# RAD1507 Estatística Aplicada à Administração I

## Apresentação da disciplina

- **O cronograma e material apresentado em aula**

Todo o material apresentado durante o semestre estão disponibilizados no site STOA USP da disciplina

http://disciplinas.stoa.usp.br/

Nome Completo: Estatística Aplicada à Administração I (Noturno 2017)

Nome Breve: RAD1507-2017-Noturno

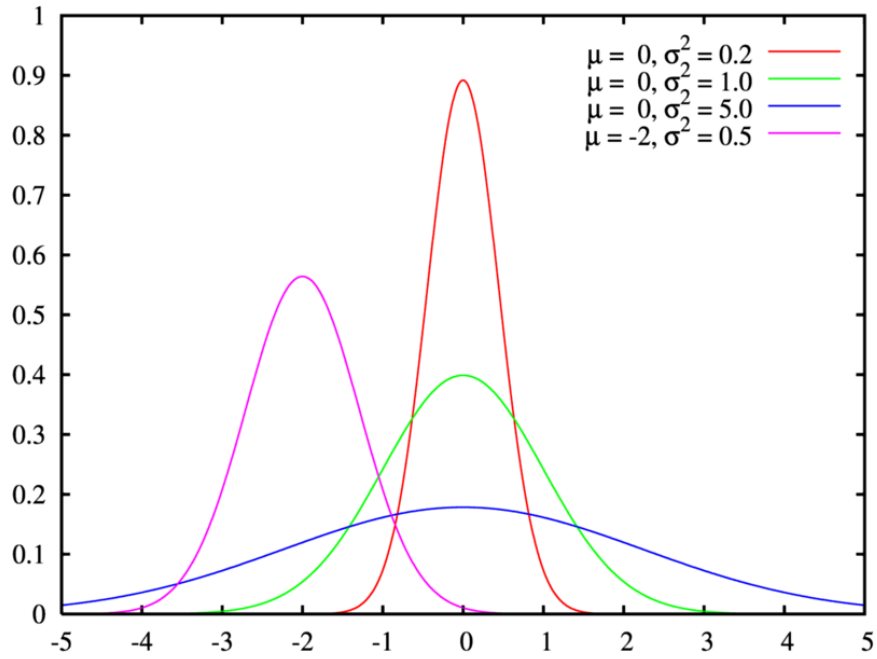
Turma USP: RAD1507.4.2017102

# Revisão - Distribuição Normal

## Função de densidade de probabilidade

A função densidade de probabilidade da **distribuição normal** com média μ e variância $\sigma^2$ (de forma equivalente, desvio padrão σ) é assim definida,

$$f(x;\mu,\sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right).$$




http://pt.wikipedia.org/wiki/Distribui%C3%A7%C3%A3o_normal

# Revisão - Estimativas intervalares

## Estimativas e Tamanhos Amostrais

**Capítulo 7, Triola 10ª Ed.**

(Capítulo 6, Triola 9a Ed.)

### Proporção

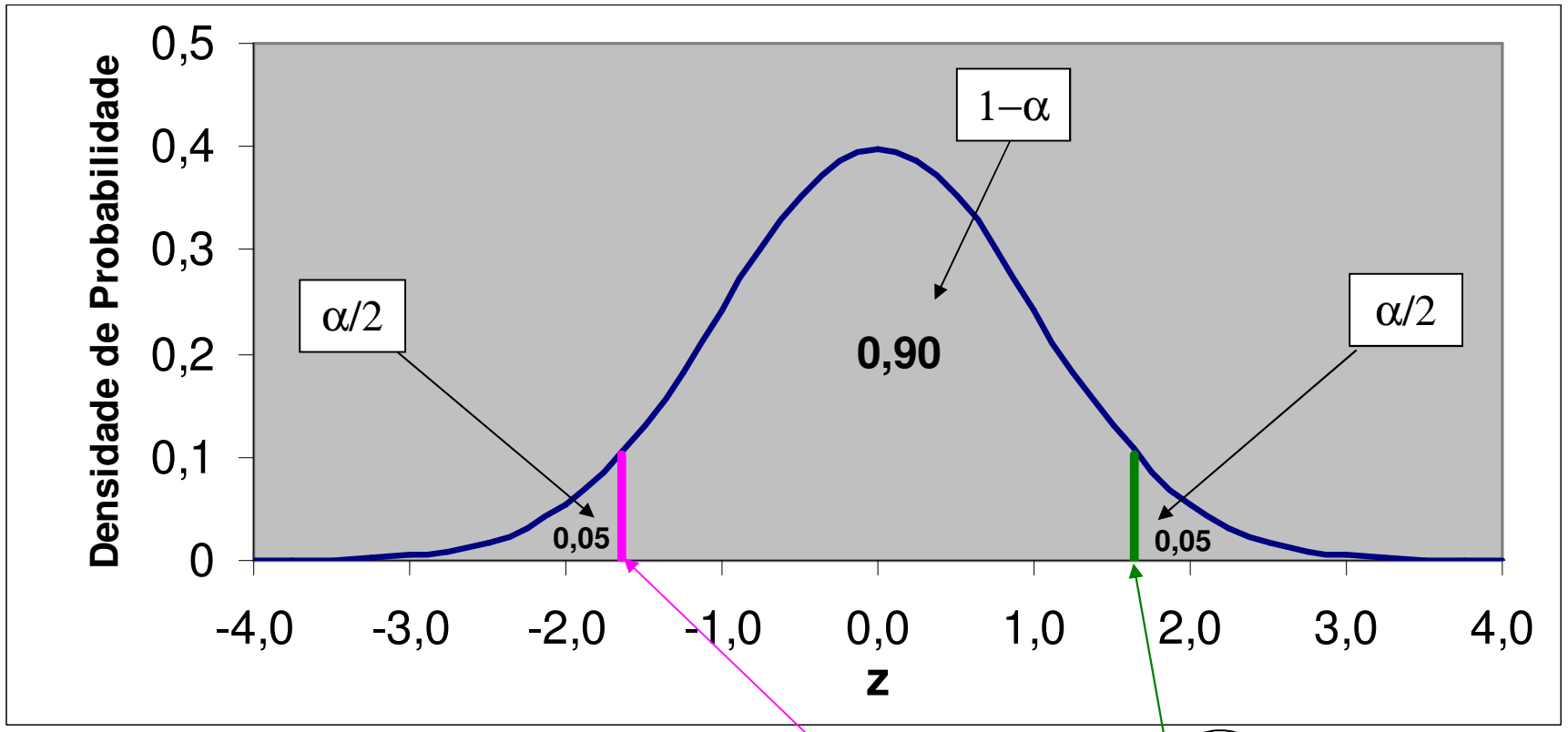
$p =$ proporção *populacional*

$\hat{p} = \frac{x}{n}$ proporção amostral de $x$ *sucessos* em uma amostra de tamanho $n$

($p$ chapéu)

$\hat{q} = 1 - \hat{p}$ proporção amostral de $x$ *fracassos* em uma amostra de tamanho $n$

# Revisão - Valores críticos




-

+

**Nível de confiança**: NC

Por exemplo, NC = 90%

↓

$\alpha$ = 1 - NC = 0,1

Valores críticos: $z_{\alpha/2} = \pm 1{,}6449$

$$E = z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}}$$

# Revisão - Tabelas

## Escores *z* NEGATIVOS

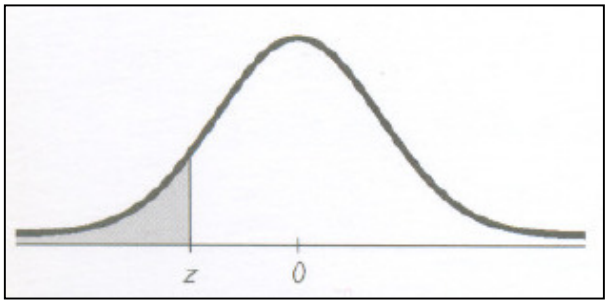



**TABELA A-2** Distribuição Normal Padrão (*z*): Área Acumulada à ESQUERDA

| z | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| −3,50 e menor | 0,0001 | | | | | | | | | |
| −3,4 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0002 |
| −3,3 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0003 |
| −3,2 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0006 | 0,0006 | 0,0006 | 0,0006 | 0,0006 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0005 |
| −3,1 | 0,0010 | 0,0009 | 0,0009 | 0,0009 | 0,0008 | 0,0008 | 0,0008 | 0,0008 | 0,0007 | 0,0007 |
| −3,0 | 0,0013 | 0,0013 | 0,0013 | 0,0012 | 0,0012 | 0,0011 | 0,0011 | 0,0011 | 0,0010 | 0,0010 |
| −2,9 | 0,0019 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0017 | 0,0016 | 0,0016 | 0,0015 | 0,0015 | 0,0014 | 0,0014 |
| −2,8 | 0,0026 | 0,0025 | 0,0024 | 0,0023 | 0,0023 | 0,0022 | 0,0021 | 0,0021 | 0,0020 | 0,0019 |
| −2,7 | 0,0035 | 0,0034 | 0,0033 | 0,0032 | 0,0031 | 0,0030 | 0,0029 | 0,0028 | 0,0027 | 0,0026 |
| −2,6 | 0,0047 | 0,0045 | 0,0044 | 0,0043 | 0,0041 | 0,0040 | 0,0039 | 0,0038 | 0,0037 | 0,0036 |
| −2,5 | 0,0062 | 0,0060 | 0,0059 | 0,0057 | 0,0055 | 0,0054 | 0,0052 | 0,0051 * | 0,0049 | 0,0048 |
| −2,4 | 0,0082 | 0,0080 | 0,0078 | 0,0075 | 0,0073 | 0,0071 | 0,0069 | 0,0068 | 0,0066 | 0,0064 |
| −2,3 | 0,0107 | 0,0104 | 0,0102 | 0,0099 | 0,0096 | 0,0094 | 0,0091 | 0,0089 | 0,0087 | 0,0084 |
| −2,2 | 0,0139 | 0,0136 | 0,0132 | 0,0129 | 0,0125 | 0,0122 | 0,0119 | 0,0116 | 0,0113 | 0,0110 |
| −2,1 | 0,0179 | 0,0174 | 0,0170 | 0,0166 | 0,0162 | 0,0158 | 0,0154 | 0,0150 | 0,0146 | 0,0143 |
| −2,0 | 0,0228 | 0,0222 | 0,0217 | 0,0212 | 0,0207 | 0,0202 | 0,0197 | 0,0192 | 0,0188 | 0,0183 |
| −1,9 | 0,0287 | 0,0281 | 0,0274 | 0,0268 | 0,0262 | 0,0256 | 0,0250 | 0,0244 | 0,0239 | 0,0233 |
| −1,8 | 0,0359 | 0,0351 | 0,0344 | 0,0336 | 0,0329 | 0,0322 | 0,0314 | 0,0307 | 0,0301 | 0,0294 |
| −1,7 | 0,0446 | 0,0436 | 0,0427 | 0,0418 | 0,0409 | 0,0401 | 0,0392 | 0,0384 | 0,0375 | 0,0367 |
| −1,6 | 0,0548 | 0,0537 | 0,0526 | 0,0516 | 0,0505 * | 0,0495 | 0,0485 | 0,0475 | 0,0465 | 0,0455 |
| −1,5 | 0,0668 | 0,0655 | 0,0643 | 0,0630 | 0,0618 | 0,0606 | 0,0594 | 0,0582 | 0,0571 | 0,0559 |
| −1,4 | 0,0808 | 0,0793 | 0,0778 | 0,0764 | 0,0749 | 0,0735 | 0,0721 | 0,0708 | 0,0694 | 0,0681 |
| −1,3 | 0,0968 | 0,0951 | 0,0934 | 0,0918 | 0,0901 | 0,0885 | 0,0869 | 0,0853 | 0,0838 | 0,0823 |
| −1,2 | 0,1151 | 0,1131 | 0,1112 | 0,1093 | 0,1075 | 0,1056 | 0,1038 | 0,1020 | 0,1003 | 0,0985 |
| −1,1 | 0,1357 | 0,1335 | 0,1314 | 0,1292 | 0,1271 | 0,1251 | 0,1230 | 0,1210 | 0,1190 | 0,1170 |
| −1,0 | 0,1587 | 0,1562 | 0,1539 | 0,1515 | 0,1492 | 0,1469 | 0,1446 | 0,1423 | 0,1401 | 0,1379 |
| −0,9 | 0,1841 | 0,1814 | 0,1788 | 0,1762 | 0,1736 | 0,1711 | 0,1685 | 0,1660 | 0,1635 | 0,1611 |
| −0,8 | 0,2119 | 0,2090 | 0,2061 | 0,2033 | 0,2005 | 0,1977 | 0,1949 | 0,1922 | 0,1894 | 0,1867 |
| −0,7 | 0,2420 | 0,2389 | 0,2358 | 0,2327 | 0,2296 | 0,2266 | 0,2236 | 0,2206 | 0,2177 | 0,2148 |
| −0,6 | 0,2743 | 0,2709 | 0,2676 | 0,2643 | 0,2611 | 0,2578 | 0,2546 | 0,2514 | 0,2483 | 0,2451 |
| −0,5 | 0,3085 | 0,3050 | 0,3015 | 0,2981 | 0,2946 | 0,2912 | 0,2877 | 0,2843 | 0,2810 | 0,2776 |
| −0,4 | 0,3446 | 0,3409 | 0,3372 | 0,3336 | 0,3300 | 0,3264 | 0,3228 | 0,3192 | 0,3156 | 0,3121 |
| −0,3 | 0,3821 | 0,3783 | 0,3745 | 0,3707 | 0,3669 | 0,3632 | 0,3594 | 0,3557 | 0,3520 | 0,3483 |
| −0,2 | 0,4207 | 0,4168 | 0,4129 | 0,4090 | 0,4052 | 0,4013 | 0,3974 | 0,3936 | 0,3897 | 0,3859 |
| −0,1 | 0,4602 | 0,4562 | 0,4522 | 0,4483 | 0,4443 | 0,4404 | 0,4364 | 0,4325 | 0,4286 | 0,4247 |
| −0,0 | 0,5000 | 0,4960 | 0,4920 | 0,4880 | 0,4840 | 0,4801 | 0,4761 | 0,4721 | 0,4681 | 0,4641 |

*NOTA*: Para valores de *z* abaixo de −3,49, use 0,0001 para a área.
*Use esses valores comuns que resultam de interpolação:

| Escore *z* | Área |
|---|---|
| −1,645 | 0,0500 |
| −2,575 | 0,0050 |

# Revisão - Tabelas

## Escores *z* POSITIVOS

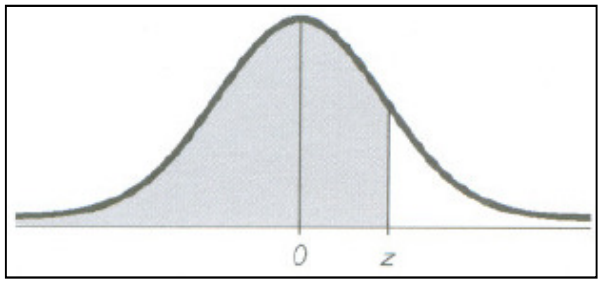



**TABELA A-2** (continuação) Área Acumulada à ESQUERDA

| *z* | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,0 | 0,5000 | 0,5040 | 0,5080 | 0,5120 | 0,5160 | 0,5199 | 0,5239 | 0,5279 | 0,5319 | 0,5359 |
| 0,1 | 0,5398 | 0,5438 | 0,5478 | 0,5517 | 0,5557 | 0,5596 | 0,5636 | 0,5675 | 0,5714 | 0,5753 |
| 0,2 | 0,5793 | 0,5832 | 0,5871 | 0,5910 | 0,5948 | 0,5987 | 0,6026 | 0,6064 | 0,6103 | 0,6141 |
| 0,3 | 0,6179 | 0,6217 | 0,6255 | 0,6293 | 0,6331 | 0,6368 | 0,6406 | 0,6443 | 0,6480 | 0,6517 |
| 0,4 | 0,6554 | 0,6591 | 0,6628 | 0,6664 | 0,6700 | 0,6736 | 0,6772 | 0,6808 | 0,6844 | 0,6879 |
| 0,5 | 0,6915 | 0,6950 | 0,6985 | 0,7019 | 0,7054 | 0,7088 | 0,7123 | 0,7157 | 0,7190 | 0,7224 |
| 0,6 | 0,7257 | 0,7291 | 0,7324 | 0,7357 | 0,7389 | 0,7422 | 0,7454 | 0,7486 | 0,7517 | 0,7549 |
| 0,7 | 0,7580 | 0,7611 | 0,7642 | 0,7673 | 0,7704 | 0,7734 | 0,7764 | 0,7794 | 0,7823 | 0,7852 |
| 0,8 | 0,7881 | 0,7910 | 0,7939 | 0,7967 | 0,7995 | 0,8023 | 0,8051 | 0,8078 | 0,8106 | 0,8133 |
| 0,9 | 0,8159 | 0,8186 | 0,8212 | 0,8238 | 0,8264 | 0,8289 | 0,8315 | 0,8340 | 0,8365 | 0,8389 |
| 1,0 | 0,8413 | 0,8438 | 0,8461 | 0,8485 | 0,8508 | 0,8531 | 0,8554 | 0,8577 | 0,8599 | 0,8621 |
| 1,1 | 0,8643 | 0,8665 | 0,8686 | 0,8708 | 0,8729 | 0,8749 | 0,8770 | 0,8790 | 0,8810 | 0,8830 |
| 1,2 | 0,8849 | 0,8869 | 0,8888 | 0,8907 | 0,8925 | 0,8944 | 0,8962 | 0,8980 | 0,8997 | 0,9015 |
| 1,3 | 0,9032 | 0,9049 | 0,9066 | 0,9082 | 0,9099 | 0,9115 | 0,9131 | 0,9147 | 0,9162 | 0,9177 |
| 1,4 | 0,9192 | 0,9207 | 0,9222 | 0,9236 | 0,9251 | 0,9265 | 0,9279 | 0,9292 | 0,9306 | 0,9319 |
| 1,5 | 0,9332 | 0,9345 | 0,9357 | 0,9370 | 0,9382 | 0,9394 | 0,9406 | 0,9418 | 0,9429 | 0,9441 |
| 1,6 | 0,9452 | 0,9463 | 0,9474 | 0,9484 | 0,9495 * | 0,9505 | 0,9515 | 0,9525 | 0,9535 | 0,9545 |
| 1,7 | 0,9554 | 0,9564 | 0,9573 | 0,9582 | 0,9591 | 0,9599 | 0,9608 | 0,9616 | 0,9625 | 0,9633 |
| 1,8 | 0,9641 | 0,9649 | 0,9656 | 0,9664 | 0,9671 | 0,9678 | 0,9686 | 0,9693 | 0,9699 | 0,9706 |
| 1,9 | 0,9713 | 0,9719 | 0,9726 | 0,9732 | 0,9738 | 0,9744 | 0,9750 | 0,9756 | 0,9761 | 0,9767 |
| 2,0 | 0,9772 | 0,9778 | 0,9783 | 0,9788 | 0,9793 | 0,9798 | 0,9803 | 0,9808 | 0,5040 | 0,9817 |
| 2,1 | 0,9821 | 0,9826 | 0,9830 | 0,9834 | 0,9838 | 0,9842 | 0,9846 | 0,9850 | 0,9854 | 0,9857 |
| 2,2 | 0,9861 | 0,9864 | 0,9868 | 0,9871 | 0,9875 | 0,9878 | 0,9881 | 0,9884 | 0,5040 | 0,9890 |
| 2,3 | 0,9893 | 0,9896 | 0,9898 | 0,9901 | 0,9904 | 0,9906 | 0,9909 | 0,9911 | 0,9913 | 0,9916 |
| 2,4 | 0,9918 | 0,9920 | 0,9922 | 0,9925 | 0,9927 | 0,9929 | 0,9931 | 0,9932 | 0,9934 | 0,9936 |
| 2,5 | 0,9938 | 0,9940 | 0,9941 | 0,9943 | 0,9945 | 0,9946 | 0,9948 | 0,9949 * | 0,9951 | 0,9952 |
| 2,6 | 0,9953 | 0,9955 | 0,9956 | 0,9957 | 0,9959 | 0,9960 | 0,9961 | 0,9962 | 0,5040 | 0,9964 |
| 2,7 | 0,9965 | 0,9966 | 0,9967 | 0,9968 | 0,9969 | 0,9970 | 0,9971 | 0,9972 | 0,9973 | 0,9974 |
| 2,8 | 0,9974 | 0,9975 | 0,9976 | 0,9977 | 0,9977 | 0,9978 | 0,9979 | 0,9979 | 0,9980 | 0,9981 |
| 2,9 | 0,9981 | 0,9982 | 0,9982 | 0,9983 | 0,9984 | 0,9984 | 0,9985 | 0,9985 | 0,9986 | 0,9986 |
| 3,0 | 0,9987 | 0,9987 | 0,9987 | 0,9988 | 0,9988 | 0,9989 | 0,9989 | 0,9989 | 0,9990 | 0,9990 |
| 3,1 | 0,9990 | 0,9991 | 0,9991 | 0,9991 | 0,9992 | 0,9992 | 0,9992 | 0,9992 | 0,9993 | 0,9993 |
| 3,2 | 0,9993 | 0,9993 | 0,9994 | 0,9994 | 0,9994 | 0,9994 | 0,9994 | 0,9995 | 0,9995 | 0,9995 |
| 3,3 | 0,9995 | 0,9995 | 0,9995 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9997 |
| 3,4 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9998 |
| 3,50 e maior | 0,9999 | | | | | | | | | |

*NOTA:* Para valores de *z* maiores que 3,49, use o valor 0,9999 para a área.
*Use esses valores comuns que resultam de interpolação:

| Escore *z* | Área |
|---|---|
| 1.645 | 0,9500 |
| 2,575 | 0,9950 |

**Valores Críticos Comuns**

| Nível de Confiança | Valor Crítico |
|---|---|
| 0,90 | 1.645 |
| 0,95 | 1,96 |
| 0,99 | 2.575 |

# Estimativa da Proporção Populacional (p252) (p230)

$\hat{p}$ é a melhor estimativa pontual

**Estimativa intervalar (ou Intervalo de Confiança - IC)**

$$\hat{p} - E < p < \hat{p} + E$$
$$\hat{p} \pm E$$
$$(\hat{p} - E, \hat{p} + E)$$

$$E = z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}}$$

$n$ = Tamanho da amostra

$z_{\alpha/2}$ = Valor Crítico

$\alpha$ = Complemento do Nível de Confiança

NC = $1 - \alpha$

## Tamanho amostral

$$n = \frac{[z_{\alpha/2}]^2 \hat{p}\,\hat{q}}{E^2}$$

$$n = \frac{[z_{\alpha/2}]^2 0,25}{E^2}$$

## Correções para População $N$

$$E = z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}}\sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$$

$$n = \frac{N\,\hat{p}\,\hat{q}[z_{\alpha/2}]^2}{\hat{p}\,\hat{q}[z_{\alpha/2}]^2 + (N-1)\,E^2}$$

# Estimativa da Média Populacional (p266) (p245)

## $\sigma$ conhecido

$\bar{x}$ é a melhor estimativa pontual da média populacional $\mu = \bar{x}$

**Estimativa intervalar** (ou **Intervalo de Confiança - IC**)

$$\bar{x} - E < \mu < \bar{x} + E$$

$$\bar{x} \pm E$$

$$E = z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Tamanho amostral

$$n = \left[\frac{z_{\alpha/2}\sigma}{E}\right]^2$$

Correções para População $N$

$$E = z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$$

$$n = \frac{N\sigma^2(z_{\alpha/2})^2}{(N-1)E^2 + \sigma^2(z_{\alpha/2})^2}$$

# Estimativa da Média Populacional (p276) (p255)

## $\sigma$ desconhecido

$\bar{x}$ é a melhor estimativa pontual da média populacional

$$\mu = \bar{x}$$

**Estimativa intervalar** (ou **Intervalo de Confiança - IC**)

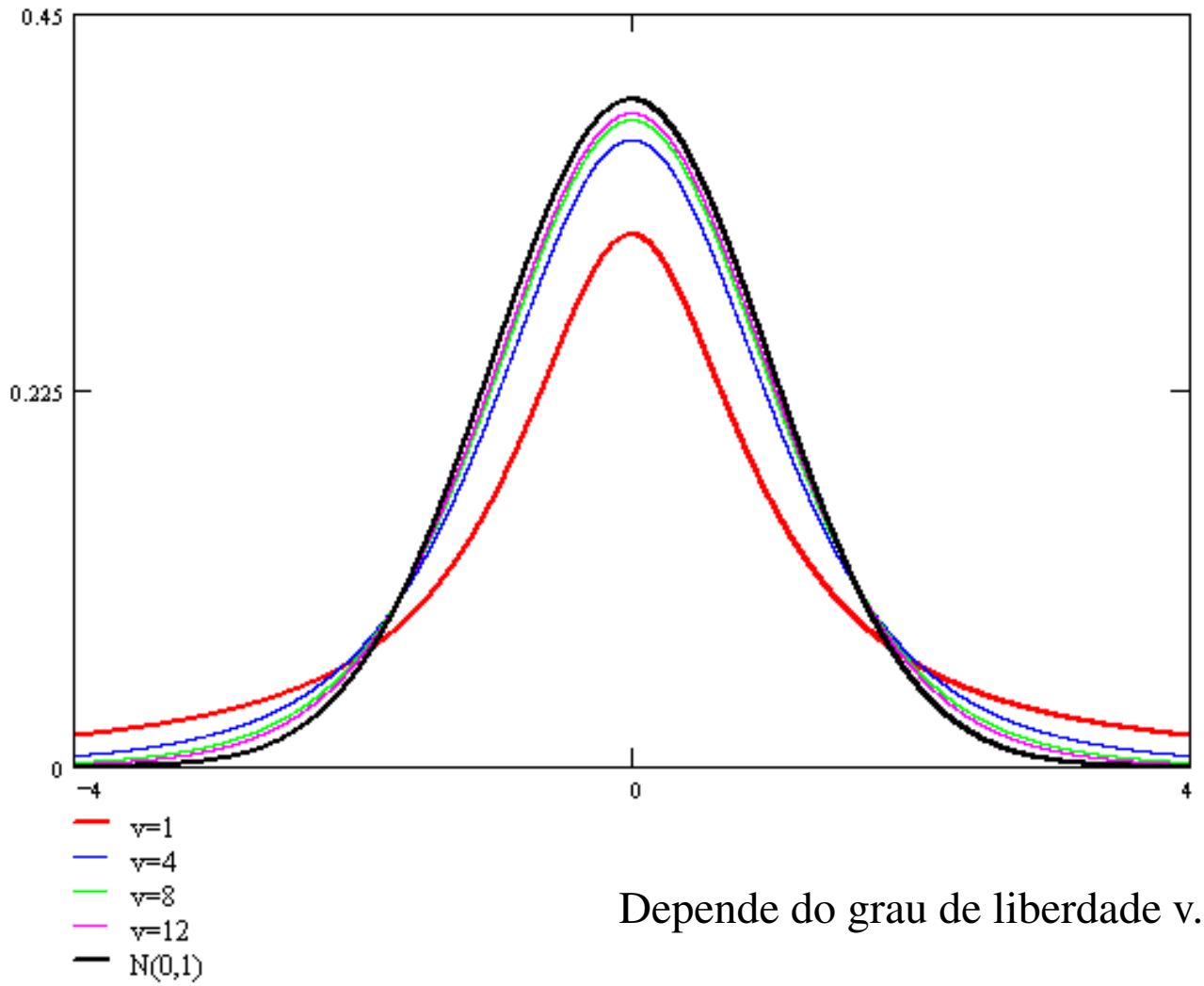
$$\bar{x} - E < \mu < \bar{x} + E$$
$$\bar{x} \pm E$$

$$E = t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$$

$t_{\alpha/2}$ = Valor Crítico

# Revisão - Distribuição t de Student

http://pt.wikipedia.org/wiki/Imagem:TStudent.png




Depende do grau de liberdade v.

# Tabelas

# Distribuição *t*

TABELA A-3 Distribuição *t*: Valores Críticos *t*

| | Área em Uma Cauda | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0,005 | 0,01 | 0,025 | 0,05 | 0,10 |
| Graus de Liberdade | Área em Duas Caudas | | | | |
| | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 |
| 1 | 63,657 | 31,821 | 12,706 | 6,314 | 3,078 |
| 2 | 9,925 | 6,965 | 4,303 | 2,920 | 1,886 |
| 3 | 5,841 | 4,541 | 3,182 | 2,353 | 1,638 |
| 4 | 4,604 | 3,747 | 2,776 | 2,132 | 1,533 |
| 5 | 4,032 | 3,365 | 2,571 | 2,015 | 1,476 |
| 6 | 3,707 | 3,143 | 2,447 | 1,943 | 1,440 |
| 7 | 3,499 | 2,998 | 2,365 | 1,895 | 1,415 |
| 8 | 3,355 | 2,896 | 2,306 | 1,860 | 1,397 |
| 9 | 3,250 | 2,821 | 2,262 | 1,833 | 1,383 |
| 10 | 3,169 | 2,764 | 2,228 | 1,812 | 1,372 |
| 11 | 3,106 | 2,718 | 2,201 | 1,796 | 1,363 |
| 12 | 3,055 | 2,681 | 2,179 | 1,782 | 1,356 |
| 13 | 3,012 | 2,650 | 2,160 | 1,771 | 1,350 |
| 14 | 2,977 | 2,624 | 2,145 | 1,761 | 1,345 |
| 15 | 2,947 | 2,602 | 2,131 | 1,753 | 1,341 |
| 16 | 2,921 | 2,583 | 2,120 | 1,746 | 1,337 |
| 17 | 2,898 | 2,567 | 2,110 | 1,740 | 1,333 |
| 18 | 2,878 | 2,552 | 2,101 | 1,734 | 1,330 |
| 19 | 2,861 | 2,539 | 2,093 | 1,729 | 1,328 |
| 20 | 2,845 | 2,528 | 2,086 | 1,725 | 1,325 |
| 21 | 2,831 | 2,518 | 2,080 | 1,721 | 1,323 |
| 22 | 2,819 | 2,508 | 2,074 | 1,717 | 1,321 |
| 23 | 2,807 | 2,500 | 2,069 | 1,714 | 1,319 |
| 24 | 2,797 | 2,492 | 2,064 | 1,711 | 1,318 |
| 25 | 2,787 | 2,485 | 2,060 | 1,708 | 1,316 |
| 26 | 2,779 | 2,479 | 2,056 | 1,706 | 1,315 |

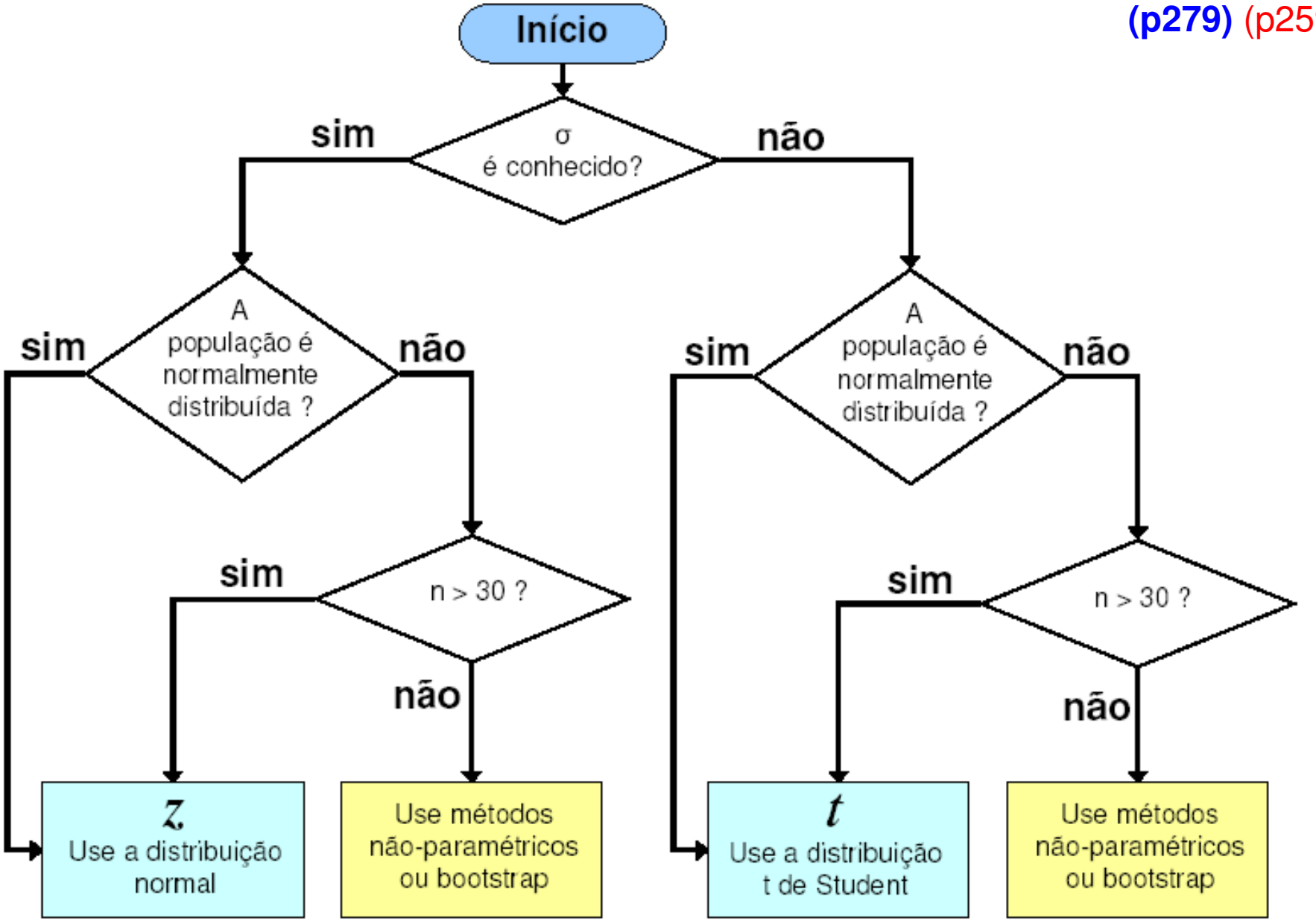
# Tabelas

## Distribuição *t*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 26 | 2,779 | 2,479 | 2,056 | 1,706 | 1,315 |
| 27 | 2,771 | 2,473 | 2,052 | 1,703 | 1,314 |
| 28 | 2,763 | 2,467 | 2,048 | 1,701 | 1,313 |
| 29 | 2,756 | 2,462 | 2,045 | 1,699 | 1,311 |
| 30 | 2,750 | 2,457 | 2,042 | 1,697 | 1,310 |
| 31 | 2,744 | 2,453 | 2,040 | 1,696 | 1,309 |
| 32 | 2,738 | 2,449 | 2,037 | 1,694 | 1,309 |
| 34 | 2,728 | 2,441 | 2,032 | 1,691 | 1,307 |
| 36 | 2,719 | 2,434 | 2,028 | 1,688 | 1,306 |
| 38 | 2,712 | 2,429 | 2,024 | 1,686 | 1,304 |
| 40 | 2,704 | 2,423 | 2,021 | 1,684 | 1,303 |
| 45 | 2,690 | 2,412 | 2,014 | 1,679 | 1,301 |
| 50 | 2,678 | 2,403 | 2,009 | 1,676 | 1,299 |
| 55 | 2,668 | 2,396 | 2,004 | 1,673 | 1,297 |
| 60 | 2,660 | 2,390 | 2,000 | 1,671 | 1,296 |
| 65 | 2,654 | 2,385 | 1,997 | 1,669 | 1,295 |
| 70 | 2,648 | 2,381 | 1,994 | 1,667 | 1,294 |
| 75 | 2,643 | 2,377 | 1,992 | 1,665 | 1,293 |
| 80 | 2,639 | 2,374 | 1,990 | 1,664 | 1,292 |
| 90 | 2,632 | 2,368 | 1,987 | 1,662 | 1,291 |
| 100 | 2,626 | 2,364 | 1,984 | 1,660 | 1,290 |
| 200 | 2,601 | 2,345 | 1,972 | 1,653 | 1,286 |
| 300 | 2,592 | 2,339 | 1,968 | 1,650 | 1,284 |
| 400 | 2,588 | 2,336 | 1,966 | 1,649 | 1,284 |
| 500 | 2,586 | 2,334 | 1,965 | 1,648 | 1,283 |
| 750 | 2,582 | 2,331 | 1,963 | 1,647 | 1,283 |
| 1000 | 2,581 | 2,330 | 1,962 | 1,646 | 1,282 |
| 2000 | 2,578 | 2,328 | 1,961 | 1,646 | 1,282 |
| Grande | 2,576 | 2,326 | 1,960 | 1,645 | 1,282 |

# Distribuição para estimativas de média populacional:

**(p279)** (p259)



# Variância Populacional $\sigma^2$

## Estimadores de $\sigma^2$

A variância amostral $s^2$ é a melhor estimativa pontual de $\sigma^2$.

O desvio padrão amostral $s$ é a melhor estimativa pontual de $\sigma$.

Como realizar uma estimativa de intervalo para $\sigma^2$ (ou para $\sigma$) ?

# Estimativa da Variância Populacional (p287) (p267)

## Intervalo de confiança

Variância

$$\frac{(n-1)s^2}{\chi_D^2} < \sigma^2 < \frac{(n-1)s^2}{\chi_E^2}$$

Desvio Padrão

$$\sqrt{\frac{(n-1)s^2}{\chi_D^2}} < \sigma < \sqrt{\frac{(n-1)s^2}{\chi_E^2}}$$

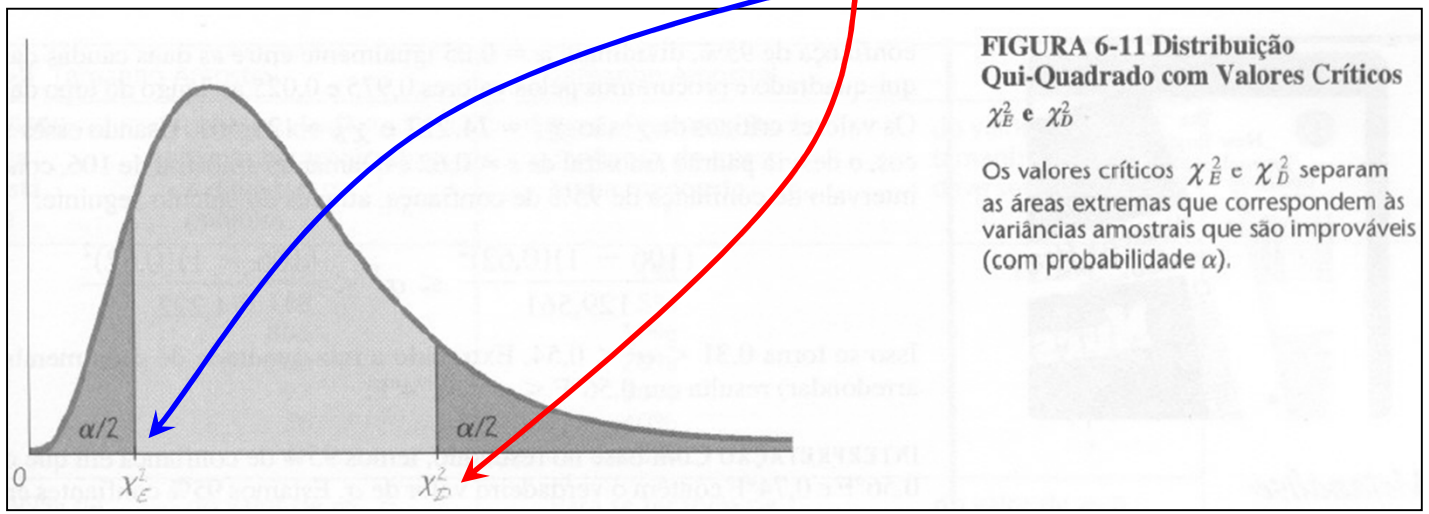
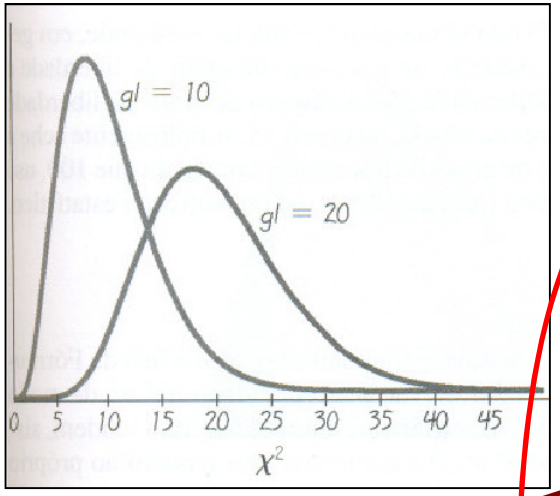



**FIGURA 6-11 Distribuição Qui-Quadrado com Valores Críticos $\chi_E^2$ e $\chi_D^2$**

Os valores críticos $\chi_E^2$ e $\chi_D^2$ separam as áreas extremas que correspondem às variâncias amostrais que são improváveis (com probabilidade $\alpha$).

# Distribuição $\chi^2$

$$\chi^2 = \frac{(n-1)s^2}{\sigma^2}$$




$\chi^2(crítico) = ?$

**Ex**: n =16, NC = 95%

⇩

α/2 = 0,025

⇩

Área à direita de $\chi^2_E$: 0,975

Área à direita de $\chi^2_D$: 0,025

**TABELA A-4** Distribuição Qui-Quadrado ($\chi^2$)

| Graus de Liberdade | Área à Direita do Valor Crítico | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,995 | 0,99 | 0,975 | 0,95 | 0,90 | 0,10 | 0,05 | 0,025 | 0,01 | 0,005 |
| 1 | — | — | 0,001 | 0,004 | 0,016 | 2,706 | 3,841 | 5,024 | 6,635 | 7,879 |
| 2 | 0,010 | 0,020 | 0,051 | 0,103 | 0,211 | 4,605 | 5,991 | 7,378 | 9,210 | 10,597 |
| 3 | 0,072 | 0,115 | 0,216 | 0,352 | 0,584 | 6,251 | 7,815 | 9,348 | 11,345 | 12,838 |
| 4 | 0,207 | 0,297 | 0,484 | 0,711 | 1,064 | 7,779 | 9,488 | 11,143 | 13,277 | 14,860 |
| 5 | 0,412 | 0,554 | 0,831 | 1,145 | 1,610 | 9,236 | 11,071 | 12,833 | 15,086 | 16,750 |
| 6 | 0,676 | 0,872 | 1,237 | 1,635 | 2,204 | 10,645 | 12,592 | 14,449 | 16,812 | 18,548 |
| 7 | 0,989 | 1,239 | 1,690 | 2,167 | 2,833 | 12,017 | 14,067 | 16,013 | 18,475 | 20,278 |
| 8 | 1,344 | 1,646 | 2,180 | 2,733 | 3,490 | 13,362 | 15,507 | 17,535 | 20,090 | 21,955 |
| 9 | 1,735 | 2,088 | 2,700 | 3,325 | 4,168 | 14,684 | 16,919 | 19,023 | 21,666 | 23,589 |
| 10 | 2,156 | 2,558 | 3,247 | 3,940 | 4,865 | 15,987 | 18,307 | 20,483 | 23,209 | 25,188 |
| 11 | 2,603 | 3,053 | 3,816 | 4,575 | 5,578 | 17,275 | 19,675 | 21,920 | 24,725 | 26,757 |
| 12 | 3,074 | 3,571 | 4,404 | 5,226 | 6,304 | 18,549 | 21,026 | 23,337 | 26,217 | 28,299 |
| 13 | 3,565 | 4,107 | 5,009 | 5,892 | 7,042 | 19,812 | 22,362 | 24,736 | 27,688 | 29,819 |
| 14 | 4,075 | 4,660 | 5,629 | 6,571 | 7,790 | 21,064 | 23,685 | 26,119 | 29,141 | 31,319 |
| 15 | 4,601 | 5,229 | 6,262 | 7,261 | 8,547 | 22,307 | 24,996 | 27,488 | 30,578 | 32,801 |
| 16 | 5,142 | 5,812 | 6,908 | 7,962 | 9,312 | 23,542 | 26,296 | 28,845 | 32,000 | 34,267 |
| 17 | 5,697 | 6,408 | 7,564 | 8,672 | 10,085 | 24,769 | 27,587 | 30,191 | 33,409 | 35,718 |
| 18 | 6,265 | 7,015 | 8,231 | 9,390 | 10,865 | 25,989 | 28,869 | 31,526 | 34,805 | 37,156 |
| 19 | 6,844 | 7,633 | 8,907 | 10,117 | 11,651 | 27,204 | 30,144 | 32,852 | 36,191 | 38,582 |
| 20 | 7,434 | 8,260 | 9,591 | 10,851 | 12,443 | 28,412 | 31,410 | 34,170 | 37,566 | 39,997 |
| 21 | 8,034 | 8,897 | 10,283 | 11,591 | 13,240 | 29,615 | 32,671 | 35,479 | 38,932 | 41,401 |
| 22 | 8,643 | 9,542 | 10,982 | 12,338 | 14,042 | 30,813 | 33,924 | 36,781 | 40,289 | 42,796 |
| 23 | 9,260 | 10,196 | 11,689 | 13,091 | 14,848 | 32,007 | 35,172 | 38,076 | 41,638 | 44,181 |
| 24 | 9,886 | 10,856 | 12,401 | 13,848 | 15,659 | 33,196 | 36,415 | 39,364 | 42,980 | 45,559 |
| 25 | 10,520 | 11,524 | 13,120 | 14,611 | 16,473 | 34,382 | 37,652 | 40,646 | 44,314 | 46,928 |
| 26 | 11,160 | 12,198 | 13,844 | 15,379 | 17,292 | 35,563 | 38,885 | 41,923 | 45,642 | 48,290 |
| 27 | 11,808 | 12,879 | 14,573 | 16,151 | 18,114 | 36,741 | 40,113 | 43,194 | 46,963 | 49,645 |
| 28 | 12,461 | 13,565 | 15,308 | 16,928 | 18,939 | 37,916 | 41,337 | 44,461 | 48,278 | 50,993 |
| 29 | 13,121 | 14,257 | 16,047 | 17,708 | 19,768 | 39,087 | 42,557 | 45,722 | 49,588 | 52,336 |
| 30 | 13,787 | 14,954 | 16,791 | 18,493 | 20,599 | 40,256 | 43,773 | 46,979 | 50,892 | 53,672 |
| 40 | 20,707 | 22,164 | 24,433 | 26,509 | 29,051 | 51,805 | 55,758 | 59,342 | 63,691 | 66,766 |
| 50 | 27,991 | 29,707 | 32,357 | 34,764 | 37,689 | 63,167 | 67,505 | 71,420 | 76,154 | 79,490 |
| 60 | 35,534 | 37,485 | 40,482 | 43,188 | 46,459 | 74,397 | 79,082 | 83,298 | 88,379 | 91,952 |
| 70 | 43,275 | 45,442 | 48,758 | 51,739 | 55,329 | 85,527 | 90,531 | 95,023 | 100,425 | 104,215 |
| 80 | 51,172 | 53,540 | 57,153 | 60,391 | 64,278 | 96,578 | 101,879 | 106,629 | 112,329 | 116,321 |
| 90 | 59,196 | 61,754 | 65,647 | 69,126 | 73,291 | 107,565 | 118,145 | 118,136 | 124,116 | 128,299 |
| 100 | 67,328 | 70,065 | 74,222 | 77,929 | 82,358 | 118,498 | 124,342 | 129,561 | 135,807 | 140,169 |

# Estimativas e Tamanhos Amostrais - Resumo

**Proporção** $\hat{p} - E < p < \hat{p} + E \qquad E = z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}} \qquad n = \frac{[z_{\alpha/2}]^2 \hat{p}\,\hat{q}}{E^2}$

**Média** $\bar{x} - E < \mu < \bar{x} + E$

$\sigma$ conhecido $E = z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

$\sigma$ desconhecido $E = t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$

$n = \left[\frac{z_{\alpha/2}\sigma}{E}\right]^2$

**Variância** $\frac{(n-1)s^2}{\chi^2_D} < \sigma^2 < \frac{(n-1)s^2}{\chi^2_E}$

**Desvio Padrão** $\sqrt{\frac{(n-1)s^2}{\chi^2_D}} < \sigma < \sqrt{\frac{(n-1)s^2}{\chi^2_E}}$

