

Introdução ao R

Renato de Paula

2024-08-13

Contents

1	About	7
1.1	Usage	7
1.2	Render book	7
1.3	Preview book	8
2	R e RStudio	9
2.1	Instalação e funcionalidades básicas	9
2.2	Navegando no RStudio	10
3	R como uma calculadora e Operações Aritméticas	11
3.1	O prompt	11
3.2	O que é uma variável?	12
3.3	Regras para definição de variáveis	13
3.4	Tipos de dados	13
3.5	Comandos importantes	14
3.6	Operadores aritméticos em R	14
3.7	Quantidade de dígitos	16
3.8	Infinito, indefinido e valores ausentes	16
3.9	Escrita dinâmica	18
3.10	Conversão entre tipos de dados	20
3.11	Funções <code>print()</code> , <code>readline()</code> , <code>paste()</code> e <code>cat()</code>	21
3.12	Operadores Lógicos e Relacionais	23

4 Estruturas de Seleção	27
4.1 Condicional <code>if</code>	27
4.2 Condicional <code>if...else</code>	28
4.3 Condicional <code>if...else if...else</code>	28
4.4 A função <code>ifelse()</code>	29
4.5 Exemplos	29
5 Loop while	33
6 Loop for	37
7 Família <code>Xapply()</code>	41
7.1 Função <code>apply()</code>	42
7.2 Função <code>lapply()</code>	42
7.3 Função <code>sapply()</code>	44
7.4 Função <code>tapply()</code>	44
8 Estrutura de Dados Básicas	49
8.1 Vetor	49
9 Fatores	57
10 Matriz e array	59
10.1 Construindo matrizes	60
10.2 Índice e índice lógico	61
10.3 Nomeando linhas e colunas numa matriz	62
10.4 Multiplicação de matrizes	64
10.5 Algumas outras funções	64
11 Data-frame	65
11.1 Criando um data frame	65
11.2 Acessando linhas e colunas	66
11.3 Adicionando e removendo colunas	67
11.4 Fundindo dados	68

<i>CONTENTS</i>	5
11.5 Dimensão, informações de colunas e outros	68
11.6 A função <code>subset()</code>	70
11.7 A função <code>summary()</code>	75
11.8 Valores faltantes	76
12 Listas	77
13 Funções	79
14 Leitura de Dados	83
15 Manipulando dados	85
15.1 <code>lapply()</code> , <code>aggregate()</code> e <code>by()</code>	85
16 O package dplyr	87
17 Gráficos em R	89
17.1 Gráfico de Barras	89
17.2 Gráfico circular (pizza)	91
17.3 Histograma	92
17.4 Box-plot	94
18 Simulação	97
18.1 Geração de números pseudoaleatórios	97
19 Distribuições univariadas no R	99
19.1 Função de distribuição empírica	99
19.2 Gerando uma variável aleatória com distribuição binomial	101
19.3 Gerando uma variável aleatória com distribuição de Poisson . . .	107
19.4 Gerando uma variável aleatória com distribuição de Uniforme . .	112
19.5 Gerando uma variável aleatória com distribuição Exponencial . .	117
19.6 Gerando uma variável aleatória com distribuição Normal	122
20 Cross-references	129
20.1 Chapters and sub-chapters	129
20.2 Captioned figures and tables	129

21 Parts	133
22 Footnotes and citations	135
22.1 Footnotes	135
22.2 Citations	135
23 Blocks	137
23.1 Equations	137
23.2 Theorems and proofs	137
23.3 Callout blocks	137
24 Sharing your book	139
24.1 Publishing	139
24.2 404 pages	139
24.3 Metadata for sharing	139

Chapter 1

About

This is a *sample* book written in **Markdown**. You can use anything that Pandoc’s Markdown supports; for example, a math equation $a^2 + b^2 = c^2$.

1.1 Usage

Each **bookdown** chapter is an .Rmd file, and each .Rmd file can contain one (and only one) chapter. A chapter *must* start with a first-level heading: **# A good chapter**, and can contain one (and only one) first-level heading.

Use second-level and higher headings within chapters like: **## A short section** or **### An even shorter section**.

The `index.Rmd` file is required, and is also your first book chapter. It will be the homepage when you render the book.

1.2 Render book

You can render the HTML version of this example book without changing anything:

1. Find the **Build** pane in the RStudio IDE, and
2. Click on **Build Book**, then select your output format, or select “All formats” if you’d like to use multiple formats from the same book source files.

Or build the book from the R console:

```
bookdown::render_book()
```

To render this example to PDF as a `bookdown::pdf_book`, you'll need to install XeLaTeX. You are recommended to install TinyTeX (which includes XeLaTeX): <https://yihui.org/tinytex/>.

1.3 Preview book

As you work, you may start a local server to live preview this HTML book. This preview will update as you edit the book when you save individual .Rmd files. You can start the server in a work session by using the RStudio add-in “Preview book”, or from the R console:

```
bookdown::serve_book()
```


Chapter 2

R e RStudio

O software de código aberto R foi desenvolvido como uma implementação livre da linguagem S, que foi projetada como uma linguagem para computação estatística, programação estatística e gráficos. A intenção principal era permitir aos usuários explorar os dados de uma forma fácil e interativa, apoiada em representações gráficas significativas. O software estatístico R foi originalmente criado por Ross Ihaka e Robert Gentleman (Universidade de Auckland, Nova Zelândia).

R é um conjunto integrado de recursos de software para manipulação de dados, cálculo e exibição gráfica. Ele inclui:

- Manuseio eficaz de dados e facilidade de armazenamento;
- Um conjunto de operadores para cálculos em arrays/matrizes;
- Uma coleção grande, coerente e integrada de ferramentas intermediárias para análise de dados;
- Recursos gráficos para análise e exibição de dados na tela ou em cópia impressa;
- Uma linguagem de programação bem desenvolvida, simples e eficaz que inclui condicionais, loops, funções recursivas definidas pelo usuário e recursos de entrada e saída.

2.1 Instalação e funcionalidades básicas

- A versão “base” do R, ou seja, o software com seus comandos mais relevantes, pode ser baixado em <https://www.r-project.org/>. Após instalar o R, é recomendável instalar também um editor. Um editor permite ao usuário salvar e exibir convenientemente o código R, enviar esse

código ao R Console e controlar as configurações e a saída. Uma escolha popular de editor é o RStudio (gratuito), que pode ser baixado em <https://www.rstudio.com/>.

- Muitos pacotes adicionais escritos pelo usuário estão disponíveis online e podem ser instalados no console R ou usando o menu R. Dentro do console, a função `install.packages("pacote para instalar")` pode ser usada. Observe que é necessária uma conexão com a Internet.

2.2 Navegando no RStudio

Existem quatro painéis de trabalho no RStudio:

- **Painel de código-fonte.** Este painel é onde os scripts são gravados/carregados e exibidos. Possui realce de sintaxe e preenchimento automático, além de permitir passar o código linha por linha, como seleções ou como um todo.
- **Painel do console do R.** É aqui que os comandos são executados e é essencialmente a aparência do console do R básico, só que melhor! O console possui realce de sintaxe, preenchimento de código e interface com outros painéis do RStudio.
- **Workspace/Histórico.** A aba do espaço de trabalho exibe informações que normalmente ficam ocultas no R, como dados carregados, funções e outras variáveis. A aba histórico armazena todos os comandos (linhas de código) que foram analisados por meio do R.
- **Último painel.** Este painel inclui a aba de arquivos (lista todos os arquivos no diretório de trabalho atual), a aba de gráficos (quaisquer gráficos), a aba de pacotes (pacotes instalados e a aba de ajuda (sistema de ajuda html embutido)).

Chapter 3

R como uma calculadora e Operações Aritméticas

A estatística tem uma relação estreita com a álgebra: os conjuntos de dados podem ser vistos como matrizes e as variáveis como vetores. O R faz uso dessas estruturas e é por isso que primeiro apresentamos funcionalidades de estrutura de dados antes de explicar alguns dos comandos estatísticos básicos mais relevantes.

3.1 O prompt

- O R possui uma interface de linha de comando e aceitará comandos simples. Isso é marcado por um símbolo `>`, chamado **prompt**. Se você digitar um comando e pressionar Enter, o R irá avaliá-lo e imprimir o resultado para você.

```
print("Meu primeiro comando no R!")
```

```
## [1] "Meu primeiro comando no R!"
```

- O caractere `#` marca o início de um comentário. Todos os caracteres até o final da linha são ignorados pelo R. Usamos `#` para comentar nosso código R.

```
# Meu primeiro comando no R!
```

- Se soubermos o nome de um comando que gostaríamos de usar e quisermos aprender sobre sua funcionalidade, digitar `?command` no prompt da linha de comando do R exibe uma página de ajuda, por exemplo.

```
?sum
```

exibe uma página de ajuda para a função de soma.

- Usando

```
example(sum)
```

mostra exemplos de aplicação da respectiva função.

3.2 O que é uma variável?

Em R, uma variável é um local de armazenamento nomeado na memória onde os dados podem ser armazenados para recuperação e manipulação posterior. Variáveis em R são usadas para armazenar diferentes tipos de dados, como números, caracteres, vetores, data frames e muito mais. O tipo de dado de uma variável em R é determinado pelo valor atribuído a ela.

3.2.1 Atribuições

- A expressão `x<-10` cria uma variável `x` e atribui o valor 10 a `x`. Observe que a variável à esquerda é atribuída ao valor à direita. O lado esquerdo deve conter apenas um único nome de variável.
- Também se pode atribuir usando `=` (ou `->`). Porém, para evitar confusão, é comum usar `<-` para distinguir do operador de igualdade `=`.

```
# Atribuição correta
a <- 10
b <- a + 1
```

```
# Atribuição incorreta
10 = a
a + 2 = 10 # Uma atribuição não é uma equação
```

- O comando `c(1,2,3,4,5)` combina os números 1, 2, 3, 4 e 5 em um vetor.
- Os vetores podem ser atribuídos a um “objeto”. Por exemplo,

```
X <- c(2,12,22,32)
```

atribui um vetor numérico de comprimento 4 ao objeto X. Observe que o R diferencia maiúsculas de minúsculas, ou seja, X e x são dois nomes de variáveis diferentes.

3.3 Regras para definição de variáveis

Os nomes de variáveis em R devem começar com uma letra ou ponto final (seguido de uma letra) e podem conter letras, números, pontos e sublinhados.

- O nome da variável não pode conter espaços ou outro caracter especial (como @, #, \$, %). Devemos usar apenas letras, números e sublinhados (_). Ex: `nome_cliente2`.
- Ao nomear variáveis, você não pode usar palavras reservadas do R. Palavras reservadas são termos que possuem significados específicos e não podem ser redefinidos (por exemplo, `if`, `else`, `for`, `while`, `class`, `FALSE`, `TRUE`, `exp`, `sum`).
- Como já mencionado, o R diferencia letras maiúsculas de minúsculas, o que significa que `fcu` e `Fcu` são tratados como duas variáveis diferentes. É uma convenção comum em R usar letras minúsculas para nomes de variáveis e separar palavras com sublinhados. Ex: `faculdade_de_ciencias`.
- Escolha nomes que descrevam claramente a finalidade da variável para que o código seja mais compreensível. Ex: `nome` em vez de `x`.

```
idade <- 20  
Idade <- 30
```

3.4 Tipos de dados

Variáveis em R podem armazenar vários tipos de dados, incluindo:

- **Numeric:** Números. Ex: `42`, `3.14`
- **Character:** sequências de texto. Ex: `"Olá"`
- **Logical:** valores booleanos. Ex: `TRUE` ou `FALSE`
- **Vectors:** coleções de elementos do mesmo tipo. Ex: `c(1, 2, 3)`
- **Data Frames:** estruturas de dados tabulares com linhas e colunas

- **Lists:** coleções de elementos de diferentes tipos
- **Factors:** dados categóricos

```
# Numeric
a <- 3.14

# Character
b <- "Programação R"

# Logical
c <- 3<2

# Vectors
d <- c(1,2,3)
```

3.5 Comandos importantes

```
ls() #exibe a lista de variáveis na memória

ls.str() #mostra a estrutura da lista de variáveis na memória

rm(a) #remove um objeto

rm(list=ls()) #remover todos os objetos

save.image('nome-do-arquivo.RData') #salvar
```

3.6 Operadores aritméticos em R

Operador	Descrição	Exemplo
+	adiciona dois valores	5 + 2 resulta em 7
-	subtrai dois valores	5 - 2 resulta em 3
*	multiplica dois valores	5 * 2 resulta em 10
/	divide dois valores (sem arredondamento)	5 / 2 resulta em 2.5
%/%	realiza divisão inteira	5 %/% 2 resulta em 2
%%	retorna o resto da divisão	5 %% 2 resulta em 1
^	realiza exponenciação	5 ^ 2 resulta em 25

Exemplos:

```
1+1
```

```
## [1] 2
```

```
5-2
```

```
## [1] 3
```

```
5*21
```

```
## [1] 105
```

```
sqrt(9)
```

```
## [1] 3
```

```
3^3
```

```
## [1] 27
```

```
3**3
```

```
## [1] 27
```

```
log(9)
```

```
## [1] 2.197225
```

```
log10(9)
```

```
## [1] 0.9542425
```

```
# prioridade de resolução  
19 + 26 / 4 - 2 * 10
```

```
## [1] 5.5
```

```
((19 + 26) / (4 - 2)) * 10
```

```
## [1] 225
```

3.7 Quantidade de dígitos

```
exp(1)
```

```
## [1] 2.718282
```

```
options(digits = 20)
```

```
exp(1)
```

```
## [1] 2.7182818284590450908
```

```
options(digits = 3)
```

```
exp(1)
```

```
## [1] 2.72
```

3.8 Infinito, indefinido e valores ausentes

```
1/0
```

```
## [1] Inf
```

```
2*Inf
```

```
## [1] Inf
```

```
-1/0
```

```
## [1] -Inf
```



```
0/0
```

```
## [1] NaN
```

```
0*Inf
```

```
## [1] NaN
```

```
sqrt(-1)
```

```
## Warning in sqrt(-1): NaNs produced
```

```
## [1] NaN
```

```
c(1,2,3,NA,5)
```

```
## [1] 1 2 3 NA 5
```

```
mean(c(1,2,3,NA,5))
```

```
## [1] NA
```

```
mean(c(1,2,3,NA,5), na.rm = TRUE)
```

```
## [1] 2.75
```

```
x <- c(1, 2, NaN, 4, 5)
```

```
y <- c(1, 2, NA, 4, 5)
```

```
is.na(x)
```

```
## [1] FALSE FALSE TRUE FALSE FALSE
```

```
is.nan(x)
```

```
## [1] FALSE FALSE TRUE FALSE FALSE
```

```
is.na(y)
```

```
## [1] FALSE FALSE TRUE FALSE FALSE
```

```
is.nan(y)
```

```
## [1] FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE
```

```
# Operações com NaN e NA
```

```
sum(x) # Exibe: NaN, porque a soma envolve um NaN
```

```
## [1] NaN
```

```
sum(y) # Exibe: NA, porque a soma envolve um NA
```

```
## [1] NA
```

```
sum(x, na.rm = TRUE) # Exibe: 12, ignora NaN na soma
```

```
## [1] 12
```

```
sum(y, na.rm = TRUE) # Exibe: 12, ignora NA na soma
```

```
## [1] 12
```

- **NaN** significa “**Not a Number**” e é usado para representar resultados indefinidos de operações matemáticas.
- **NA** significa “**Not Available**” e é usado para representar dados ausentes ou valores que não estão disponíveis em um conjunto de dados.

3.9 Escrita dinâmica

O R determina dinamicamente o tipo de uma variável com base no valor atribuído a ela.

```
x <- 5
class(x)
```

```
## [1] "numeric"
```

```
y <- "Cinco"
class(y)
```

```
## [1] "character"
```

```
z <- TRUE
class(z)
```

```
## [1] "logical"
```

- A função `class()` retorna a classe de um objeto em R. A classe de um objeto determina como ele será tratado pelas funções que operam sobre ele. Por exemplo, vetores, matrizes, data frames e listas são todas classes de objetos em R.
- A função `typeof()` em R é usada para retornar o tipo de armazenamento interno de um objeto. Ela fornece informações detalhadas sobre como os dados são representados na memória.

```
x <- 1:10
class(x)
```

```
## [1] "integer"
```

```
typeof(x)
```

```
## [1] "integer"
```

```
y <- c(1.1, 2.2, 3.3)
class(y)
```

```
## [1] "numeric"
```

```
typeof(y)
```

```
## [1] "double"
```

```
z <- data.frame(a = 1:3, b = c("A", "B", "C"))
class(z)
```

```
## [1] "data.frame"
```

```
typeof(z)
```

```
## [1] "list"
```

```
w <- list(a = 1, b = "text")
class(w)
```

```
## [1] "list"
```

```
typeof(w)
```

```
## [1] "list"
```

3.10 Conversão entre tipos de dados

```
# Convertendo inteiro em string
a <- 15
b <- as.character(15)
print(b)
```

```
## [1] "15"
```

```
# Convertendo float em inteiro
x <- 1.5
y <- as.integer(x)
print(y)
```

```
## [1] 1
```

```
# Convertendo string em float
z <- "10"
w <- as.numeric(z)
print(w)
```

```
## [1] 10
```

3.11 Funções print(), readline(), paste() e cat()

- A função `print()` é utilizada para exibir valores e resultados de expressões no console.
- A função `readline()` é usada para receber entradas do usuário por meio do teclado.
- A função `paste()` é utilizada para concatenar strings com um separador específico.
- A função `paste0()` é utilizada para concatenar strings sem nenhum separador específico.
- A função `cat()` é usada para concatenar e exibir uma ou mais cadeias de caracteres (strings) ou valores de uma forma mais direta, sem estruturas de formatação adicionais.

Ex1:

```
nome1 <- "faculdade"
nome2 <- "ciências"
print(paste(nome1, nome2))
```

```
## [1] "faculdade ciências"
```

Ex2:

```
# Solicitar entrada do usuário
n <- readline(prompt = "Digite um número: ")

# Converta a entrada em um valor numérico
n <- as.integer(n)

# Imprima o valor no ecrã
print(n+1)
```

Ex3:

```
# Solicitar entrada do usuário
nome <- readline(prompt = "Entre com o seu nome: ")
```

```
## Entre com o seu nome:
```

```
# Imprima uma mensagem de saudação
cat("Olá, ", nome, "!")
```

```
## Olá,    !
```

Ex4:

```
# Solicitar ao usuário a entrada numérica
idade <- readline(prompt = "Digite a sua idade: ")

# Converta a entrada em um valor numérico
idade <- as.numeric(idade)

# Verifique se a entrada é numérica
if (is.na(idade)) {
  cat("Entrada inválida. Insira um valor numérico.\n")
} else {
  cat("Você tem ", idade, " anos.\n")
}
```

Concatenando duas palavras simples

```
result <- paste("Hello", "World")
print(result)
```

```
## [1] "Hello World"
```

Concatenando várias strings

```
result <- paste("Data", "Science", "with", "R")
print(result)
```

```
## [1] "Data Science with R"
```

Concatenando com um separador específico

```
result <- paste("2024", "04", "28", sep="-")
print(result)
```

```
## [1] "2024-04-28"
```

Concatenando vetor de strings

```
first_names <- c("Anna", "Bruno", "Carlos")
last_names <- c("Smith", "Oliveira", "Santos")
result <- paste(first_names, last_names)
print(result)
```

```
## [1] "Anna Smith"      "Bruno Oliveira" "Carlos Santos"
```

Concatene com cada elemento de um vetor

```
numbers <- 1:3
result <- paste("Number", numbers)
print(result)
```

```
## [1] "Number 1" "Number 2" "Number 3"
```

Usando paste0() para concatenar sem espaço

```
result <- paste0("Hello", "World")
print(result)
```

```
## [1] "HelloWorld"
```

Concatenando strings com números

```
age <- 25
result <- paste("I am", age, "years old")
print(result)
```

```
## [1] "I am 25 years old"
```

3.12 Operadores Lógicos e Relacionais

No R, operadores lógicos e relacionais são utilizados para realizar comparações e tomar decisões com base nos resultados dessas comparações. Estes operadores são fundamentais para a construção de estruturas de controle de fluxo, como instruções condicionais (`if`, `else`) e loops (`for`, `while`).

3.12.1 Operadores Lógicos

Os operadores lógicos são usados para combinar ou modificar condições lógicas.

- O operador `&` (E lógico) retorna `TRUE` se todas as expressões forem verdadeiras.
- O operador `|` (OU lógico) retorna `TRUE` se pelo menos uma das expressões for verdadeira.
- O operador `!` (Não lógico) inverte o valor de uma expressão booleana, transformando `TRUE` em `FALSE` e vice-versa.

Exemplos:

```
(5 > 3) & (4 > 2)
```

```
## [1] TRUE
```

```
(5 < 3) | (4 > 2)
```

```
## [1] TRUE
```

```
!(5 > 3)
```

```
## [1] FALSE
```

3.12.2 Operadores Relacionais

Os operadores relacionais são usados para comparar valores e retornam valores lógicos (`TRUE` ou `FALSE`) com base na comparação.

- `a == b` (“a” é igual a “b”)
- `a != b` (“a” é diferente de “b”)
- `a > b` (“a” é maior que “b”)
- `a < b` (“a” é menor que “b”)
- `a >= b` (“a” é maior ou igual a “b”)
- `a <= b` (“a” é menor ou igual a “b”)
- `is.na(a)` (“a” é missing - ausente/faltante)
- `is.null(a)` (“a” é nulo)

Exemplos:


```
# maior que  
2 > 1
```

```
## [1] TRUE
```

```
1 > 2
```

```
## [1] FALSE
```

```
# menor que  
1 < 2
```

```
## [1] TRUE
```

```
# maior ou igual a  
0 >= (2+(-2))
```

```
## [1] TRUE
```

```
# menor ou igual a  
1 <= 3
```

```
## [1] TRUE
```

```
# conjunção E  
9 > 11 & 0 < 1
```

```
## [1] FALSE
```

```
# ou  
6 < 5 | 0 > -1
```

```
## [1] TRUE
```

```
# igual a  
1 == 2/2
```

```
## [1] TRUE
```

```
# diferente de  
1 != 2
```

```
## [1] TRUE
```

Chapter 4

Estruturas de Seleção

Em R, as estruturas de seleção ou decisão são usadas para controlar o fluxo de execução do código com base em condições específicas. Estas estruturas permitem executar diferentes blocos de código dependendo de valores ou condições lógicas. As estruturas de seleção mais comuns em R são `if`, `if, else`, `else if`.

4.1 Condicional `if`

A instrução `if` executa um bloco de código se uma condição for verdadeira.

```
# Sintaxe
if (condição) {
    # Código a ser executado se a condição for TRUE
}
```

Exemplo 1:

```
x <- 10

if (x > 5) {
    print("x é maior que 5")
}
```

```
## [1] "x é maior que 5"
```

4.2 Condicional `if...else`

A estrutura `if...else` permite executar um bloco de código quando a condição é verdadeira e outro bloco de código quando a condição é falsa.

```
# Sintaxe
if (condição) {
    # Código a ser executado se a condição for TRUE
} else {
    # Código a ser executado se a condição for FALSE
}
```

Exemplo 2:

```
x <- 3

if (x > 5) {
    print("x é maior que 5")
} else {
    print("x não é maior que 5")
}
```

```
## [1] "x não é maior que 5"
```

4.3 Condicional `if...else if...else`

A estrutura `if...else if...else` permite testar múltiplas condições em sequência. Executa o bloco de código do primeiro teste que resulta em verdadeiro.

```
# Sintaxe
if (condição1) {
    # Código se condição1 for TRUE
} else if (condição2) {
    # Código se condição2 for TRUE
} else {
    # Código se nenhuma condição anterior for TRUE
}
```

Exemplo 3:

```
x <- 7
```

```

if (x > 10) {
  print("x é maior que 10")
} else if (x > 5) {
  print("x é maior que 5, mas não maior que 10")
} else {
  print("x não é maior que 5")
}

```

```
## [1] "x é maior que 5, mas não maior que 10"
```

4.4 A função ifelse()

A função `ifelse` é uma versão vetorizada de `if...else` que retorna valores dependendo de uma condição. É muito útil para aplicar condições a vetores. Veremos mais sobre isso após falarmos sobre vetores.

```

# Sintaxe
resultado <- ifelse(condição, valor_se_true, valor_se_false)

```

Exemplo 4:

```

valores <- c(4, 6, 9, 3)
resultado <- ifelse(valores > 5, "maior que 5", "não é maior que 5")
print(resultado)

```

```
## [1] "não é maior que 5" "maior que 5"      "maior que 5"
## [4] "não é maior que 5"
```

4.5 Exemplos

Exemplo 5: Indique o(os) erro(s) no código abaixo

```

if (x%%2 = 0){
  print("Par")
} else {
  print("Ímpar")
}

```

Código correto

```
if (x%2 == 0){  
    print("Par")  
} else {  
    print("Ímpar")  
}
```

Exemplo 6: Indique o(os) erro(os) no código abaixo

```
if (a>0) {  
    print("Positivo")  
    if (a%5 == 0)  
        print("Divisível por 5")  
} else if (a==0)  
    print("Zero")  
else if {  
    print("Negativo")  
}
```

Código correto

```
if (a>0) {  
    print("Positivo")  
    if (a%5 == 0) {  
        print("Divisível por 5")  
    }  
} else if (a==0) {  
    print("Zero")  
} else {  
    print("Negativo")  
}
```

Exemplo 7: Quais os valores de x e y no final da execução

```
x = 1  
y = 0  
if (x == 1){  
    y = y - 1  
}  
if (y == 1){  
    x = x + 1  
}
```

Exemplo 8:

- Se $x=1$ qual será o valor de x no final da execução?
- Qual teria de ser o valor de x para que no final da execução fosse -1?
- Há uma parte do programa que nunca é executada: qual é e porquê?

```
if (x == 1){  
    x = x + 1  
    if (x == 1){  
        x = x + 1  
    } else {  
        x = x - 1  
    }  
} else {  
    x = x - 1  
}
```


Chapter 5

Loop while

A instrução `while` em R é uma estrutura de controle de fluxo que permite executar um bloco de código repetidamente, enquanto uma condição especificada for verdadeira. É particularmente útil para situações em que o número de repetições não é conhecido antecipadamente, mas depende de alguma condição lógica.

```
# Sintaxe  
while (condição) {  
  # Bloco de código a ser executado  
}
```

- **condição:** Uma expressão lógica que é avaliada antes de cada iteração do loop. Enquanto essa condição for `TRUE`, o bloco de código dentro do `while` será executado.
- **Bloco de código:** As instruções que devem ser repetidamente executadas enquanto a condição for verdadeira.

Como funciona o `while`

- **Avaliação da Condição:** Antes de cada execução do bloco de código, a condição é avaliada.
- **Execução do Bloco de Código:** Se a condição for `TRUE`, o bloco de código dentro do `while` é executado.
- **Reavaliação:** Após a execução do bloco de código, a condição é reavaliada. Se continuar a ser `TRUE`, o ciclo se repete. Se a condição for `FALSE`, o loop termina e o controle do programa continua com a próxima instrução após o `while`.

Exemplo 1: Somando números até um limite.

```
limite <- 10
soma <- 0
contador <- 1

while (contador <= limite) {
  soma <- soma + contador
  contador <- contador + 1
}

print(paste("A soma dos números de 1 a", limite, "é:", soma))
```

```
## [1] "A soma dos números de 1 a 10 é: 55"
```

Exemplo 2: Escrevendo a tabuada de um número inteiro

```
n <- as.numeric(readline("Digite um número inteiro: "))

print(paste("Tabuada do", n, ":"))
i=1
while (i <= 10){
  print(paste(n,"x",i, "=", n*i))
  i + 1
}
```

Explique porque o programa acima não termina. Qual o erro no nosso código?

Exemplo 3:

```
limite <- 10
soma <- 0
contador <- 1

while (contador <= limite) {
  soma <- soma + contador
  print(contador)
  if (contador == 3){
    break
  }
  contador <- contador + 1
}
```

```
## [1] 1
## [1] 2
## [1] 3
```

- **break** é uma instrução utilizada em ciclos para interromper a sua execução (sair de um ciclo antes de ter sido percorrido completamente). Quando o **break** é chamado, o loop é imediatamente interrompido, e o fluxo de execução continua na próxima linha de código após o loop.

Considerações importantes sobre o uso do **while()**

- **Condição de Parada:** É crucial garantir que a condição do **while** se torne **FALSE** em algum ponto para evitar loops infinitos que podem fazer o programa parar de responder.
- **Incremento/Decremento:** Certifique-se de que a variável que controla a condição seja atualizada adequadamente dentro do loop para evitar loops infinitos.
- **Desempenho:** Loops **while** podem ser menos eficientes do que loops vetorizados em R, portanto, para grandes conjuntos de dados, considere outras abordagens, como aplicar funções vetorizadas (**apply**, **lapply**, etc.).

Chapter 6

Loop for

A instrução `for` em R é uma estrutura de controle de fluxo que permite executar repetidamente um bloco de código para cada elemento em um conjunto de elementos. É especialmente útil para situações em que se conhece o número de iterações a serem realizadas com antecedência. A instrução `for` é amplamente utilizada em R para iterar sobre vetores, listas, data frames e outras estruturas de dados.

```
# Sintaxe
for (variável in sequência) {
  # Bloco de código a ser executado
}
```

- **variável:** Uma variável que assume o valor de cada elemento na sequência em cada iteração do loop.
- **sequência:** Um vetor, lista ou qualquer estrutura de dados sobre a qual se deseja iterar.
- **bloco de código:** O conjunto de instruções que serão executadas para cada elemento da sequência.

Como funciona o `for()`

- **Inicialização:** Antes do loop começar, a variável de controle é inicializada com o primeiro elemento da sequência.
- **Iteração:** Em cada iteração do loop, a variável de controle assume o próximo valor da sequência.
- ****Execução do Bloco de Código*:** O bloco de código dentro do loop é executado uma vez para cada elemento da sequência.

- **Finalização:** O loop termina quando todos os elementos da sequência forem processados.

Exemplo 1: Imprima os números de 0 a 10 no ecrã.

```
for (i in 0:10) {  
  print(i)  
}
```

Exemplo 2: Soma dos elementos de um vetor

```
numeros <- c(1, 2, 3, 4, 5)  
soma <- 0  
  
for (num in numeros) {  
  soma <- soma + num  
}  
  
print(paste("A soma dos números é:", soma))
```

```
## [1] "A soma dos números é: 15"
```

Exemplo 3: Uso do `for` com índices. Você também pode usar o loop `for` para iterar sobre índices de vetores ou listas, o que pode ser útil quando se deseja acessar ou modificar elementos em posições específicas. Multiplique por 2 os elementos do vetor.

```
numeros <- c(10, 20, 30, 40, 50)  
  
for (i in 1:length(numeros)) {  
  numeros[i] <- numeros[i] * 2  
}  
  
print("Elementos do vetor multiplicados por 2:")
```

```
## [1] "Elementos do vetor multiplicados por 2:"
```

```
print(numeros)
```

```
## [1] 20 40 60 80 100
```

Exemplo 4: Exemplo com matrizes. O loop `for` também pode ser usado para iterar sobre elementos de uma matriz, seja por linha ou por coluna.

```
matriz <- matrix(1:9, nrow=3, ncol=3)
soma_linhas <- numeric(nrow(matriz))

for (i in 1:nrow(matriz)) {
  soma_linhas[i] <- sum(matriz[i, ])
}

print("Soma dos elementos de cada linha:")
```

```
## [1] "Soma dos elementos de cada linha:"
```

```
print(soma_linhas)
```

```
## [1] 12 15 18
```

Exemplo 5: Cálculo de Médias de Colunas em um Data Frame

```
dados <- data.frame(
  A = c(1, 2, 3),
  B = c(4, 5, 6),
  C = c(7, 8, 9)
)

medias <- numeric(ncol(dados))

for (col in 1:ncol(dados)) {
  medias[col] <- mean(dados[, col])
}

print("Médias das colunas do data frame:")
```

```
## [1] "Médias das colunas do data frame:"
```

```
print(medias)
```

```
## [1] 2 5 8
```


Chapter 7

Família Xapply()

A família `Xapply()` no R refere-se a um conjunto de funções que são usadas para iterar sobre objetos de forma eficiente, substituindo a necessidade de ciclos explícitos como `for`. Essas funções são muito úteis para realizar operações repetitivas em listas, vetores, matrizes, data frames e outros objetos, de maneira concisa e muitas vezes mais rápida.

Função	Argumentos	Objetivo	Input	Output
<code>apply</code>	<code>apply(x, MARGIN, FUN)</code>	Aplica uma função às linhas ou colunas ou a ambas	Data frame ou matriz	vetor, lista, array
<code>lapply</code>	<code>lapply(x, FUN)</code>	Aplica uma função a todos os elementos da entrada	Lista, vetor ou data frame	lista
<code>sapply</code>	<code>sapply(x, FUN)</code>	Aplica uma função a todos os elementos da entrada	Lista, vetor ou data frame	vetor ou matriz
<code>tapply</code>	<code>tapply(x, INDEX, FUN)</code>	Aplica uma função a cada fator	Vetor ou data frame	array

7.1 Função `apply()`

Aplica uma função a margens (linhas ou colunas) de uma matriz ou data frame e fornece saída em vetor, lista ou array. É usada para evitar loops (ciclos).

```
# Sintaxe  
apply(X, MARGIN, FUN)
```

- X: A matriz ou data frame.
- MARGIN: Indica se a função deve ser aplicada a linha (1) ou coluna (2).
- FUN: A função a ser aplicada.

Exemplo: Calcular a soma, a média e a raiz quadrada de cada coluna de uma matriz.

```
matriz <- matrix(1:9, nrow = 3)  
  
apply(matriz, 2, sum)
```

```
## [1] 6 15 24
```

```
apply(matriz, 2, mean)
```

```
## [1] 2 5 8
```

```
f <- function(x) sqrt(x)  
apply(matriz, 2, f)
```

```
##      [,1] [,2] [,3]  
## [1,] 1.00 2.00 2.65  
## [2,] 1.41 2.24 2.83  
## [3,] 1.73 2.45 3.00
```

7.2 Função `lapply()`

Aplica uma função a cada elemento de uma lista ou vetor e retorna uma lista. É útil quando você precisa manter a estrutura de saída como uma lista.

```
# Sintaxe  
lapply(X, FUN, ...)
```

- X: A lista ou vetor.
- FUN: A função a ser aplicada.

Exemplo 1:

```
nomes <- c("ANA", "JOAO", "PAULO", "FILIPA")  
(nomes_minusc <- lapply(nomes, tolower))
```

```
## [[1]]  
## [1] "ana"  
##  
## [[2]]  
## [1] "joao"  
##  
## [[3]]  
## [1] "paulo"  
##  
## [[4]]  
## [1] "filipa"
```

```
str(nomes_minusc)
```

```
## List of 4  
## $ : chr "ana"  
## $ : chr "joao"  
## $ : chr "paulo"  
## $ : chr "filipa"
```

Exemplo 2:

```
# Aplicar a função sqrt a cada elemento de uma lista  
vetor_dados <- list(a = 1:4, b = 5:8)  
lapply(vetor_dados, sqrt)
```

```
## $a  
## [1] 1.00 1.41 1.73 2.00  
##  
## $b  
## [1] 2.24 2.45 2.65 2.83
```

7.3 Função sapply()

Similar ao lapply(), aplica uma função a cada elemento de uma lista, vetor ou data frame, mas tenta simplificar o resultado(saída) para um vetor ou matriz.

```
# Sintaxe  
sapply(X, FUN, ...)
```

Exemplo

```
dados <- 1:5  
f <- function(x) x^2  
  
lapply(dados, f)
```

```
## [[1]]  
## [1] 1  
##  
## [[2]]  
## [1] 4  
##  
## [[3]]  
## [1] 9  
##  
## [[4]]  
## [1] 16  
##  
## [[5]]  
## [1] 25
```

```
sapply(dados, f)
```

```
## [1] 1 4 9 16 25
```

7.4 Função tapply()

Aplica uma função a grupos de valores em um vetor. É ideal para operações em subconjuntos de dados categorizados.

```
# Sintaxe  
tapply(X, INDEX, FUN, ...)
```

- X: O vetor de dados
- INDEX: Um fator ou lista de fatores que definem os grupos.
- FUN: A função a ser aplicada

Exemplo: O dataset `iris` no R é um dos conjuntos de dados mais conhecidos e frequentemente utilizados para exemplificar análises estatísticas e técnicas de aprendizado de máquina. Foi introduzido por Ronald A. Fisher em 1936 em seu artigo sobre a utilização de modelos estatísticos para discriminação de espécies de plantas. O objetivo deste conjunto de dados é prever a classe de cada uma das três espécies de flores (fatores): Setosa, Versicolor, Virginica. O conjunto de dados coleta informações para cada espécie sobre seu comprimento e largura.

```
iris
```

##	Sepal.Length	Sepal.Width	Petal.Length	Petal.Width	Species
## 1	5.1	3.5	1.4	0.2	setosa
## 2	4.9	3.0	1.4	0.2	setosa
## 3	4.7	3.2	1.3	0.2	setosa
## 4	4.6	3.1	1.5	0.2	setosa
## 5	5.0	3.6	1.4	0.2	setosa
## 6	5.4	3.9	1.7	0.4	setosa
## 7	4.6	3.4	1.4	0.3	setosa
## 8	5.0	3.4	1.5	0.2	setosa
## 9	4.4	2.9	1.4	0.2	setosa
## 10	4.9	3.1	1.5	0.1	setosa
## 11	5.4	3.7	1.5	0.2	setosa
## 12	4.8	3.4	1.6	0.2	setosa
## 13	4.8	3.0	1.4	0.1	setosa
## 14	4.3	3.0	1.1	0.1	setosa
## 15	5.8	4.0	1.2	0.2	setosa
## 16	5.7	4.4	1.5	0.4	setosa
## 17	5.4	3.9	1.3	0.4	setosa
## 18	5.1	3.5	1.4	0.3	setosa
## 19	5.7	3.8	1.7	0.3	setosa
## 20	5.1	3.8	1.5	0.3	setosa
## 21	5.4	3.4	1.7	0.2	setosa
## 22	5.1	3.7	1.5	0.4	setosa
## 23	4.6	3.6	1.0	0.2	setosa
## 24	5.1	3.3	1.7	0.5	setosa
## 25	4.8	3.4	1.9	0.2	setosa
## 26	5.0	3.0	1.6	0.2	setosa
## 27	5.0	3.4	1.6	0.4	setosa
## 28	5.2	3.5	1.5	0.2	setosa
## 29	5.2	3.4	1.4	0.2	setosa

## 30	4.7	3.2	1.6	0.2	setosa
## 31	4.8	3.1	1.6	0.2	setosa
## 32	5.4	3.4	1.5	0.4	setosa
## 33	5.2	4.1	1.5	0.1	setosa
## 34	5.5	4.2	1.4	0.2	setosa
## 35	4.9	3.1	1.5	0.2	setosa
## 36	5.0	3.2	1.2	0.2	setosa
## 37	5.5	3.5	1.3	0.2	setosa
## 38	4.9	3.6	1.4	0.1	setosa
## 39	4.4	3.0	1.3	0.2	setosa
## 40	5.1	3.4	1.5	0.2	setosa
## 41	5.0	3.5	1.3	0.3	setosa
## 42	4.5	2.3	1.3	0.3	setosa
## 43	4.4	3.2	1.3	0.2	setosa
## 44	5.0	3.5	1.6	0.6	setosa
## 45	5.1	3.8	1.9	0.4	setosa
## 46	4.8	3.0	1.4	0.3	setosa
## 47	5.1	3.8	1.6	0.2	setosa
## 48	4.6	3.2	1.4	0.2	setosa
## 49	5.3	3.7	1.5	0.2	setosa
## 50	5.0	3.3	1.4	0.2	setosa
## 51	7.0	3.2	4.7	1.4	versicolor
## 52	6.4	3.2	4.5	1.5	versicolor
## 53	6.9	3.1	4.9	1.5	versicolor
## 54	5.5	2.3	4.0	1.3	versicolor
## 55	6.5	2.8	4.6	1.5	versicolor
## 56	5.7	2.8	4.5	1.3	versicolor
## 57	6.3	3.3	4.7	1.6	versicolor
## 58	4.9	2.4	3.3	1.0	versicolor
## 59	6.6	2.9	4.6	1.3	versicolor
## 60	5.2	2.7	3.9	1.4	versicolor
## 61	5.0	2.0	3.5	1.0	versicolor
## 62	5.9	3.0	4.2	1.5	versicolor
## 63	6.0	2.2	4.0	1.0	versicolor
## 64	6.1	2.9	4.7	1.4	versicolor
## 65	5.6	2.9	3.6	1.3	versicolor
## 66	6.7	3.1	4.4	1.4	versicolor
## 67	5.6	3.0	4.5	1.5	versicolor
## 68	5.8	2.7	4.1	1.0	versicolor
## 69	6.2	2.2	4.5	1.5	versicolor
## 70	5.6	2.5	3.9	1.1	versicolor
## 71	5.9	3.2	4.8	1.8	versicolor
## 72	6.1	2.8	4.0	1.3	versicolor
## 73	6.3	2.5	4.9	1.5	versicolor
## 74	6.1	2.8	4.7	1.2	versicolor
## 75	6.4	2.9	4.3	1.3	versicolor

## 76	6.6	3.0	4.4	1.4 versicolor
## 77	6.8	2.8	4.8	1.4 versicolor
## 78	6.7	3.0	5.0	1.7 versicolor
## 79	6.0	2.9	4.5	1.5 versicolor
## 80	5.7	2.6	3.5	1.0 versicolor
## 81	5.5	2.4	3.8	1.1 versicolor
## 82	5.5	2.4	3.7	1.0 versicolor
## 83	5.8	2.7	3.9	1.2 versicolor
## 84	6.0	2.7	5.1	1.6 versicolor
## 85	5.4	3.0	4.5	1.5 versicolor
## 86	6.0	3.4	4.5	1.6 versicolor
## 87	6.7	3.1	4.7	1.5 versicolor
## 88	6.3	2.3	4.4	1.3 versicolor
## 89	5.6	3.0	4.1	1.3 versicolor
## 90	5.5	2.5	4.0	1.3 versicolor
## 91	5.5	2.6	4.4	1.2 versicolor
## 92	6.1	3.0	4.6	1.4 versicolor
## 93	5.8	2.6	4.0	1.2 versicolor
## 94	5.0	2.3	3.3	1.0 versicolor
## 95	5.6	2.7	4.2	1.3 versicolor
## 96	5.7	3.0	4.2	1.2 versicolor
## 97	5.7	2.9	4.2	1.3 versicolor
## 98	6.2	2.9	4.3	1.3 versicolor
## 99	5.1	2.5	3.0	1.1 versicolor
## 100	5.7	2.8	4.1	1.3 versicolor
## 101	6.3	3.3	6.0	2.5 virginica
## 102	5.8	2.7	5.1	1.9 virginica
## 103	7.1	3.0	5.9	2.1 virginica
## 104	6.3	2.9	5.6	1.8 virginica
## 105	6.5	3.0	5.8	2.2 virginica
## 106	7.6	3.0	6.6	2.1 virginica
## 107	4.9	2.5	4.5	1.7 virginica
## 108	7.3	2.9	6.3	1.8 virginica
## 109	6.7	2.5	5.8	1.8 virginica
## 110	7.2	3.6	6.1	2.5 virginica
## 111	6.5	3.2	5.1	2.0 virginica
## 112	6.4	2.7	5.3	1.9 virginica
## 113	6.8	3.0	5.5	2.1 virginica
## 114	5.7	2.5	5.0	2.0 virginica
## 115	5.8	2.8	5.1	2.4 virginica
## 116	6.4	3.2	5.3	2.3 virginica
## 117	6.5	3.0	5.5	1.8 virginica
## 118	7.7	3.8	6.7	2.2 virginica
## 119	7.7	2.6	6.9	2.3 virginica
## 120	6.0	2.2	5.0	1.5 virginica
## 121	6.9	3.2	5.7	2.3 virginica

```
## 122      5.6      2.8      4.9      2.0 virginica
## 123      7.7      2.8      6.7      2.0 virginica
## 124      6.3      2.7      4.9      1.8 virginica
## 125      6.7      3.3      5.7      2.1 virginica
## 126      7.2      3.2      6.0      1.8 virginica
## 127      6.2      2.8      4.8      1.8 virginica
## 128      6.1      3.0      4.9      1.8 virginica
## 129      6.4      2.8      5.6      2.1 virginica
## 130      7.2      3.0      5.8      1.6 virginica
## 131      7.4      2.8      6.1      1.9 virginica
## 132      7.9      3.8      6.4      2.0 virginica
## 133      6.4      2.8      5.6      2.2 virginica
## 134      6.3      2.8      5.1      1.5 virginica
## 135      6.1      2.6      5.6      1.4 virginica
## 136      7.7      3.0      6.1      2.3 virginica
## 137      6.3      3.4      5.6      2.4 virginica
## 138      6.4      3.1      5.5      1.8 virginica
## 139      6.0      3.0      4.8      1.8 virginica
## 140      6.9      3.1      5.4      2.1 virginica
## 141      6.7      3.1      5.6      2.4 virginica
## 142      6.9      3.1      5.1      2.3 virginica
## 143      5.8      2.7      5.1      1.9 virginica
## 144      6.8      3.2      5.9      2.3 virginica
## 145      6.7      3.3      5.7      2.5 virginica
## 146      6.7      3.0      5.2      2.3 virginica
## 147      6.3      2.5      5.0      1.9 virginica
## 148      6.5      3.0      5.2      2.0 virginica
## 149      6.2      3.4      5.4      2.3 virginica
## 150      5.9      3.0      5.1      1.8 virginica
```

```
tapply(iris$Petal.Length, iris$Species, mean)
```

```
##      setosa versicolor virginica
##      1.46      4.26      5.55
```


Chapter 8

Estrutura de Dados Básicas

Em R temos objetos que são funções e objetos que são dados.

- Exemplos de funções:
 - `cos()`
 - `print()`
 - `plot()`
 - `integrate()`
- Exemplos de dados:
 - `23`
 - `"Hello"`
 - `TRUE`
 - `c(1,2,3)`
 - `data.frame(nome = c("Alice", "Bob"), idade = c(25, 30))`
 - `list(numero = 42, nome = "Alice", flag = TRUE)`
 - `factor(c("homem", "mulher", "mulher", "homem"))`

8.1 Vetor

Um vetor é uma estrutura de dados básica que pode armazenar uma sequência de objetos do mesmo tipo. Vetores podem conter dados numéricos, caracteres, valores lógicos (`TRUE/FALSE`), números complexos, entre outros.

- Todos os elementos de um vetor devem ser do mesmo tipo.
- Os elementos de um vetor são indexados a partir de 1.

- Vetores podem ser facilmente manipulados e transformados usando uma ampla gama de funções.
- Vetores podem ser criados usando a função `c()` (combine ou concatenate).

8.1.1 Tipos Comuns de Vetores

```
# vetor numérico  
c(1.1, 2.2, 3.3)
```

```
## [1] 1.1 2.2 3.3
```

```
# vetor inteiro  
c(1L, 2L, 3L)
```

```
## [1] 1 2 3
```

```
# vetor de strings  
c("a", "b", "c")
```

```
## [1] "a" "b" "c"
```

```
# vetor lógico  
c(TRUE, 1==2)
```

```
## [1] TRUE FALSE
```

```
# Não podemos ter combinações...  
c(3, 1==2, "a") ## Observe que o R simplesmente transformou tudo em characters!
```

```
## [1] "3" "FALSE" "a"
```

8.1.2 Construindo vetores

```
# Inteiros de 1 a 10  
x <- 1:10  
x
```

```
## [1] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
```

```
# Sequência de 0 a 50 de 10 em 10
a <- seq(from = 0, to = 50, by=10)
a
```

```
## [1] 0 10 20 30 40 50
```

```
# Sequência de 11 números de 0 a 1
y <- seq(0,1, length=15)
y
```

```
## [1] 0.0000 0.0714 0.1429 0.2143 0.2857 0.3571 0.4286 0.5000 0.5714 0.6429
## [11] 0.7143 0.7857 0.8571 0.9286 1.0000
```

```
# O mesmo número ou o mesmo vetor várias vezes
z <- rep(1:3, times=4)
z
```

```
## [1] 1 2 3 1 2 3 1 2 3 1 2 3
```

```
t <- rep(1:3, each=4)
t
```

```
## [1] 1 1 1 1 2 2 2 2 3 3 3 3
```

```
# Combine números, vetores ou ambos em um novo vetor
w <- c(x,z,5)
w
```

```
## [1] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 1 2 3 1 2 3 1 2 3 1 2 3 5
```

8.1.3 Acesso a Elementos de um Vetor

```
# Defina um vetor com inteiros de (-5) a 5 e extraia os números com valor absoluto menor que 3:
x<- (-5):5
x
```

```
## [1] -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5
```

```
# pelo seu índice no vetor:  
x[4:8]
```

```
## [1] -2 -1  0  1  2
```

```
# ou, por seleção negativa (coloque um sinal de menos na frente dos índices que não qu  
x[-c(1:3,9:11)]
```

```
## [1] -2 -1  0  1  2
```

```
# Um vetor lógico pode ser definido por:  
index<-abs(x)<3  
index
```

```
## [1] FALSE FALSE FALSE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE  TRUE FALSE FALSE FALSE
```

```
# Agora este vetor pode ser usado para extrair os números desejados:  
x[index]
```

```
## [1] -2 -1  0  1  2
```

```
# Que é a mesma coisa que...  
x[abs(x) < 3]
```

```
## [1] -2 -1  0  1  2
```

```
letters[1:3]
```

```
## [1] "a" "b" "c"
```

```
letters[c(2,4,6)]
```

```
## [1] "b" "d" "f"
```

```
LETTERS[1:3]
```

```
## [1] "A" "B" "C"
```

```
y <- 1:10  
y[ (y>5) ] # seleciona qualquer número > 5
```

```
## [1] 6 7 8 9 10
```

```
y[ (y%%2==0) ] # números que são divisíveis por 2
```

```
## [1] 2 4 6 8 10
```

```
y[ (y%%2==1) ] # números que não são divisíveis por 2
```

```
## [1] 1 3 5 7 9
```

```
y[5] <- NA  
y[!is.na(y)] # todos y que não são NA
```

```
## [1] 1 2 3 4 6 7 8 9 10
```

8.1.4 Funções Comuns para Vetores

```
num_vector <- c(2.2, 1.1, 3.3)  
  
# Obtém o comprimento de um vetor  
length(num_vector)
```

```
## [1] 3
```

```
# Calcula a soma dos elementos de um vetor  
sum(num_vector)
```

```
## [1] 6.6
```

```
# Calcula a média dos elementos de um vetor  
mean(num_vector)
```

```
## [1] 2.2
```

```
# Ordena os elementos de um vetor  
sort(num_vector)
```

```
## [1] 1.1 2.2 3.3
```

```
sort(num_vector,decreasing = TRUE)
```

```
## [1] 3.3 2.2 1.1
```

```
# Remove elementos duplicados de um vetor  
duplicate_vector <- c(1, 2, 2, 3, 3, 3)  
unique(duplicate_vector)
```

```
## [1] 1 2 3
```

8.1.5 Operações com Vetores

```
# Adição  
num_vector + 1
```

```
## [1] 3.2 2.1 4.3
```

```
# Multiplicação  
num_vector * 2
```

```
## [1] 4.4 2.2 6.6
```

```
# Comparações  
num_vector > 2
```

```
## [1] TRUE FALSE TRUE
```

```
c(2,3,5,7)^2
```

```
## [1] 4 9 25 49
```

```
c(2,3,5,7)^c(2,3)
```

```
## [1] 4 27 25 343
```

```
c(1,2,3,4,5,6)^c(2,3,4)
```

```
## [1] 1 8 81 16 125 1296
```

```
c(2,3,5,7)^c(2,3,4)
```

```
## Warning in c(2, 3, 5, 7)^c(2, 3, 4): longer object length is not a multiple of
## shorter object length
```

```
## [1] 4 27 625 49
```

Os últimos quatro comandos mostram a “propriedade de reciclagem” do R. Ele tenta combinar os vetores em relação ao comprimento, se possível. Na verdade,

```
c(2,3,5,7)^c(2,3)
```

```
## [1] 4 27 25 343
```

é expandido para

```
c(2,3,5,7)^c(2,3,2,3)
```

```
## [1] 4 27 25 343
```

O último exemplo mostra que o R dá um aviso se o comprimento do vetor mais curto não puder ser expandido para o comprimento do vetor mais longo por uma simples multiplicação com um número natural (2, 3, 4,...). Aqui

```
c(2,3,5,7)^c(2,3,4)
```

```
## Warning in c(2, 3, 5, 7)^c(2, 3, 4): longer object length is not a multiple of
## shorter object length
```

```
## [1] 4 27 625 49
```

é expandido para

```
c(2,3,5,7) ^ c(2,3,4,2)
```

```
## [1] 4 27 625 49
```

de modo que nem todos os elementos de $c(2,3,4)$ são “reciclados”.

Chapter 9

Fatores

Em R, um “factor” (ou “fator”, em português) é uma estrutura de dados usada para representar dados categóricos. Fatores são muito úteis em análises estatísticas e visualizações, pois permitem que você trate dados categóricos de forma eficiente e consistente.

- Fatores têm **níveis**, que são os valores distintos que a variável categórica pode assumir.
- Internamente, os fatores são armazenados como inteiros que correspondem aos níveis, mas são exibidos como rótulos (labels).
- Fatores podem ser ordenados (ordered factors) ou não ordenados (unordered factors).

```
# Vetor de dados categóricos
data <- c("low", "medium", "high", "medium", "low", "high")

# Criar um fator
factor_data <- factor(data)

print(factor_data)
```

```
## [1] low    medium high    medium low    high
## Levels: high low medium
```

```
# Especificar os níveis
factor_data <- factor(data, levels = c("low", "medium", "high"))
print(factor_data)
```

```
## [1] low    medium high  medium low   high
## Levels: low medium high
```

```
# Criar um fator ordenado
ordered_factor <- factor(data, levels = c("low", "medium", "high"), ordered = TRUE)
print(ordered_factor)
```

```
## [1] low    medium high  medium low   high
## Levels: low < medium < high
```

```
# Verificar Níveis
levels(factor_data)
```

```
## [1] "low"    "medium" "high"
```

```
# Modificar Níveis
levels(factor_data) <- c("Low", "Medium", "High")
print(factor_data)
```

```
## [1] Low    Medium High  Medium Low   High
## Levels: Low Medium High
```

Chapter 10

Matriz e array

Uma **matriz** é uma coleção de objetos do mesmo tipo (numérico, lógico, etc.) organizada em um formato bidimensional, ou seja, em linhas e colunas.

- **nrow**: corresponde ao número de linhas;

ncol: corresponde ao número de colunas.

```
matrix(c(1,2,3,4,5,6)+exp(1),nrow=2)
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,] 3.72 5.72 7.72
## [2,] 4.72 6.72 8.72
```

```
matrix(c(1,2,3,4,5,6)+exp(1),nrow=2) > 6
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,] FALSE FALSE TRUE
## [2,] FALSE  TRUE TRUE
```

```
# Também podemos criar matrizes de ordem superior
array(c(1:24), dim=c(4,3,2))
```

```
## , , 1
##
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    1    5    9
## [2,]    2    6   10
```

```
## [3,]    3    7   11
## [4,]    4    8   12
##
## , , 2
##
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]   13   17   21
## [2,]   14   18   22
## [3,]   15   19   23
## [4,]   16   20   24
```

10.1 Construindo matrizes

- O comando `rbind` (row bind) é usado para combinar objetos por linhas. Isso significa que os vetores ou matrizes fornecidos serão empilhados verticalmente, criando novas linhas na estrutura de dados resultante.
- O comando `cbind` (column bind) é usado para combinar objetos por colunas. Isso significa que os vetores ou matrizes fornecidos serão combinados horizontalmente, criando novas colunas na estrutura de dados resultante.

Exemplo com vetores

```
# Criar dois vetores
vector1 <- c(1, 2, 3)
vector2 <- c(4, 5, 6)

# Combinar os vetores por linhas
result <- rbind(vector1, vector2)
print(result)
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## vector1    1    2    3
## vector2    4    5    6
```

```
# Combinar os vetores por colunas
result <- cbind(vector1, vector2)
print(result)
```

```
##      vector1 vector2
## [1,]        1        4
## [2,]        2        5
## [3,]        3        6
```

```
# Combinando linhas em uma matriz
```

```
A <- rbind(1:3, c(1,1,2))
```

```
A
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
```

```
## [1,]    1    2    3
```

```
## [2,]    1    1    2
```

```
# Combinando colunas em uma matriz
```

```
B <- cbind(1:3, c(1,1,2))
```

```
B
```

```
##      [,1] [,2]
```

```
## [1,]    1    1
```

```
## [2,]    2    1
```

```
## [3,]    3    2
```

Exemplo com matrizes

```
# Criar duas matrizes
```

```
matrix1 <- matrix(1:6, nrow = 2, ncol = 3)
```

```
matrix2 <- matrix(7:12, nrow = 2, ncol = 3)
```

```
# Combinar as matrizes por linhas
```

```
result <- rbind(matrix1, matrix2)
```

```
print(result)
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
```

```
## [1,]    1    3    5
```

```
## [2,]    2    4    6
```

```
## [3,]    7    9   11
```

```
## [4,]    8   10   12
```

```
result <- cbind(matrix1, matrix2)
```

```
print(result)
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6]
```

```
## [1,]    1    3    5    7    9   11
```

```
## [2,]    2    4    6    8   10   12
```

10.2 Índice e índice lógico

```
A<-matrix((-4):5, nrow=2, ncol=5)
```

```
A
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
## [1,]  -4  -2   0   2   4
## [2,]  -3  -1   1   3   5
```

```
# Acessando as entradas de uma matriz
```

```
A[1,2]
```

```
## [1] -2
```

```
# Valores negativos
```

```
A[A<0]
```

```
## [1] -4 -3 -2 -1
```

```
# Atribuições
```

```
A[A<0]<-0
```

```
A
```

```
##      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
## [1,]   0   0   0   2   4
## [2,]   0   0   1   3   5
```

```
# Selecionando as linhas de uma matriz
```

```
A[2,]
```

```
## [1] 0 0 1 3 5
```

```
# Selecionando as colunas de uma matriz
```

```
A[,c(2,4)]
```

```
##      [,1] [,2]
## [1,]   0   2
## [2,]   0   3
```

10.3 Nomeando linhas e colunas numa matriz

```
x <- matrix(rnorm(12),nrow=4)
x
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,] -2.588 -3.178 -1.891
## [2,]  1.515 -0.706 -2.094
## [3,] -0.187 -1.077 -0.613
## [4,] -0.353  0.193  0.823
```

```
colnames(x) <- paste("dados",1:3,sep="")
x
```

```
##      dados1 dados2 dados3
## [1,] -2.588 -3.178 -1.891
## [2,]  1.515 -0.706 -2.094
## [3,] -0.187 -1.077 -0.613
## [4,] -0.353  0.193  0.823
```

```
y <- matrix(rnorm(15),nrow=5)
y
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]  0.482 -0.502 -0.134
## [2,] -0.600  0.977  0.841
## [3,] -0.328 -1.000  0.471
## [4,]  0.589  0.148  0.813
## [5,] -1.067 -0.956 -2.351
```

```
colnames(y) <- LETTERS[1:ncol(y)]
rownames(y) <- letters[1:nrow(y)]
y
```

```
##      A      B      C
## a  0.482 -0.502 -0.134
## b -0.600  0.977  0.841
## c -0.328 -1.000  0.471
## d  0.589  0.148  0.813
## e -1.067 -0.956 -2.351
```

10.4 Multiplicação de matrizes

```
M<-matrix(rnorm(20),nrow=4,ncol=5)
N<-matrix(rnorm(15),nrow=5,ncol=3)
```

```
M%*%N
```

```
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,] -2.05  1.357  1.773
## [2,] -2.55  0.592 -1.424
## [3,] -1.42 -0.833 -0.502
## [4,]  1.60  0.140 -0.349
```

10.5 Algumas outras funções

Seja M uma matriz quadrada.

- dimensão de uma matriz $\rightarrow \text{dim}(M)$
- transposta de uma matriz $\rightarrow \text{t}(M)$
- determinante de uma matriz $\rightarrow \text{det}(M)$
- inversa de uma matriz $\rightarrow \text{solve}(M)$
- autovalores e autovetores $\rightarrow \text{eigen}(M)$
- soma dos elementos de uma matriz $\rightarrow \text{sum}(M)$
- média dos elementos de uma matriz $\rightarrow \text{mean}(M)$
- aplicar uma função a cada linha ou coluna $\rightarrow \text{apply}(M, 1, \text{sum})$ # soma de cada linha
- aplicar uma função a cada linha ou coluna $\rightarrow \text{apply}(M, 2, \text{mean})$ # média de cada coluna

Chapter 11

Data-frame

Um data frame em R é uma estrutura de dados bidimensional que é usada para armazenar dados tabulares. Cada coluna em um data frame pode conter valores de diferentes tipos (numéricos, caracteres, fatores, etc.), mas todos os elementos dentro de uma coluna devem ser do mesmo tipo. Um data frame é similar a uma tabela em um banco de dados ou uma planilha em um programa de planilhas como o Excel. Podemos criar data frames lendo dados de arquivos ou usando a função `as.data.frame()` em um conjunto de vetores.

11.1 Criando um data frame

```
df <- data.frame(  
  id = 1:4,  
  nome = c("Ana", "Bruno", "Carlos", "Diana"),  
  idade = c(23, 35, 31, 28),  
  salario = c(5000, 6000, 7000, 8000))  
df
```

```
##   id  nome idade salario  
## 1  1   Ana    23    5000  
## 2  2 Bruno    35    6000  
## 3  3 Carlos   31    7000  
## 4  4  Diana    28    8000
```

```
# Comparando com uma matriz  
cbind(id = 1:4,  
  nome = c("Ana", "Bruno", "Carlos", "Diana"),
```

```
idade = c(23, 35, 31, 28),  
salario = c(5000, 6000, 7000, 8000))
```

```
##      id  nome      idade salario  
## [1,] "1" "Ana"      "23"  "5000"  
## [2,] "2" "Bruno"    "35"  "6000"  
## [3,] "3" "Carlos"   "31"  "7000"  
## [4,] "4" "Diana"    "28"  "8000"
```

11.2 Acessando linhas e colunas

```
# Acessando a coluna id  
df[,1]
```

```
## [1] 1 2 3 4
```

```
# Outra forma de acessar a coluna id  
df$id
```

```
## [1] 1 2 3 4
```

```
# Outra forma de acessar a coluna id  
df[["id"]]
```

```
## [1] 1 2 3 4
```

```
# Acessando linhas e colunas por índice  
df[1, ] # Primeira linha
```

```
##   id nome idade salario  
## 1  1  Ana   23   5000
```

```
# Segunda coluna  
df[, 2]
```

```
## [1] "Ana"      "Bruno"    "Carlos"   "Diana"
```

```
# Elemento na primeira linha, segunda coluna
df[1, 2]
```

```
## [1] "Ana"
```

```
# Subconjunto das primeiras duas linhas e colunas
df[1:2, 1:2]
```

```
##   id  nome
## 1  1   Ana
## 2  2 Bruno
```

```
# Acessando linhas e colunas por nome
df[1, "nome"] # Elemento na primeira linha, coluna "nome"
```

```
## [1] "Ana"
```

```
# Colunas "nome" e "idade"
df[c("nome", "idade")]
```

```
##      nome idade
## 1    Ana    23
## 2 Bruno    35
## 3 Carlos   31
## 4 Diana    28
```

11.3 Adicionando e removendo colunas

```
# Adicionar novas colunas
df$novos_salario <- df$salario * 1.1
df
```

```
##   id  nome idade salario novos_salario
## 1  1   Ana    23    5000         5500
## 2  2 Bruno    35    6000         6600
## 3  3 Carlos   31    7000         7700
## 4  4 Diana    28    8000         8800
```

```
# Remover coluna
df$id <- NULL
df
```

```
##      nome idade salario novo_salario
## 1    Ana    23    5000         5500
## 2  Bruno    35    6000         6600
## 3 Carlos    31    7000         7700
## 4  Diana    28    8000         8800
```

11.4 Fundindo dados

```
df1 <- data.frame(curso=c("PE","LE","CAL"), horas=c(60,75,90))
df1
```

```
##   curso horas
## 1    PE     60
## 2    LE     75
## 3    CAL    90
```

```
df2 <- data.frame(curso=c("CAL","PE","LE"), creditos=c(8,6,7))
df2
```

```
##   curso creditos
## 1    CAL        8
## 2     PE        6
## 3     LE        7
```

```
df12 <- merge(df1, df2, by="curso")
df12
```

```
##   curso horas creditos
## 1    CAL    90        8
## 2     LE    75        7
## 3     PE    60        6
```

11.5 Dimensão, informações de colunas e outros

```

df <- iris
names(df)

## [1] "Sepal.Length" "Sepal.Width" "Petal.Length" "Petal.Width" "Species"

class(df$Sepal.Length)

## [1] "numeric"

class(df$Species)

## [1] "factor"

dim(df)

## [1] 150  5

nrow(df)

## [1] 150

ncol(df)

## [1] 5

# Visão geral da estrutura do objeto
str(df)

## 'data.frame': 150 obs. of 5 variables:
## $ Sepal.Length: num 5.1 4.9 4.7 4.6 5 5.4 4.6 5 4.4 4.9 ...
## $ Sepal.Width : num 3.5 3 3.2 3.1 3.6 3.9 3.4 3.4 2.9 3.1 ...
## $ Petal.Length: num 1.4 1.4 1.3 1.5 1.4 1.7 1.4 1.5 1.4 1.5 ...
## $ Petal.Width : num 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2 0.4 0.3 0.2 0.2 0.1 ...
## $ Species : Factor w/ 3 levels "setosa","versicolor",...: 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...

head(df, 3)

## Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length Petal.Width Species
## 1 5.1 3.5 1.4 0.2 setosa
## 2 4.9 3.0 1.4 0.2 setosa
## 3 4.7 3.2 1.3 0.2 setosa

```

```
tail(df, 5)
```

```
##      Sepal.Length Sepal.Width Petal.Length Petal.Width  Species
## 146           6.7         3.0         5.2         2.3 virginica
## 147           6.3         2.5         5.0         1.9 virginica
## 148           6.5         3.0         5.2         2.0 virginica
## 149           6.2         3.4         5.4         2.3 virginica
## 150           5.9         3.0         5.1         1.8 virginica
```

11.6 A função subset()

```
df1 <- df[df$Sepal.Width > 3, c("Petal.Width", "Species")]
head(df1)
```

```
##      Petal.Width Species
## 1           0.2  setosa
## 3           0.2  setosa
## 4           0.2  setosa
## 5           0.2  setosa
## 6           0.4  setosa
## 7           0.3  setosa
```

```
(df2 <- subset(df, Sepal.Width > 3, select = c(Petal.Width, Species)))
```

```
##      Petal.Width  Species
## 1           0.2  setosa
## 3           0.2  setosa
## 4           0.2  setosa
## 5           0.2  setosa
## 6           0.4  setosa
## 7           0.3  setosa
## 8           0.2  setosa
## 10          0.1  setosa
## 11          0.2  setosa
## 12          0.2  setosa
## 15          0.2  setosa
## 16          0.4  setosa
## 17          0.4  setosa
## 18          0.3  setosa
## 19          0.3  setosa
## 20          0.3  setosa
```

```
## 21      0.2      setosa
## 22      0.4      setosa
## 23      0.2      setosa
## 24      0.5      setosa
## 25      0.2      setosa
## 27      0.4      setosa
## 28      0.2      setosa
## 29      0.2      setosa
## 30      0.2      setosa
## 31      0.2      setosa
## 32      0.4      setosa
## 33      0.1      setosa
## 34      0.2      setosa
## 35      0.2      setosa
## 36      0.2      setosa
## 37      0.2      setosa
## 38      0.1      setosa
## 40      0.2      setosa
## 41      0.3      setosa
## 43      0.2      setosa
## 44      0.6      setosa
## 45      0.4      setosa
## 47      0.2      setosa
## 48      0.2      setosa
## 49      0.2      setosa
## 50      0.2      setosa
## 51      1.4 versicolor
## 52      1.5 versicolor
## 53      1.5 versicolor
## 57      1.6 versicolor
## 66      1.4 versicolor
## 71      1.8 versicolor
## 86      1.6 versicolor
## 87      1.5 versicolor
## 101     2.5 virginica
## 110     2.5 virginica
## 111     2.0 virginica
## 116     2.3 virginica
## 118     2.2 virginica
## 121     2.3 virginica
## 125     2.1 virginica
## 126     1.8 virginica
## 132     2.0 virginica
## 137     2.4 virginica
## 138     1.8 virginica
## 140     2.1 virginica
```

```
## 141      2.4 virginica
## 142      2.3 virginica
## 144      2.3 virginica
## 145      2.5 virginica
## 149      2.3 virginica
```

```
(df3 <- subset(df, Petal.Width == 0.3, select = -Sepal.Width))
```

```
##      Sepal.Length Petal.Length Petal.Width Species
## 7              4.6           1.4         0.3  setosa
## 18             5.1           1.4         0.3  setosa
## 19             5.7           1.7         0.3  setosa
## 20             5.1           1.5         0.3  setosa
## 41             5.0           1.3         0.3  setosa
## 42             4.5           1.3         0.3  setosa
## 46             4.8           1.4         0.3  setosa
```

```
(df4 <- subset(df, select = Sepal.Width:Petal.Width))
```

```
##      Sepal.Width Petal.Length Petal.Width
## 1              3.5           1.4         0.2
## 2              3.0           1.4         0.2
## 3              3.2           1.3         0.2
## 4              3.1           1.5         0.2
## 5              3.6           1.4         0.2
## 6              3.9           1.7         0.4
## 7              3.4           1.4         0.3
## 8              3.4           1.5         0.2
## 9              2.9           1.4         0.2
## 10             3.1           1.5         0.1
## 11             3.7           1.5         0.2
## 12             3.4           1.6         0.2
## 13             3.0           1.4         0.1
## 14             3.0           1.1         0.1
## 15             4.0           1.2         0.2
## 16             4.4           1.5         0.4
## 17             3.9           1.3         0.4
## 18             3.5           1.4         0.3
## 19             3.8           1.7         0.3
## 20             3.8           1.5         0.3
## 21             3.4           1.7         0.2
## 22             3.7           1.5         0.4
## 23             3.6           1.0         0.2
## 24             3.3           1.7         0.5
```


## 25	3.4	1.9	0.2
## 26	3.0	1.6	0.2
## 27	3.4	1.6	0.4
## 28	3.5	1.5	0.2
## 29	3.4	1.4	0.2
## 30	3.2	1.6	0.2
## 31	3.1	1.6	0.2
## 32	3.4	1.5	0.4
## 33	4.1	1.5	0.1
## 34	4.2	1.4	0.2
## 35	3.1	1.5	0.2
## 36	3.2	1.2	0.2
## 37	3.5	1.3	0.2
## 38	3.6	1.4	0.1
## 39	3.0	1.3	0.2
## 40	3.4	1.5	0.2
## 41	3.5	1.3	0.3
## 42	2.3	1.3	0.3
## 43	3.2	1.3	0.2
## 44	3.5	1.6	0.6
## 45	3.8	1.9	0.4
## 46	3.0	1.4	0.3
## 47	3.8	1.6	0.2
## 48	3.2	1.4	0.2
## 49	3.7	1.5	0.2
## 50	3.3	1.4	0.2
## 51	3.2	4.7	1.4
## 52	3.2	4.5	1.5
## 53	3.1	4.9	1.5
## 54	2.3	4.0	1.3
## 55	2.8	4.6	1.5
## 56	2.8	4.5	1.3
## 57	3.3	4.7	1.6
## 58	2.4	3.3	1.0
## 59	2.9	4.6	1.3
## 60	2.7	3.9	1.4
## 61	2.0	3.5	1.0
## 62	3.0	4.2	1.5
## 63	2.2	4.0	1.0
## 64	2.9	4.7	1.4
## 65	2.9	3.6	1.3
## 66	3.1	4.4	1.4
## 67	3.0	4.5	1.5
## 68	2.7	4.1	1.0
## 69	2.2	4.5	1.5
## 70	2.5	3.9	1.1

## 71	3.2	4.8	1.8
## 72	2.8	4.0	1.3
## 73	2.5	4.9	1.5
## 74	2.8	4.7	1.2
## 75	2.9	4.3	1.3
## 76	3.0	4.4	1.4
## 77	2.8	4.8	1.4
## 78	3.0	5.0	1.7
## 79	2.9	4.5	1.5
## 80	2.6	3.5	1.0
## 81	2.4	3.8	1.1
## 82	2.4	3.7	1.0
## 83	2.7	3.9	1.2
## 84	2.7	5.1	1.6
## 85	3.0	4.5	1.5
## 86	3.4	4.5	1.6
## 87	3.1	4.7	1.5
## 88	2.3	4.4	1.3
## 89	3.0	4.1	1.3
## 90	2.5	4.0	1.3
## 91	2.6	4.4	1.2
## 92	3.0	4.6	1.4
## 93	2.6	4.0	1.2
## 94	2.3	3.3	1.0
## 95	2.7	4.2	1.3
## 96	3.0	4.2	1.2
## 97	2.9	4.2	1.3
## 98	2.9	4.3	1.3
## 99	2.5	3.0	1.1
## 100	2.8	4.1	1.3
## 101	3.3	6.0	2.5
## 102	2.7	5.1	1.9
## 103	3.0	5.9	2.1
## 104	2.9	5.6	1.8
## 105	3.0	5.8	2.2
## 106	3.0	6.6	2.1
## 107	2.5	4.5	1.7
## 108	2.9	6.3	1.8
## 109	2.5	5.8	1.8
## 110	3.6	6.1	2.5
## 111	3.2	5.1	2.0
## 112	2.7	5.3	1.9
## 113	3.0	5.5	2.1
## 114	2.5	5.0	2.0
## 115	2.8	5.1	2.4
## 116	3.2	5.3	2.3

## 117	3.0	5.5	1.8
## 118	3.8	6.7	2.2
## 119	2.6	6.9	2.3
## 120	2.2	5.0	1.5
## 121	3.2	5.7	2.3
## 122	2.8	4.9	2.0
## 123	2.8	6.7	2.0
## 124	2.7	4.9	1.8
## 125	3.3	5.7	2.1
## 126	3.2	6.0	1.8
## 127	2.8	4.8	1.8
## 128	3.0	4.9	1.8
## 129	2.8	5.6	2.1
## 130	3.0	5.8	1.6
## 131	2.8	6.1	1.9
## 132	3.8	6.4	2.0
## 133	2.8	5.6	2.2
## 134	2.8	5.1	1.5
## 135	2.6	5.6	1.4
## 136	3.0	6.1	2.3
## 137	3.4	5.6	2.4
## 138	3.1	5.5	1.8
## 139	3.0	4.8	1.8
## 140	3.1	5.4	2.1
## 141	3.1	5.6	2.4
## 142	3.1	5.1	2.3
## 143	2.7	5.1	1.9
## 144	3.2	5.9	2.3
## 145	3.3	5.7	2.5
## 146	3.0	5.2	2.3
## 147	2.5	5.0	1.9
## 148	3.0	5.2	2.0
## 149	3.4	5.4	2.3
## 150	3.0	5.1	1.8

11.7 A função `summary()`

A função `summary()` no R é usada para gerar resumos estatísticos de objetos. O comportamento da função varia dependendo do tipo de objeto que você passa para ela, mas geralmente fornece uma visão geral das características principais do objeto.

```
x <- c(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)
summary(x)
```

```
##      Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##      1.00   3.25   5.50   5.50   7.75   10.00
```

```
summary(iris$Sepal.Length)
```

```
##      Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##      4.30   5.10   5.80   5.84   6.40   7.90
```

```
summary(iris)
```

```
##      Sepal.Length  Sepal.Width  Petal.Length  Petal.Width      Species
##      Min.      :4.30   Min.      :2.00   Min.      :1.00   Min.      :0.1   setosa      :50
##      1st Qu.:5.10   1st Qu.:2.80   1st Qu.:1.60   1st Qu.:0.3   versicolor:50
##      Median :5.80   Median :3.00   Median :4.35   Median :1.3   virginica  :50
##      Mean   :5.84   Mean   :3.06   Mean   :3.76   Mean   :1.2
##      3rd Qu.:6.40   3rd Qu.:3.30   3rd Qu.:5.10   3rd Qu.:1.8
##      Max.   :7.90   Max.   :4.40   Max.   :6.90   Max.   :2.5
```

11.8 Valores faltantes

Chapter 12

Listas

Uma lista em R é uma estrutura de dados que permite armazenar elementos de diferentes tipos, como vetores, matrizes, data frames, funções e até outras listas. Essa flexibilidade distingue as listas de outras estruturas, como vetores, que são homogêneos e podem conter apenas elementos de um único tipo.

- **Heterogeneidade:** Uma lista pode conter elementos de diferentes tipos. Por exemplo, você pode ter um vetor numérico, um vetor de caracteres, uma matriz e um data frame, todos na mesma lista.
- **Indexação:** Os elementos de uma lista podem ser acessados usando colchetes duplos `[[]]` ou utilizando o operador `$` para acessar elementos nomeados. Além disso, o índice simples `[]` retorna uma sublista.
- **Flexibilidade:** As listas podem ser usadas para armazenar saídas complexas de funções ou para estruturar dados que requerem uma organização mais flexível.

```
# Criando uma lista com diferentes tipos de elementos
minha_lista <- list(
  nome = "Estudante",
  idade = 21,
  notas = c(85, 90, 92),
  disciplinas = c("Matemática", "Estatística", "Computação"),
  matriz_exemplo = matrix(1:9, nrow = 3, byrow = TRUE),
  media= function(x) mean(x)
)

# Visualizando a lista
print(minha_lista)
```

```
## $nome
## [1] "Estudante"
##
## $idade
## [1] 21
##
## $notas
## [1] 85 90 92
##
## $disciplinas
## [1] "Matemática" "Estatística" "Computação"
##
## $matriz_exemplo
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    1    2    3
## [2,]    4    5    6
## [3,]    7    8    9
##
## $media
## function(x) mean(x)
```

```
# Acessando um elemento pelo nome usando $
print(minha_lista$nome)
```

```
## [1] "Estudante"
```

```
# Acessando um elemento pelo índice
print(minha_lista[[1]])
```

```
## [1] "Estudante"
```

```
# Acessando uma sublista
print(minha_lista[1:2])
```

```
## $nome
## [1] "Estudante"
##
## $idade
## [1] 21
```

```
# Acessando uma parte de um elemento, como o segundo valor do vetor "notas"
print(minha_lista$notas[2])
```

```
## [1] 90
```

Chapter 13

Funções

- Uma **função** é um bloco de código que realiza tarefas específicas e que só é executado quando é chamada.
- São reutilizáveis e podem ser chamadas várias vezes dentro de um script.
- Podem ser passados dados para uma função, conhecidos como parâmetros ou argumentos.

```
# Sintaxe
nome_da_funcao <- function(argumentos) {
  # Código da função
  resultado <- ... # Cálculos ou operações
  return(resultado) # Retorno do valor
}
```

- **Nome da Função:** Identificador da função.
- **Argumentos:** Valores de entrada para a função.
- **Corpo da Função:** Bloco de código que realiza operações.
- **Return:** Valor que a função devolve.

As funções como objetivo principal a modularização (dividir o código em partes menores e gerenciáveis) e a reutilização de código, facilitando a organização e a legibilidade dos scripts. Ao encapsular um bloco de código em uma função, podemos executá-lo múltiplas vezes com diferentes parâmetros, reduzindo a redundância e o tempo de desenvolvimento.

Exemplo: Função para calcular a área de um objeto retangular

```
calcula_area <- function(largura, altura) {  
  area <- largura * altura  
  return(area)  
}  
  
largura_obj <- as.numeric(readline("Insira a largura (em cm): "))  
altura_obj <- as.numeric(readline("Insira a altura (em cm): "))  
  
# Chamada da função  
area_obj <- calcula_area(largura_obj, altura_obj)  
  
print(area_obj)
```

- **Variáveis locais:** As variáveis `largura` e `altura` são locais. Estas variáveis só existem quando a função está a ser executada. Quando a execução da função termina, as variáveis locais são destruídas.
- **Variáveis globais:** As variáveis `largura_obj` e `altura_obj` são variáveis globais. Estas variáveis são acessíveis a todo o script e representam a largura e altura do objeto inserido pelo utilizador.
- As variáveis locais e globais devem ter nomes **diferentes** para que o código seja mais legível.

Passagem de argumento: valores de argumentos por omissão (default)

```
calcula_area <- function(largura, altura=2) {  
  area <- largura * altura  
  return(area)  
}  
  
# Chamada da função  
  
area_obj <- calcula_area(4)  
  
print(area_obj)
```

```
## [1] 8
```

- Caso a altura seja omitida é considerada por definição o valor 2.
- Como a altura foi omitida o cálculo da área será 4×2


```
calcula_area <- function(largura, altura=2) {
  area <- largura * altura
  return(area)
}

# Chamada da função
area_obj <- calcula_area(altura=4, largura=3)

print(area_obj)
```

```
## [1] 12
```

- Se os argumentos forem passados por palavra chave, a ordem dos argumentos pode ser trocada.

Exemplo:

```
f <- function(x) {
  if (x < 0) {
    stop("Erro: x não pode ser negativo") # Interrompe a função com uma mensagem de erro
  }
  return(sqrt(x))
}

f(-2)
```

- O `stop` é usado para interromper a execução de uma função ou de um script, gerando um erro.
- Ele pode ser usado em qualquer lugar do código, dentro ou fora de loops, para gerar um erro e parar a execução do código.
- Quando `stop` é chamado, ele pode exibir uma mensagem de erro personalizada, e a execução do script ou função é completamente interrompida.

Exercício 1: Qual será o output do script abaixo?

```
x <- 10

minha_funcao <- function() {
  x <- 5
  return(x)
}

print(minha_funcao())
print(x)
```

Exercício 2: Qual é o resultado da chamada da função `dados_estudante`?

```
dados_estudante <- function(nome, altura=167){  
  print(paste("O(A) estudante",nome,"tem",altura,"centímetros de altura."))  
}  
  
dados_estudante("Joana",160)
```

Exercício 3: Qual é a sintaxe correta para definir uma função em R que soma dois números?

- (a) `sum <- function(x, y) \{return(x + y)\}`
- (b) `function sum(x, y) \{return(x + y)\}`
- (c) `def sum(x, y) \{return(x + y)\}`
- (d) `sum(x, y) = function \{return(x + y)\}`

Exercício 4: Qual das seguintes chamadas à função estão corretas?

```
dados_estudante <- function(nome, altura=167) {  
  print(paste("O(A) estudante",nome,"tem",altura,"centímetros de altura."))  
}  
  
dados_estudante("Joana",160)  
dados_estudante(altura=160, nome="Joana")  
dados_estudante(nome = "Joana", 160)  
dados_estudante(altura=160, "Joana")  
dados_estudante(160)
```

`dados_estudante(160)` - Esta chamada está errada porque 160 será interpretado como nome, e altura usará seu valor padrão, 167. Isso resultará na impressão: "O(A) estudante 160 tem 167 centímetros de altura." A chamada está tecnicamente correta no sentido de sintaxe, mas o resultado não faz sentido lógico, já que 160 não é um nome válido para um estudante.

Exercício 5: Qual o resultado do seguinte programa?

```
adi <- function(a,b) {  
  return(c(a+5, b+5))  
}  
  
resultado <- adi(3,2)
```

Chapter 14

Leitura de Dados

Chapter 15

Manipulando dados

15.1 `tapply()`, `aggregate()` e `by()`

Chapter 16

O package dplyr

Chapter 17

Gráficos em R

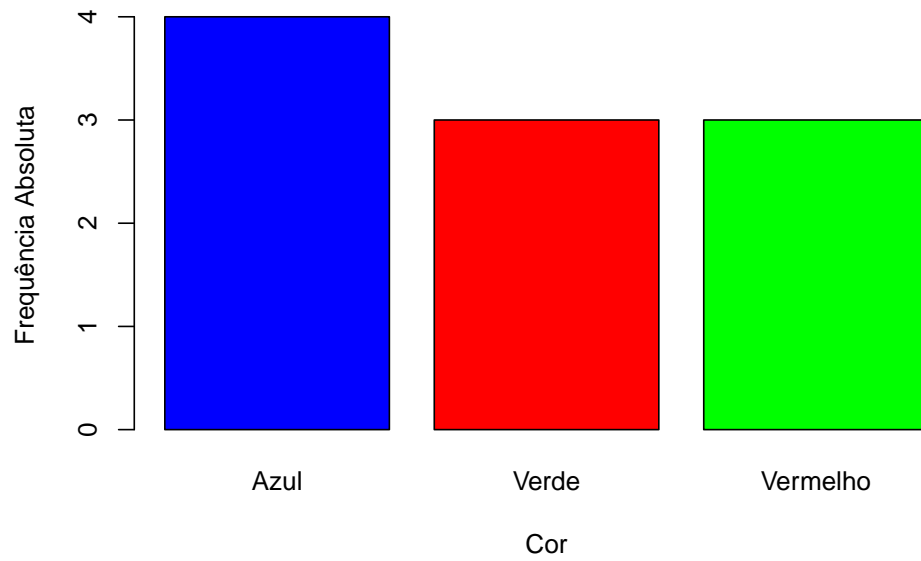
17.1 Gráfico de Barras

Gráfico de barras: Conjunto de barras verticais ou horizontais. Cada barra representa uma categoria, e a altura da barra mostra a frequência absoluta ou relativa dessa categoria. A largura das barras não tem significado.

```
# Dados de exemplo: cores favoritas
cores <- c("Azul", "Vermelho", "Verde", "Azul", "Verde",
"Vermelho", "Azul", "Verde", "Azul", "Vermelho")

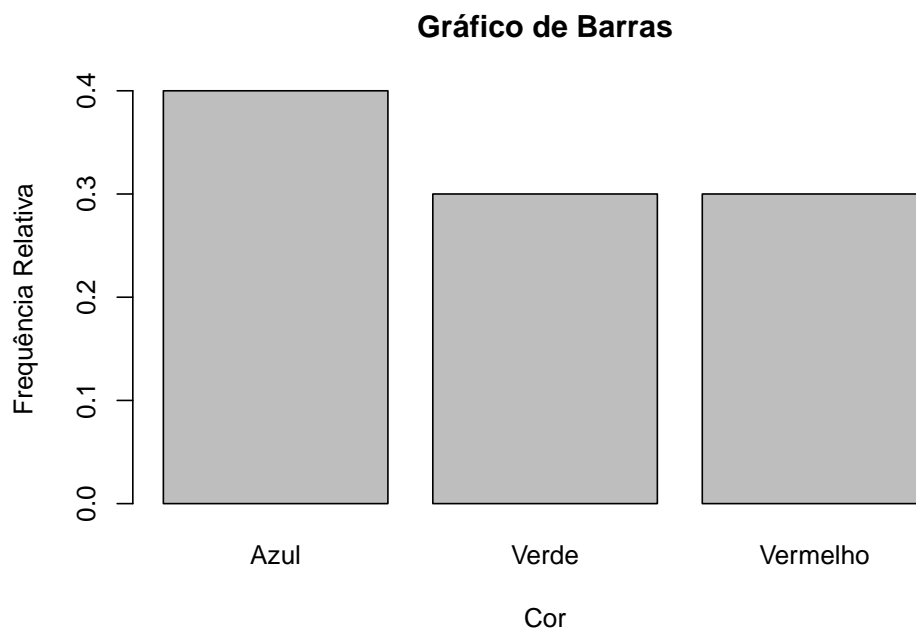
# Calcular as frequências absolutas
frequencia_absoluta <- table(cores)

# Criar o gráfico de barras com frequências absolutas
barplot(frequencia_absoluta,
  main = "Gráfico de Barras",
  xlab = "Cor",
  ylab = "Frequência Absoluta",
  col = c("blue", "red", "green"))
```

Gráfico de Barras

```
# Calcular as frequências relativas
frequencia_relativa <- frequencia_absoluta / length(cores)

# Criar o gráfico de barras com frequências relativas
barplot(frequencia_relativa,
  main = "Gráfico de Barras",
  xlab = "Cor",
  ylab = "Frequência Relativa")
```

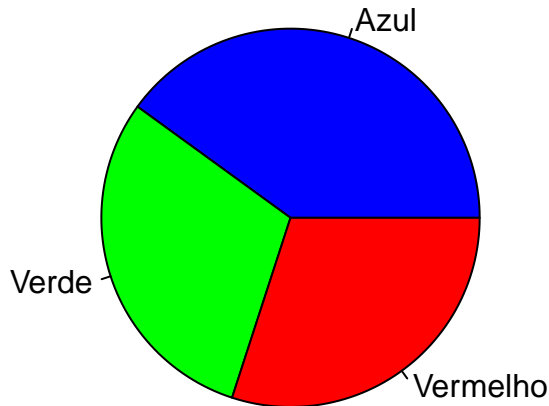


17.2 Gráfico circular (pizza)

Gráfico circular: Exibe as proporções ou percentagens de diferentes categorias de dados em relação a um todo. Cada categoria é representada como uma “fatia” do círculo, e o tamanho de cada fatia é proporcional à sua contribuição para o total.

```
# Criar gráfico circular
pie(frequencia_relativa, main="Gráfico circular",
    col=c("blue", "green", "red"))
```

Gráfico circular



17.3 Histograma

Histograma é uma representação gráfica dos dados em que se marcam as classes (intervalos) no eixo horizontal e as frequências (absoluta ou relativa) no eixo vertical.

- Cada retângulo corresponde a uma classe.
- A largura de cada retângulo é igual à amplitude da classe
- Se as classes tiverem todas a mesma amplitude, a altura do retângulo é proporcional à frequência.

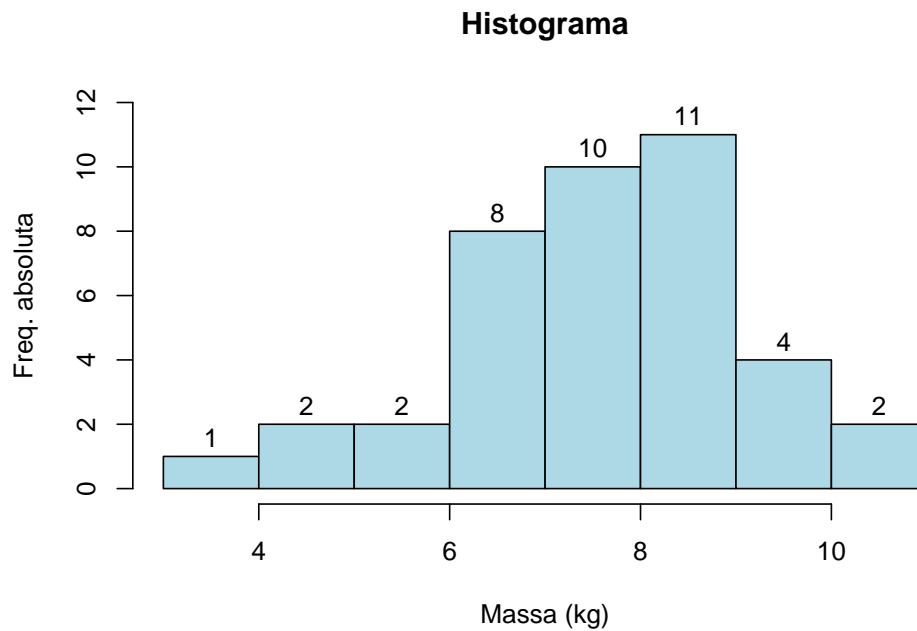
Por default, o R utiliza a frequência absoluta para construir o histograma. Se tiver interesse em representar as frequências relativas, utilize a opção `freq=FALSE` nos argumentos da função `hist()`. O padrão de intervalo de classe no R é $(a, b]$.

```
# Considere os dados referentes à massa (em kg) de 40 bicicletas
```

```
bicicletas <- c(4.3,6.8,9.2,7.2,8.7,8.6,6.6,5.2,8.1,10.9,7.4,4.5,3.8,7.6,6.8,7.8,8.4,7
```

```
h <- hist(bicicletas,  
  main = "Histograma",  
  xlab = "Massa (kg)",  
  ylab = "Freq. absoluta",
```

```
ylim = c(0,12),
labels = TRUE,
col = "lightblue")
```



```
# Pontos limites das classes
h$breaks
```

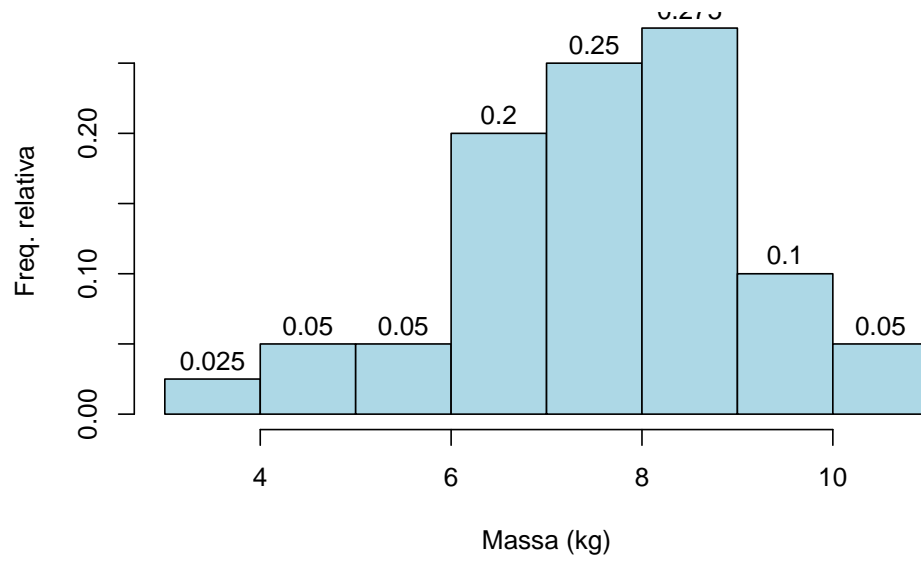
```
## [1] 3 4 5 6 7 8 9 10 11
```

```
# O comando h$counts retorna um vetor com as frequências absolutas dentro de cada classe
h$counts
```

```
## [1] 1 2 2 8 10 11 4 2
```

```
# Histograma com frequência relativa
hist(bicicletas,
main = "Histograma",
xlab = "Massa (kg)",
ylab = "Freq. relativa",
freq = FALSE,
labels = TRUE,
col = "lightblue")
```

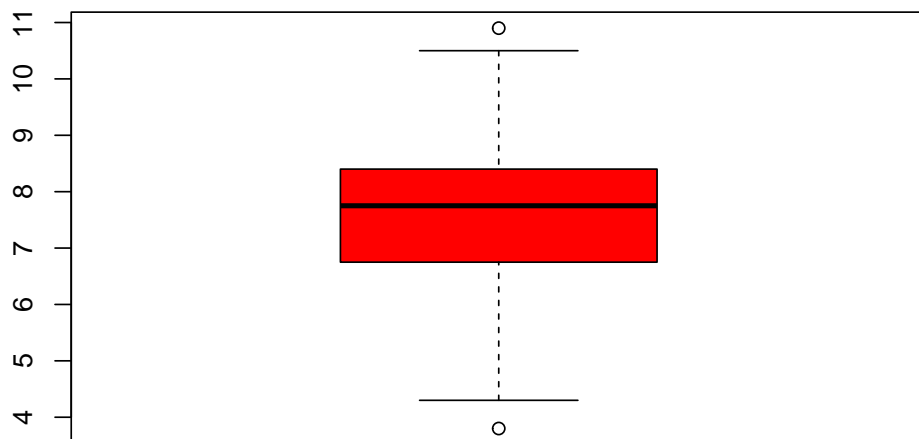
Histograma



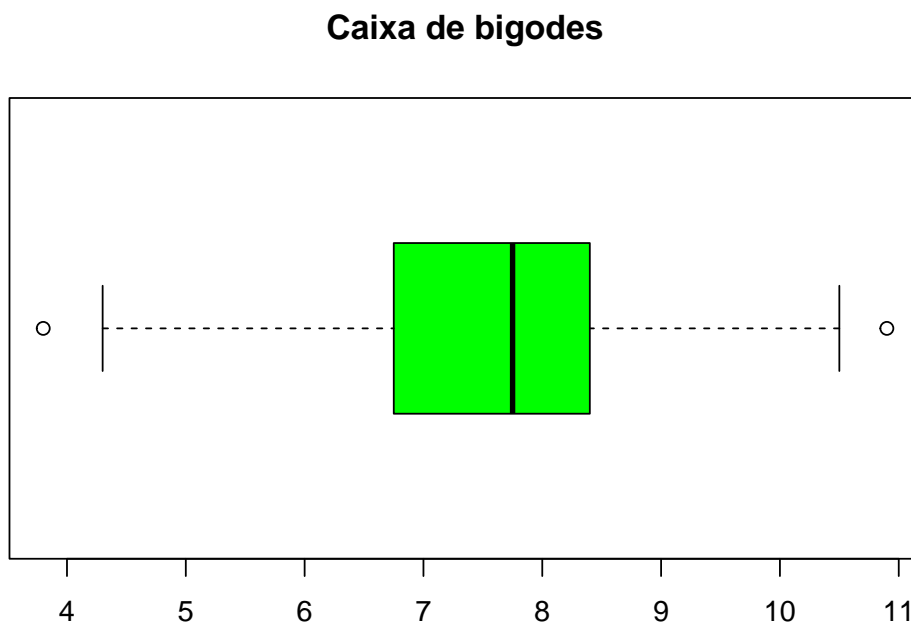
17.4 Box-plot

```
# Caixa de bigodes vertical
boxplot(bicicletas, main = "Caixa de bigodes", col="red")
```

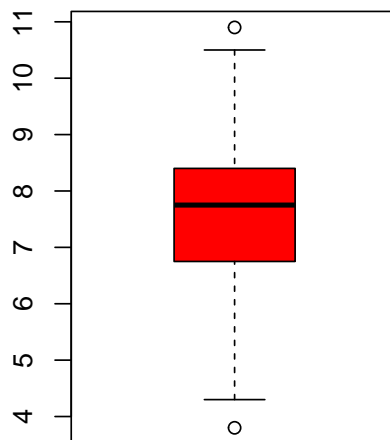
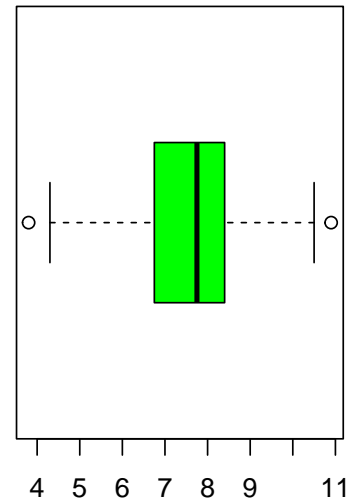
Caixa de bigodes



```
# Caixa de bigodes horizontal  
boxplot(bicicletas, main = "Caixa de bigodes", col="green", horizontal = TRUE)
```



```
# Caixa de bigodes lado a lado  
par(mfrow=c(1,2))  
  
# Caixa de bigodes vertical  
boxplot(bicicletas, main = "Caixa de bigodes", col = "red")  
  
# Caixa de bigodes horizontal  
boxplot(bicicletas, main = "Caixa de bigodes", col = "green", horizontal = TRUE)
```

Caixa de bigodes**Caixa de bigodes**

```
dev.off()
```

```
## null device  
##          1
```


Chapter 18

Simulação

18.1 Geração de números pseudoaleatórios

Números Aleatórios

Números aleatórios são valores que são gerados de forma imprevisível e não seguem nenhum padrão determinado. Em outras palavras, cada número em uma sequência de números aleatórios é escolhido de maneira independente dos outros, sem qualquer correlação entre eles. Na prática, os números aleatórios são usados em diversas áreas, como criptografia, simulações, estatísticas, jogos de azar, entre outros, onde é crucial que os números não possam ser antecipados.

A verdadeira aleatoriedade é geralmente derivada de processos físicos que são inerentemente imprevisíveis, como a radiação cósmica, ruído térmico em circuitos eletrônicos, ou o decaimento radioativo. Em computação, no entanto, obter números verdadeiramente aleatórios é difícil e muitas vezes desnecessário.

Números Pseudoaleatórios

Números pseudoaleatórios, por outro lado, são números que são gerados por algoritmos que produzem sequências que parecem aleatórias, mas são, na verdade, determinadas por um valor inicial chamado semente (ou “seed” em inglês). Se o algoritmo é iniciado com a mesma semente, ele produzirá exatamente a mesma sequência de números.

Embora sejam determinísticos, os números pseudoaleatórios são amplamente utilizados porque podem ser gerados rapidamente e, para muitas aplicações, eles são suficientemente aleatórios. A principal vantagem é que, ao usar a mesma semente, é possível replicar experimentos ou simulações, o que é útil em pesquisas e depurações.

Uma das aproximações mais comuns para gerar números pseudoaleatórios é o método *congruencial multiplicativo*:

- Considere um valor inicial x_0 , chamado semente;
- Recursivamente calcule os valores sucessivos x_n , $n \geq 1$, usando:

$$x_n = ax_{n-1} \bmod m,$$

onde a e m são inteiros positivos dados. Ou seja, x_n é o resto da divisão inteira de ax_{n-1} por m ;

- A quantidade x_n/m é chamada um número pseudoaleatório, ou seja, é uma aproximação para o valor de uma variável aleatória uniforme.

As constantes a e m a serem escolhidas devem satisfazer três critérios:

- Para qualquer semente inicial, a sequência resultante deve ter a “aparência” de uma sequência de variáveis aleatórias uniformes $(0,1)$ independentes.
- Para qualquer semente inicial, o número de variáveis que podem ser geradas antes da repetição ocorrer deve ser grande.
- Os valores podem ser calculados eficientemente em um computador digital.

18.1.1 A função `sample()`

18.1.2 Método da transformada inversa

Chapter 19

Distribuições univariadas no R

No R temos acesso as mais comuns distribuições univariadas. Todas as funções tem as seguintes formas:

Função	Descrição
p nome(...)	função de distribuição
d nome(...)	função de probabilidade ou densidade de probabilidade
q nome(...)	inversa da função de distribuição
r nome(...)	geração de números aleatórios com a distribuição especificada

o **nome** é uma abreviatura do nome usual da distribuição (**binom**, **geom**, **pois**, **unif**, **exp**, **norm**, ...).

19.1 Função de distribuição empírica

A função de distribuição empírica é uma função de distribuição acumulada que descreve a proporção ou contagem de observações em um conjunto de dados que são menores ou iguais a um determinado valor. É uma ferramenta útil para visualizar a distribuição de dados observados e comparar distribuições amostrais.

- É uma função definida para todo número real x e que para cada x dá a proporção de elementos da amostra menores ou iguais a x :

$$F_n(x) = \frac{\# \text{observações} \leq x}{n}$$

- Para construir a função de distribuição empírica precisamos primeiramente ordenar os dados em ordem crescente: $(x_{(1)}, \dots, x_{(n)})$
- A definição da função de distribuição empírica é

$$F_n(x) = \begin{cases} 0, & x < x_{(1)} \\ \frac{i}{n}, & x_{(i)} \leq x < x_{(i+1)}, \quad i = 1, \dots, n-1 \\ 1, & x \geq x_{(n)} \end{cases}$$

- Passo a passo para a construção da função
 - Inicie desenhando a função do valor mais à esquerda para o mais à direita.
 - Atribua o valor 0 para todos os valores menores que o menor valor da amostra, $x_{(1)}$.
 - Atribua o valor $\frac{1}{n}$ para o intervalo entre $x_{(1)}$ e $x_{(2)}$, o valor $\frac{2}{n}$ para o intervalo entre $x_{(2)}$ e $x_{(3)}$, e assim por diante, até atingir todos os valores da amostra.
 - Para valores iguais ou superiores ao maior valor da amostra, $x_{(n)}$, a função tomará o valor 1.
 - Se um valor na amostra se repetir k vezes, o salto da função para esse ponto será $\frac{k}{n}$, em vez de $\frac{1}{n}$.

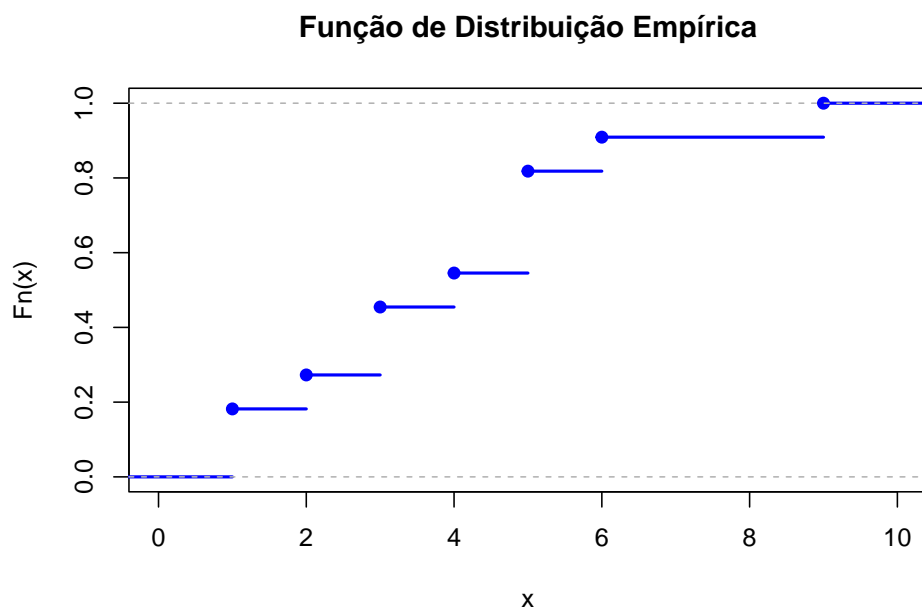
19.1.1 Função de distribuição empírica no R, função `ecdf()`

A função `ecdf()` no R é usada para calcular a função de distribuição empírica (Empirical Cumulative Distribution Function - ECDF) de um conjunto de dados.

```
# Conjunto de dados
dados <- c(3, 1, 4, 1, 5, 9, 2, 6, 5, 3, 5)
```

```
# Calcular a ECDF usando a função ecdf()
Fn <- ecdf(dados)
```

```
# Plotar a ECDF usando a função ecdf()
plot(Fn, main = "Função de Distribuição Empírica", xlab = "x", ylab = "Fn(x)", col = "blue")
```



19.2 Gerando uma variável aleatória com distribuição binomial

19.2.1 Cálculo de probabilidades

Seja $X \sim \text{Binomial}(n = 20, p = 0.1)$.

$P(X = 4) \rightarrow \text{dbinom}(4, 20, 0.1) = 0.08978$

$P(X \leq 4) \rightarrow \text{pbinom}(4, 20, 0.1) = 0.9568$

$P(X > 4) \rightarrow \text{pbinom}(4, 20, 0.1, \text{lower.tail}=\text{FALSE}) = 0.04317$

19.2.2 Função massa de probabilidade (teórica)

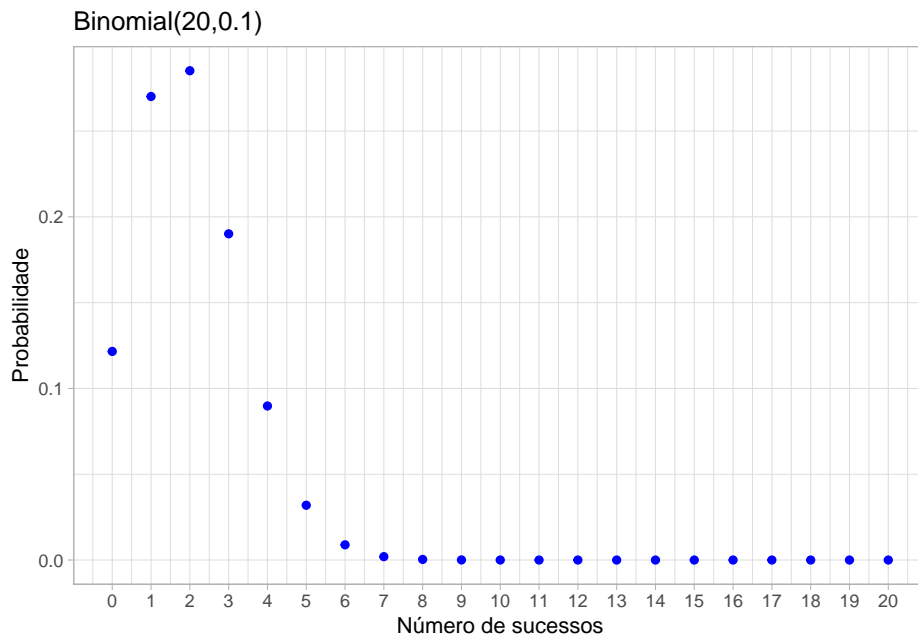
```
# Simulação de Variáveis aleatórias

# Função massa de probabilidade Binomial(n,p)
n <- 20
p <- 0.1
x <- 0:20

teorico <- data.frame(x = x, y=dbinom(x, size = n, prob = p))
```

```
# Carregue o pacote ggplot2
library(ggplot2)

ggplot(teorico) +
  geom_point(aes(x = x, y=y), color = "blue") +
  scale_x_continuous(breaks = 0:n) +
  labs(title = "Binomial(20,0.1)", x = "Número de sucessos", y = "Probabilidade") +
  theme_light()
```



19.2.3 Função massa de probabilidade (simulação)

```
set.seed(1234)

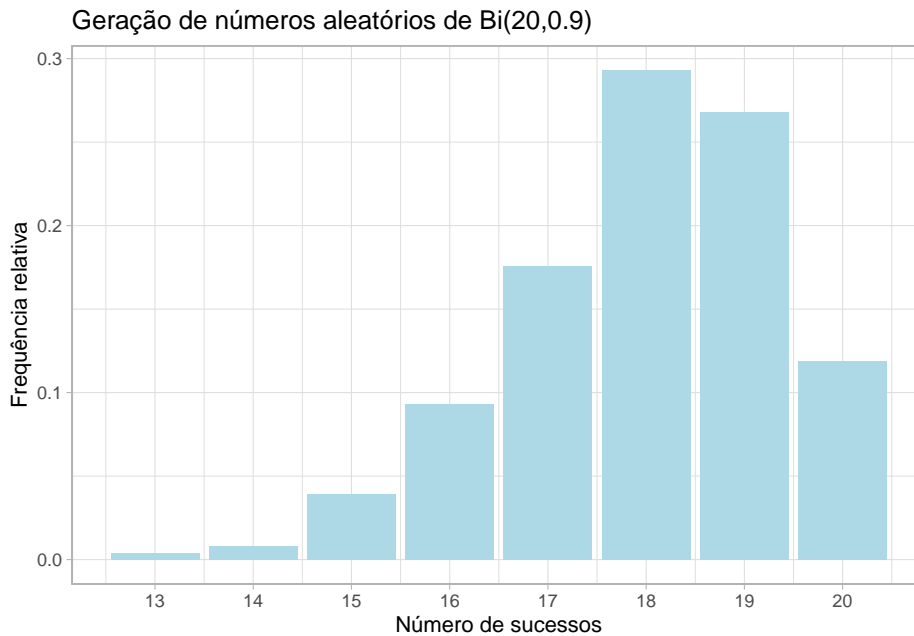
n <- 20
p <- 0.9
k <- 1000 # número de simulações

dados <- data.frame(X = rbinom(k, size = n, prob = p))

# Carregue o pacote ggplot2library(ggplot2)

ggplot(dados) +
```

```
geom_bar(aes(x=X, y=after_stat(prop)), fill = "lightblue") +
  scale_x_continuous(breaks = 0:n) +
  labs(title = "Geração de números aleatórios de Bi(20,0.9)", x="Número de sucessos",
y="Frequência relativa") +
  theme_light()
```



19.2.4 Comparação

```
set.seed(1234)

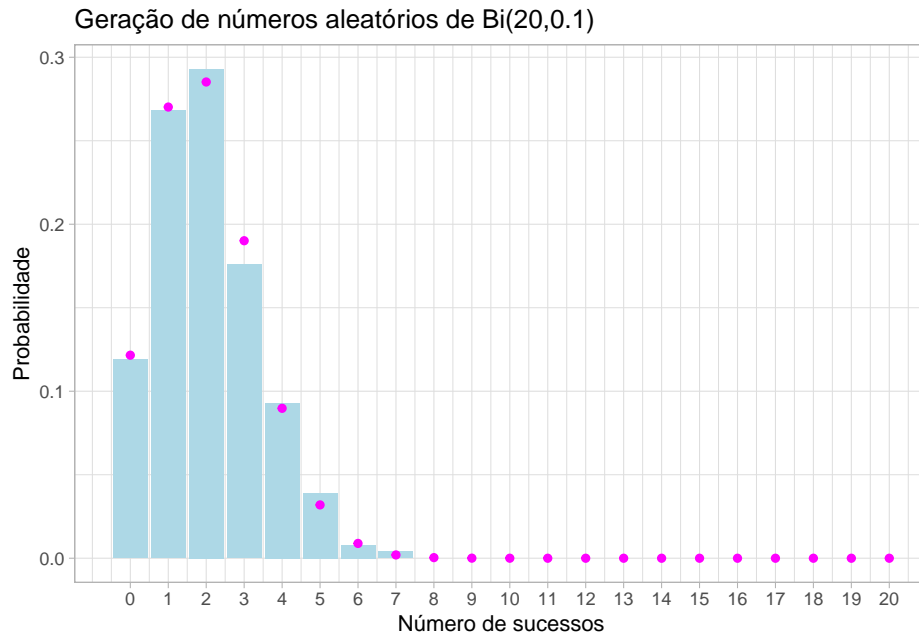
n <- 20
p <- 0.1
k <- 1000 # número de simulações

dados <- data.frame(X = rbinom(k, size = n, prob = p))
teorico <- data.frame(x = 0:n, y=dbinom(0:n, size = n, prob = p))

# Carregue o pacote ggplot2
library(ggplot2)

ggplot(dados) +
  geom_bar(aes(x = X, y = after_stat(prop)), fill = "lightblue") +
```

```
geom_point(data = teorico, aes(x, y), color = "magenta") +
scale_x_continuous(breaks = 0:n) +
labs(title = "Geração de números aleatórios de Bi(20,0.1)", x = "Número de sucessos"
y = "Probabilidade") +
theme_light()
```



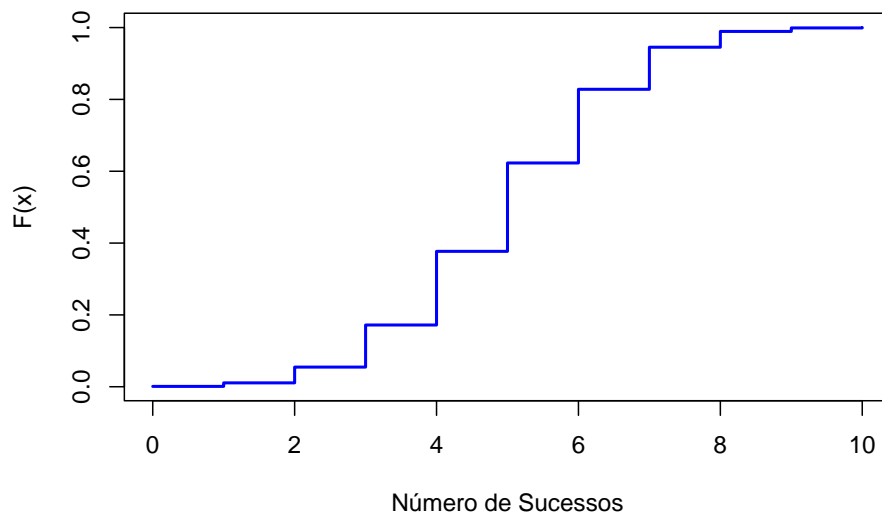
19.2.5 Função de distribuição

```
# Definir os parâmetros da distribuição binomial
n <- 10 # Número de tentativas
p <- 0.5 # Probabilidade de sucesso

# Valores possíveis de sucessos (0 a n)
x <- 0:n

# Calcular a FD
cdf_values <- pbinom(x, size = n, prob = p)

# Plotar a FD
plot(x, cdf_values, type = "s", lwd = 2, col = "blue",
xlab = "Número de Sucessos", ylab = "F(x)",
main = "Função de Distribuição Acumulada da Binomial(n = 10, p = 0.5)")
```

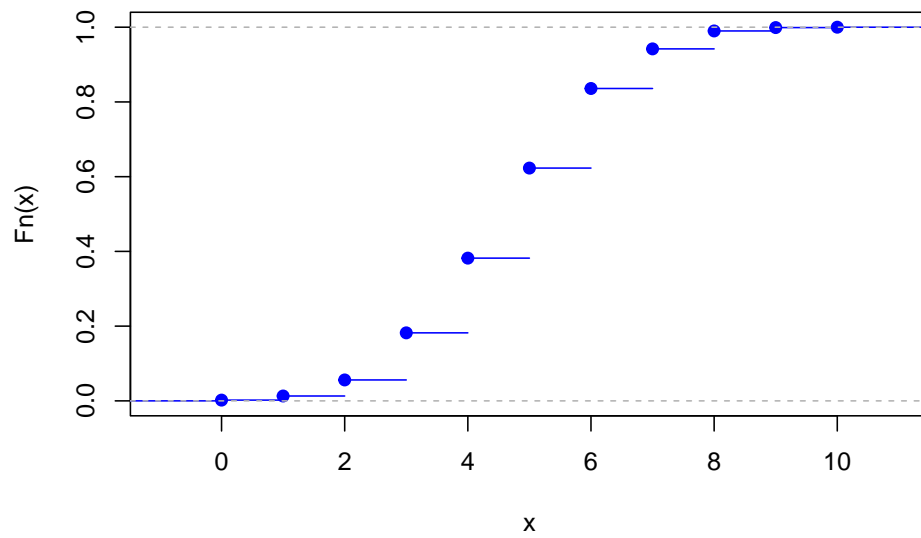

Função de Distribuição Acumulada da Binomial($n = 10$, $p = 0.5$)**19.2.6 Função de distribuição empírica**

```
# Definir os parâmetros da distribuição binomial
n <- 10 # Número de tentativas
p <- 0.5 # Probabilidade de sucesso

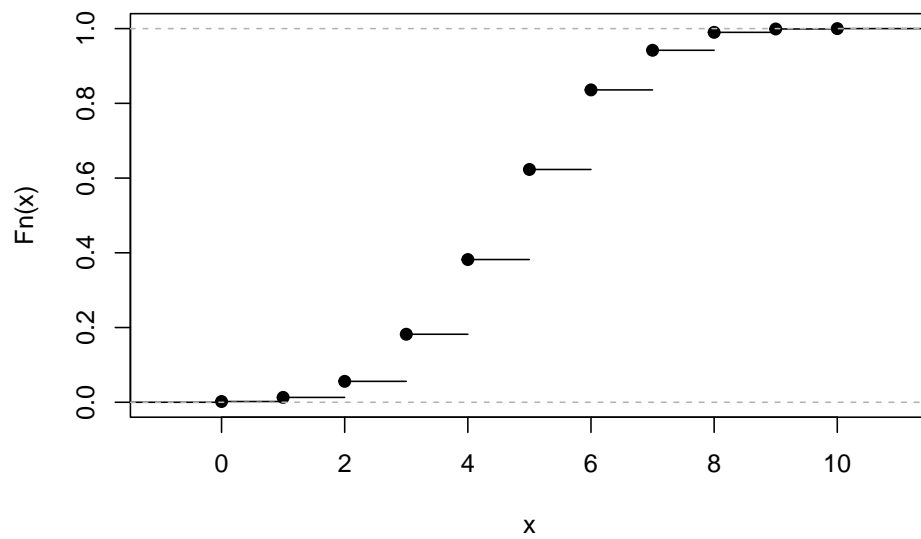
set.seed(123)
# Amostra aleatória de dimensão 1000
amostra <- rbinom(1000, size = n, prob = p)

# Distribuição empírica
Fn <- ecdf(amostra)

# Plotar CDF
plot(Fn, main = "Função de Distribuição Empírica", xlab = "x",
     ylab = "Fn(x)", col = "blue")
```

Função de Distribuição Empírica

```
# OU
plot.ecdf(amostra)
```

ecdf(x)

Cálculo de probabilidade: Seja $X \sim \text{Binomial}(n = 10, p = 0.5)$.

$$P(X \leq 4) = \text{pbinom}(4, 10, 0.5) = 0.377$$

$$P(X \leq 4) \approx \text{Fn}(4) = 0.382$$

19.3 Gerando uma variável aleatória com distribuição de Poisson

19.3.1 Cálculo de probabilidades

Seja $X \sim \text{Poisson}(\lambda = 5)$.

$P(X = 4) \rightarrow \text{dpois}(4, 5) = 0.1755$

$P(X \leq 4) \rightarrow \text{ppois}(4, 5) = 0.4405$

$P(X > 4) \rightarrow \text{ppois}(4, 5, \text{lower.tail}=\text{FALSE}) = 0.5595$

19.3.2 Função massa de probabilidade (teórica)

```
# Definir os valores de lambda e x
p <- c(0.1, 1, 2.5, 5, 15, 30)
x <- 0:50

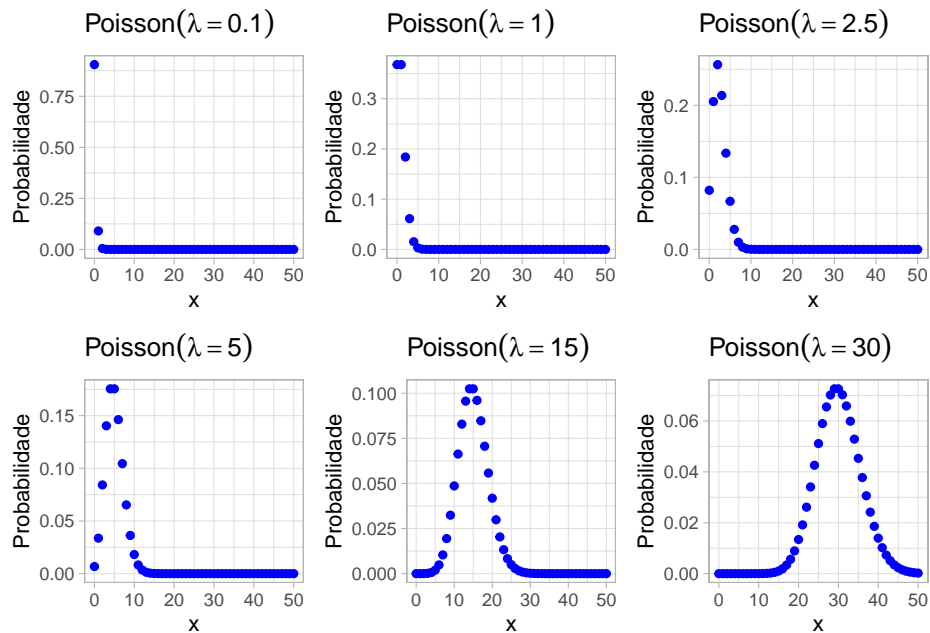
# Carregar os pacotes necessários
library(ggplot2)
library(latex2exp)
library(gridExtra)

# Inicializar uma lista para armazenar os gráficos
plots <- list()

# Loop para criar os data frames e gráficos
for (i in 1:length(p)) {
  teorico <- data.frame(x = x, y = dpois(x, lambda = p[i]))

  plots[[i]] <- ggplot(teorico) +
    geom_point(aes(x = x, y = y), color = "blue") +
    scale_x_continuous(breaks = seq(0, 50, by = 10)) +
    labs(title = TeX(paste0("$\text{Poisson}(\lambda=", p[i], ")$")), x="x", y="Probabilidade") +
    theme_light()
}

# Dispor os gráficos em uma grade 2x3
grid.arrange(grobs = plots, nrow = 2, ncol = 3)
```



19.3.3 Função massa de probabilidade (simulação)

```
p <- c(0.1, 1, 2.5, 5, 15, 30)
n <- 1000

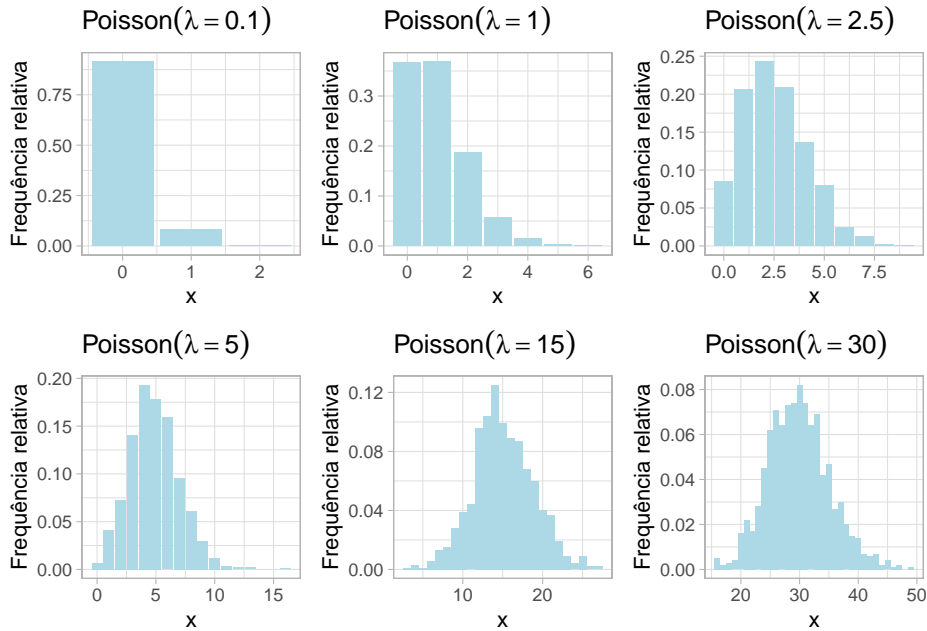
# Carregar os pacotes necessários
library(ggplot2)
library(latex2exp)
library(gridExtra)

# Inicializar uma lista para armazenar os gráficos
plots <- list()

# Loop para criar os data frames e gráficos
for (i in 1:length(p)) {
  dados <- data.frame(X = rpois(n, lambda = p[i]))

  plots[[i]] <- ggplot(dados) +
    geom_bar(aes(x = X, y = after_stat(prop)), fill="lightblue") +
    labs(title=TeX(paste("$Poisson(lambda=", p[i], ")$")),
         x = "x", y = "Frequência relativa") +
    theme_light()
}
```

```
# Dispor os gráficos em uma grade 2x3
grid.arrange(grobs = plots, nrow = 2, ncol = 3)
```



19.3.4 Comparação

```
p <- c(0.1, 1, 2.5, 5, 15, 30)
n <- 1000

# Carregar os pacotes necessários
library(ggplot2)
library(latex2exp)
library(gridExtra)

# Inicializar uma lista para armazenar os gráficos
plots <- list()

# Loop para criar os data frames e gráficos
for (i in 1:length(p)) {
  dados <- data.frame(X = rpois(n, lambda = p[i]))
  teorico <- data.frame(x=0:50, y=dpois(0:50,p[i]))

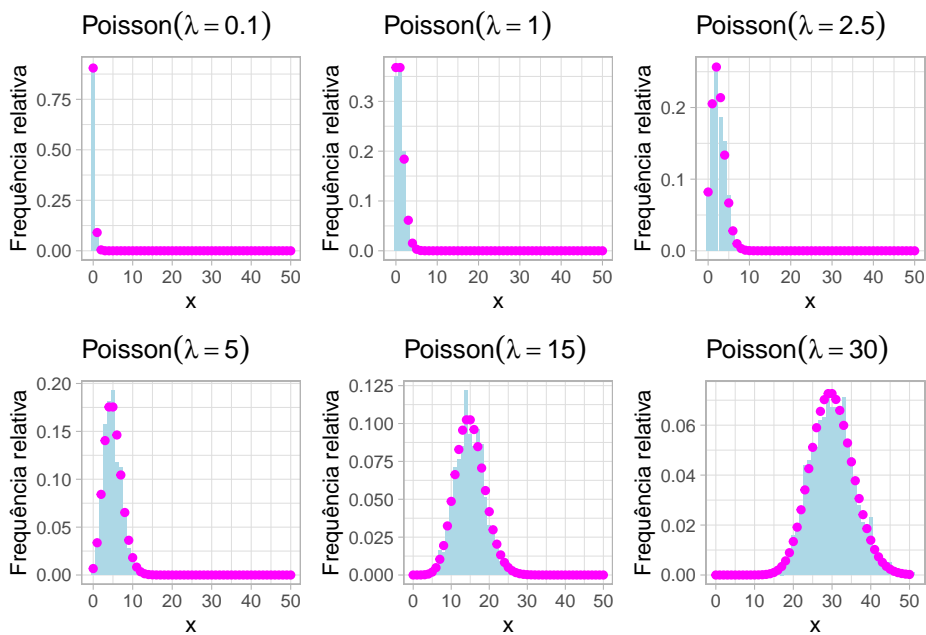
  plots[[i]] <- ggplot(dados) +
```

```

geom_bar(aes(x = X, y =after_stat(prop)), fill="lightblue") +
geom_point(data = teorico, aes(x, y), color = "magenta") +
scale_x_continuous(breaks = seq(0, 50, by = 10)) +
labs(title=TeX(paste("$Poisson(lambda=", p[i], ")$")),
x = "x", y = "Frequência relativa") +
theme_light()
}

# Dispor os gráficos em uma grade 2x3
grid.arrange(grobs = plots, nrow = 2, ncol = 3)

```



19.3.5 Função de distribuição

```

lambda <- 5 # Parâmetro da Poisson
x <- 0:15   # Valores de x para plotar a distribuição

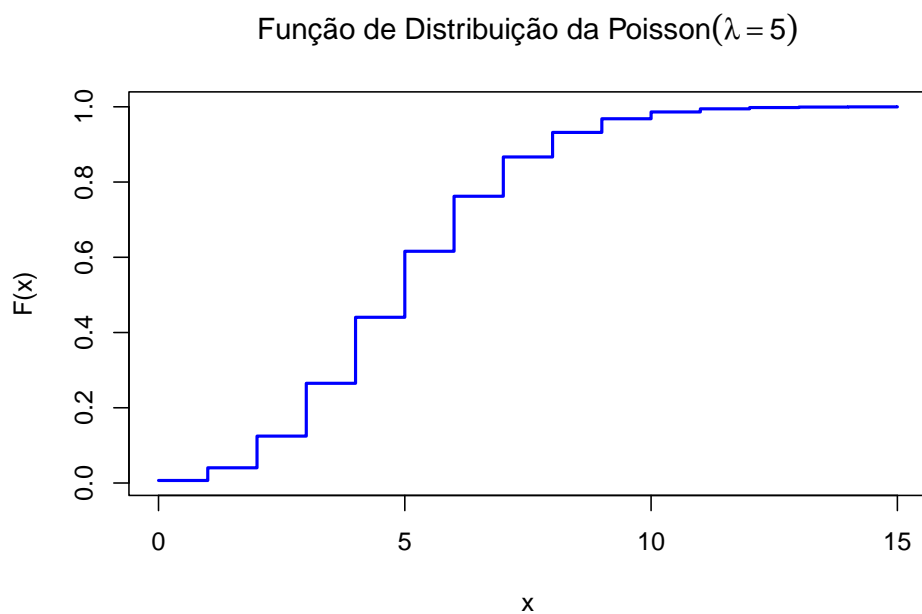
# Calcular a FD
y <- ppois(x, lambda = lambda)

# Plotar a FD
plot(x,y, type="s", lwd=2, col="blue",
main=TeX(paste("Função de Distribuição da $Poisson (lambda =", lambda, ")$")),

```

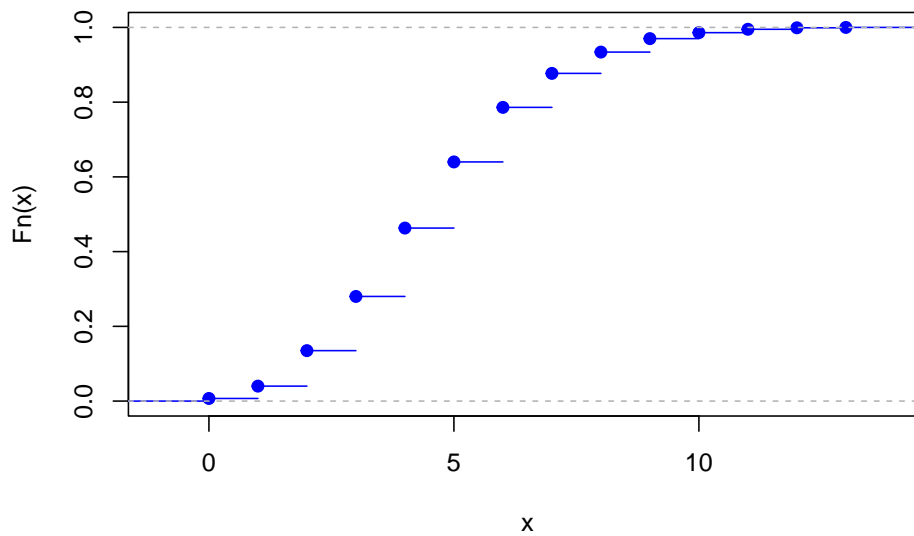
19.3. GERANDO UMA VARIÁVEL ALEATÓRIA COM DISTRIBUIÇÃO DE POISSON¹¹

```
xlab = "x",  
ylab = "F(x)")
```



19.3.6 Função de distribuição empírica

```
# Definir os parâmetros da distribuição de Poisson  
lambda <- 5  
  
dados <- rpois(1000, lambda = lambda)  
Fn <- ecdf(dados)  
  
# Plotar CDF  
plot(Fn, main=TeX("Função de Distribuição Empírica da $Poisson(lambda = 5)$"),  
      xlab = "x",  
      ylab = "Fn(x)",  
      col = "blue")
```

Função de Distribuição Empírica da Poisson($\lambda = 5$)

```
# OU
#plot.ecdf(dados)
```

Cálculo de probabilidades: Seja $X \sim \text{Poisson}(\lambda = 5)$.

$$P(X \leq 4) \rightarrow \text{ppois}(4, 5) = 0.4405$$

$$P(X \leq 4) \rightarrow \text{Fn}(4) = 0.433$$

19.4 Gerando uma variável aleatória com distribuição de Uniforme

19.4.1 Cálculo de probabilidades

Seja $X \sim \text{Uniforme}(0, 1)$

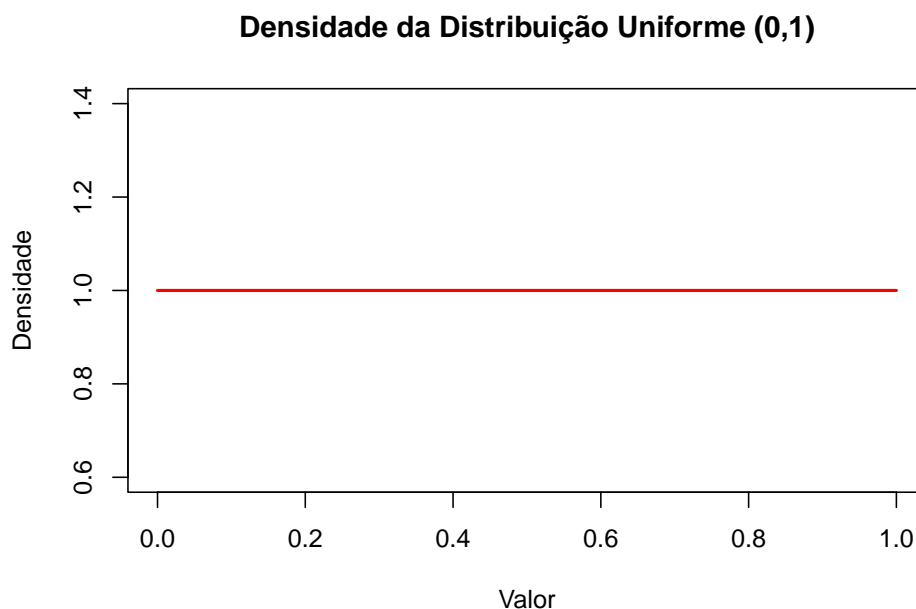
- $P(X \leq 0.5) \rightarrow \text{punif}(0.5, \text{min} = 0, \text{max} = 1) = 0.5$
- $P(X > 0.5) \rightarrow \text{punif}(0.5, \text{min} = 0, \text{max} = 1, \text{lower.tail} = \text{FALSE}) = 0.5$

19.4.2 Função densidade de probabilidade

```
# Gerar os valores x para a densidade teórica
x_vals <- seq(0, 1, length.out = 100)

# Calcular a densidade teórica para os valores x
y_vals <- dunif(x_vals, min = 0, max = 1)

# Desenhar o gráfico da função densidade de probabilidade
plot(x_vals, y_vals, type = "l",
     col = "red", lwd = 2,
     main = "Densidade da Distribuição Uniforme (0,1)",
     xlab = "Valor", ylab = "Densidade")
```



19.4.3 Função densidade de probabilidade (simulação)

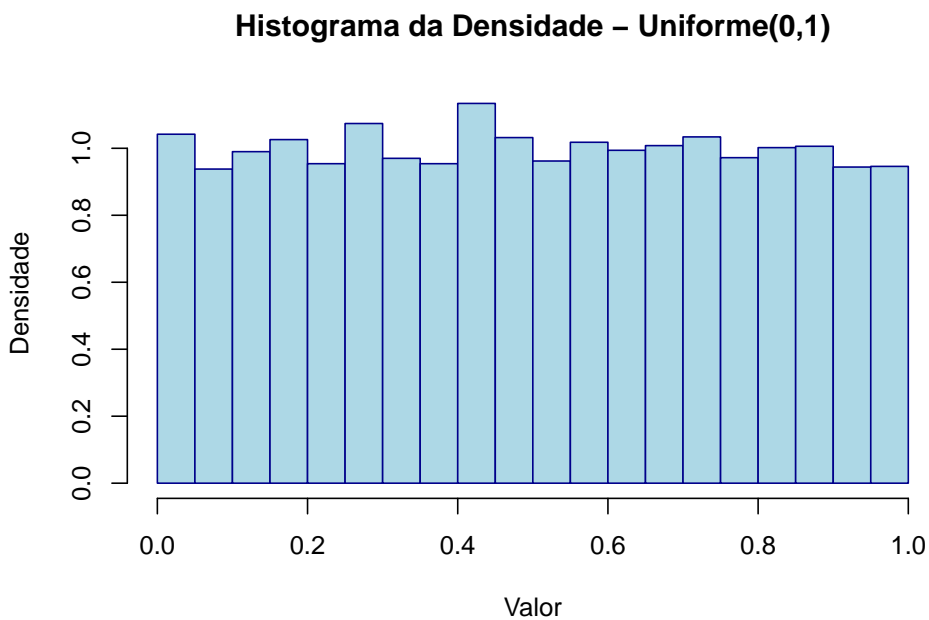
```
# Definir o tamanho da amostra
n <- 10000

# Fixar a semente para reprodutibilidade
set.seed(123)

# Gerar a variável aleatória com distribuição uniforme (0,1)
```

```
uniform_data <- runif(n, min = 0, max = 1)

# Criar um histograma da amostra
hist(uniform_data, probability = TRUE,
     main = "Histograma da Densidade - Uniforme(0,1)",
     xlab = "Valor",
     ylab = "Densidade",
     col = "lightblue",
     border = "darkblue")
```



19.4.4 Comparação

```
# Definir o tamanho da amostra
n <- 10000

# Fixar a semente para reprodutibilidade
set.seed(123)

# Gerar a variável aleatória com distribuição uniforme (0,1)
uniform_data <- runif(n, min = 0, max = 1)

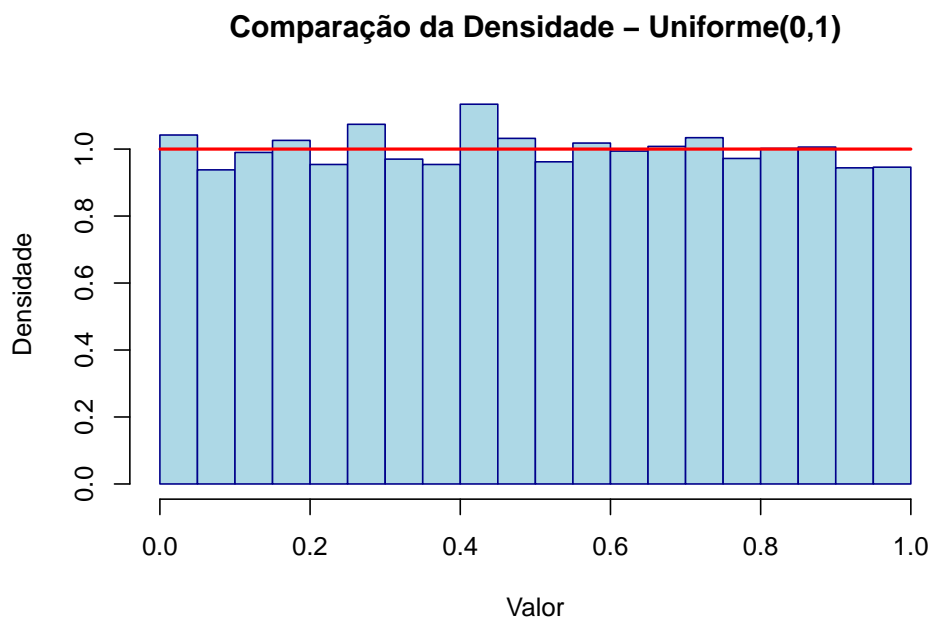
# Criar um histograma da amostra com densidade
hist(uniform_data, probability = TRUE,
```

```

main = "Comparação da Densidade - Uniforme(0,1)",
xlab = "Valor",
ylab = "Densidade",
col = "lightblue",
border = "darkblue")

# Adicionar a curva da densidade teórica
curve(dunif(x, min = 0, max = 1),
      add = TRUE,
      col = "red",
      lwd = 2)

```



19.4.5 Função de distribuição

```

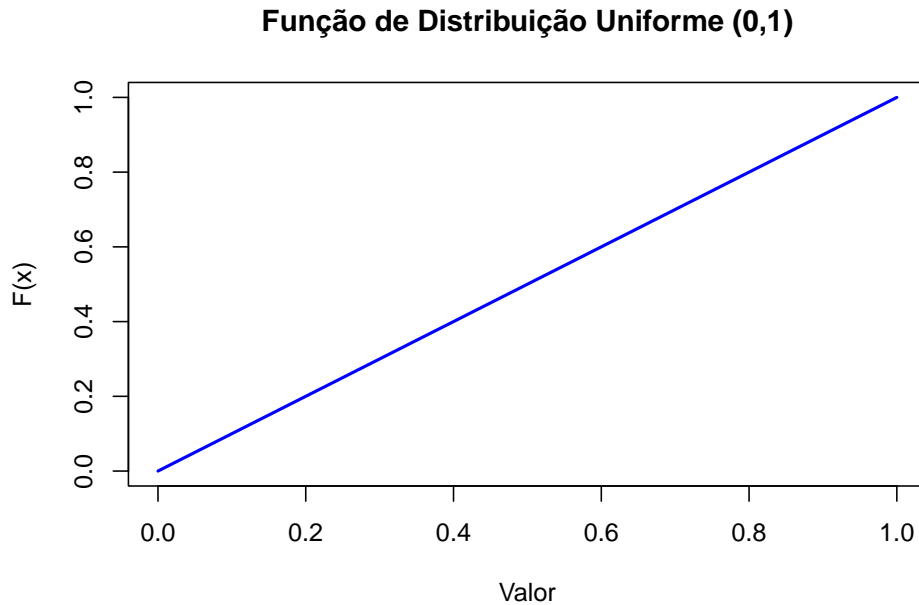
# Gerar os valores x para a FD teórica
x_vals <- seq(0, 1, length.out = 100)

# Calcular a FD teórica para os valores x
y_vals <- punif(x_vals, min = 0, max = 1)

# Desenhar o gráfico da função de distribuição acumulada
plot(x_vals, y_vals, type = "l",
     col = "blue", lwd = 2,

```

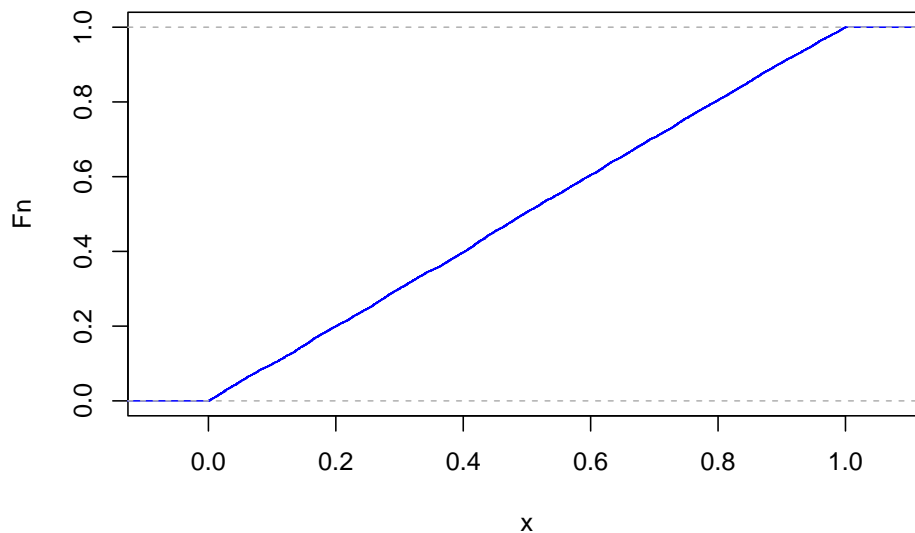
```
main = "Função de Distribuição Uniforme (0,1)",  
xlab = "Valor", ylab = "F(x)"
```



19.4.6 Função de distribuição empírica

```
# Definir o tamanho da amostra  
n <- 10000  
  
# Fixar a semente para reprodutibilidade  
set.seed(123)  
  
# Gerar a variável aleatória com distribuição uniforme (0,1)  
uniform_data <- runif(n, min = 0, max = 1)  
  
# Função de distribuição empírica  
Fn <- ecdf(uniform_data)  
  
plot(Fn, main="Função de Distribuição Empírica",  
     xlab="x",  
     ylab="Fn",  
     col="blue")
```

Função de Distribuição Empírica



```
# OU
#plot.ecdf(uniform_data)
```

19.5 Gerando uma variável aleatória com distribuição Exponencial

19.5.1 Cálculo de probabilidades

Seja $X \sim \text{Exponencial}(\lambda = 1)$.

$P(X \leq 0.5) \rightarrow \text{pexp}(0.5, \text{rate}=1) = 0.3935$

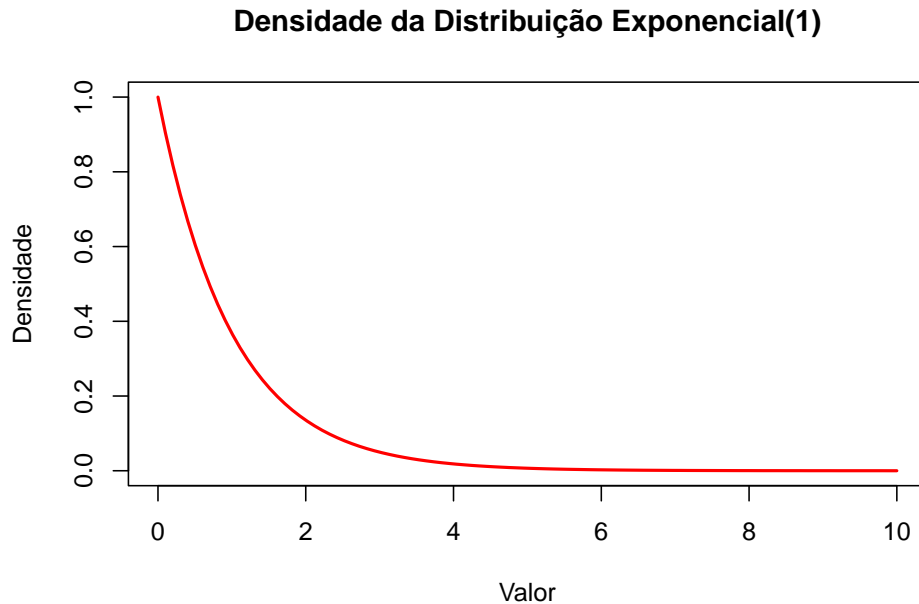
$P(X > 0.5) \rightarrow \text{pexp}(0.5, \text{rate}=1, \text{lower.tail}=\text{FALSE}) = 0.6065$

19.5.2 Função densidade de probabilidade (teórica)

```
# Gerar os valores x para a densidade teórica
x_vals <- seq(0, 10, length.out = 100)

# Calcular a densidade teórica para os valores x
y_vals <- dexp(x_vals, rate=1)
```

```
# Desenhar o gráfico da função densidade de probabilidade
plot(x_vals, y_vals, type = "l",
     col = "red", lwd = 2,
     main = "Densidade da Distribuição Exponencial(1)",
     xlab = "Valor", ylab = "Densidade")
```



19.5.3 Função densidade de probabilidade (simulação)

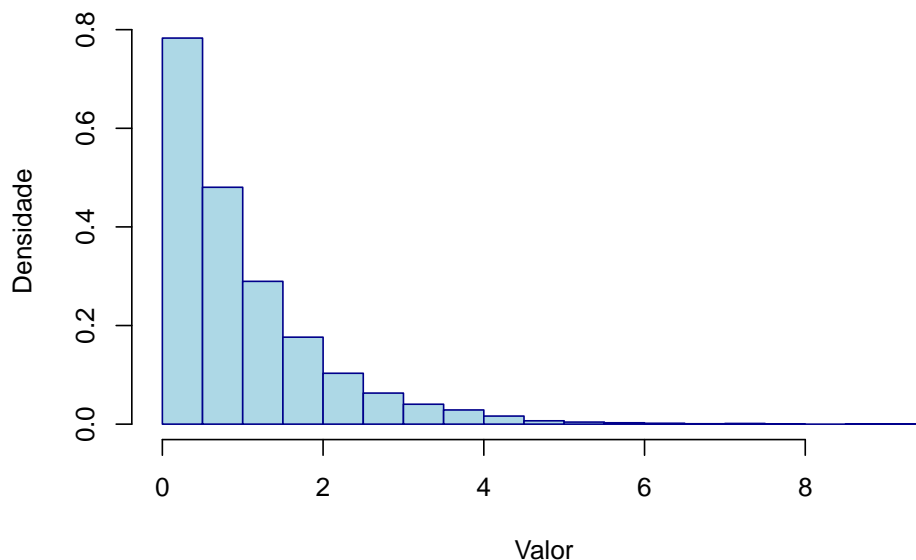
```
# Definir o tamanho da amostra
n <- 10000

# Fixar a semente para reprodutibilidade
set.seed(123)

# Gerar a variável aleatória com distribuição exponencial(1)
expo_data <- rexp(n, rate=1)

# Criar um histograma da amostra
hist(expo_data, probability = TRUE,
     main = "Histograma da Densidade - Exponencial(1)",
     xlab = "Valor",
     ylab = "Densidade",
     col = "lightblue",
     border = "darkblue")
```

Histograma da Densidade – Exponencial(1)



19.5.4 Comparação

```
# Definir o tamanho da amostra
n <- 10000

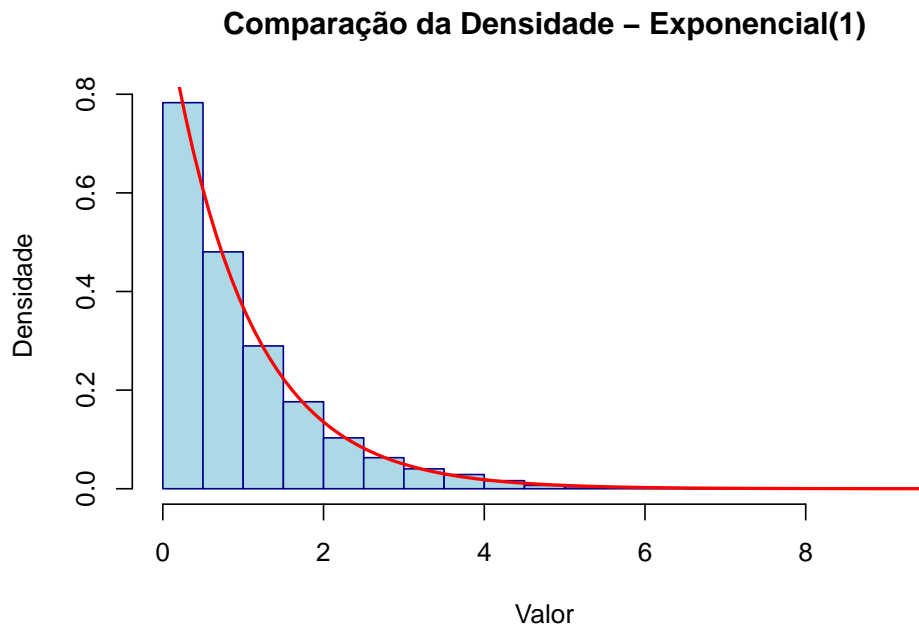
# Fixar a semente para reprodutibilidade
set.seed(123)

# Gerar a variável aleatória com distribuição exponencial(1)
expo_data <- rexp(n, rate=1)

# Criar um histograma da amostra
hist(expo_data, probability = TRUE,
     main = "Comparação da Densidade - Exponencial(1)",
     xlab = "Valor",
     ylab = "Densidade",
     col = "lightblue",
     border = "darkblue")

# Adicionar curva da densidade teórica
curve(dexp(x, rate=1),
      add=TRUE,
      col="red",
```

```
lwd=2)
```



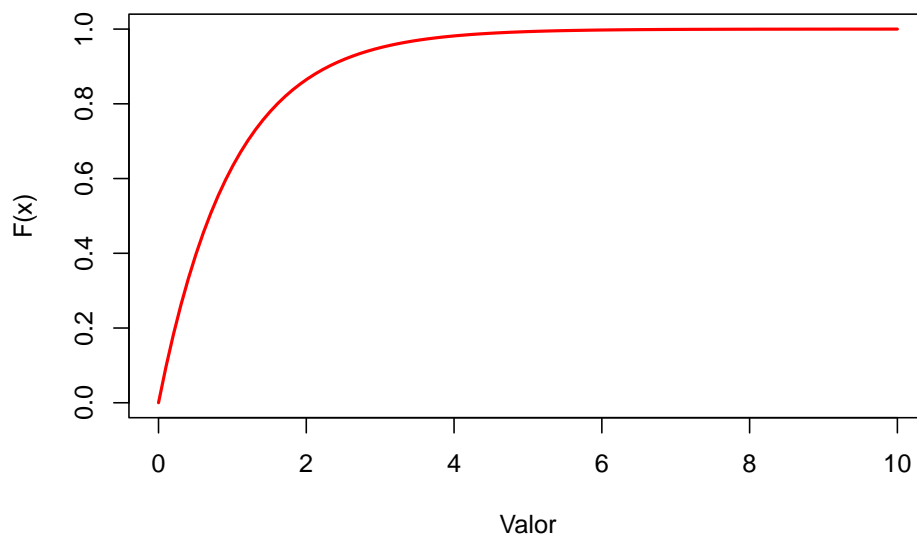
19.5.5 Função de distribuição

```
# Gerar os valores x para a FD teórica
x_vals <- seq(0, 10, length.out = 100)

# Calcular a FD teórica para os valores x
y_vals <- pexp(x_vals, rate=1)

# Desenhar o gráfico da FD
plot(x_vals, y_vals, type = "l",
     col = "red", lwd = 2,
     main = "Função de Distribuição Exponencial(1)",
     xlab = "Valor", ylab = "F(x)")
```


Função de Distribuição Exponencial(1)



19.5.6 Função de distribuição empírica

```
# Definir o tamanho da amostra
n <- 10000

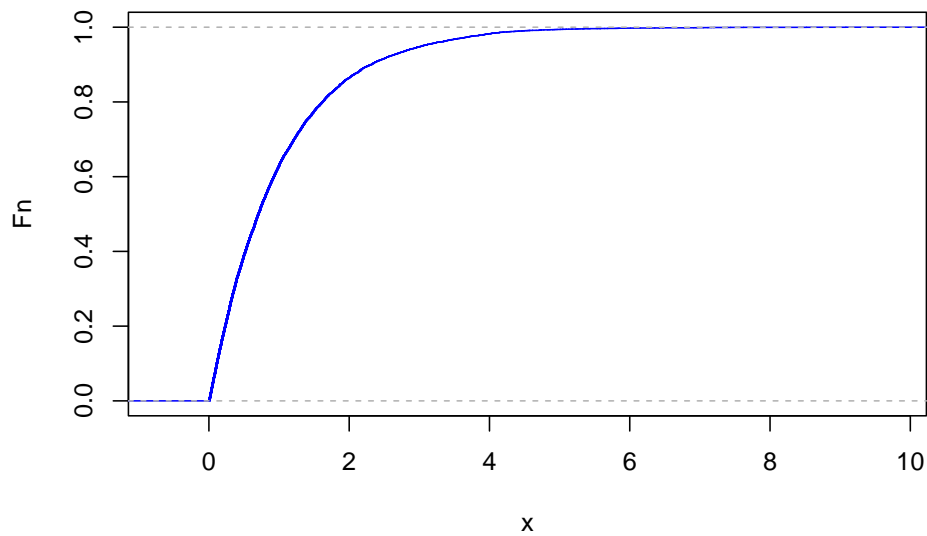
# Fixar a semente para reprodutibilidade
set.seed(123)

# Gerar a variável aleatória com distribuição exponencial(1)
expo_data <- rexp(n, rate=1)

# Função de distribuição empírica
Fn <- ecdf(expo_data)

plot(Fn, main="Função de Distribuição Empírica",
     xlab="x",
     ylab="Fn",
     col="blue")
```

Função de Distribuição Empírica



19.6 Gerando uma variável aleatória com distribuição Normal

19.6.1 Cálculo de probabilidades

Seja $X \sim \text{Normal}(0, 1)$.

$P(X \leq 0.5) \rightarrow \text{pnorm}(0.5, \text{mean}=0, \text{sd}=1) = 0.6915$

$P(X > 0.5) \rightarrow \text{pnorm}(0.5, \text{mean}=0, \text{sd}=1, \text{lower.tail}=\text{FALSE}) = 0.3085$

19.6.2 Função densidade de probabilidade (teórica)

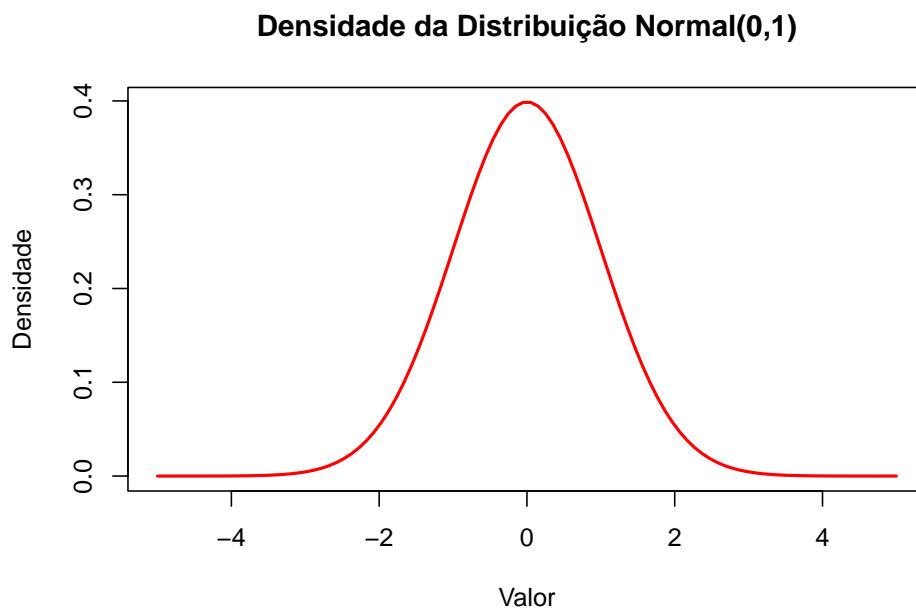
```
# Gerar os valores x para a densidade teórica
x_vals <- seq(-5, 5, length.out = 100)

# Calcular a densidade teórica para os valores x
y_vals <- dnorm(x_vals, mean = 0, sd = 1)

# Desenhar o gráfico da função densidade de probabilidade
plot(x_vals, y_vals, type = "l",
     col = "red", lwd = 2,
```

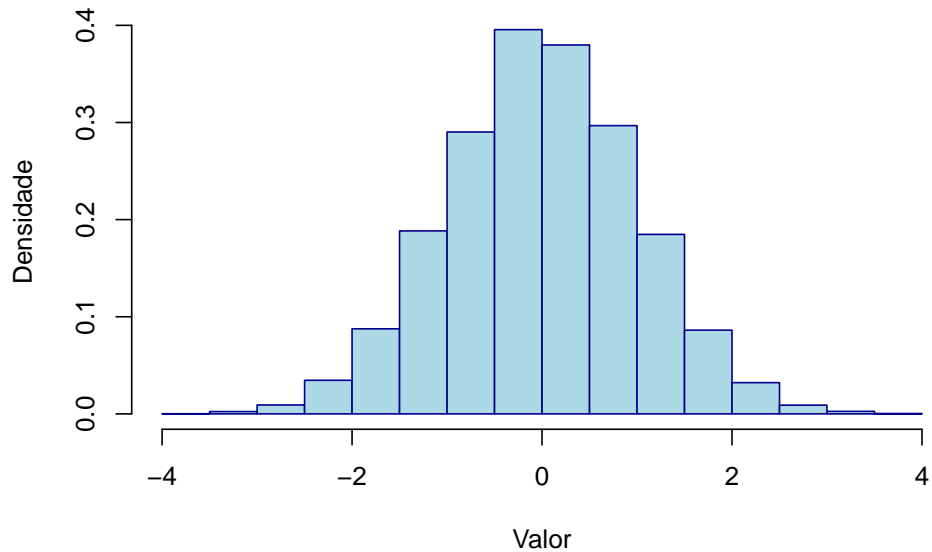
19.6. GERANDO UMA VARIÁVEL ALEATÓRIA COM DISTRIBUIÇÃO NORMAL123

```
main = "Densidade da Distribuição Normal(0,1)",  
xlab = "Valor", ylab = "Densidade")
```



19.6.3 Função densidade de probabilidade (simulação)

```
# Definir o tamanho da amostra  
n <- 10000  
  
# Fixar a semente para reprodutibilidade  
set.seed(123)  
  
# Gerar a variável aleatória com distribuição Normal(0,1)  
normal_data <- rnorm(n, mean = 0, sd = 1)  
  
# Criar um histograma da amostra com densidade  
hist(normal_data, probability = TRUE,  
      main = "Comparação da Densidade - Normal(0,1)",  
      xlab = "Valor",  
      ylab = "Densidade",  
      col = "lightblue",  
      border = "darkblue")
```

Comparação da Densidade – Normal(0,1)**19.6.4 Comparação**

```
# Definir o tamanho da amostra
n <- 10000

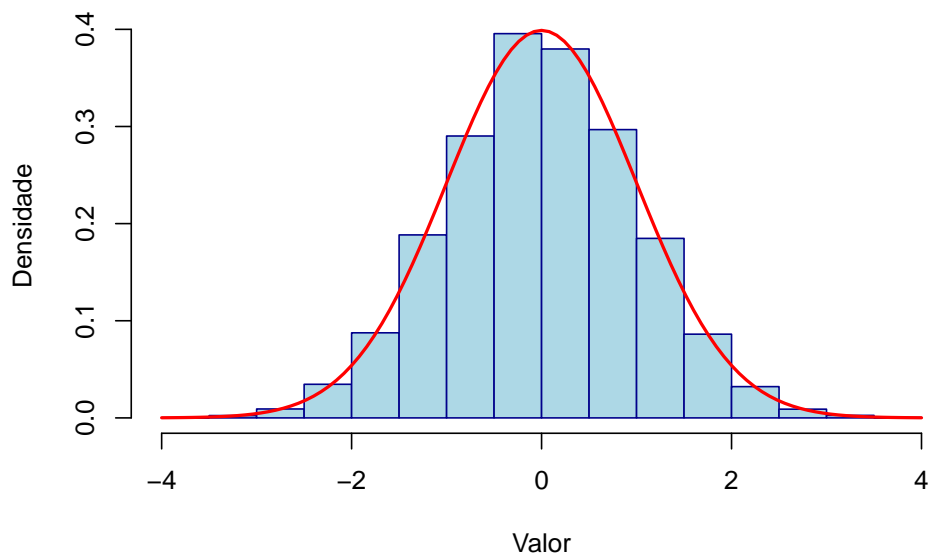
# Fixar a semente para reprodutibilidade
set.seed(123)

# Gerar a variável aleatória com distribuição Normal(0,1)
normal_data <- rnorm(n, mean = 0, sd = 1)

# Criar um histograma da amostra com densidade
hist(normal_data, probability = TRUE,
      main = "Comparação da Densidade - Normal(0,1)",
      xlab = "Valor",
      ylab = "Densidade",
      col = "lightblue",
      border = "darkblue")

# Adicionar a curva da densidade teórica
curve(dnorm(x, mean = 0, sd = 1),
      add = TRUE,
      col = "red",
      lwd = 2)
```

Comparação da Densidade – Normal(0,1)

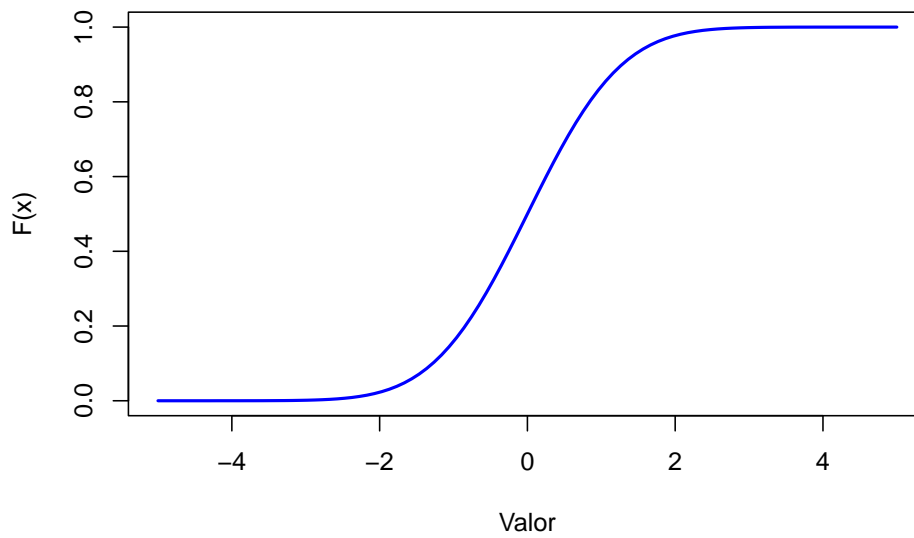


19.6.5 Função de distribuição

```
# Gerar os valores x para a FD teórica
x_vals <- seq(-5, 5, length.out = 100)

# Calcular a FD teórica para os valores x
y_vals <- pnorm(x_vals, mean = 0, sd = 1)

# Desenhar o gráfico da função de distribuição
plot(x_vals, y_vals, type = "l",
     col = "blue", lwd = 2,
     main = "Função de Distribuição Normal(0,1)",
     xlab = "Valor", ylab = "F(x)")
```

Função de Distribuição Normal(0,1)**19.6.6 Função de distribuição empírica**

```
# Definir o tamanho da amostra
n <- 10000

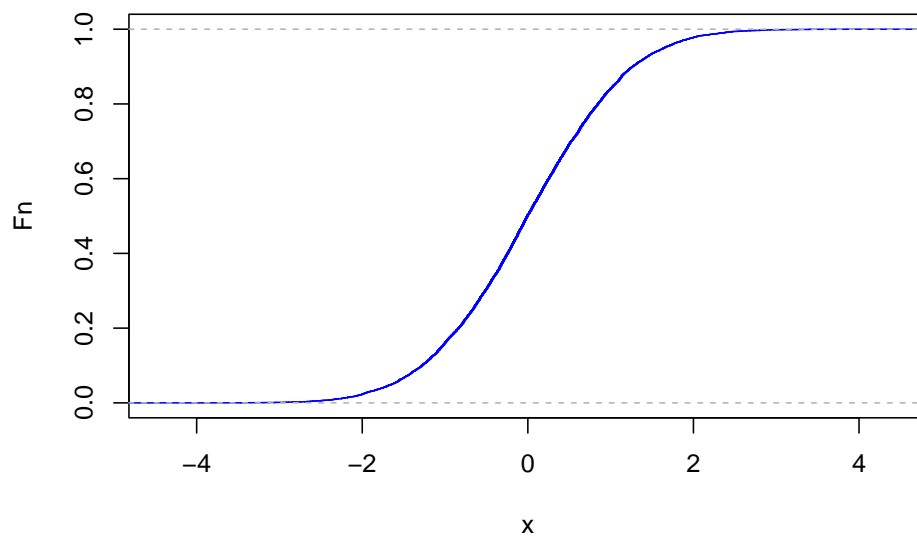
# Fixar a semente para reprodutibilidade
set.seed(123)

# Gerar a variável aleatória com distribuição Normal(0,1)
normal_data <- rnorm(n, mean = 0, sd = 1)

# Função de distribuição empírica
Fn <- ecdf(normal_data)

plot(Fn, main="Função de Distribuição Empírica",
     xlab="x",
     ylab="Fn",
     col="blue")
```

Função de Distribuição Empírica



Chapter 20

Cross-references

Cross-references make it easier for your readers to find and link to elements in your book.

20.1 Chapters and sub-chapters

There are two steps to cross-reference any heading:

1. Label the heading: `# Hello world {#nice-label}`.
 - Leave the label off if you like the automated heading generated based on your heading title: for example, `# Hello world = # Hello world {#hello-world}`.
 - To label an un-numbered heading, use: `# Hello world {-#nice-label}` or `{# Hello world .unnumbered}`.
2. Next, reference the labeled heading anywhere in the text using `\@ref(nice-label)`; for example, please see Chapter 20.
 - If you prefer text as the link instead of a numbered reference use: any text you want can go here.

20.2 Captioned figures and tables

Figures and tables *with captions* can also be cross-referenced from elsewhere in your book using `\@ref(fig:chunk-label)` and `\@ref(tab:chunk-label)`, respectively.

See Figure 20.1.

```
par(mar = c(4, 4, .1, .1))  
plot(pressure, type = 'b', pch = 19)
```

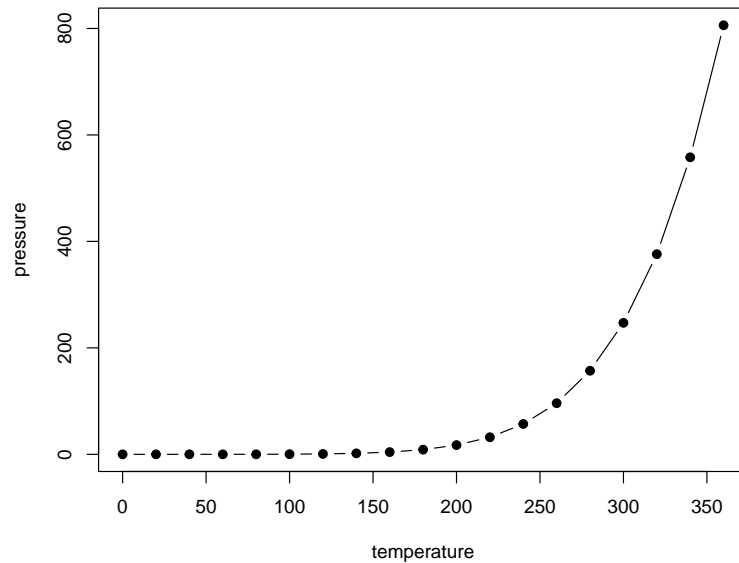


Figure 20.1: Here is a nice figure!

Don't miss Table 20.1.

```
knitr::kable(  
  head(pressure, 10), caption = 'Here is a nice table!',  
  booktabs = TRUE  
)
```

Table 20.1: Here is a nice table!

temperature	pressure
0	0.000
20	0.001
40	0.006
60	0.030
80	0.090
100	0.270
120	0.750
140	1.850
160	4.200
180	8.800

Chapter 21

Parts

You can add parts to organize one or more book chapters together. Parts can be inserted at the top of an .Rmd file, before the first-level chapter heading in that same file.

Add a numbered part: `# (PART) Act one {-}` (followed by `# A chapter`)

Add an unnumbered part: `# (PART*) Act one {-}` (followed by `# A chapter`)

Add an appendix as a special kind of un-numbered part: `# (APPENDIX) Other stuff {-}` (followed by `# A chapter`). Chapters in an appendix are prepended with letters instead of numbers.

Chapter 22

Footnotes and citations

22.1 Footnotes

Footnotes are put inside the square brackets after a caret `^[]`. Like this one ¹.

22.2 Citations

Reference items in your bibliography file(s) using `@key`.

For example, we are using the **bookdown** package [Xie, 2024] (check out the last code chunk in `index.Rmd` to see how this citation key was added) in this sample book, which was built on top of R Markdown and **knitr** [Xie, 2015] (this citation was added manually in an external file `book.bib`). Note that the `.bib` files need to be listed in the `index.Rmd` with the YAML `bibliography` key.

The RStudio Visual Markdown Editor can also make it easier to insert citations: <https://rstudio.github.io/visual-markdown-editing/#/citations>

¹This is a footnote.

Chapter 23

Blocks

23.1 Equations

Here is an equation.

$$f(k) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \quad (23.1)$$

You may refer to using `\@ref{eq:binom}`, like see Equation (23.1).

23.2 Theorems and proofs

Labeled theorems can be referenced in text using `\@ref{thm:tri}`, for example, check out this smart theorem 23.1.

Theorem 23.1. *For a right triangle, if c denotes the length of the hypotenuse and a and b denote the lengths of the **other** two sides, we have*

$$a^2 + b^2 = c^2$$

Read more here <https://bookdown.org/yihui/bookdown/markdown-extensions-by-bookdown.html>.

23.3 Callout blocks

The R Markdown Cookbook provides more help on how to use custom blocks to design your own callouts: <https://bookdown.org/yihui/rmarkdown-cookbook/custom-blocks.html>

Chapter 24

Sharing your book

24.1 Publishing

HTML books can be published online, see: <https://bookdown.org/yihui/bookdown/publishing.html>

24.2 404 pages

By default, users will be directed to a 404 page if they try to access a webpage that cannot be found. If you'd like to customize your 404 page instead of using the default, you may add either a `_404.Rmd` or `_404.md` file to your project root and use code and/or Markdown syntax.

24.3 Metadata for sharing

Bookdown HTML books will provide HTML metadata for social sharing on platforms like Twitter, Facebook, and LinkedIn, using information you provide in the `index.Rmd` YAML. To setup, set the `url` for your book and the path to your `cover-image` file. Your book's `title` and `description` are also used.

This `gitbook` uses the same social sharing data across all chapters in your book—all links shared will look the same.

Specify your book's source repository on GitHub using the `edit` key under the configuration options in the `_output.yml` file, which allows users to suggest an edit by linking to a chapter's source file.

Read more about the features of this output format here:

<https://pkgs.rstudio.com/bookdown/reference/gitbook.html>

Or use:

```
?bookdown::gitbook
```

Bibliography

Yihui Xie. *Dynamic Documents with R and knitr*. Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, Florida, 2nd edition, 2015. URL <http://yihui.org/knitr/>. ISBN 978-1498716963.

Yihui Xie. *bookdown: Authoring Books and Technical Documents with R Markdown*, 2024. URL <https://github.com/rstudio/bookdown>. R package version 0.40.