

Análise de Dados Ambientais com R

Jônatan Tatsch

2018-04-18

Contents

Apresentação	5
1 Introdução	7
1.1 Análise de dados meteorológicos	7
1.2 Ciência de dados	7
1.3 Etapas para abordagem de um problema	7
1.4 Programação computacional	8
1.5 R	8
1.6 Por que o R?	8
1.7 Pacotes da comunidade do R	8
1.8 Por que um meteorologista usaria o R?	9
1.9 R não é perfeito!	9
1.10 Para saber mais sobre o R	9
2 Instalação do R e RStudio	11
2.1 Instalando o R	11
2.2 Diretório para instalação de pacotes	15
2.3 Rstudio no Ubuntu	15
3 Interface do Usuário	19
3.1 R no modo interativo	19
3.2 R no modo de processamento em lote	22
3.3 Rodando script de dentro do R	22
4 Operações básicas	23
4.1 Convenção	23
5 Tipos de dados	25
5.1 Evapotranspiração de referência	25
5.2 Evapotranspiração da cultura	25
5.3 Evapotranspiração real	25

Apresentação

Este material é uma composição das notas de aula da disciplina **Análise de Dados Ambientais com R** do curso de Graduação em METEOROLOGIA oferecido no Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

O livro é designado para quem não tem experiência em programação, ou qualquer um com interesse em aprender o R para manipular dados ambientais. O objetivo é prover uma material para ensinar os conceitos básicos de programação necessários para o processamento, a visualização e a análise de dados ambientais com o sistema computacional R. Estes procedimentos são potencializados com o uso do software RStudio, uma interface de desenvolvimento integrado (IDE) para o R.

Neste livro o leitor aprenderá a sintaxe básica da linguagem R (R Core Team, 2018), a importação e exportação de dados, a criação de gráficos, funções, a padronização e organização de conjunto de dados; e finalmente, a confecção de relatórios dinâmicos e reproduzíveis.

O material do livro inclui o uso de dados ambientais de diferentes áreas (meteorologia, climatologia, hidrologia, sensoriamento remoto) em exemplos práticos e em exercícios, para estimular a prática da programação.

O texto é intercalado com trechos de códigos que podem ser reproduzidos e os resultados visualizados no computador do leitor.

Após a introdução ao R apresenta-se as capacidades específicas do R para manipulação de dados. Baseado na experiência do autor são empregados os pacotes mais adequados para cada finalidade, como `dplyr` e `tidyr` para o processamento de dados e o `ggplot2` para visualização de dados.

A intenção do livro é que após a leitura, o leitor tenha o conhecimento suficiente para desenvolver códigos que automatizem tarefas repetitivas, assim reduzindo o tempo na etapa de preparação de dados. Esta programação mais efetiva permitirá focar mais na análise de dados e na comunicação dos resultados, seja ela na forma de documentos acadêmicos, ou relatórios técnicos em empresas públicas e privadas.

O texto está em formato html para tirar o melhor proveito de recursos de multimídia, da capacidade de busca de texto e links para websites.

O texto é organizado em 5 capítulos:

- 1 Introdução
- 2 Instalação do R e Rstudio
- 3 Interface do Usuário
- 4 Operações Básicas
- 5 Tipos de dados

Chapter 1

Introdução

Breve intro.

1.1 Análise de dados meteorológicos

Processo pelo qual adquire-se conhecimento, compreensão e percepção dos fenômenos meteorológicos a partir de observações (dados) qualitativas e quantitativas.

1.2 Ciência de dados

1.3 Etapas para abordagem de um problema

1. **Questão científica/problema**
2. **Obtenção de dados:** coleta/medida do(as) estado/condições da atmosfera
 - Instrumentos e sensores
3. **Processamento de dados:** *download* —> limpeza —> formatação —> transformação —> controle de qualidade
 - ferramenta/software
 - conhecimento em programação
4. **Análise de dados**
 - ferramenta/software
 - conhecimento em programação
5. **Solução para o problema**
 - Proposta de um modelo
 - estatístico, empírico, ou fisicamente baseado
 - conhecimento em programação
6. **Apresentação/divulgação/publicação**

1.4 Programação computacional

1.5 R

- R é o termo usado para se referir a linguagem de programação e ao software que interpreta os scripts escritos usando esta linguagem.
- Comunidade fantástica
- Contribuidores (R-core Team)
- milhares de pessoas usam o R diariamente e ajudam outras pessoas
- **Software Livre** (GPL), Código aberto e multiplataforma
- Ambiente para Análise de dados interativa

1.6 Por que o R?

- R não é uma GUI (Interface gráfica do usuário) e isso é bom
 - há uma natural resistência e dificuldade ao uso de códigos e scripts
 - scripts favorecem a **automatização** e **reprodutibilidade**
 - força você a ter um conhecimento mais aprofundado do que está fazendo
- Reprodutibilidade
 - qualquer pessoa (inclusive você mesmo no futuro) pode obter os mesmos resultados do mesmo conjunto de dados
 - R é integrado com outras ferramentas de que permitem atualizar seus resultados, figuras e análises automaticamente
- Relatório dinâmicos e interativos
- Acesso ao estado da arte da ciência de dados (*Big Data*, *Data Mining*, *Machine Learning*)
- é um software livre, de código fonte aberto e funciona em diversos sistemas operacionais (Linux, Windows e MacOS).
- Interface com Fortran, C, C++, Python
- Visualização de dados
- R produz gráficos de alta qualidade
- R trabalha com dados de todas formas e tamanhos
- Extensões para Manipulação de dados

1.7 Pacotes da comunidade do R

Evolução do nº de pacotes disponíveis no CRAN

1.8 Por que um meteorologista usaria o R?

A meteorologia é 4D:

```
meteorologia <- function(x, y, z, t){  
  ...muita coisa para caber em um slide...  
}
```

Logo, requer ferramentas específicas para:

- manipulação de dados espaciais
- análise de séries temporais
- importação e ferramentas de SIG
- leitura de dados em formatos específicos (netcdf, binários, grib2, ...)

1.9 R não é perfeito!

- Muitos códigos em R são escritos para resolver um problema;
 - foco nos resultados e não no processo
 - usuários não são programadores
 - códigos deselegantes, lentos e difíceis de entender
- Como o nosso idioma, há muitas exceções para serem lembradas
- R não é muito rápido e códigos mal escritos serão lentos
- São apenas ~20 anos de evolução
- Há muito o que melhorar

1.10 Para saber mais sobre o R

Documentação oficial - Manuais do R traduzidos

Lista de Livros relacionados ao R

- Livros gratuitos (em inglês)

Fóruns:

- lista Brasileira de discussão do programa R: **R-br**
- stackoverflow

Chapter 2

Instalação do R e RStudio

A interação do usuário com o R é por meio da linha de comando. Essa interação pode ser facilitada com o uso do RStudio.

A seguir descreve-se como instalar o *R* no Windows e no Linux Ubuntu. A forma de instalação do R no Linux tenta ser mais didática do que prática. Alguns comandos linux básicos serão utilizados, mas mesmo quem não é usuário linux será capaz de entendê-los.

2.1 Instalando o R

O *R* pode ser instalado a partir dos binários pré-compilados ou do código fonte. Aqui, descreve-se a instalação do *R* a partir dos binários

2.1.1 Windows

A forma de instalar o R no Windows é baixar o binário executável da **Rede Abrangente de Arquivos do R** (CRAN). Depois clicar em *Download R for Windows* e *install R for the first time*. Quando este tutorial foi escrito a última versão foi a R 3.4.4.

A instalação do R para Windows a partir do executável acima incluirá na instalação uma GUI chamada `RGui.exe`, mostrada abaixo.

2.1.2 Linux

2.1.2.1 Ubuntu

Há várias formas de instalar o R no Ubuntu, mas geralmente a versão compilada no repositório *default* do Ubuntu não é a última. Se isso for problema para você então basta executar:

```
sudo apt-get install r-base
```

2.1.2.2 R sempre atualizado

Se você prefere trabalhar com a última versão estável do R, precisamos configurar o Linux Ubuntu para atualizar automaticamente o *R*. Também uma boa prática definir um diretório para armazenamento dos pacotes utilizados.

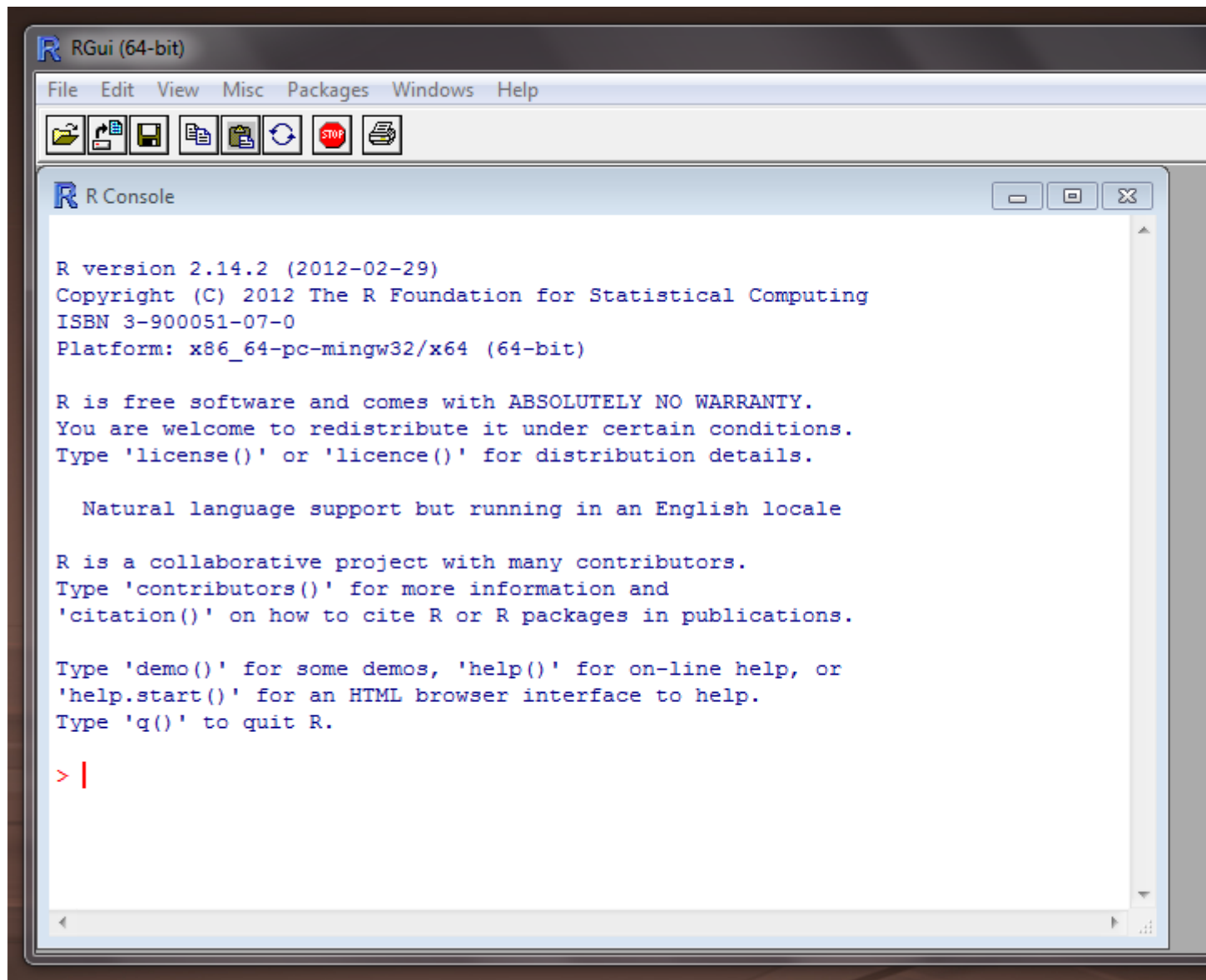


Figure 2.1: Interface gráfica do usuário no R para Windows.

O procedimento de instalação requer senha de superusuário do sistema ou de privilégios sudo. Caso não tenha, consulte o administrador do sistema.

Ao utilizar distribuições Linux Ubuntu é importante optar por versões estáveis¹. As versões de Suporte de longo prazo (LTS) mais recentes são:

- 14.04 (abril de 2014, *codename* **trusty**)
- 16.04 (abril de 2016, *codename* **xenial**)

O R é distribuído na CRAN. Geralmente há duas atualizações ao ano. A versão mais atual é a R version 3.4.4 (2018-03-15). Para que ele seja atualizado automaticamente no Ubuntu precisamos adicionar o repósitório do R mais próximo da nossa região à lista de repósitórios do Linux. No nosso caso, o repósitório mais próximo é o da UFPR (<http://cran-r.c3sl.ufpr.br/>).

2.1.2.2.1 Incluindo repósitório do R na Lista de repósitórios do Ubuntu

A lista de repósitórios do sistema é armazenada no arquivo `/etc/apt/sources.list`. Mas primeiro, você precisa descobrir ou verificar o nome da versão do sistema operacional. Para isso, você pode utilizar o seguinte comando²:

```
$ lsb_release --codename | cut -f2
trusty
```

Precisamos incluir no arquivo `sources.list` o espelho do repósitório do R mais próximo. Veja a lista de espelhos de repósitórios do R aqui. Assim o gerenciador de pacotes apt³ fará a atualização do R quando uma nova versão estiver disponível. Ou seja, você estará utilizando sempre versão mais atual do R.

O endereço do repósitório da UFPR será inserido na última linha do arquivo `sources.list` usando alguns comandos linux. Essa tarefa requer privilégios de superusuário. Vamos trocar do seu usuário para o superusuário.

```
$ sudo su
```

Vamos definir no terminal uma variável com o endereço do repósitório (da UFPR nesse caso) e o nome de versão do Ubuntu.

```
# repos="deb http://cran-r.c3sl.ufpr.br/bin/linux/ubuntu `lsb_release --codename | cut -f2`/"
```

Note que a variável `repos` é uma sequência de caracteres com as seguintes informações:

```
deb `linkRepositorioSelecionado`/bin/linux/ubuntu `versaoUbuntu`/
```

O valor da variável `repos` é mostrado pelo comando: `echo $repos`. Certifique-se de que a última palavra corresponde ao nome da sua versão Ubuntu.

Para acrescentar essa informação no final do arquivo `sources.list` digite no terminal linux:

```
# echo $repos >> /etc/apt/sources.list
```

Feito isso, você pode retornar a sessão de usuário comum, usando o comando abaixo:

```
# exit
```

2.1.2.2.2 APT protegido

Os arquivos binários do R para Ubuntu na CRAN são assinados com uma chave pública⁴. Para adicionar essa chave ao seu sistema digite os seguintes comandos:

¹Clique aqui para saber mais sobre as versões do Ubuntu.

²Se o comando `lsb_release` não funcionar você precisa instalar o pacote `lsb-release` no sistema. Para isso, digite no terminal Linux `sudo apt-get install lsb-release`.

³o gerenciador de pacotes apt é usado para instalação, atualização e remoção de pacotes em distribuições Debian GNU/Linux.

⁴Chave pública de autenticação é um meio alternativo de se logar em um servidor ao invés de digitar uma senha. É uma forma mais segura e flexível, mas mais difícil de ser configurada. Esse meio alternativo de fazer login é importante se o computador está visível na internet. Para saber mais veja aqui.

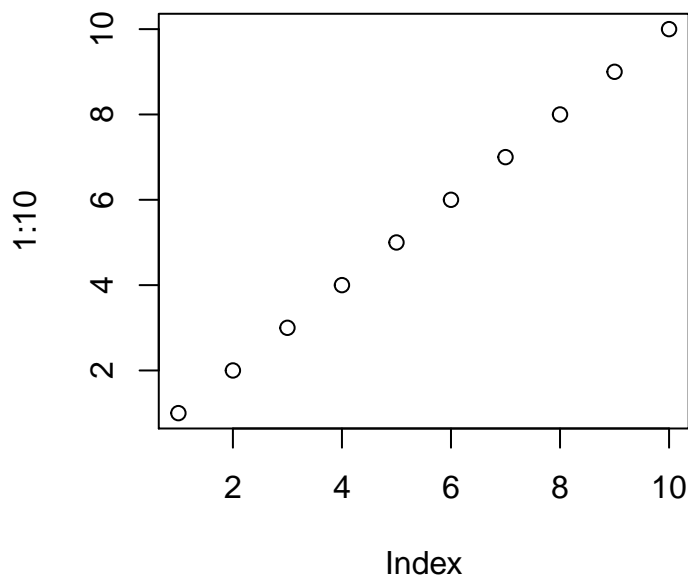


Figure 2.2: Gráfico da sequência de 10 números.

```
$ gpg --keyserver hkp://keyserver.ubuntu.com:80 --recv-keys E084DAB9
```

e então use essa informação como entrada no `apt-key` com

```
$ gpg -a --export E084DAB9 | sudo apt-key add -
```

Se aparecer a mensagem de que a chave pública foi importada, então não há necessidade de executar os comandos abaixo. Mas caso seja impresso alguma mensagem de erro, outra alternativa pode ser usada para obter a chave, via os comandos:

```
$ gpg --keyserver keyserver.ubuntu.com --recv-key E084DAB9
```

```
$ gpg -a --export E084DAB9 | sudo apt-key add -
```

2.1.2.2.3 Atualização da lista de repositórios do Ubuntu e instalação do *R*

Após fazer as configurações da lista de repositórios e adicionar a chave é necessário fazer a atualização dessa lista (requer poderes de super usuário):

```
$ sudo apt-get update
```

Agora, pode instalar o binário do *R*:

```
$ sudo apt-get install r-base
```

2.1.2.2.4 Testando o *R*

Para iniciar o *R* no Ubuntu, digite *R* no cursor do terminal:

```
$ R
```

A partir desse momento já começamos uma sessão no *R*. Vamos gerar uma sequência numérica de 1 a 10 e plotá-la.

```
> 1:10
[1] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
> plot(1:10)
```

Vamos sair do *R* sem salvar os dados da seção.

```
> q(save = "no")
```

2.2 Diretório para instalação de pacotes

Para termos melhor controle sobre os pacotes do *R* instalados no sistema é recomendado criar um diretório (`/home/usuario/.R/libs`) no seu *home*. O diretório do *home* pode ser obtido com o comando `echo $HOME`.

```
$ mkdir -p `echo $HOME`/.R/libs/
```

Para informar ao **R** onde procurar os pacotes que instalamos criamos um arquivo chamado `.Renviron` no diretório `$HOME` contendo a linha `R_LIBS=/home/usuario/.R/libs/`, o que pode ser feito com o comando:

```
$ R_LIBS=`echo $HOME/.R/libs/`
$ echo $R_LIBS >> `echo $HOME/.Renviron`
```

Esse caminho fica então visível ao *R*, o que pode ser verificado executando a função `.libPaths()` no console do *R*.

```
$ R
```

No console do *R*:

```
> .libPaths()
[1] "/home/hidrometeorologista/.R/libs" "/usr/local/lib/R/site-library"
[3] "/usr/lib/R/site-library"          "/usr/lib/R/library"
```

2.3 Rstudio no Ubuntu

O RStudio é um ambiente integrado de desenvolvimento (IDE) construído especificamente para o *R*. Assim como o *R*, o RStudio pode ser baixado gratuitamente e é multiplataforma.

Para instalação da versão do RStudio para *Desktop*, você precisa saber se seu sistema operacional é 64 ou 32-bit e a versão do Linux Ubuntu. Essas informações podem ser obtidas, respectivamente, pelos comandos:

```
$ arch
```

```
x86_64
```

```
$ lsb_release --release | cut -f2
```

```
14.04
```

Se retornar **x86_64** sua máquina é 64-bit.


Com essa informação e versão do sistema operacional, siga os seguintes passos:

1. acesse RStudio
2. clique em *Download RStudio*
3. Procure a opção *RStudio Desktop (FREE)* e clique *download*

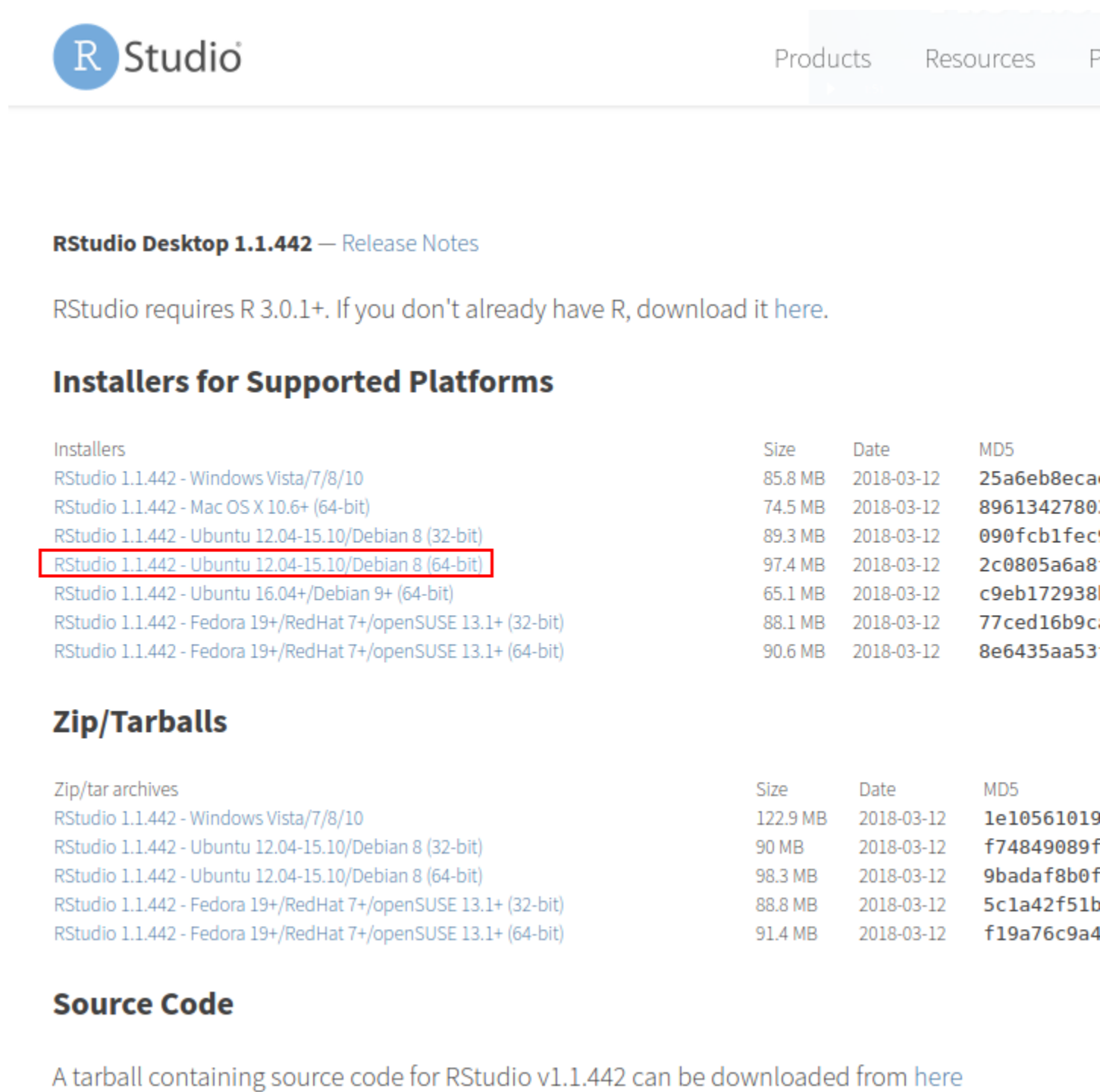
[Products](#)[Resources](#)[Pricing](#)

Choose Your Version of RStudio

RStudio is a set of integrated tools designed to help you be more productive with R. It includes a code editor with syntax-highlighting, a console that supports direct code execution, and a variety of robust tools for plotting, viewing history, debugging and managing your workspace. [Learn More about RStudio features.](#)

	RStudio Desktop Open Source License	RStudio Desktop Commercial License	RStudio Server Open Source License	RStudio Server Commercial License
	<u>FREE</u>	\$995 per year	FREE	\$9,995 per year
	 DOWNLOAD	BUY	DOWNLOAD	DOWNLOAD
	Learn More	Learn More	Learn More	Learn More
Integrated Tools for R	●	●	●	●
Priority Support		●		●
Access via Web Browser			●	
Enterprise Security				●
Project Sharing				●

5. Seleção sua plataforma



RStudio Desktop 1.1.442 — Release Notes

RStudio requires R 3.0.1+. If you don't already have R, download it [here](#).

Installers for Supported Platforms

Installers	Size	Date	MD5
RStudio 1.1.442 - Windows Vista/7/8/10	85.8 MB	2018-03-12	25a6eb8ecac
RStudio 1.1.442 - Mac OS X 10.6+ (64-bit)	74.5 MB	2018-03-12	8961342780
RStudio 1.1.442 - Ubuntu 12.04-15.10/Debian 8 (32-bit)	89.3 MB	2018-03-12	090fcb1fec
RStudio 1.1.442 - Ubuntu 12.04-15.10/Debian 8 (64-bit)	97.4 MB	2018-03-12	2c0805a6a8
RStudio 1.1.442 - Ubuntu 16.04+/Debian 9+ (64-bit)	65.1 MB	2018-03-12	c9eb172938
RStudio 1.1.442 - Fedora 19+/RedHat 7+/openSUSE 13.1+ (32-bit)	88.1 MB	2018-03-12	77ced16b9c
RStudio 1.1.442 - Fedora 19+/RedHat 7+/openSUSE 13.1+ (64-bit)	90.6 MB	2018-03-12	8e6435aa53

Zip/Tarballs

Zip/tar archives	Size	Date	MD5
RStudio 1.1.442 - Windows Vista/7/8/10	122.9 MB	2018-03-12	1e10561019
RStudio 1.1.442 - Ubuntu 12.04-15.10/Debian 8 (32-bit)	90 MB	2018-03-12	f74849089f
RStudio 1.1.442 - Ubuntu 12.04-15.10/Debian 8 (64-bit)	98.3 MB	2018-03-12	9badaf8b0f
RStudio 1.1.442 - Fedora 19+/RedHat 7+/openSUSE 13.1+ (32-bit)	88.8 MB	2018-03-12	5c1a42f51b
RStudio 1.1.442 - Fedora 19+/RedHat 7+/openSUSE 13.1+ (64-bit)	91.4 MB	2018-03-12	f19a76c9a4

Source Code

A tarball containing source code for RStudio v1.1.442 can be downloaded from [here](#)

clique sobre o link da sua plataforma, p.ex.: *RStudio x.xx.xxx - Ubuntu 12.04-15.10/Debian 8 (64-bit)*

- Dependendo da sua versão Ubuntu, ao clicar sobre o sobre o arquivo baixado com o botão direito, há a opção de abrir com *Ubuntu Software Center* e então clicar em **instalar**. Se na versão de seu Desktop não há esta opção ao clicar com botão direito sobre o arquivo, instale via **terminal**⁵ com os seguintes

⁵digite 'Ctrl+Alt+t' para abrir um terminal no Linux Ubuntu

comandos:

```
$ cd /local/do/arquivo/baixado  
$ sudo dpkg -i arquivoBaixado.deb  
$ sudo apt-get install -f
```

Abra o RStudio digitando no terminal:

```
$ rstudio &
```

Agora você está pronto para começar a programar em *R* aproveitando as facilidades que o RStudio oferece.

Chapter 3

Interface do Usuário

Na maior parte do tempo você provavelmente usará o R no **modo interativo**: rodando comandos e vendo os resultados.

Eventualmente esse processo pode ser inconveniente. Por exemplo, no caso de uma análise associada um código extenso e que precisa ser repetida com dados atualizados semanalmente. Nessa situação, recomenda-se a criação de um script, ou seja, um arquivo texto, com a extensão `.R`, contendo o código de sua análise.

Esse *script* pode ser executado pelo R no **modo de processamento em lote** (do termo em inglês *Batch Processing*) através de um terminal do SO Linux, ou via o Prompt de comando (`cmd.exe`) do SO Windows.

Nesta seção apresenta-se ao leitor estes dois modos de execução do R

3.1 R no modo interativo

No Linux o R pode ser aberto simplesmente digitando em um terminal a letra `R`.

```
$ R

R version 3.4.4 (2018-03-15) -- "Someone to Lean On"
Copyright (C) 2018 The R Foundation for Statistical Computing
Platform: x86_64-pc-linux-gnu (64-bit)

R is free software and comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY.
You are welcome to redistribute it under certain conditions.
Type 'license()' or 'licence()' for distribution details.

Natural language support but running in an English locale

R is a collaborative project with many contributors.
Type 'contributors()' for more information and
'citation()' on how to cite R or R packages in publications.

Type 'demo()' for some demos, 'help()' for on-line help, or
'help.start()' for an HTML browser interface to help.
Type 'q()' to quit R.

>
```

A janela com a linha de comando do R apresenta o *prompt* do R (`>`). Após este símbolo digitamos os comandos, pressionamos a tecla `<enter>`, o R interpreta o comando e retorna o resultado.

Os comandos digitados na linha de comando são chamados de expressões. Esse é o modo iterativo do R. Portanto, a linha de comando é a mais importante ferramenta do R, pois todas expressões são avaliadas através dela.

```
> 62 + 38
[1] 100
```

A expressão é avaliada pelo R, o resultado é mostrado, mas o seu valor é perdido.

O número entre colchetes que aparece como resultado da operação (“[1]” no caso acima) indica o conteúdo resultante da operação iniciando na posição 1 desse objeto. O significado dessa informação torna-se mais óbvio quando trabalhamos com objetos maiores, como por exemplo com vetores. Observe os valores nos colchetes para uma sequência de 100 até 1.

```
> 100:1
[1] 100 99 98 97 96 95 94 93 92 91 90 89 88 87 86 85 84
[18] 83 82 81 80 79 78 77 76 75 74 73 72 71 70 69 68 67
[35] 66 65 64 63 62 61 60 59 58 57 56 55 54 53 52 51 50
[52] 49 48 47 46 45 44 43 42 41 40 39 38 37 36 35 34 33
[69] 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16
[86] 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
```

O elemento [18] da sequência de 100 até 1 é o número 83.

Pode ocorrer da expressão digitada na linha ser muito extensa e ir além de uma linha. Se a expressão estiver incompleta o R mostra um sinal de +.

```
> 1 * 2 * 3 * 4 * 5 *
+ 6 * 7 * 8 * 9 * 10
[1] 3628800
```

Execute a expressão abaixo até o sinal de menos e tecle <enter>. Enquanto a expressão não estiver completa o sinal de + se repetirá. Até que você digite o número que deseja subtrair de 4.

```
> 4 -
+
+ 3
[1] 1
```

3.1.1 Expressões em sequência

Podemos executar todas expressões anteriores em apenas uma linha, usando o ponto e vírgula ; para separar as expressões:

```
> 62 + 38; 100:1; 1 * 2 * 3 * 4 * 5 * 6 * 7 * 8 * 9 * 10; 4-3
[1] 100
[1] 100 99 98 97 96 95 94 93 92 91 90 89 88 87 86 85 84
[18] 83 82 81 80 79 78 77 76 75 74 73 72 71 70 69 68 67
[35] 66 65 64 63 62 61 60 59 58 57 56 55 54 53 52 51 50
[52] 49 48 47 46 45 44 43 42 41 40 39 38 37 36 35 34 33
[69] 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16
[86] 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
[1] 3628800
[1] 1
```

As expressões também podem ser separadas por uma nova linha (<enter>) entre cada um delas.

```
> 62 + 38
[1] 100
```

```
> 100:1
[1] 100 99 98 97 96 95 94 93 92 91 90 89 88 87 86 85 84
[18] 83 82 81 80 79 78 77 76 75 74 73 72 71 70 69 68 67
[35] 66 65 64 63 62 61 60 59 58 57 56 55 54 53 52 51 50
[52] 49 48 47 46 45 44 43 42 41 40 39 38 37 36 35 34 33
[69] 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16
[86] 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
> 1 * 2 * 3 * 4 * 5 * 6 * 7 * 8 * 9 * 10
[1] 3628800
> 4-3
[1] 1
```

3.1.2 Navegação entre as expressões já avaliadas

Você pode usar as teclas `e` e `p` para navegar entre as expressões já avaliadas pelo R. O que é útil quando precisamos repetir um comando anterior com alguma mudança ou para corrigir um erro de digitação ou a omissão de um parenteses.

Quando a linha de comando é usada por muito tempo a sua tela pode ficar poluída com a saída das expressões anteriores. Para limpar a tela, tecla `Ctrl+L`. Assim o console aparece na parte superior do terminal.

```
> 15 + 4
[1] 19
> 100:1
[1] 100 99 98 97 96 95 94 93 92 91 90 89 88 87 86 85 84
[18] 83 82 81 80 79 78 77 76 75 74 73 72 71 70 69 68 67
[35] 66 65 64 63 62 61 60 59 58 57 56 55 54 53 52 51 50
[52] 49 48 47 46 45 44 43 42 41 40 39 38 37 36 35 34 33
[69] 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16
[86] 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
> #tecle <Ctrl + l>
```

Para parar ou cancelar a execução de uma expressão utilize as teclas `Ctrl + C`. As teclas `Ctrl + L` tem o efeito de limpar a tela.

3.1.3 Comentários

No R, a cerquilha `#` (hashtag) é um caracter especial. Qualquer coisa após esse caracter será ignorada pelo R. Somente as expressões antes da `#` são avaliadas. Por meio desse símbolo de comentário podemos fazer anotações e comentários no código sem atrapalhar a interpretação das expressões pelo R.

```
> # comentário antes do código

> 17 + 3 # comentário ao lado do código: adicionando 17 e 3
[1] 20
```

3.1.4 Auto preenchimento de funções

O R inclui o preenchimento automático de nomes de funções e arquivos por meio da tecla `<tab>`. Uma lista de possíveis funções que começam com as letras inicialmente digitadas aparecerão.

```
> read#<tab> pressione <tab> para ver as opções de comandos que iniciam com o termo read
```

3.2 R no modo de processamento em lote

Na maior parte do tempo você provavelmente usará o R no modo interativo: rodando comandos e vendo os resultados.

Eventualmente esse processo pode ser inconveniente. Por exemplo, no caso de uma análise que precisa ser repetida com dados atualizados semanalmente. A análise requer a execução de centenas de expressões para se chegar no resultado final.

Nessa situação, uma alternativa é você construir um *script*. Ou seja, um arquivo texto, com a extensão `.R`, contendo o conjunto de expressões da sua análise.

Esse script pode ser rodado no modo de processamento em lote (do termo em inglês *Batch Processing*) pelo R através do seguinte comando no terminal Linux:

```
$ R CMD BATCH opcoes arqentrada arqsaida
```

Onde: `arqentrada` é o nome do script (`.R`) contendo o código R a ser executado; `arqsaida` é o arquivo (`.Rout`) com as saídas dos comandos executados no R; `opcoes` é a lista de opções que controlam a execução.

Vamos rodar o exemplo `script1.R` a¹ no modo de processamento em lote. O `script1.R` contém alguns códigos da seção 2.

²: Faça download deste arquivo e entre no diretório (p.ex.: `cd /home/usuario/Downloads`) em que ele foi salvo para executar o R no modo de processamento de lote.

```
$ R CMD BATCH script1.R
```

Após a execução será gerado o arquivo `script1.Rout`, criado por *default* quando o `arqsaida` não é especificado. Você pode notar que este arquivo tem o mesmo nome do `arqentrada`, exceto que a sua extensão foi alterada para `.Rout`.

Você pode especificar o nome do `arqsaida` como desejar. No exemplo abaixo, mostra-se como salvar o arquivo de saída incluindo a data em que ele foi gerado, `script1-saida-adatadehoje.log`.

```
$ R CMD BATCH script1.R script1-saida-`date +%y%m%d`\.log
```

Para mais informações sobre rodar o R na linha de comando do Linux digite no terminal `$ R --help`.

3.3 Rodando script de dentro do R

No modo iterativo, ou seja pela linha de comando, também é possível rodar comandos no modo *Batch* através da função `source()`.

```
> source("R/script1.R")
```

¹

²

Chapter 4

Operações básicas

a

4.1 Convenção

A partir deste capítulo, os códigos a serem avaliados no R terão o prompt do R (>) omitidos. Essa convenção é para tornar mais fácil a ação de copiar e colar os códigos na linha de comando do R. O resultado da avaliação das expressões será mostrado precedido do símbolo (#>). Esses valores são os resultados que esperam-se sejam reproduzidos pelo leitor na sessão do R em seu computador. Por exemplo:

```
1:5  
#> [1] 1 2 3 4 5
```

No trecho de código acima, a primeira linha contém o código a ser copiado pelo leitor para execução em seu computador. A segunda linha é a saída do código avaliado pelo R.

Chapter 5

Tipos de dados

A EVAPORAÇÃO ocorre quando uma superfície úmida está exposta a ar relativamente mais seco. Quando parcelas de ar movem-se sobre a superfície elas carregam umidade daquela superfície.

A água evaporada da superfície aumenta a quantidade de vapor d'água no ar. Quando o ar está saturado com vapor d'água a evaporação cessa.

A TRANSPIRAÇÃO é a evaporação da água das folhas das plantas quando esta move-se do solo, através das plantas e através das folhas para o ar.

As plantas consomem grandes quantidades de água durante o crescimento. Um lavoura de milho de 4000 m² pode consumir 10000-15000 litros de água (2,5 - 3.75 mm) em um dia. Uma árvore sem restrição hídrica pode transpirar 100-150 litros por dia. Os processos meteorológicos próximo a superfície controlam a EVAPORAÇÃO e TRANSPIRAÇÃO. A TRANSPIRAÇÃO é também regulada pela fisiologia das plantas. Quando as plantas cobrem uma pequena porção do solo a evaporação do solo é o fluxo dominante. A TRANSPIRAÇÃO torna-se mais importante com o aumento da cobertura de área das plantas aumenta. Entretanto é difícil distinguir EVAPORAÇÃO de TRANSPIRAÇÃO e os dois termos são frequentemente combinados em EVAPOTRANSPIRAÇÃO.

EVAPORAÇÃO TRANSPIRAÇÃO EVAPOTRANSPIRAÇÃO

5.1 Evapotranspiração de referência

5.2 Evapotranspiração da cultura

5.3 Evapotranspiração real

Bibliography

R Core Team (2018). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.