver apenas 4 observações outlier que puxa a amostra para não normalidade e a sensibilidade do teste fica alta para cada observação na amostra.

```
##  
## Shapiro-Wilk normality test  
##  
## data: M2017[, 5]  
## W = 0.96488, p-value = 0.6192
```

**Figura 10 - Gráfico Quantil-Quantil dos Homens da Turma 2017**

Pelo o valor do Teste Shapiro Wilk e pelo a figura 10, percebe-se que os dados são normais.

## Comparação Estatística das Salas

A fim de se escolher o nível de confiança do teste T, utilizou-se o cálculo de potência para definir qual teria o menor erro do Tipo II. Como o grupo de mulheres da turma de 2017 possuem apenas 4 observações, ele possuíra a menor potencia e será a maior fonte de incerteza do teste. Assim, foi realizado o cálculo de potência para  $\alpha = 0.95$  e  $\alpha = 0.99$ .

```
##
##      Two-sample t test power calculation
##
##          n = 4
##        delta = 1
##          sd = 1
##    sig.level = 0.01
##        power = 0.06593159
##  alternative = two.sided
##
## NOTE: n is number in *each* group
```

```
##
##      Two-sample t test power calculation
##
##              n = 4
##              delta = 1
##              sd = 1
##      sig.level = 0.05
##      power = 0.2224633
##      alternative = two.sided
##
## NOTE: n is number in *each* group
```

Assim, a potência será maior para  $\alpha = 0.95$  e o mesmo nível de significância será usado para os testes T a seguir.

Como em ambas as turmas possuem 21 observações, a potência do teste t será:

```
##
##      Two-sample t test power calculation
##
##              n = 21
##              delta = 1
##              sd = 1
##      sig.level = 0.05
##      power = 0.8852576
##      alternative = two.sided
##
## NOTE: n is number in *each* group
```

Ao comparar a salas, espera-se que a diferença entre as mulheres de cada sala seja zero. Então:

$$\begin{cases} H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \\ H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{cases}$$

```
##
## Welch Two Sample t-test
##
## data:  F2016[, 6] and F2017[, 5]
## t = 2.1704, df = 8.6009, p-value = 0.05945
## alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
## -0.1310754  5.4046469
## sample estimates:
## mean of x mean of y
##  21.08429  18.44750
```

Ao comparar a salas, espera-se que a diferença entre os homens de cada sala seja zero. Então:

$$\begin{cases} H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \\ H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \end{cases}$$

```
##  
## Welch Two Sample t-test  
##  
## data: M2016[, 6] and M2017[, 5]  
## t = 0.53978, df = 38.061, p-value = 0.5925  
## alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0  
## 95 percent confidence interval:  
## -1.788951 3.089904  
## sample estimates:  
## mean of x mean of y  
## 24.93667 24.28619
```

## Análise dos resultados

Por cada observação ser de um aluno, não há dependência das variáveis, pois cada indivíduo é único.

Por ter pouca observação na amostra das mulheres de cada turma, não se tem uma grande potência do teste t, não obtendo assim grande confiança nos dados. Assim, escolheu-se um nível de confiança de 95% entre 95% e 99% por ter uma potência de 22% para as 4 observações em relação a potencia de 6% para o para o nível de confiança de 99%.

De acordo com o teste t, tem-se que a diferença entre as médias de ICM das mulheres de cada turma é 0 [-0.1310754,5.4046469] para a significancia de 95% com uma potência de 22%. Mesmo que a amostra de mulheres da turma de 2017 não seja normal, por apenas ter 4 observações, qualquer pequena variação faz com que a sensibilidade do teste aponte para a não normalidade. Assim, como mostra a figura do Quantile-Quantile plot, há apenas um ponto afastado da curva que leva a amostra a não ser normal.

Em relação a média de IMC dos homens, de acordo com o teste t, tem-se que a diferença de cada turma é 0 [-1.788951 3.089904] para a significancia de 95% com uma potência de 88%.

## Conclusões

De acordo com os resultados do teste t e da analise dos dados, há diferença entre o ICM de homens e mulheres, porém não há diferença em média entre o IMC dos homens de cada turma e o IMC das mulheres de cada turma.

## Referências

- [1] Felipe Campelo (2018), Lecture Notes on Design and Analysis of Experiments. Online: <http://git.io/v3Kh8> (<http://git.io/v3Kh8>) Version 2.12; Creative Commons BY-NC-SA 4.0.
- [2] Portal Action. Teste de Shapiro-Wilk. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/inferencia/64-teste-de-shapiro-wilk> (<http://www.portalaction.com.br/inferencia/64-teste-de-shapiro-wilk>) Acesso em: 22 de Outubro de 2018.
- [3] Montgomery, Douglas C. Applied statistics and probability for engineers / Douglas C. Montgomery, George C. Runger. 6th ed.