Lista nº 3 – Inferência Estatística para Duas Amostras

1. (Montgomery et al.[(1)] – Exercícios 5-1, pág. 136). Duas máquinas são usadas para encher garrafas de plástico que têm um volume líquido de 16,0 onças. O volume de enchimento pode ser suposto normal com um desvio-padrão $\sigma_1 = 0{,}030$ e $\sigma_2 = 0{,}025$ onça. Um membro do grupo de engenheiros da qualidade suspeita que ambas as máquinas encham até o mesmo volume líquido médio, independente de esse volume ser ou não de 16,0 onças. Uma amostra aleatória de 10 garrafas é retirada na saída de cada máquina.

Máquina 1:

16,03	16,04	16,05	16,05	16,02
16,01	15,96	15,98	16,02	15,99

Máquina 2:

16,02	15,97	15,96	16,01	15,99
16,03	16,04	16,02	16,01	16,00

   a. Você acha que o engenheiro está correto. Use $\alpha = 0{,}05$. *R.*: $|z_0| = 0{,}81 < 1{,}96$. Falha em rejeitar H_0.
   b. Qual é o p-valor para esse teste? *R.*: 0,418.
   c. Qual é o poder do teste do item (a), para uma diferença verdadeira nas médias de 0,04? *R.*: 0,977.
   d. Encontre um intervalo de confiança de 95% para a diferença nas médias. Dê uma interpretação prática desse intervalo. *R.*: [–0,0098; 0,0298]
   e. Supondo tamanhos iguais de amostra, que tamanho da amostra deveria ser usado para assegurar $\beta = 0{,}01$, se a diferença verdadeira nas médias for 0,04? Considere $\alpha = 0{,}05$. *R.*: $n_1 = n_2 = 12$.

2. (Montgomery et al.[(1)] – Exercícios 5-3 e 5-7, pág. 136). Estão sendo estudadas as taxas de dois diferentes tipos de propelentes sólidos, usados no sistema de escapamento das aeronaves. Sabe-se que ambos os propelentes têm o mesmo desvio-padrão da taxa de queima, ou seja, $\sigma_1 = \sigma_2 = 3$ cm/s. Duas amostras aleatórias de $n_1 = 20$ e $n_2 = 20$ espécimes são testadas, as taxas médias de queima das amostras são $\bar{x}_1 = 18,02 \text{ cm/s}$ e $\bar{x}_2 = 24,37 \text{ cm/s}$.
   a. Teste a hipótese de que ambos os propelentes têm a mesma taxa média de queima. Use $\alpha = 0{,}05$. *R.*: Rejeitar H_0.
   b. Qual é o valor P do teste do item (a)? *R.*: 0.
   c. Qual é o erro β do teste no item (a), se a diferença verdadeira na taxa média de queima for de 2,5 cm/s? *R.*: 0,2483.
   d. Construa um intervalo de confiança de 95% para a diferença das médias $\mu_1 - \mu_2$. Qual é o significado prático desse intervalo? *R.*: [–8,21; –4,49].
   e. Qual será o tamanho requerido da amostra em cada população, se quisermos que o erro na estimação da diferença nas taxas médias de queima seja menor do que 4 cm/s, com 99% de confiança? *R.*: 8.

3. (Montgomery e Runger [(2)] – Exercício 10-5, pág. 236). Dois tipos de plástico são adequados para uso por um fabricante de componentes eletrônicos. A resistência à quebra desse plástico é importante. É sabido que $\sigma_1 = \sigma_2 = 1{,}0$ psi. A partir de uma amostra aleatória de tamanho $n_1 = 10$ e $n_2 = 12$, obtemos $\bar{x} = 162,5$ e $\bar{x} = 155,0$. A companhia não adotará o plástico 1, a menos que sua resistência média à quebra exceda aquela do plástico 2 por, no mínimo, 10 psi.

a. Baseado na informação da amostra, eles deveriam usar o plástico 1? Considere α = 0,05 para decidir algo. Encontre o valor P. *R.:* z_0 = -5,84 < 1,645, não rejeitar H_0; p-valor = 1.
b. Calcule um intervalo de confiança de 95% para a diferença de médias. *R.:* $\mu_1 - \mu_2 \geq 6{,}8$.
c. Suponha que a diferença verdadeira de médias seja realmente 12 psi. Encontre o poder do teste, considerando α = 0,05. *R.:* Poder = 0,9988.
d. Se for realmente importante detectar uma diferença de 12 psi, os tamanhos de amostra empregados no item (a) são adequados, em sua opinião? *R.:* O tamanho da amostra é adequado.

4. (Montgomery et al.[1] – Exercícios 5-10 e 5-12, pág. 136). Pensa-se que a concentração de um ingrediente ativo em um detergente líquido para a lavagem de roupas seja afetada pelo tipo de catalisador usado no processo. O desvio-padrão da concentração ativa é 3 g/l, independente do tipo do catalisador. São efetuadas dez observações na concentração, em cada catalisador, cujos dados estão descritos a seguir:

Catalisador 1:

57,9	66,2	65,4	65,4	65,2
62,6	67,6	63,7	67,2	71,0

Catalisador 2:

66,4	71,7	70,3	69,3	64,8
69,6	68,6	69,4	65,3	68,8

a. Encontre um intervalo de 95% de confiança para a diferença nas concentrações médias ativas para os dois catalisadores. *R.*: [-6,011; -2,489].
b. Há alguma evidência indicando que as concentrações médias ativas dependam da escolha do catalisador? Baseie sua resposta nos resultados do item (a). *R.*: Sim.
c. Teste as hipóteses de que as concentrações médias ativas são as mesmas para ambos os tipos de catalisador. Use α = 0,05. *R.*: Rejeita H_0.
d. Qual é o p-valor para esse teste? Compare sua resposta com aquela encontrada no item (b) e comente por que elas são diferentes ou iguais. *R.*: 0,00152.

5. (Montgomery et al.[1] – Exercícios 5-71 e 5-72, pág. 173). Está sendo investigada a resistência à ruptura de um fio fornecido por dois fabricantes. A partir de experiências prévias com processos de dois fabricantes, sabemos que $\sigma_1 = 5$ psi e $\sigma_2 = 4$ psi. uma amostra aleatória de 20 corpos de prova, proveniente de cada fabricante resulta em $\bar{x}_1 = 88$ psi e $\bar{x}_2 = 91$ psi, respectivamente.
   a. Usando um intervalo de 90% de confiança para a diferença na resistência média à ruptura do fio, comente se há ou não evidência para confirmar o fato de o fabricante 2 produzir fios com maior resistência média à quebra. *R.*: $1{,}167 \leq \mu_1 - \mu_2$.
   b. Usando um intervalo de confiança de 98% para a diferença na resistência média de ruptura, comente se há ou não evidência para justificar a afirmação de que o fabricante 2 produz fio com uma maior resistência média à ruptura. *R.*: $0{,}065 \leq \mu_1 - \mu_2$.

c. Comente por que os resultados dos itens (a) e (b) são diferentes ou iguais. O que você escolheria para tomar sua decisão e por quê?
d. Suponha que antes coletar os dados você decida que quer o erro na estimação de $\mu_1 - \mu_2$ usando $\bar{x}_1 - \bar{x}_2 < 1,5$ psi. Especifique o tamanho da amostra para os seguintes intervalos de confiança de 90 % e de 98%. *R.*: 50 e 99.
e. Comente o efeito no tamanho necessário da amostra, se o percentual de confiança for aumentado. *R.*: tamanho amostral aumenta com o aumento do grau de confiança.
f. Repita os itens (d) e (e) com um erro menor que 0,75 psi, ao invés de 1,5 psi. *R.*: 233 e 396.
g. Comente o efeito no tamanho da amostra, se o erro for diminuído. *R.*: tamanho amostral aumenta com a diminuição do erro amostral.

6. (Montgomery et al.[1] – Exercícios 5-78, pág. 174). Um fabricante de um novo produto para remoção de tinta gostaria de demonstrar que seu produto trabalha duas vezes mais rápido que o produto do competidor. Especificamente ele gostaria de testar:

$$H_0: \mu_1 = 2\mu_2$$
$$H_1: \mu_1 > 2\mu_2$$

sendo μ_1 o tempo médio de absorção do produto adversário e μ_2 o tempo médio de absorção do produto novo. Considerando que as variâncias σ_1^2 e σ_2^2 sejam conhecidas, desenvolva um procedimento para testar essa hipótese.

7. (Montgomery et al.[1] – Exercício 5-16, pág. 144). Está sendo investigada a temperatura em que ocorre uma deflexão devido à carga, em dois tipos diferentes de tubo plástico. Duas amostras aleatórias de 15 tubos são testadas e são observadas as temperaturas (em ºF) em que ocorre a deflexão, cujos valores são reportados a seguir:

Tipo 1:

206	188	205	187	194
193	207	185	189	213
192	210	194	178	205

Tipo 2:

177	197	206	201	180
176	185	200	197	192
198	188	189	203	192

a. As Figura 1 e Figura 2 confirmam as suposições de normalidade e de variâncias iguais (homocedasticidade)? Escreva uma interpretação prática para esses gráficos. *R.*: Hipóteses de normalidade e de homocedasticidade não aparentam estar violadas.
b. Os dados confirmam a afirmação de que a temperatura em que ocorre a deflexão, devido à carga, no tubo tipo 2 excede aquela do tipo 1? Para concluir algo, use $\alpha = 0,05$. *R.*: Não.
c. Calcule o p-valor para o teste do item (b). *R.*: $0,2 < p < 0,5$.
d. Suponha que seja importante detectar se a temperatura média em que ocorre a deflexão do tubo tipo 2 exceder aquela do tubo tipo 1 por 5ºF, com probabilidade de no mínimo 0,90. Você julga adequada a escolha de $n_1 = n_2 = 15$? *R.*: São insuficientes.

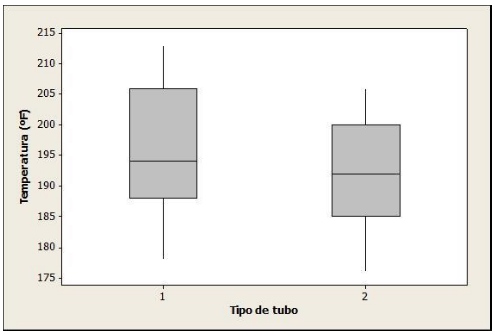

Figura 1 – Box-plot das temperaturas de deflexão.

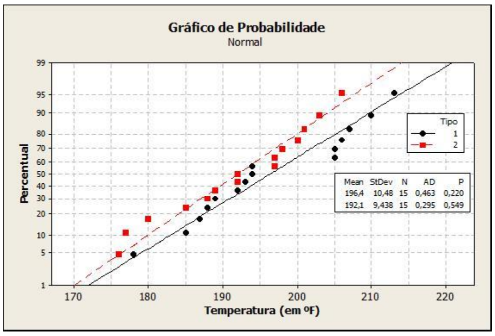

Figura 2 - Gráfico de probabilidade normal das temperaturas de deflexão.

8. (Montgomery e Runger [(2)] – Exercício 10-15, pág. 242 e 10.57, pág. 254). O diâmetro de bastões de aço, fabricados em duas máquinas extrusoras diferentes, está sendo investigado. Duas amostras aleatórias de tamanhos $n_1 = 15$ e $n_2 = 17$ são selecionadas e as médias e variâncias da amostra são $\bar{x}_1 = 8,73$, $s_1^2 = 0,35$, $\bar{x}_2 = 8,68$ e $s_2^2 = 0,40$, respectivamente. Suponha que $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ e que os dados sejam retirados de uma população normal.
   a. Há evidência que confirme a afirmação de que as duas máquinas produzem bastões com diferentes diâmetros médios? Use $\alpha = 0,05$ para chegar a essa conclusão. Encontre o valor P. *R.*: $-2,042 < t_0 < 2,042$, não rejeitar H_0; p-valor > 0,80.
   b. Construa um intervalo de confiança de 95% para a diferença no diâmetro médio dos bastões. Interprete esse intervalo. *R.*: $-0,394 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq 0,494$.
   c. Construa um intervalo de confiança bilateral de 90% para σ_1/σ_2. *R.*: $0,6004 \leq \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \leq 1,428$.
   d. Construa um intervalo de confiança bilateral de 95% para σ_1/σ_2. Comente a comparação da largura desse intervalo com a largura do intervalo do item (c). *R.*: $0,5468 \leq \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \leq 1,5710$.
   e. Construa um limite unilateral inferior de confiança de 90% para σ_1/σ_2. *R.*: $0,661 \leq \frac{\sigma_1}{\sigma_2}$.

9. (Montgomery et al.[(1)] – Exercício 5-17, pág. 144 e 5-41, pág. 152). Na fabricação de semicondutores, o ataque químico por via úmida é frequentemente usado para remover silicone da parte posterior das pastilhas antes da metalização. A taxa de ataque é uma característica importante nesse processo e é sabido que ela segue uma distribuição normal. Duas soluções diferentes para ataque químico têm sido comparadas, usando duas amostras aleatórias de 10 pastilhas para cada solução. As taxas observadas de ataque (10^{-3} polegada/min) são dadas a seguir:

Solução 1:

9,9	9,4	9,3	9,6	10,2
10,6	10,3	10,0	10,3	10,1

Solução 2:

10,2	10,6	10,7	10,4	10,5
10,0	10,2	10,7	10,4	10,3

   a. Os dados justificam a afirmação de que a taxa média de ataque seja a mesma para ambas as soluções? Para concluir algo, use a = 0,05 e considere que ambas as populações tenham variâncias iguais. *R.*: Rejeitar H_0.

b. Calcule o valor P para o teste do item (a). *R.*: $0,01 < p < 0,02$.
c. Encontre um intervalo de confiança de 95% para a diferença nas taxas médias de ataque químico. *R.*: [–0,749; –0,111]
d. Os gráficos de probabilidade apresentados na Figura 3 confirmam as suposições de normalidade e de homocedasticidade (variâncias iguais)? Escreva uma interpretação prática para esses gráficos. *R.*: As hipóteses de normalidade e de homocedasticidade aparentam não estar severamente violadas.
e. Teste a hipótese de $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ (homocedasticidade) vs. $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ (heterocedasticidade), usando $\alpha = 0,05$ e tire suas conclusões. *R.*: Não rejeitar H_0.

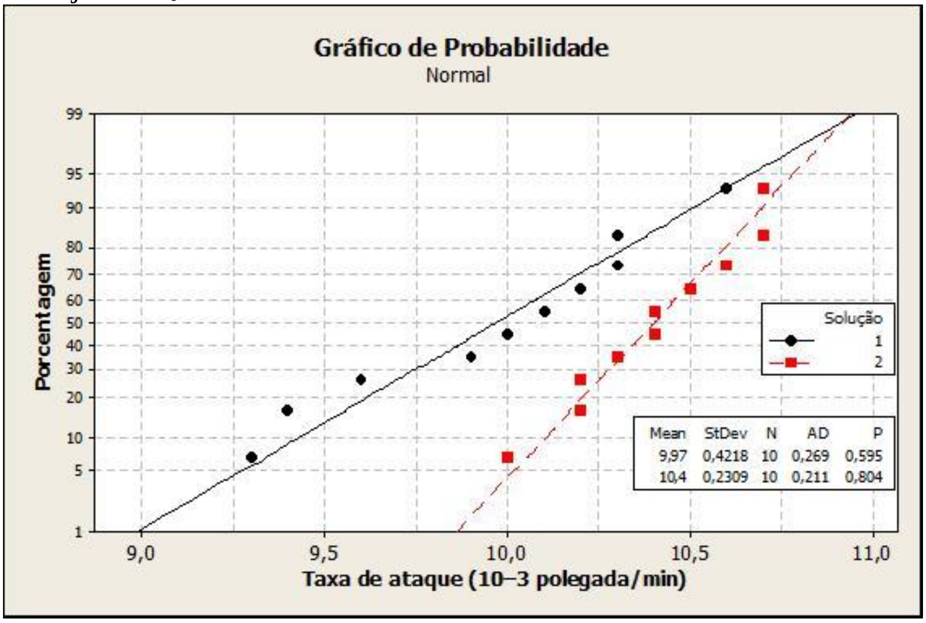

Figura 3 - Gráfico de probabilidade das taxas de ataque (em 10-3 polegada/min)

10. (Montgomery et al.[1] – Exercício 5-19, pág. 144 e 5-44, pág. 153). Um filme fotocondutor é fabricado com uma espessura nominal de 25 x 10^{-3} polegada. O engenheiro da produção deseja diminuir a energia de absorção do filme e ele acredita que isso possa ser atingido através da redução da espessura do filme para 20 x 10^{-3} polegada. Oito amostras de cada espessura de filme são fabricadas em um processo piloto de produção, sendo a absorção do filme medida em $\mu J/in^2$. Para o filme de 25 x 10^{-3}, os dados da amostra resultam em $\bar{x}_1 = 1,179$ e $s_1 = 0,088$, enquanto para o filme de 25 x 10^{-3}, os dados resultam em $\bar{x}_2 = 1,036$ e $s_2 = 0,093$.
    a. Os dados justificam a afirmação de que a redução da espessura do filme diminui a absorção de energia do filme? Use $\alpha = 0,10$ e considere que as variâncias das duas populações sejam iguais e que a população em foco da velocidade do filme seja normalmente distribuída. *R.*: Rejeitar H_0.
    b. Qual é o valor p para esse teste? *R.*: $0,001 < p < 0,005$
    c. Encontre um intervalo de confiança de 95% para a diferença entre as duas médias. *R.*: [0,045; 0,240].

d. Teste a hipótese de $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ (homocedasticidade) vs. $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ (heterocedasticidade), usando a = 0,02. *R.*: Não rejeitar H_0.

11. (Montgomery et al.[1] – Exercício 5-68 e 5-69, pág. 173). Um artigo no *Journal of Materials Engineering* (1989, Vol. 11, No. 4, pp. 275-282) reportou os resultados de um experimento para determinar os mecanismos de falha em revestimentos em barreiras térmicas com plasma vaporizado. A tensão de falha, para um revestimento particular (NiCrAlZr) sob duas condições diferentes de teste é dada a seguir:

Tensão de falha (x 10^6 Pa) depois de 9 ciclos de 1 hora:

19,8	18,5	17,6	16,7	16,7
14,8	15,4	14,1	13,6	

Tensão de falha (x 10^6 Pa) depois de 6 ciclos de 1 hora:

14,9	12,7	11,9	11,4	10,1
7,9				

a. Quais as suposições necessárias para construir intervalos de confiança para a diferença na tensão média de falha, sob duas condições diferentes de teste? Use o gráfico de probabilidade normal dos dados (Figura 4) para verificar essas suposições. *R.:* normalidade, igualdade de variância e independência de observações.

b. Encontre um intervalo de confiança de 99% para a diferença na tensão média de falha, sob as duas condições diferentes de teste. *R.:* $1,40 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq 8,35$.

c. Usando o intervalo de confiança construído no item (b), a evidência confirma a afirmação de que as primeiras condições de teste fornecem resultados melhores, em média, do que as segundas condições? Explique sua resposta. *R.:* Sim.

d. Construa um intervalo de confiança de 95% para a razão de variâncias $\sigma_1^2/ \sigma_1^2/$, da tensão de falha sob as duas condições diferentes de teste. *R.:* $0,1128 \leq \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} \leq 3,6747$ ou $0,2721 \leq \frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2} \leq 8,8670$.

e. Use sua resposta no item (d) para determinar se há uma diferença significativa nas variâncias das duas condições diferentes de teste. Explique sua resposta. *R.:* Não.

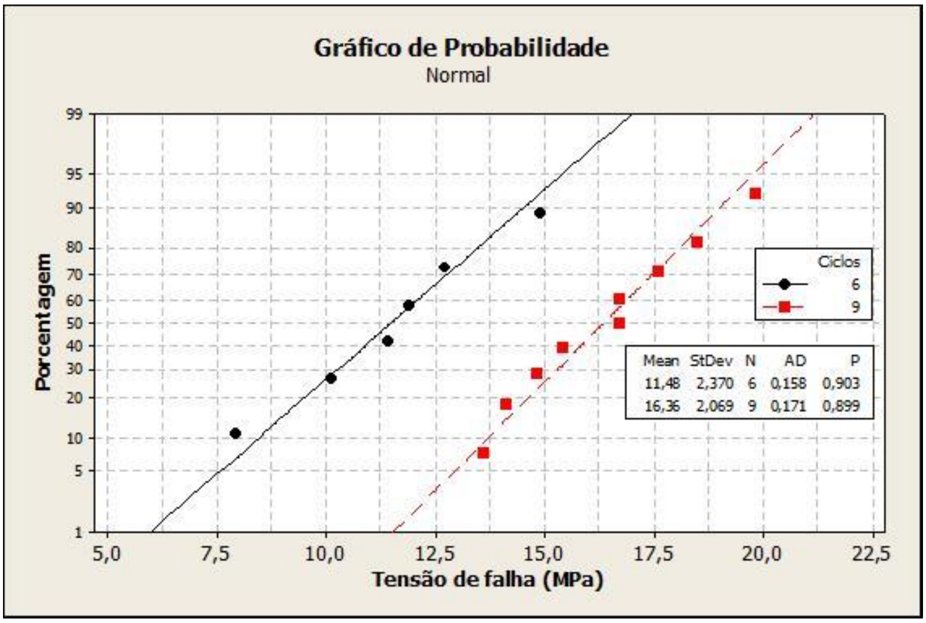

Figura 4 - Gráfico de probabilidade das tensões de falha (MPa)

12. (Montgomery et al.(1) – Exercício 5-22 e 5-25, pág. 145 e 5-41, pág. 152). Duas companhias fabricam um material de borracha para uso em uma aplicação automotiva. A peça será sujeita a um desgaste abrasivo no campo de aplicação. Assim, decidimos comparar, através de um teste, o material produzido em cada companhia. Vinte e cinco amostras de material de cada companhia são verificadas em um teste de abrasão, sendo que a quantidade de desgaste é observada depois de 1.000 ciclos. Para a companhia 1, a média e o desvio padrão do desgaste na amostra são $\bar{x}_1 = 20,12 \text{ mg}/1.000 \text{ ciclos}$ e $s_1 = 1,9 \text{ mg}/1.000 \text{ ciclos}$, enquanto para a companhia 2 obtemos $\bar{x}_2 = 11,64 \text{ mg}/1.000 \text{ ciclos}$ e $s_2 = 7,9 \text{ mg}/1.000 \text{ ciclos}$.
    a. Os dados justificam a afirmação de que as duas companhias produzem materiais com diferentes desgastes médios? Use $\alpha = 0,05$ e suponha que cada população seja normalmente distribuída, mas com variâncias diferentes. *R.*: Rejeitar H_0.
    b. Qual é o valor P para esse teste? *R.*: $p < 0,001$.
    c. Os dados confirmam a afirmação de que o material da companhia 1 tem maior desgaste do que o material da companhia 2? Use as mesmas suposições adotadas no item (a). *R.*: Sim, rejeitar H_0.
    d. Reconsidere os testes de desgaste abrasivo conduzidos nos itens (a) e (c) e construa os intervalos de confiança de 95% equivalentes. Tire suas conclusões sobre os testes e interprete os resultados obtidos. *R.* [5,14; 11,82]; [5,71; ∞).
13. (Montgomery e Runger (2) – Exercício 10-93, pág. 261). Um artigo na revista *Journal of the Environmental Engineering Division* ["Distribution of Toxic Substances in Rivers", 1982, Vol. 108, pp. 639-649] investigou a concentração de várias substâncias orgânicas hidrofóbicas no Rio Wolf no Tenessee. Medidas de hexaclorobenzeno (HCB) em nanogrmas por litros são feitas em diferentes profundidades a jusante de um lixão abandonado. Dados para duas profundidades são mostrados a seguir.

Superfície:	3,74	4,61	4,00	4,67	4,87	5,12	4,52	5,29	5,74	5,48

Fundo: 5,44 6,88 5,37 5,44 5,03 6,48 3,89 5,85 6,85 7,16

a. Quais são as suposições requeridas para testar a afirmação de que a concentração média de HCB é a mesma em ambas as profundidades? Verifique essas suposições para as quais você tem a informação. *R.:* Pode não ser considerado que $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$.
b. Aplique um procedimento apropriado para determinar se os dados confirmam a afirmação do item (a). *R.:* $t_0 = –2,74 < –2,131$, rejeitar H_0.
c. Suponha que a diferença verdadeira nas concentrações médias seja 2,0 nanogramas por litro. Para α = 0,05, qual é o poder de um teste estatístico para H_0: $\mu_1 = \mu_2$ versus H_1: $\mu_1 \neq \mu_2$? *R.:* Poder = 0,95.
d. Que tamanho da amostra seria requerido para detectar uma diferença de 1,0 nanograma por litro com a = 0,05, se o poder tem de ser de no mínimo 0,9? *R.:* $n = 26$.

14. (Montgomery et al.[1] – Exercício 5-79, pág. 174). Suponha que estejamos testando H_0: $\mu_1 = \mu_2$ contra H_1: $\mu_1 \neq \mu_2$ e planejemos usar amostras de mesmo tamanho, provenientes de duas populações. Ambas as populações são consideradas normais com variâncias desconhecidas, porém iguais. Se usarmos α = 0,05 e se a média verdadeira for $\mu_1 = \mu_2 + \sigma$, qual o tamanho da amostra que tem de ser usado para o poder deste teste ser no mínimo 0,90?
15. (Montgomery et al.[1] – Exercício 5-31, pág. 149). Um cientista de computação está investigando a utilidade de duas diferentes linguagens de programação na melhoria das tarefas computacionais. Doze programadores experientes, familiarizados com ambas as linguagens, codificaram uma função padrão nas duas linguagens. O tempo em minutos foi registrado, sendo os dados mostrados a seguir:

Programador	Linguagem de programação 1	Linguagem de programação 2
1	17	18
2	16	14
3	21	19
4	14	11
5	18	23
6	24	21
7	16	10
8	14	13
9	21	19
10	23	24
11	13	15
12	18	20

a. Encontre um intervalo de confiança de 95% para a diferença nos tempos médios de codificação. Há alguma indicação de que uma linguagem de programação seja preferível? *R.*: [–1,216; 2,550]; não.
b. Analise as Figura 5 e Figura 6 e responda se a suposição de a diferença no tempo de codificação ser normalmente distribuída é razoável? Mostre as evidências que porventura confirmem sua resposta. *R.*: a normalidade se mantém.

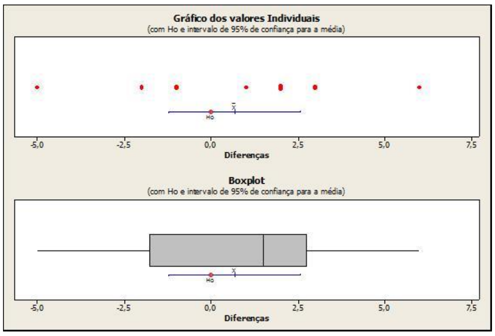

Figura 5 – Boxplot e valores individuais das diferenças de tempo de codificação.

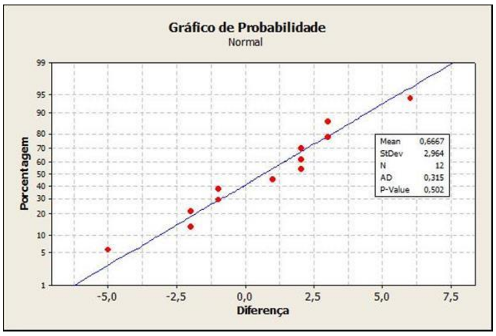

Figura 6 - Gráfico de probabilidade normal das diferenças de tempo de programação.

16. (Montgomery et al.[1] – Exercício 5-32, pág. 149). Quinze homens adultos, com idades entre 35 e 50 anos, participaram de um estudo para avaliar o efeito da dieta e de exercícios no nível de colesterol no sangue. O colesterol total foi medido em cada indivíduo inicialmente e depois de três meses de participação em um programa de exercícios aeróbicos e mudanças para dietas de baixo teor de gordura. Os dados são apresentados na tabela a seguir:

Indivíduo	Antes	Depois
1	265	229
2	240	231
3	258	227
4	295	240
5	251	238
6	245	241
7	287	234
8	314	256
9	260	247
10	279	239
11	283	246
12	240	218
13	238	219
14	225	226
15	247	233

a. Os dados justificam a afirmação de que a dieta com baixo teor de gordura e o programa de exercícios aeróbicos são valiosos para uma redução média nos níveis de colesterol no sangue? Use $\alpha = 0{,}05$. *R.*: $t_0 = 5{,}465 < 1{,}761$. Rejeita H_0.
b. Qual é o valor P para esse teste? *R.*: $p < 0{,}0005$.
c. Construa um intervalo de confiança de 95% para a diferença entre o nível de colesterol antes e depois de participação em um programa de exercícios aeróbicos e de mudança para dieta de baixo teor de gordura. *R.*: $16,322 \leq \mu_D \leq 37,412$.

17. (Montgomery et al.[1] – Exercício 5-85, pág. 175). Dois diferentes medidores podem ser usados para medir a profundidade de um material usado no banho de uma célula Hall, usada na fundição de alumínio. Cada medidor é usado uma vez em 15 células pelo mesmo operador. As medidas de profundidade (em polegadas) de ambos os medidores para 15 células são mostrados a seguir:

Célula	Medidor 1	Medidor 2
1	46	47
2	50	53
3	47	45
4	53	50
5	49	51
6	48	48
7	53	54
8	56	53
9	52	51
10	47	45
11	49	51
12	45	45
13	47	49
14	46	43
15	50	51

a. Estabeleça quaisquer suposições necessárias para testar a afirmação de que ambos os medidores produzem as mesmas leituras da profundidade média do material no banho. Analise a Figura 7 e verifique essas suposições nos dados que você tem. *R.*: os dados aparentam seguir uma distribuição normal.
b. Aplique um método estatístico apropriado para determinar se os dados justificam a afirmação de que os dois medidores produzem leituras diferentes da profundidade média do material no banho. *R.*: 0,80 < valor P. Não evidência suficiente para concluir que há uma diferença nas médias das medidas de profundidade para os dois medidores.
c. Suponha que, se os dois medidores diferirem nas leituras da profundidade média do material no banho por 1,65 polegada, deseja-se que o poder do teste seja de no mínimo 0,80. Para $\alpha = 0{,}01$, quantas células devem ser usadas no teste. *R.*: n = 22.

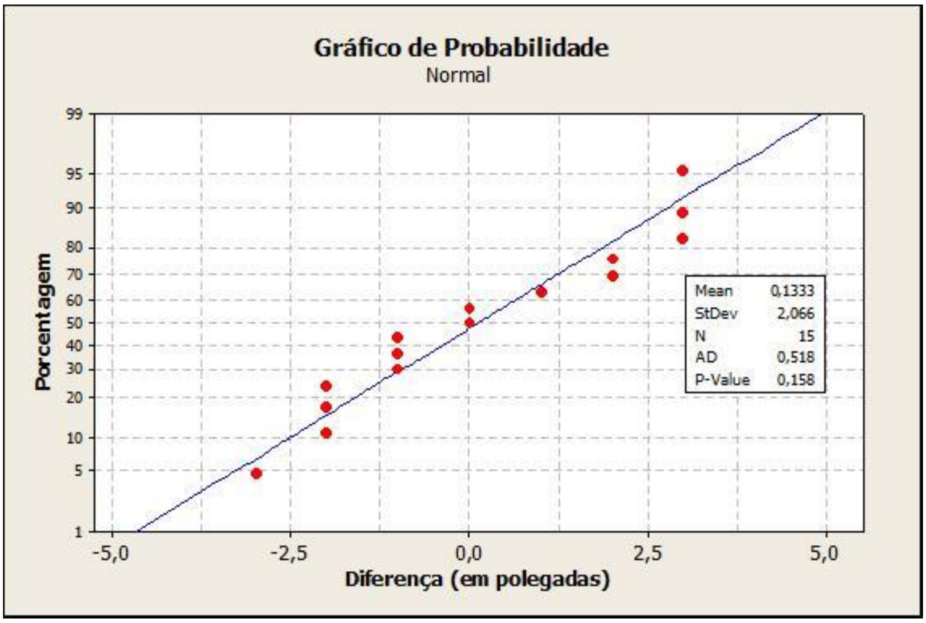

Figura 7 - Gráfico de probabilidade normal das diferenças de profundidade (em pol.)

18. (Montgomery et al.[1] – Exercício 5-34, 5-36 e 5-37, pág. 150). Dez indivíduos participaram de um programa de modificação alimentar para estimular perda de peso. Seus pesos antes e depois da participação no programa são mostrados na lista a seguir:

Indivíduo	Antes	Depois
1	195	187
2	213	195
3	247	221
4	201	190
5	187	175
6	210	197
7	215	199
8	246	221
9	294	278
10	310	285

   a. Há evidência para confirmar a afirmação de que esse programa particular de modificação alimentar seja efetivo na redução do peso médio? Use $\alpha = 0,05$. *R.:* $t_0 = 8,387 > 1,833$, rejeitar H_0.
   b. Há evidência para confirmar a afirmação de que esse programa particular de modificação alimentar resultará em uma perda média de peso de no mínimo 10 libras? Empregue $\alpha = 0,05$. *R.:* $t_0 = 3,45 > 1,833$, rejeitar H_0.
   c. Suponha que, se o programa de modificação alimentar resultar em uma perda média de 10 libras, será importante detectar isso com uma probabilidade de no mínimo 0,90. O uso de 10 pessoas foi um tamanho adequado? Se não, quantas pessoas deveriam ter sido consideradas? *R.:* Sim.

19. (Montgomery et al.[1] – Exercício 5-38, pág. 153). Para uma distribuição F, encontre o seguinte:
   a. $f_{0,25;5;10}$. *R.*: 1,59.
   b. $f_{0,10;24;9}$. *R.*: 2,28.
   c. $f_{0,05;8;15}$. *R.*: 2,64.
   d. $f_{0,75;5;10}$. *R.*: 0,529.
   e. $f_{0,90;24;9}$. *R.*: 0,524.
   f. $f_{0,95;8;15}$. *R.*: 0,311.

20. (Montgomery et al.[1] – Exercício 5-48 e 5-49, pág. 154). Um estudo foi elaborado para determinar se homens e mulheres diferem suas repetibilidades em arrumar componentes em placas de circuito impresso. Foram selecionadas duas amostras de 25 homens e 21 mulheres, com cada indivíduo arrumando as unidades. Os desvio-padrão dos tempos de disposição dos componentes para as duas amostras foram $s_{homem} = 0,914$ min e $s_{mulher} = 1,093$ min.
   a. Há evidência para justificar a afirmação de que homens e mulheres diferem com relação à repetibilidade para essa tarefa de arrumar os componentes nas placas de circuito impresso? Use a = 0,02 e estabeleça quaisquer suposições necessárias acerca da distribuição dos dados em foco. *R.*: $f_0 = 0,699 > 0,3650$ (não rejeita H_0).
   b. Encontre um intervalo de confiança unilateral inferior de 99% para a razão das variâncias entre homens e mulheres. Dê uma interpretação do

intervalo. *R*.: [0,245; ∞). A razão das variâncias entre homens e mulheres é pelo menos 0,245, com 99% de confiança.

21. (Montgomery et al.[1] – Exercício 5-67, pág. 173). Um especialista comprou 25 resistores de um vendedor 1 e 35 resistores de um vendedor 2. Os resultados das medidas da resistência de cada resistor são apresentados abaixo:

Vendedor 1:

96,8	100,0	100,3	98,5	98,3	98,2	99,6
99,4	99,9	101,1	103,7	97,7	99,7	101,1
97,7	98,6	101,9	101,0	99,4	99,8	99,1
99,6	101,2	98,2	98,6			

Vendedor 2:

106,8	106,8	104,7	104,7	108,0	102,2	103,2
103,7	106,8	105,1	104,0	106,2	102,6	100,3
104,0	107,0	104,3	105,8	104,0	106,3	102,2
102,8	104,2	103,4	104,6	103,5	106,3	109,2
107,2	105,4	106,4	106,8	104,1	107,1	107,7

a. Qual é a suposição necessária à distribuição de modo a testar a afirmação de que a variância da resistência do produto do vendedor 1 não é significativamente diferente da variância da resistência do vendedor 2? Analise a XX para verificar essa suposição.

b. Faça um procedimento estatístico de teste de hipóteses apropriado de maneira a determinar se o especialista pode afirmar que a variância da resistência do produto do vendedor 1 seja significativamente diferente daquela do produto do vendedor 2. *R*.: $f_0 = 0.607 > 0.459$, falha em rejeitar a hipótese de igualdade entre as variâncias.

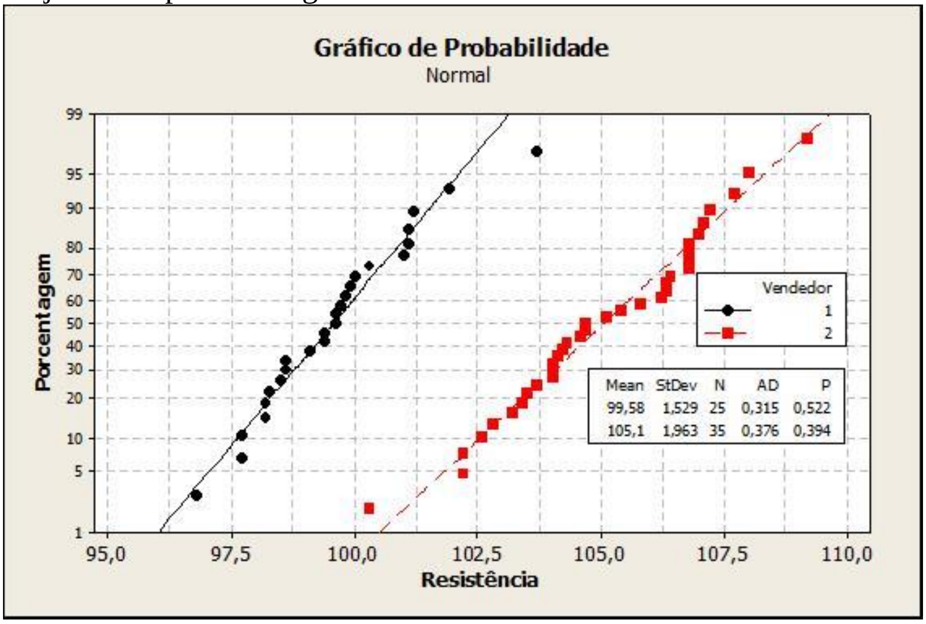

Figura 8 - Gráfico de probabilidade das resistências.

22. (Montgomery et al.[1] – Exercício 5-50, 5-51, 5-52 e 5-54, pág. 157). Dois tipos diferentes de máquinas de injeção-moldagem são usadas para formar peças de plástico. Uma peça é considerada defeituosa se ela tiver excesso de encolhimento ou se for descolorida. Duas amostras aleatórias, cada uma de tamanho 300, são selecionadas e 15 peças defeituosas são encontradas na

amostra da máquina 1, enquanto 8 peças defeituosas são encontradas na amostra da máquina 2.

a. É razoável concluir que ambas as máquinas produzam a mesma fração de peças defeituosas? Use $\alpha = 0,05$. *R*.: $1,96 < 1,49 < 1,96$, não rejeita a hipótese de igualdade entre as proporções.
b. Encontre o valor P para esse teste. *R*.: 0,13622.
c. Suponha que $p_1 = 0,05$ e $p_2 = 0,01$. Com os tamanhos amostrais considerados nos itens (a) e (b), qual é o poder do teste para essa alternativa bilateral? *R*.: 0,819.
d. Determine o tamanho amostral necessário para detectar aquela diferença apresentada no item (c), com uma probabilidade de no mínimo 0,9. Use $\alpha = 0,05$. *R*.: 383.
e. Suponha que $p_1 = 0,05$ e $p_2 = 0,02$. Com os tamanhos amostrais considerados nos itens (a) e (b), qual é o poder do teste para essa alternativa bilateral? *R*.: 0,51599.
f. Determine o tamanho amostral necessário para detectar a diferença apresentada no item (e), com uma probabilidade de no mínimo 0,9. Use $\alpha = 0,05$. *R*.: 791.
g. Construa um intervalo de confiança de 95% para a diferença das proporções de defeitos das amostras das máquinas 1 e 2.

23. (Montgomery et al.[1] – Exercício 5-75 e 5-76, pág. 157). Em uma amostra aleatória de 200 motoristas de carros nacionais em uma cidade, 165 afirmam usar regularmente cinto de segurança, enquanto em uma outra amostra de 250 motoristas de carros estrangeiros na mesma cidade, 198 afirmam usar regularmente cinto de segurança.

a. Faça um procedimento de teste de hipóteses para determinar se há diferença estatisticamente significante no uso de cinto de segurança entre motoristas de carros nacionais e estrangeiros. Estabeleça 0,05 como a probabilidade de erro tipo I. *R*.: $|z_0| = 0,88 < 1,96$. Não rejeita a hipótese de não haver diferença de uso de cinto de segurança.
b. Faça um procedimento de teste de hipóteses para determinar se há diferença estatisticamente significante no uso de cinto de segurança entre motoristas de carros nacionais e estrangeiros. Estabeleça 0,1 como a probabilidade de erro tipo I. *R*.: $|z_0| = 0,88 < 1,65$. Não rejeita a hipótese de não haver diferença de uso de cinto de segurança
c. Compare suas respostas para os itens (a) e (b) e explique porque elas são iguais ou diferentes. *R*.: Não há evidência suficiente para rejeitar H_0.
d. Suponha que todos os números na descrição do problema tenham sido dobrados. Isto é, em uma amostra de 400 residentes que dirigem carros nacionais, 330 afirmaram usar regularmente cinto de segurança, enquanto em uma outra amostra de 500 residentes que dirigem carros estrangeiros, 396 revelaram usar regularmente cinto de segurança. Repita os itens (a) e (b) e comente o efeito em seus resultados , se o tamanho da amostra for aumentado sem variar as proporções. *R*.: $|z_0| = 1,25 < 1,65$ e 1,96. Não rejeita a hipótese de não haver diferença de uso de cinto de segurança
e. Você que tem razão para não acreditar nesses dados? Explique sua resposta. *R*.: Sim. Poderia haver viés nos resultados, pois, os motoristas podem não ter sido francos com relação ao uso de cinto de segurança.

f. É razoável usar os resultados do teste de hipóteses para inferir sobre a diferença na proporção do uso de cinto de segurança:
   i. Dos cônjuges desses motoristas de carros nacionais e estrangeiros? Explique sua resposta.
   ii. Das criança desses motoristas de carros nacionais e estrangeiros? Explique sua resposta.
   iii. De todos os motoristas de carros nacionais e estrangeiros? Explique sua resposta.
   iv. De todos os motoristas de caminhões nacionais e estrangeiros? Explique sua resposta.

   R.: Os resultados podem ser estendidos se puder ser mostrado que essas populações são similares à dos respondentes.

24. (Montgomery et al.[1] – Exercício 10-81, pág. 259). Em 1990, uma amostra aleatória de 1.500 telefones residenciais em Fênix mostrou que 387 dos números não tinham sido listados. No mesmo ano, uma amostra aleatória de 1.200 telefones em Scottsdale mostrou que 3110 dos números não tinham sido listados.
    a. Encontre um intervalo de confiança de 95% para a diferença das duas proporções e use esse intervalo de confiança para determinar se há, entre as duas cidades, uma diferença estatisticamente significativa nas proporções de números não listados. *R.:* $-0,0335 \leq p_1 - p_2 \leq 0,0329$.
    b. Encontre o intervalo de confiança de 90% para a diferença das duas proporções e use esse intervalo de confiança para determinar se há, entre as duas cidades, uma diferença estatisticamente significativa nas proporções de números não listados. *R.:* $-0,0282 \leq p_1 - p_2 \leq 0,0276$.
    c. Suponha que todos os números na descrição do problema tenham sido dobrados. Isto é, 774 residentes de 3.000 amostras de Fênix e 620 amostras de 2.400 de Scottsdale tiveram números não listados. Repita os itens (a) e (b) e comente o efeito nos seus resultados, se o tamanho da amostra aumentar sem variar as proporções. *R.:* IC 95%: *R.:* $-0,0238 \leq p_1 - p_2 \leq 0,0232$; IC 90%: *R.:* $-0,0201 \leq p_1 - p_2 \leq 0,0195$.

25. (Devore[3] – Exercício 41, pág. 338). Os medicamentos antipsicóticos são amplamente prescritos para condições tais como esquizofrenia e doença bipolar. O artigo "*Cardiometabolic risk of second-generation antypsychotic medications during first-time use in children and adolescentes*" (J. of the Amer. Med. Assoc., 2009) informou sobre a composição corporal e alterações metabólicas para os indivíduos que haviam tomado vários medicamentos antipsicóticos por curtos períodos de tempo.
    a. A amostra de 41 indivíduos que tinham tomado aripiprazol apresentou uma alteração média do colesterol total (mg/dL) de 3,75 e o erro padrão estimado ($s_D/\sqrt{n}$) foi de 3,878. Calcule um intervalo de confiança com nível de confiança de cerca de 95% para o aumento médio verdadeiro do colesterol total nestas circunstâncias (o artigo citado incluiu este intervalo de confiança). *R.*: [–3,85; 11,35]
    b. O artigo também informou que, para uma amostra de 36 indivíduos que tinham tomado quetiapina, a média amostral de alteração do nível de colesterol e o erro padrão estimado foram 9,05 e 4,256, respectivamente. Realizando as suposições necessárias sobre a distribuição na mudança no nível de colesterol, a escolha do nível de significância interfere em

sua conclusão conforme o nível médio real de colesterol aumenta? Explique. [*Observação*: o artigo incluiu um valor-P]. *R.*: Sim. Como o p-valor = 0,02, no nível 0,05 pareceria haver um aumento, mas não no nível 0,01.

c. Para a amostra de 45 indivíduos que tinham tomado olanzapina, o artigo relatou [7,38; 9,69] como um intervalo de 95% de confiança para o ganho de peso médio verdadeiro (kg). O que é um intervalo de confiança de 99%? *R.*: [7,02; 10,06].

Alguns gráficos ampliados:

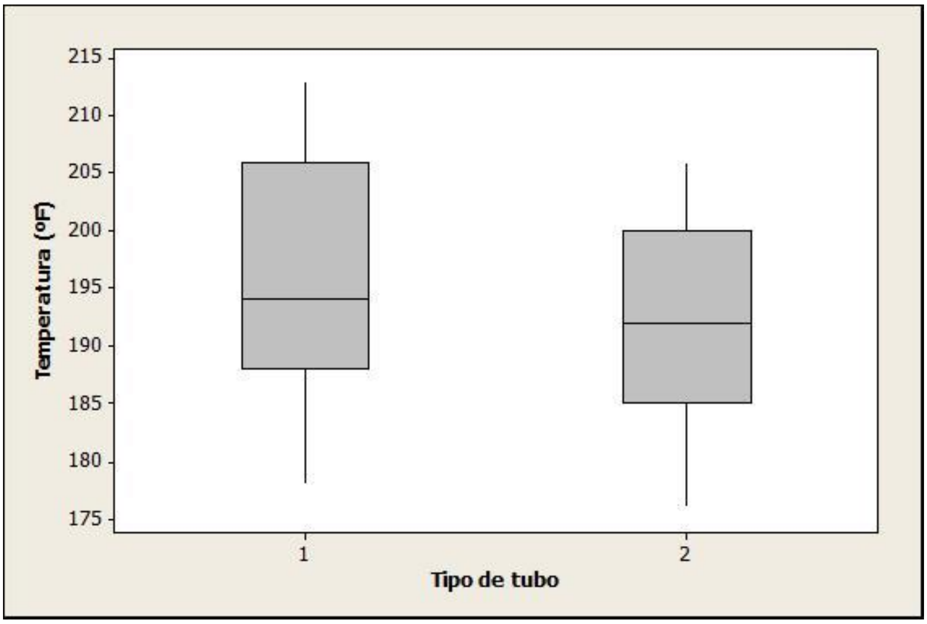

Fig. 1 – Box-plot das temperaturas de deflexão (Ex. 5).

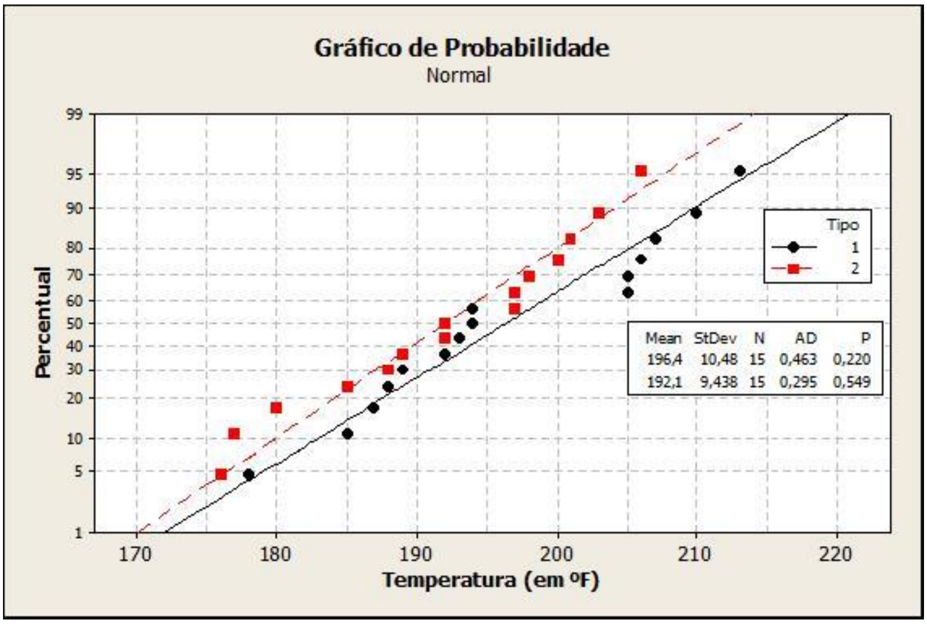

Fig. 2 - Gráfico de probabilidade das temperaturas de deflexão (Ex. 5).

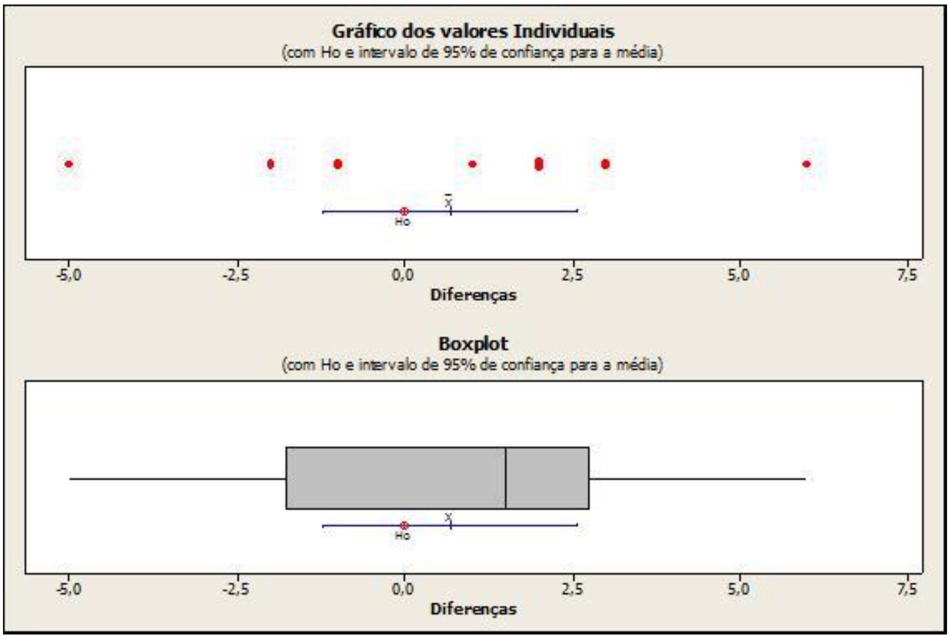

Fig. 3 - Boxplot e valores individuais das diferenças de tempo de codificação (Ex. 14).

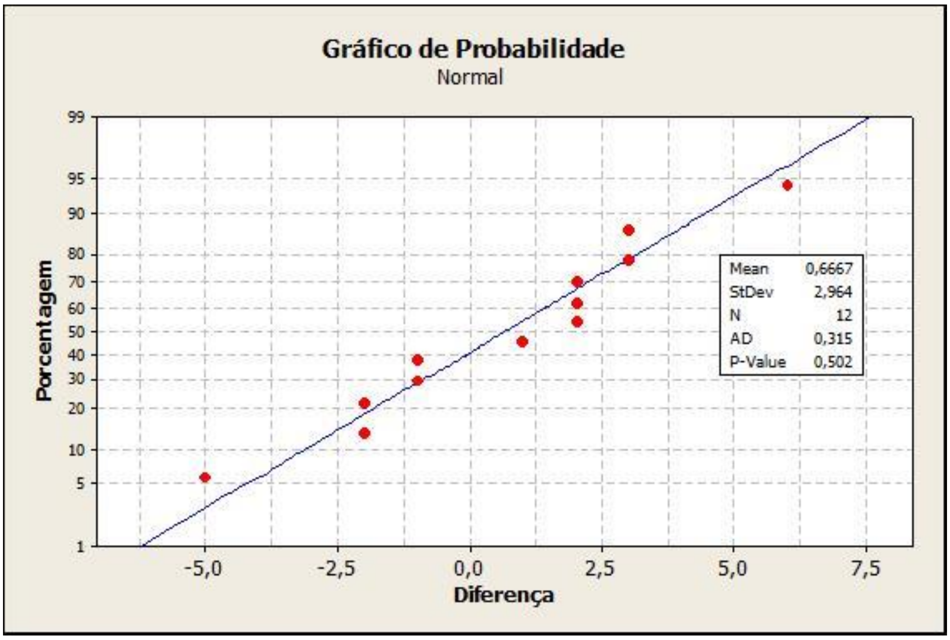

Fig. 4 - Gráfico de probabilidades normal das diferenças de tempo de codificação (Ex. 14).

Referências:

(1) MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C.; HUBELE, N. F. *Estatística aplicada à engenharia*. 2ª. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
(2) MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. *Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros*. 5ª. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
(3) DEVORE, J. L. *Probabilidade e estatística para engenharia e ciências*. 8ª. Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.