

TANTO PER COMINCIARE: INTRODUZIONE VELOCE AD R

Andrea Onofri
Dipartimento di Scienze Agrarie ed Ambientali
Università degli Studi di Perugia
Versione on-line: <http://www.unipg.it/onofri/RTutorial/index.html>

Indice

1	Cosa è R?	2
2	Oggetti e assegnazioni	2
2.1	Costanti e vettori	2
2.2	Matrici	2
2.3	Operazioni ed operatori	3
2.4	Funzioni ed argomenti	3
2.5	Dataframe	4
2.6	Quale oggetto sto utilizzando?	5
3	Consigli per l'immissione di dati sperimentali	5
3.1	Immissione di dati parcellari	5
3.2	Immissione dei numeri progressivi di parcella	6
3.3	Immissione dei codici delle tesi e dei blocchi	6
4	Come leggere e salvare dati esterni	7
5	Alcune operazioni comuni sul dataset	9
5.1	Selezionare un subset di dati	9
6	Workspace	10
7	Script o programmi	10
8	Interrogazione di oggetti	11
9	Altre funzioni matriciali	12
10	Cenni sulle funzionalità grafiche in R	13

1 Cosa è R?

R è un software cugino di S-PLUS, con il quale condivide la gran parte delle procedure ed una perfetta compatibilità. Rispetto al cugino più famoso, è completamente freeware (sotto la licenza GNU General Public Licence della Free Software Foundation) ed è nato proprio per mettere a disposizione degli utenti un software gratuito, attraverso il quale passare ad S-PLUS, laddove disponibile, mantenendo comunque la capacità di lavorare in proprio senza usare software di frodo.

E'uno strumento molto potente, anche da un punto di vista grafico, ma necessita di una certa pratica, in quanto manca di una vera e propria interfaccia grafica (Graphical User Interface: GUI) e, di conseguenza, l'interazione con l'utente avviene a livello di linea di comando (*prompt*).

Inoltre, si tratta di un programma *Open Source*, cioè ognuno può avere accesso al suo codice interno ed, eventualmente, proporne modifiche. Altro vantaggio è che, oltre che un programma, R è anche un linguaggio *object oriented*, che può essere utilizzato dall'utente per creare funzioni personalizzate.

Per evitare noiosi errori che possono essere molto comuni per chi è abituato a lavorare in ambiente WINDOWS, è bene precisare subito che R, come tutti i linguaggi di derivazione UNIX, è *case sensitive*, cioè distingue tra lettere maiuscole e lettere minuscole.

2 Oggetti e assegnazioni

2.1 Costanti e vettori

R lavora con valori, stringhe di caratteri, vettori e matrici, che vengono assegnati alle variabili con opportuni comandi. Ad esempio, il comando:

```
y <- 3
```

assegna il valore 3 alla variabile *y*. Invece il comando:

```
x <- c(1, 2, 3)
```

crea un vettore *x* contenente i numeri 1,2 e 3. Bisogna precisare che con il termine 'vettore' in R non ci si riferisce al vettore algebrico, ma più semplicemente ad una serie di numeri (o stringhe) consecutivi, rappresentati convenzionalmente da R in una riga.

2.2 Matrici

Oltre ai vettori, in R possiamo definire le matrici. Ad esempio il comando:

```
z <- matrix(c(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8), 2, 4, byrow=TRUE)
```

crea una matrice z a 2 righe e 4 colonne, contenente i numeri da 1 a 8. La matrice viene riempita per riga.

Per visualizzare il contenuto di una variabile basta digitare il nome della variabile. Ad esempio:

```
> z
      [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]    1    2    3    4
[2,]    5    6    7    8
>
```

Gli elementi di una matrice possono essere richiamati con un opportuno utilizzo delle parentesi quadre:

```
> z[1,3]
[1] 3
>
```

2.3 Operazioni ed operatori

Le variabili possono essere create anche con opportune operazioni algebriche, che si eseguono utilizzando i normali operatori (+, -, *, /). Ad esempio:

```
> f<-2*y
> f
[1] 6
>
```

2.4 Funzioni ed argomenti

Per eseguire operazioni particolari si utilizzano, in genere, le funzioni. Una funzione è richiamata con un nome ed uno o più argomenti. Ad esempio, la funzione:

```
> log(5)
```

Calcola il logaritmo naturale di 5 e richiede un solo argomento, cioè il numero di cui calcolare il logaritmo. Al contrario, la funzione:

```
> log(100, 2)
```

Calcola il logaritmo in base 2 di 100 e richiede due argomenti, cioè il numero di cui calcolare il logaritmo e la base del logaritmo. Quando sono necessari due o più argomenti essi debbono essere messi nell'ordine esatto (in questo caso prima il numero poi la base) oppure debbono essere utilizzati i riferimenti corretti. Ad esempio, le due funzioni:

```
> log(100, base=2)
> log(base=2, 100)
```

restituiscono lo stesso risultato.

2.5 Dataframe

Oltre a vettori e matrici, in R esiste un altro importante oggetto, cioè il dataframe, costituito da una tabella di dati con una o più colonne di variabili e una o più righe di dati. A differenza della matrice, il dataframe può essere utilizzato per memorizzare variabili di diverso tipo (numeri e caratteri). Un dataframe può essere creato unendo più vettori, come nell'esempio seguente.

```
> parcelle<-c(1,2,3,4,5,6)
> tesi<-factor(c('A','A','B','B','C','C'))
> dati<-c(12,15,16,13,11,19)
> tabella<-data.frame('Parc'=parcelle,'Cod'=tesi,'Produzioni'=dati)
> tabella
  Parc Cod Produzioni
1     1  A          12
2     2  A          15
3     3  B          16
4     4  B          13
5     5  C          11
6     6  C          19
>
```

Per utilizzare i dati in un DATAFRAME, bisognerà accedere ai singoli vettori colonna che lo costituiscono. Per far questo possiamo utilizzare l'estrattore \$:

```
> tabella$Parc
[1] 1 2 3 4 5 6
```

oppure possiamo utilizzare gli indici:

```
> tabella[,1]
[1] 1 2 3 4 5 6
```

oppure si può usare il comando `attach()`, che crea immediatamente tre vettori (Pianta, Varietà e Altezza), disponibili per le successive elaborazioni. Possiamo osservare infatti che, dopo aver creato la matrice 'tabella', digitando quanto segue R ci mette a disposizione il vettore 'Produzioni'.

```
> attach(tabella)
> Produzioni
[1] 12 15 16 13 11 19
>
```

I dataframe possono essere editati velocemente utilizzando il comando `FIX`, che fa apparire una finestra di editing tipo 'foglio elettronico'.

2.6 Quale oggetto sto utilizzando?

Per avere informazioni sulla natura di un oggetto creato in R, posso usare la funzione `str()`, come nell'esempio seguente:

```
> str(tabella)
'data.frame': 6 obs. of 3 variables:
 $ Parc      : num  1 2 3 4 5 6
 $ Cod       : Factor w/ 3 levels ''A'', ''B'', ''C'': 1 1 2 2 3 3
 $ Produzioni: num  12 15 16 13 11 19
```

Vediamo infatti che R ci informa che l'oggetto 'tabella' è in realtà un dataframe composto da tre colonne, di cui la prima e la terza sono numeriche, mentre la seconda è una variabile qualitativa (fattore).

3 Consigli per l'immissione di dati sperimentali

I dati delle prove sperimentali si possono o importare in R da altri software (ad esempio Excel) oppure si possono digitare direttamente in R. In quest'ultimo caso, in genere, si crea un vettore per ogni colonna di dati e, successivamente, si riuniscono i vettori in un dataframe, che viene poi salvato nel workspace, come vedremo in seguito.

3.1 Immissione di dati parcellari

L'immissione dei dati in R (e quindi la creazione di vettori) può essere velocizzata utilizzando la funzione `scan()`, separando i dati con INVIO (questo è comodo perchè ci permette di lavorare senza abbandonare il tastierino numerico!). L'immissione termina quando si digita un INVIO a vuoto.

```
> dati<-scan()
1: 12
2: 14
3: 16
4: 18
5: 20
6:
```

```

Read 5 items
> dati
[1] 12 14 16 18 20
>

```

La stessa funzione può essere anche utilizzata per immettere comodamente stringhe di caratteri, con un opportuno impiego dell'argomento `what`. In questo caso è possibile omettere le virgolette.

```

> tesi<-scan(what="character")
1: aurelio
2: aurelio
3: aurelio
4: claudio
5: claudio
6: claudio
7: latino
8: latino
9: latino
10:
Read 9 items
> tesi
[1] "aurelio" "aurelio" "aurelio" "claudio"
    "claudio" "claudio" "latino" "latino" "latino"
>

```

3.2 Immissione dei numeri progressivi di parcella

Per creare una serie progressiva, si può utilizzare il comando `seq(n,m,by=step)` che genera una sequenza da n a m con passo pari a $step$.

```

> parcelle<-seq(1,50,1)
> parcelle
[1]  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14 15 16
    17 18 19 20 21 22 23 24 25
[26] 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41
    42 43 44 45 46 47 48 49 50
>

```

3.3 Immissione dei codici delle tesi e dei blocchi

A volte i codici delle tesi sono sequenze ripetute di stringhe. Ad esempio, i primi quattro dati potrebbero essere riferiti alla varietà BAIO, i secondi quattro alla varietà DUILIO, i successivi quattro alla varietà PLINIO. Per creare velocemente questo vettore, possiamo utilizzare la funzione `rep()`, in questo modo.

```

> tesi<-factor(c("BAIO","DUILIO","PLINIO"))
> tesi
[1] BAIO   DUILIO PLINIO
Levels: BAIO DUILIO PLINIO
>tesi<-rep(tesi,each=4)
> tesi
[1] BAIO   BAIO   BAIO   BAIO   DUILIO DUILIO DUILIO
[8]  DUILIO PLINIO PLINIO PLINIO PLINIO
Levels: BAIO DUILIO PLINIO

```

Notare l'uso della funzione `factor()` per creare un vettore di fattori (dati qualitativi). Allo stesso modo, per immettere i codici dei blocchi possiamo utilizzare la stessa funzione in un modo diverso. Ammettiamo infatti che i quattro valori di ogni tesi appartengano rispettivamente ai quattro blocchi; si opera quindi in questo modo.

```

> tesi <- (c (1, 2, 3, 4))
> tesi<-rep(tesi, times=3)
> tesi
[1] 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4
>

```

4 Come leggere e salvare dati esterni

Oltre che immessi da tastiera, i dati possono essere importati in R da files esterni, Inoltre, gli oggetti di R creati nel corso di una sessione possono essere memorizzati su files esterni. Partiamo dal presupposto di aver creato (come frequentemente avviene) il nostro database con EXCEL e di volerlo importare in R nel DATAFRAME *dati*.

Creiamo in EXCEL la tabella riportata di seguito (1), che si riferisce a 20 piante di mais.

Salviamo questa tabella in un file di testo '*comma delineated*' `'import.csv'`. Per far questo scegliere 'Menù - File - Salva con nome'. Scegliere un nome per il file ed indicare 'Tipo file = CSV (delimitato dal separatore di elenco) (*.csv)'. Salvare quindi il file in una directory prescelta. Avviare quindi una sessione R, cambiare la directory predefinita del sistema, scegliendo con il menu File, Change Directory, la cartella nella quale abbiamo memorizzato il file di importazione. Per leggere il file di testo nel DATAFRAME si usano i seguenti comandi:

```

>dati<-read.csv2(''import.csv'',header=TRUE)

```

Il comando appena descritto ha successo per file CSV creati con la versione italiana di Windows, caratterizzati dalla virgola come separatore decimale e dal punto e virgola come separatore di elenco. Se invece il computer

Tabella 1: Dati da importare in R

Pianta	Varietà	Altezza
1	N	172
2	S	154
3	V	150
4	V	188
5	C	162
6	N	145
7	C	157
8	C	178
9	V	175
10	N	158
11	N	153
12	N	191
13	S	174
14	C	141
15	N	165
16	C	163
17	V	148
18	S	152
19	C	169
20	C	185

fosse settato all'inglese, con il punto come separatore decimale e la virgola come separatore di elenco, allora si potrebbe utilizzare la funzione `read.csv()` (stessa sintassi). Con questi due comandi, in R viene creato un dataframe di nome `dati`, contenente le tre colonne della tabella 'import.csv' appena creata, comprese le intestazioni di colonna.

I dati nel DATAFRAME o in qualunque altro oggetto possono essere salvati in un file esterno (in formato R binario):

```
> save(file="dati1.rda", dati)
```

ed eventualmente ricaricati:

```
> load("dati1.rda")
```

Per scrivere in un file di testo (in questo caso *comma delineated*, ma il separatore di elenco può essere modificato secondo le nostre esigenze con l'argomento `sep`) si utilizza il seguente comando:

```
> write.table(dati, 'residui.csv', row.names=FALSE,
              col.names=TRUE, sep=",")
```

5 Alcune operazioni comuni sul dataset

5.1 Selezionare un subset di dati

E' possibile estrarre da un dataframe un subset di dati utilizzando la funzione:

```
subset(dataframe, condizione)
```

Ad esempio, se consideriamo il dataframe in tabella 2, è possibile selezionare tutte le righe relative alle varietà N e C come segue:

```
> dati
  Pianta Varietà Altezza
1      1      N     172
2      2      S     154
3      3      V     150
4      4      V     188
5      5      C     162
6      6      N     145
7      7      C     157
8      8      C     178
9      9      V     175
10     10      N     158
11     11      N     153
12     12      N     191
13     13      S     174
14     14      C     141
15     15      N     165
16     16      C     163
17     17      V     148
18     18      S     152
19     19      C     169
20     20      C     185
> dati2<-subset(dati,Varietà=="N" | Varietà=="C")
> dati2
  Pianta Varietà Altezza
1      1      N     172
5      5      C     162
6      6      N     145
7      7      C     157
8      8      C     178
10     10      N     158
11     11      N     153
12     12      N     191
```

```

14      14      C      141
15      15      N      165
16      16      C      163
19      19      C      169
20      20      C      185
>

```

Notare il carattere che esprime la condizione logica OR.

5.2 Ordinare un vettore o un dataframe

Un vettore (numerico o carattere) può essere ordinato con il comando `sort`:

```

> y <- c(12, 15, 11, 17, 12, 8, 7, 15)
> sort(y, decreasing = FALSE)
[1] 7 8 11 12 12 15 15 17

> z <- c("A", "C", "D", "B", "F", "L", "M", "E")
> sort(z, decreasing = TRUE)
[1] "M" "L" "F" "E" "D" "C" "B" "A"
>

```

Un dataframe può essere invece ordinato con il comando `order()`, facendo attenzione al segno meno utilizzabile per l'ordinamento decrescente.

```

> dataset
  z y
1 A 12
2 C 15
3 D 11
4 B 17
5 F 12
6 L 8
7 M 7
8 E 15
9 A 13
10 C 16
11 D 12
12 B 18
13 F 13
14 L 7
15 M 6
16 E 13
> dataset[order(dataset$z, dataset$y), ]
  z y

```

```
1 A 12
9 A 13
4 B 17
12 B 18
2 C 15
10 C 16
3 D 11
11 D 12
16 E 13
8 E 15
5 F 12
13 F 13
14 L 7
6 L 8
15 M 6
7 M 7
> dataset[order(dataset$z, -dataset$y), ]
  z y
9 A 13
1 A 12
12 B 18
4 B 17
10 C 16
2 C 15
11 D 12
3 D 11
8 E 15
16 E 13
13 F 13
5 F 12
6 L 8
14 L 7
7 M 7
15 M 6
>
```

6 Workspace

Gli oggetti creati durante una sessione di lavoro vengono memorizzati nel cosiddetto workspace. Il contenuto di quest'ultimo può essere visualizzato:

```
> ls()
```

cancellato:

```
> rm(list=ls())
```

salvato nella directory corrente:

```
> save.image('nomefile.RData')
```

e richiamato, per proseguire il lavoro dal punto in cui lo si è interrotto:

```
> load('nomefile.RData')
```

7 Script o programmi

Come è possibile memorizzare dati e workspace, è anche possibile scrivere programmi (procedure, funzioni...) da memorizzare e richiamare in seguito. Nel caso più semplice è possibile scrivere comandi in un semplice editor di testo e salvarli in un file con estensione '.r'. I comandi possono poi essere riutilizzati per semplice copia ed incolla sulla console, oppure, nel caso in cui si utilizzi l'editor interno ad R (FILE -> APRI SCRIPT o NUOVO SCRIPT) selezionando il comando (o i comandi) da inviare alla console e premendo la combinazione CTRL + R. Lavorare con scripts è molto comodo e consigliabile perchè non si deve partire da zero ad ogni sessione, ma è sufficiente correggere i comandi digitati in sessioni precedenti.

Oltre agli script, è possibile creare funzioni personalizzate fino ad arrivare a veri e propri programmi (packages). Immaginiamo ad esempio di voler scrivere una funzione che, dato il valore della produzione rilevata in una parcella di orzo di 20 m^2 (in kg) e la sua umidità percentuale, calcoli automaticamente il valore della produzione secca in kg/ha. La funzione che dobbiamo implementare è:

$$PS = PU \cdot \frac{100 - U}{100} \cdot \frac{10000}{20}$$

ove PS è la produzione secca in kg/ha e PU è la produzione all'umidità U in kg per 20 m^2 .

Scriveremo un file di testo (ad esempio con il *Block notes* o con l'editor interno ad R):

```
PS <- function(PU, U) {
  PU*((100-U)/100)*(10000/20)
}
```

Notare l'uso delle parentesi graffe. Salveremo il file di testo con il nome (esempio) "prova.r".

Aperto una nuova sessione in R, possiamo ricaricare in memoria il file di programma (FILE - SORGENTE CODICE R, oppure da console, con

il comando `+source('prova.r') +`); a differenza di quanto avviene con uno script, i comandi memorizzati nella funzione non vengono eseguiti, ma la funzione 'PS' diviene disponibile nel workspace e può essere utilizzata nel modo seguente:

```
> PS(20,85)
[1] 1500
```

8 Interrogazione di oggetti

A differenza di altri linguaggi statistici come SAS o SPSS, R immagazzina i risultati delle analisi negli oggetti, mostrando un output video piuttosto minimale. Per ottenere informazioni è necessario interrogare opportunamente gli oggetti che al loro interno possono contenere altri oggetti da cui recuperare le informazioni interessanti. Gli oggetti che contengono altri oggetti sono detti **liste**. Ad esempio, se vogliamo calcolare autovettori ed autovalori di una matrice, utilizziamo la funzione `eigen`. Questa funzione restituisce una lista di oggetti, che al suo interno contiene i due oggetti `values` (autovalori) e `vectors` (autovettori). Per recuperare l'uno o l'altro dei due risultati (autovettori o autovalori) si usa l'operatore di concatenamento (detto anche estrattore) `$`.

```
> matrice<-matrix(c(2,1,3,4),2,2)
> ev<-eigen(matrice)
> ev
```

```
$values
```

```
[1] 5 1
```

```
$vectors
```

```
          [,1]      [,2]
[1,] -0.7071068 -0.9486833
[2,] -0.7071068  0.3162278
```

```
> ev$values
```

```
[1] 5 1
```

```
> ev$vectors
```

```
          [,1]      [,2]
[1,] -0.7071068 -0.9486833
```

```
[2,] -0.7071068  0.3162278
```

```
>
```

9 Altre funzioni matriciali

Oltre che autovettori ed autovalori di una matrice, R ci permette di gestire altre funzioni di matrice. Se ad esempio abbiamo le matrici:

$$Z = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 3 \end{pmatrix} \quad Y = \begin{pmatrix} 3 & 2 \end{pmatrix}$$

possiamo caricarle in R con i seguenti comandi:

```
> Z<-matrix(c(1,2,2,3),2,2)
> Y<-matrix(c(3,2),1,2)
```

Possiamo poi ottenere la trasposta di Z con il comando:

```
> t(Z)
      [,1] [,2]
[1,]    1    2
[2,]    2    3
```

Possiamo moltiplicare Y e Z utilizzando l'operatore %*%:

```
> Y%*%Z
      [,1] [,2]
[1,]    7   12
>
```

Possiamo calcolare l'inversa di Z con:

```
> solve(Z)
      [,1] [,2]
[1,]   -3    2
[2,]    2   -1
>
```

10 Cenni sulle funzionalità grafiche in R

R è un linguaggio abbastanza potente e permette di creare grafici interessanti. Ovviamente un trattamento esauriente esula dagli scopi di questo testo, anche se è opportuno dare alcune indicazioni che potrebbero essere utili in seguito. La funzione più utilizzata per produrre grafici è:

```
plot(x,y, type, xlab, ylab, col, lwd, lty...)
```

`x` ed `y` sono i vettori con le coordinate dei punti da disegnare. `Type` rappresenta il tipo di grafico ("p" produce un grafico a punti, "l" un grafico a linee, "b" disegna punti uniti da linee, "h" disegna istogrammi), `Title` disegna il titolo del grafico, `sub` il sottotitolo, `xlab` e `ylab` le etichette degli assi, `col` è il colore dell'oggetto, `lwd` il suo spessore, `lty` il tipo di linea e così via.

Per una descrizione più dettagliata si consiglia di consultare la documentazione on line. A titolo di esempio mostriamo che i comandi:

```
> x<-c(1,2,3,4)
> y<-c(10,11,13,17)
> plot(x,y,"p",col="red",lwd=5,xlab="Ascissa",ylab="Ordinata")
```

producono come output il grafico in figura 1.

Per sovrapporre un'altra serie di punti alla precedente possiamo utilizzare il comando:

```
> points(x,y2,col='blue',lwd=5)
```

che produce come output la figura 2. Se avessimo voluto sovrapporre un grafico a linee avremmo invece utilizzato la funzione:

```
> lines(x,y2,col='blue',lwd=2)
```

che avrebbe prodotto il grafico in figura 3:

Per disegnare una curva si può utilizzare la funzione:

```
> curve(funzione, Xiniziale, Xfinale, add=FALSE/TRUE)
```

dove il metodo `add` serve per specificare se la funzione deve essere aggiunta ad un grafico preesistente. Per aggiungere un titolo ad un grafico possiamo utilizzare la funzione:

```
> title(main='Titolo')
```

mentre per aggiungere una legenda utilizziamo la funzione:

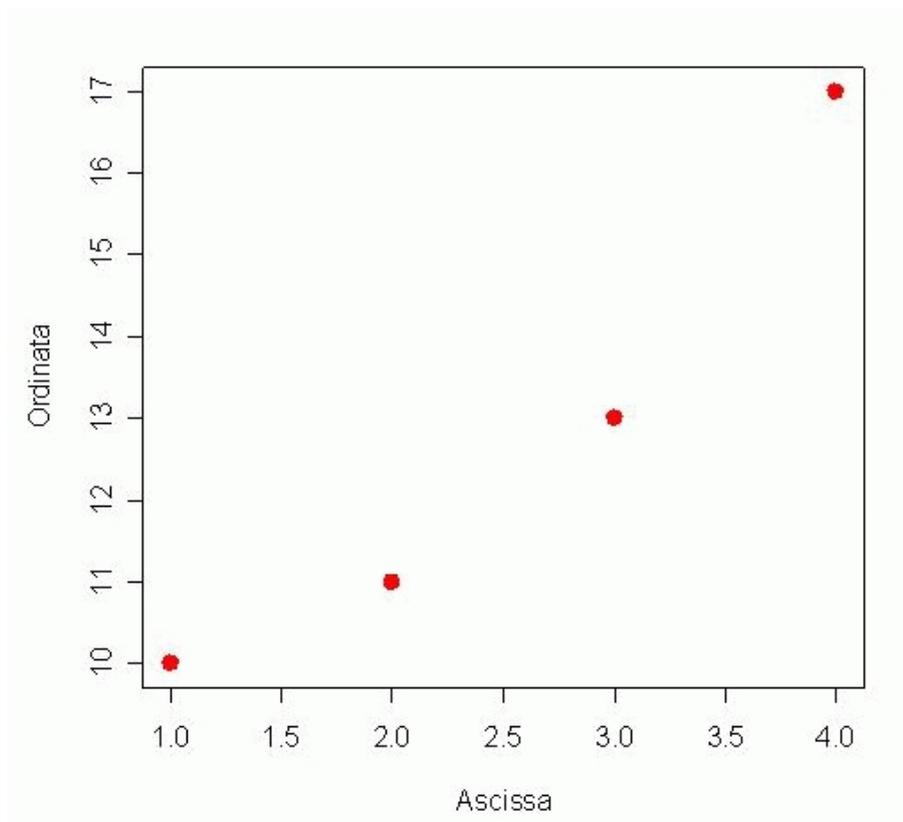


Figura 1: Esempio di grafico con R

```
> legend(Xcoord, YCoord, legend=c("Punti", "X+10"), pch=c(19, -1),
        col=c("Red", "Blue"),
        lwd=c(3, 3), lty=c(0, 3))
```

ove i vettori indicano, per ogni elemento della legenda, il testo che deve essere riportato (legend), il tipo di simbolo (pch, con -1 che indica nessun simbolo), il colore (col), la larghezza (lwd) e il tipo di linea (lty, con 0 che indica nessuna linea).

Ad esempio:

```
> plot(x, y, 'p', col='red', lwd=5, xlab='Ascissa',
      ylab='Ordinata')
> curve(10+x, add=TRUE, lty=1, lwd=2, col='blue')
> title(main='Grafico di prova')
> legend(1, 17, legend=c('Punti', 'X+10'), pch=c(19, -1),
      col=c('Red', 'Blue'), lwd=c(3, 3), lty=c(0, 1))
>
```

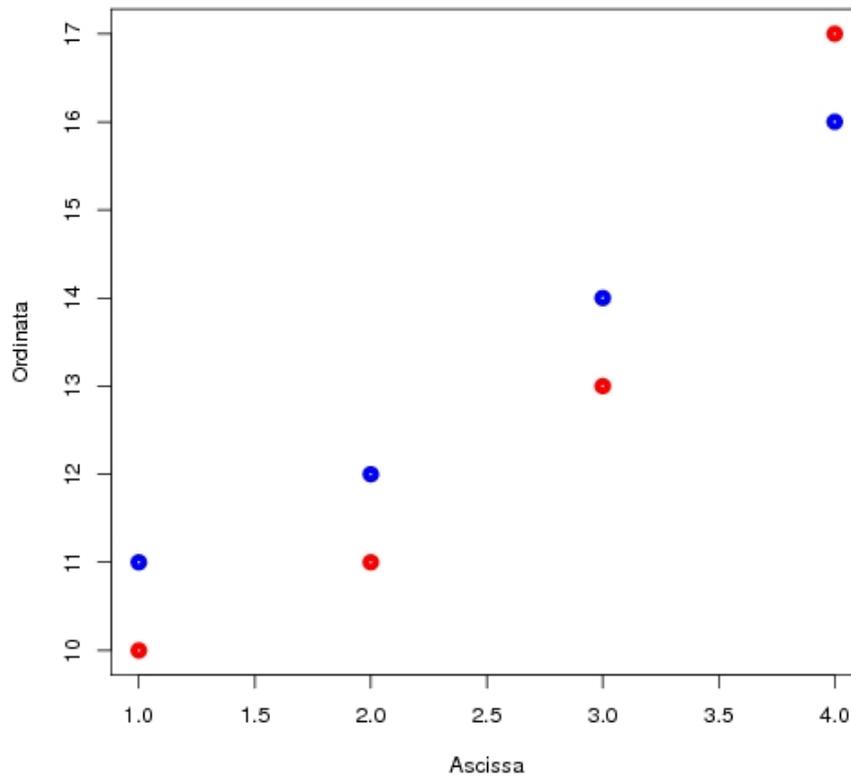


Figura 2: Due grafici sovrapposti in R.

Produce il grafico in figura 4:

L'ultima cosa che desideriamo menzionare è la possibilità di disegnare grafici a torta, utilizzando il comando:

```
> pie(vettoreNumeri, vettoreEtichette, vettoreColori)
```

Ad esempio il comando:

```
>pie(c(20,30,50),label=c('B','C'),  
      col=c('blue','green','red'))
```

produce l'output riportato in figura 5.

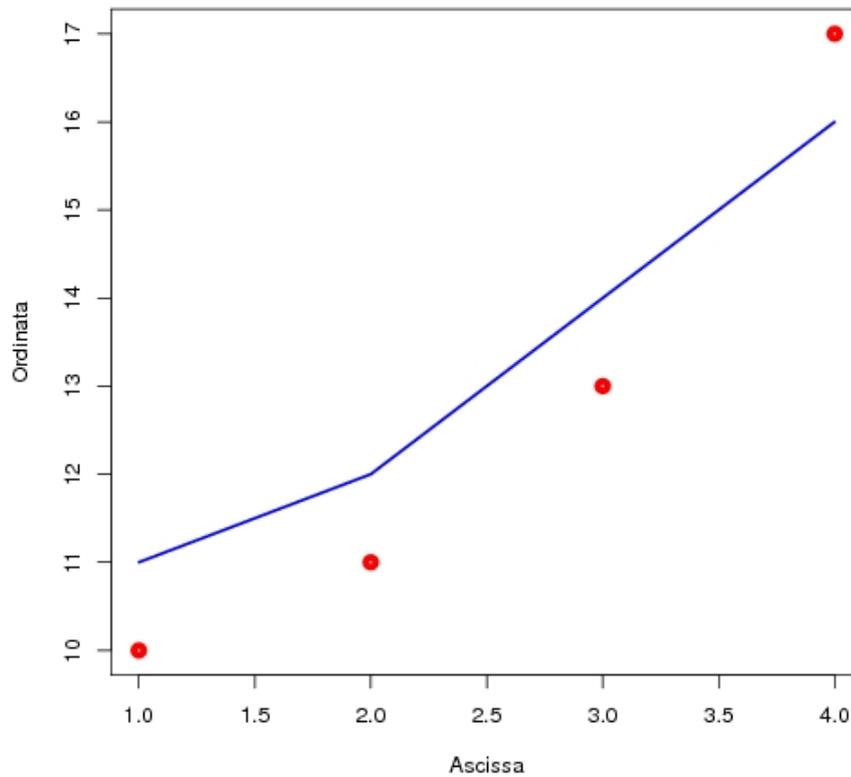


Figura 3: Ancora due grafici sovrapposti in R

Per approfondimenti

Maindonald J. Using R for Data Analysis and Graphics - Introduction, Examples and Commentary. (PDF, data sets and scripts are available at JM's homepage: <http://cran.r-project.org/doc/contrib/usingR-2.pdf>).

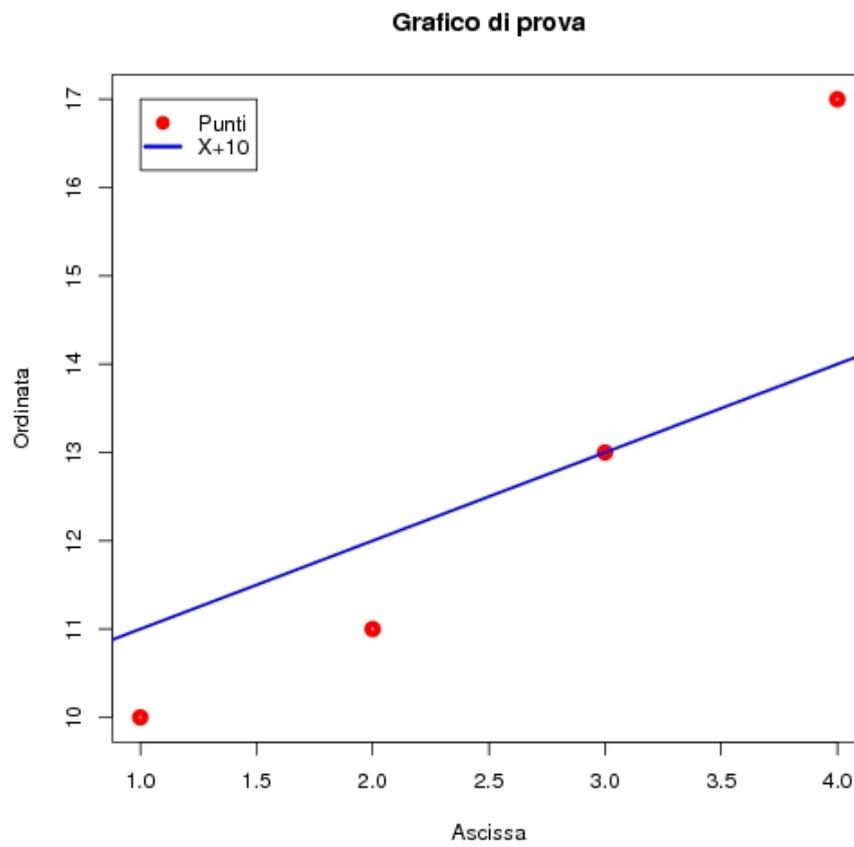


Figura 4: Esempio di grafico multiplo con legenda in R

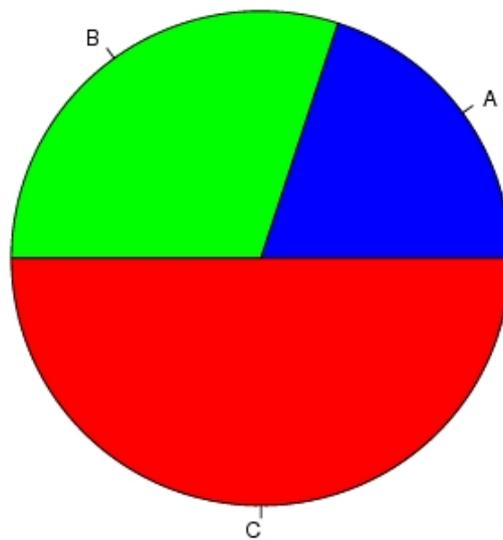


Figura 5: Esempio di grafico di grafico a torta in R