BGuide - Cálculo 1

Bruno Geronymo

2018-03-11

Sumário

Prefácio

Este material trata-se de um manual de resoluções dos exercícios propostos no livro *Um Curso de Cálculo, Volume 1, 5^a Edição* de *Hamilton Luiz Guidorizzi.* Ao decorrer das resoluções o material busca apresentar, adicionalmente, resoluções computacionais através do software R de computação estatística para facilitar a visualização do problema e também o aprendizado da linguagem *R*.

O material procura abordar todos os assuntos tratados no livro do *Guidorizzi*, seguindo também a mesma ordem dos capítulos, para facilitar a dinâmica de pesquisa por assuntos específicos.

Capítulo 1

Números reais

1.1 Os Números Racionais

Por uma questão de notação admitiremos aqui que, sendo r um número racional, se $r \leqslant 0$, dizemos que r é não positivo. Da mesma forma, se $r \geqslant 0$, dizemos que r é não negativo.

Vale acrescentar aqui algumas definições que poderão auxiliar na leitura do livro.

- **Abscissa**: Trata-se da coordenada de um ponto sobre uma reta.
- **Irredutível**: Algo que não se pode reduzir. Uma fração é dita irredutível quando está em sua forma mais reduzida possível.

1.2 Os Números Reais

EXEMPLO 4. *(Página 6)* Suponha $x \geqslant 0$ e $y \geqslant 0$. Prove:

b) $x \leqslant y \Rightarrow x^2 \leqslant y^2$.

Resolução:

$$\left.\begin{array}{c} 0 \leqslant x \leqslant y \\ \text{e} \quad 0 \leqslant x \leqslant y \end{array}\right\} \overset{(OM)}{\Rightarrow} \left.\begin{array}{c} xx \leqslant xy \\ \text{e} \quad xy \leqslant yy \end{array}\right\} \overset{(O3)}{\Rightarrow} xx \leqslant xy \leqslant yy \Rightarrow xx \leqslant yy \Rightarrow x^2 \leqslant y^2$$

```r
# Estudo por simulação:

##  Semente:
set.seed(sum(utf8ToInt("BGuide")))

##  Quantidade de números a serem gerados:
n <- 1000000

##  Gera-se aqui 'n' números aleatórios seguindo a distribuição Uniforme de
## parâmetros 'min = 0' e 'max = 1':
x <- runif(n)

##  Em seguida geramos mais 'n' números aleatórios seguindo uma distribuição
## Uniforme de parâmetros 'min = x' e 'max = 1'. Isto faz com que todos os
```

```
## números armazenados em y[i] sejam maiores do que os armazenados em x[i], com
## 'i' variando de 1 a 'n'. Mas não implica que y[i] seja maior do que x[j] com
## 'j' também variando de 1 a 'n' e 'i != j':
y <- runif(n, min = x)

##  Soma a quantidade de verificações onde a afirmação 'x^2 <= y^2' for
## verdadeira:
sum(x^2 <= y^2)
```

```
## [1] 1000000
```

```
##  Observe que o resultado é 1.000.000, exatamente a quantidade de números
## uniformes no intervalo (0, 1) que foram gerados. Logo para todas as
## simulações obteve-se 'x^2 <= y^2'.

##  Obs.: O resultado obtido por simulação não prova a propriedade acima, apenas
## cria evidências a favor dela. A simulação não é necessária aqui pois a
## propriedade pode ser provada analiticamente.
```

EXEMPLO 9. *(Página 9)* Resolva a inequação $\frac{3x-1}{x+2} \geqslant 5$.

Sendo $x < 2$:

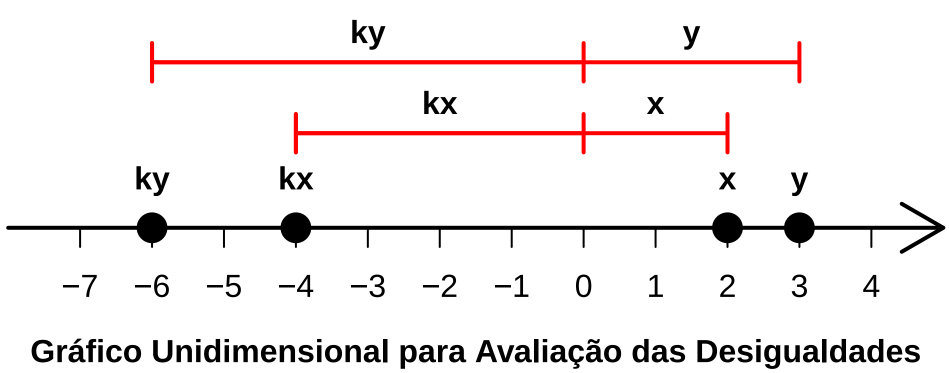
$$\frac{3x-1}{x+2} \geqslant 5 \Leftrightarrow 3x - 1 \leqslant 5(x+2).$$

Então o autor pergunta: Por quê?

Sabemos que $1 < 2$, se multiplicássemos esta expressão por -1 sem alterarmos o sentido da desigualdade teríamos $-1 < -2$ e sabemos que esta afirmação não é verdadeira. Considerando $a < 0$, se multiplicarmos uma desigualdade por a altera-se o sentido da desigualdade pois refletimos estes valores para o outro lado de um eixo com relação a origem a uma taxa de progressão $|a|$. Porém, ao realizar este processo a direção de crescimento das unidades permanece a mesma (não é refletida).

```
# Exemplo gráfico

##  O gráfico a seguir tem como objetivo a visualização do que foi dito
## anteriormente. Nele pode-se observar a propriedade 'x <= y  ==>  ky <= kx'
## quando 'k < 0'. No exemplo utilizaremos 'x = 2', 'y = 3' e 'k = -2'.

##  Cria um vetor dos valores a serem plotados:
xy <- c(2, 3)
k <- -2
pontos <- c(k*xy, xy)

##  Atribui 0 aos valores de y
pontos <- cbind(pontos, 0)

##  Atribui nome às coordenadas
rownames(pontos) <- c("kx", "ky", "x", "y")

##  Cria gráfico unidimensional:
plot(pontos, bty = 'n', xaxt = 'n', yaxt = 'n', ylab = '', xlab = '',
```

```
     ylim = c(-1, 1),
     xlim = c(pontos[2, 1] - 2, pontos[4, 1] + 2), pch = 19, cex = 2)

##  Eixo do sistema:
arrows(x0 = pontos[2, 1] - 2, x1 = pontos[4, 1] + 2,
       y0 = 0, y1 = 0, lwd = 2)

##  Retas de distância:
arrows(x0 = pontos[1, 1], x1 = c(0, pontos[3, 1]),
       y0 = 0.4, y1 = 0.4,
       angle = 90, code = 3, col = "red", lwd = 2, length = 0.1)

arrows(x0 = pontos[2, 1], x1 = c(0, pontos[4, 1]),
       y0 = 0.7, y1 = 0.7,
       angle = 90, code = 3, col = "red", lwd = 2, length = 0.1)

##  Enumeração do eixo:
axis(side = 1, seq(-7, 4, 1), pos = 0)

##  Legenda:
text(pontos, labels = rownames(pontos), pos = 3, offset = 1, font = 2)

text(x = pontos[1, 1]/2, labels = rownames(pontos)[1], y = 0.4,
     pos = 3, font = 2)
text(x = pontos[2, 1]/2, labels = rownames(pontos)[2], y = 0.7,
     pos = 3, font = 2)
text(x = pontos[3, 1]/2, labels = rownames(pontos)[3], y = 0.4,
     pos = 3, font = 2)
text(x = pontos[4, 1]/2, labels = rownames(pontos)[4], y = 0.7,
     pos = 3, font = 2)

text(y = 0, x = (pontos[2, 1] + pontos[4, 1])/2,
     labels = "Gráfico Unidimensional para Avaliação das Desigualdades",
     pos = 1, offset = 3, font = 2)
```



1.2.1 Exercícios Resolvidos

1. *(Página 10)* Resolva a inequação.

   a) $3x + 3 < x + 6$

$$
\begin{aligned}
3x+3\ \ (-x) &< x+6\ \ (-x)\\
2x+3 &< 6\\
2x+3\ \ (-3) &< 6\ \ (-3)\\
2x &< 3\\
\frac{2x}{2} &< \frac{3}{2}\\
x &< \frac{3}{2}
\end{aligned}
$$

```r
# Resolução no R

##  Para resolver a inequação pelo R consideraremos as seguintes expressões:
## 'f1(x) = 3x + 3' e 'f2(x) = x + 6'.
f1 <- function(x){
  3*x + 3
}

f2 <- function(x){
  x + 6
}

##  A desigualdade é 'f1(x) < f2(x)' logo 'f1(x) - f2(x) < 0'. Portanto
## queremos os valores de x para os quais 'f1(x) - f2(x)' seja menor que zero.
##  Começaremos achando a raiz da expressão 'f1(x) - f2(x)'.
##  A função abaixo utiliza iterações para achar a raiz em um intervalo
## pré-determinado, utiliza-se aqui o intervalo (-10, 10) mas é possível inserir
## grandes intervalos a um certo custo de tempo computacional (neste caso
## razoável).
r <- uniroot(function(x){f1(x) - f2(x)}, c(-10, 10))$root
r
```

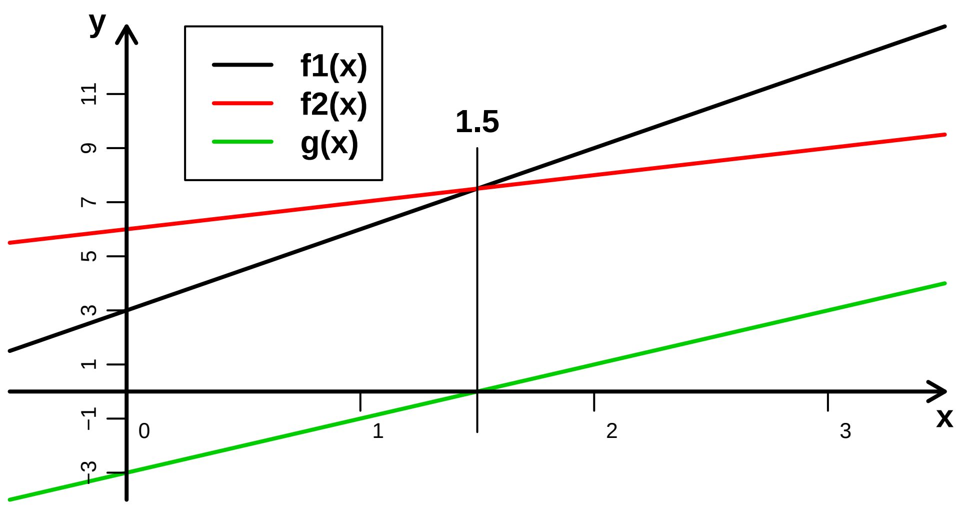
```
## [1] 1.5
```

```r
##  O resultado revela somente a raiz da função. No entanto queremos saber onde
## se localizam os valores positivos e negativos da função.
##  Chamaremos nessa etapa a expressão 'f1(x) - f2(x)' de 'g(x)'.
g <- function(x){
  f1(x) - f2(x)
}

##  Sabemos que a raiz da função 'g(x)' é 1.5, logo basta verificarmos os
## valores ao redor da raiz.
x <- seq(from = r - 0.5, to = r + 0.5, by = 0.25)
data.frame(x, g(x))
```

```
##      x g.x.
## 1 1.00 -1.0
## 2 1.25 -0.5
## 3 1.50  0.0
## 4 1.75  0.5
## 5 2.00  1.0
```

```
##  Pode-se observar que para valores menores que 1.5, g(x) assume valores
## negativos. Logo os valores de x que satisfazem a inequação são dados por
## 'x < 1.5'

# Exemplo Gráfico

##  O gráfico a seguir representa f1(x), f2(x) e g(x). Observe que para valores
## menores que 1.5 temos f1(x) < f2(x) e g(x) < 0, para x = 1.5 temos
## f1(x) = f2(x) e g(x) = 0 e para valores maiores que 1.5 temos f1(x) > f2(x) e
## g(x) > 0.

##  Vetor para determinar a amplitude do eixo das abscissas:
v <- c(r - 2, r + 2)

##  Determina  a amplitude do eixo das ordenadas:
mini <- min(f1(v), f2(v), g(v))
maxi <- max(f1(v), f2(v), g(v))

##  Curvas:
curve(f1, from = v[1], to = v[2], xlim = v, ylim = c(mini, maxi), lwd = 2,
  bty = 'n', xaxt = 'n', yaxt = 'n', ylab = '', xlab = '',
  main = 'Componentes da Inequação (Seção 1.2.1 Ex.1a)')
curve(f2, from = v[1], to = v[2], add = TRUE, col = 2, lwd = 2)
curve(g, from = v[1], to = v[2], add = TRUE, col = 3, lwd = 2)

##  Eixos:
arrows(x0 = v[1], x1 = v[2],
   y0 = 0, y1 = 0, lwd = 2, length = 0.1)
arrows(x0 = 0, x1 = 0,
   y0 = mini, y1 = maxi, lwd = 2, length = 0.1)

##  Comprimento da reta vertical que passa pelo ponto de intersecção:
const <- 1.5
minim <- min(f1(r), f2(r), g(r)) - const
maxim <- max(f1(r), f2(r), g(r)) + const

##  Reta vertical que passa pelo ponto de intersecção:
segments(x0 = r, x1 = r,
     y0 = minim, y1 = maxim, lwd = 1)

##  Enumeração dos eixos:
axis(side = 1, c(seq(v[1] + 0.5, v[2] - 0.5, 1)),
 hadj = -1, padj = -1.5, pos = 0,  cex.axis = 0.7)
axis(side = 2, c(seq(mini + 1, maxi - 1, 2)),
 padj = 1, pos = 0,  cex.axis = 0.7)

##  Legenda:
legend(v[1] + 0.75, maxi, col = c(1, 2, 3), c('f1(x)', 'f2(x)', 'g(x)'),
   lwd = 2, text.font = 2)

text(x = c(v[2], -0.125, r), y = c(-1, maxi, maxim + 1),
 labels = c("x", "y", "1.5"), font = 2)
```

Componentes da Inequação (Seção 1.2.1 Ex.1a)



b) $x - 3 > 3x + 1$

$$\begin{aligned}
x - 3 \ (-x) &> 3x + 1 \ (-x) \\
-3 &> 2x + 1 \\
-3 \ (-1) &> 2x + 1 \ (-1) \\
-4 &> 2x \\
\frac{-4}{2} &> \frac{2x}{2} \\
-2 &> x \\
x &< -2
\end{aligned}$$

```
# Resolução no R

##  Para resolver a inequação pelo R consideraremos as seguintes expressões:
## 'f1(x) = x - 3' e 'f2(x) = 3x + 1'.
f1 <- function(x){
  x - 3
}

f2 <- function(x){
  3*x + 1
}

##  A desigualdade é 'f1(x) < f2(x)' logo 'f1(x) - f2(x) > 0'. Portanto
## queremos os valores de x para os quais 'f1(x) - f2(x)' seja maior que zero.
##  Começaremos achando a raiz da expressão 'f1(x) - f2(x)'.
##  A função abaixo utiliza iterações para achar a raiz em um intervalo
## pré-determinado, utiliza-se aqui o intervalo (-10, 10) mas é possível inserir
## grandes intervalos a um certo custo de tempo computacional (neste caso
## razoável).
```

```r
r <- uniroot(function(x){f1(x) - f2(x)}, c(-10, 10))$root
r
```

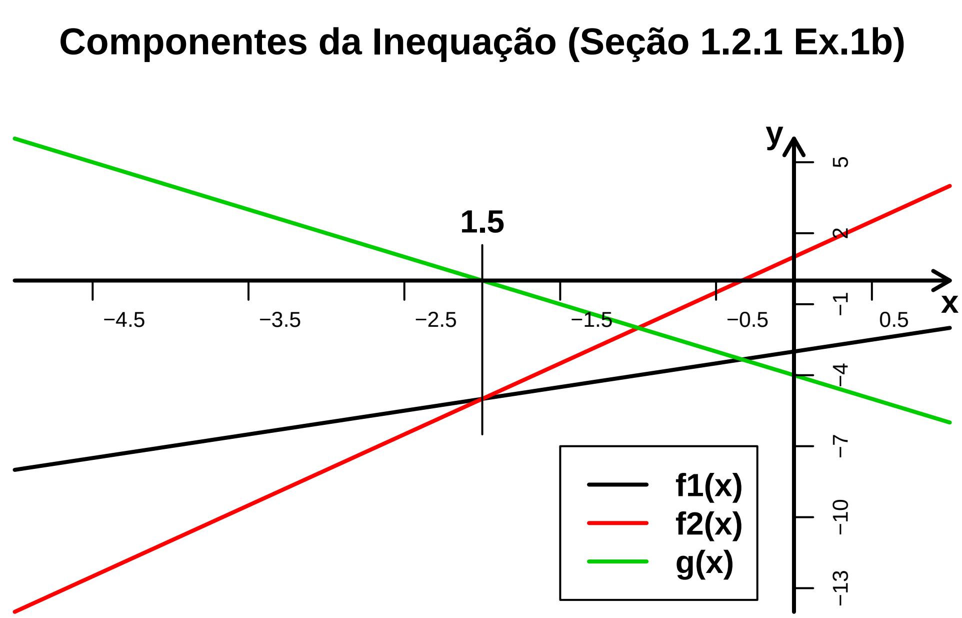
```
## [1] -2
```

```r
##  O resultado revela somente a raiz da função. No entanto queremos saber onde
## se localizam os valores positivos e negativos da função.
##  Chamaremos nessa etapa a expressão 'f1(x) - f2(x)' de 'g(x)'.
g <- function(x){
  f1(x) - f2(x)
}

##  Sabemos que a raiz da função 'g(x)' é -2, logo basta verificarmos os
## valores ao redor da raiz.
x <- seq(from = r - 0.5, to = r + 0.5, by = 0.25)
data.frame(x, g(x))
```

```
##       x g.x.
## 1 -2.50  1.0
## 2 -2.25  0.5
## 3 -2.00  0.0
## 4 -1.75 -0.5
## 5 -1.50 -1.0
```

```r
##  Pode-se observar que para valores menores que -2, g(x) assume valores
## positivos. Logo os valores de x que satisfazem a inequação são dados por
## 'x < -2'

# Exemplo Gráfico

##  O gráfico a seguir representa f1(x), f2(x) e g(x). Observe que para valores
## menores que -2 temos f1(x) > f2(x) e g(x) > 0, para x = 1.5 temos
## f1(x) = f2(x) e g(x) = 0 e para valores maiores que -2 temos f1(x) < f2(x) e
## g(x) < 0.

##  Vetor para determinar a amplitude do eixo das abscissas:
v <- c(r - 3, r + 3)

##  Determina  a amplitude do eixo das ordenadas:
mini <- min(f1(v), f2(v), g(v))
maxi <- max(f1(v), f2(v), g(v))

##  Curvas:
curve(f1, from = v[1], to = v[2], xlim = v, ylim = c(mini, maxi), lwd = 2,
  bty = 'n', xaxt = 'n', yaxt = 'n', ylab = '', xlab = '',
  main = 'Componentes da Inequação (Seção 1.2.1 Ex.1b)')
curve(f2, from = v[1], to = v[2], add = TRUE, col = 2, lwd = 2)
curve(g, from = v[1], to = v[2], add = TRUE, col = 3, lwd = 2)

##  Eixos:
arrows(x0 = v[1], x1 = v[2],
   y0 = 0, y1 = 0, lwd = 2, length = 0.1)
arrows(x0 = 0, x1 = 0,
   y0 = mini, y1 = maxi, lwd = 2, length = 0.1)
```

```
##  Comprimento da reta vertical que passa pelo ponto de intersecção:
const <- 1.5
minim <- min(f1(r), f2(r), g(r)) - const
maxim <- max(f1(r), f2(r), g(r)) + const

##  Reta vertical que passa pelo ponto de intersecção:
segments(x0 = r, x1 = r,
     y0 = minim, y1 = maxim, lwd = 1)

##  Enumeração dos eixos:
axis(side = 1, c(seq(v[1] + 0.5, v[2] - 0.5, 1)),
 hadj = -0.25, padj = -1.5, pos = 0, cex.axis = 0.7)
axis(side = 4, c(seq(mini + 1, maxi - 1, 3)),
 padj = -1, pos = 0, cex.axis = 0.7)

##  Legenda:
legend(r + 0.5, -7, col = c(1, 2, 3), c('f1(x)', 'f2(x)', 'g(x)'),
   lwd = 2, text.font = 2)

text(x = c(v[2], -0.125, r), y = c(-1, maxi, maxim + 1),
 labels = c("x", "y", "1.5"), font = 2)
```



c) $2x - 1 \geqslant 5x + 3$

$$\begin{aligned}
2x - 1 \ \ (-2x) &\geqslant 5x + 3 \ \ (-2x) \\
-1 &\geqslant 3x + 3 \\
-1 \ \ (-3) &\geqslant 3x + 3 \ \ (-3) \\
-4 &\geqslant 3x \\
\frac{-4}{3} &\geqslant \frac{3x}{3} \\
-\frac{4}{3} &\geqslant x \\
x &\leqslant -\frac{4}{3}
\end{aligned}$$

```
# Resolução no R

##  Para resolver a inequação pelo R consideraremos as seguintes expressões:
## 'f1(x) = 2x - 1' e 'f2(x) = 5x + 3'.
f1 <- function(x){
  2*x - 1
}

f2 <- function(x){
  5*x + 3
}

##  A desigualdade é 'f1(x) >= f2(x)' logo 'f1(x) - f2(x) >= 0'. Portanto
## queremos os valores de x para os quais 'f1(x) - f2(x)' seja maior ou igual a
## zero.
##  Começaremos achando a raiz da expressão 'f1(x) - f2(x)'.
##  A função abaixo utiliza iterações para achar a raiz em um intervalo
## pré-determinado, utiliza-se aqui o intervalo (-10, 10) mas é possível inserir
## grandes intervalos a um certo custo de tempo computacional (neste caso
## razoável).
r <- uniroot(function(x){f1(x) - f2(x)}, c(-10, 10))$root
r
```

```
## [1] -1.333333
```

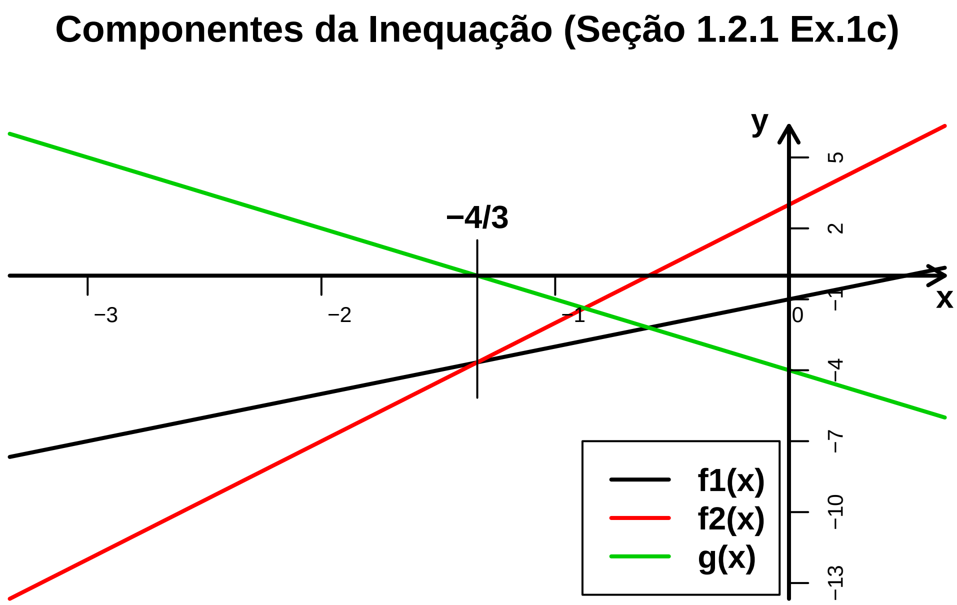
```
##  O resultado revela somente a raiz da função. No entanto queremos saber onde
## se localizam os valores positivos e negativos da função.
##  Chamaremos nessa etapa a expressão 'f1(x) - f2(x)' de 'g(x)'.
g <- function(x){
  f1(x) - f2(x)
}

##  Sabemos que a raiz da função 'g(x)' é -1.33, logo basta verificarmos os
## valores ao redor da raiz.
x <- seq(from = r - 0.5, to = r + 0.5, by = 0.25)
data.frame(x, g(x))
```

```
##            x          g.x.
## 1 -1.8333333  1.500000e+00
## 2 -1.5833333  7.500000e-01
## 3 -1.3333333  1.776357e-15
```

```
## 4 -1.0833333 -7.500000e-01
## 5 -0.8333333 -1.500000e+00
```

```
##  Pode-se observar que para valores menores que -1.33, g(x) assume valores
## positivos. Logo os valores de x que satisfazem a inequação são dados por
## 'x <= -1.33' ou 'x <= -4/3'.

# Exemplo Gráfico

##  O gráfico a seguir representa f1(x), f2(x) e g(x). Observe que para valores
## menores que -1.33 temos f1(x) > f2(x) e g(x) > 0, para x = -1.33 temos
## f1(x) = f2(x) e g(x) = 0 e para valores maiores que -1.33 temos
## f1(x) < f2(x) e g(x) < 0.

##  Vetor para determinar a amplitude do eixo das abscissas:
v <- c(r - 2, r + 2)

##  Determina  a amplitude do eixo das ordenadas:
mini <- min(f1(v), f2(v), g(v))
maxi <- max(f1(v), f2(v), g(v))

##  Curvas:
curve(f1, from = v[1], to = v[2], xlim = v, ylim = c(mini, maxi), lwd = 2,
  bty = 'n', xaxt = 'n', yaxt = 'n', ylab = '', xlab = '',
  main = 'Componentes da Inequação (Seção 1.2.1 Ex.1c)')
curve(f2, from = v[1], to = v[2], add = TRUE, col = 2, lwd = 2)
curve(g, from = v[1], to = v[2], add = TRUE, col = 3, lwd = 2)

##  Eixos:
arrows(x0 = v[1], x1 = v[2],
   y0 = 0, y1 = 0, lwd = 2, length = 0.1)
arrows(x0 = 0, x1 = 0,
   y0 = mini, y1 = maxi, lwd = 2, length = 0.1)

##  Comprimento da reta vertical que passa pelo ponto de intersecção:
const <- 1.5
minim <- min(f1(r), f2(r), g(r)) - const
maxim <- max(f1(r), f2(r), g(r)) + const

##  Reta vertical que passa pelo ponto de intersecção:
segments(x0 = r, x1 = r,
     y0 = minim, y1 = maxim, lwd = 1)

##  Enumeração dos eixos:
axis(side = 1, c(seq(round(v[1]), round(v[2]) - 0.5, 1)),
 hadj = -0.25, padj = -1.5, pos = 0, cex.axis = 0.7)
axis(side = 4, c(seq(round(mini) + 1, round(maxi) - 1, 3)),
 padj = -1, pos = 0, cex.axis = 0.7)

##  Legenda:
legend(r + 0.45, -7, col = c(1, 2, 3), c('f1(x)', 'f2(x)', 'g(x)'),
   lwd = 2, text.font = 2)

text(x = c(v[2], -0.125, r), y = c(-1, maxi, maxim + 1),
```

```
labels = c("x", "y", "-4/3"), font = 2)
```



d) $x + 3 \leqslant 6x - 2$

$$
\begin{array}{rcl}
x + 3 \ \ (-x) & \leqslant & 6x - 2 \ \ (-x) \\
3 & \leqslant & 5x - 2 \\
3 \ \ (+2) & \leqslant & 5x - 2 \ \ (+2) \\
5 & \leqslant & 5x \\
\frac{5}{5} & \leqslant & \frac{5x}{5} \\
1 & \leqslant & x \\
x & \geqslant & 1
\end{array}
$$

```
# Resolução no R

##  Para resolver a inequação pelo R consideraremos as seguintes expressões:
## 'f1(x) = x + 3' e 'f2(x) = 6x - 2'.
f1 <- function(x){
  x + 3
}

f2 <- function(x){
  6*x - 2
}

##  A desigualdade é 'f1(x) <= f2(x)' logo 'f1(x) - f2(x) <= 0'. Portanto
## queremos os valores de x para os quais 'f1(x) - f2(x)' seja menor ou igual a
## zero.
##  Começaremos achando a raiz da expressão 'f1(x) - f2(x)'.
```

```
##  A função abaixo utiliza iterações para achar a raiz em um intervalo
## pré-determinado, utiliza-se aqui o intervalo (-10, 10) mas é possível inserir
## grandes intervalos a um certo custo de tempo computacional (neste caso
## razoável).
r <- uniroot(function(x){f1(x) - f2(x)}, c(-10, 10))$root
r
```

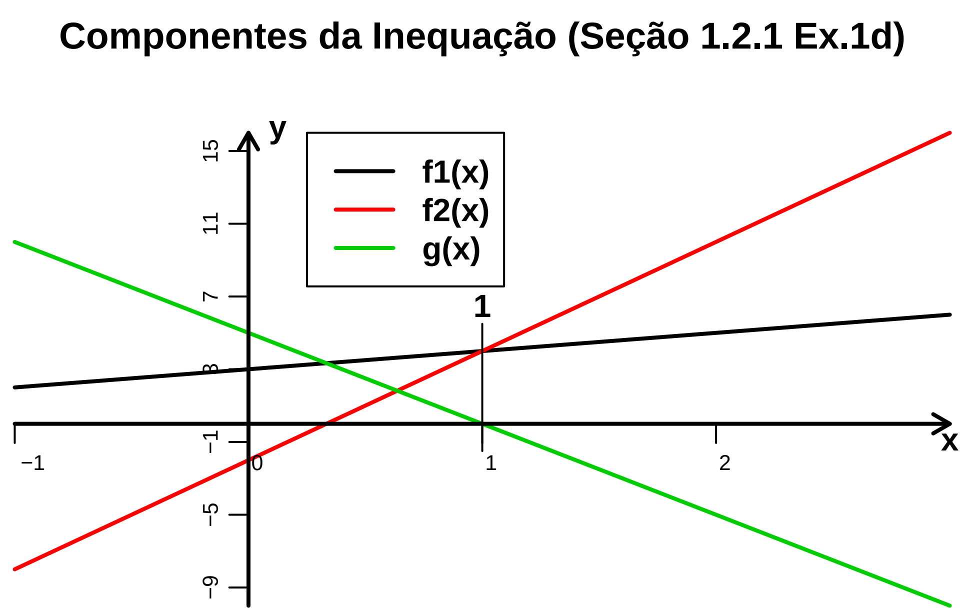
```
## [1] 1
```

```
##  O resultado revela somente a raiz da função. No entanto queremos saber onde
## se localizam os valores positivos e negativos da função.
##  Chamaremos nessa etapa a expressão 'f1(x) - f2(x)' de 'g(x)'.
g <- function(x){
  f1(x) - f2(x)
}

##  Sabemos que a raiz da função 'g(x)' é 1, logo basta verificarmos os valores
## ao redor da raiz.
x <- seq(from = r - 0.5, to = r + 0.5, by = 0.25)
data.frame(x, g(x))
```

```
##      x          g.x.
## 1 0.50  2.500000e+00
## 2 0.75  1.250000e+00
## 3 1.00 -8.881784e-15
## 4 1.25 -1.250000e+00
## 5 1.50 -2.500000e+00
```

```
##  Pode-se observar que para valores maiores que 1, g(x) assume valores
## negativos. Logo os valores de x que satisfazem a inequação são dados por
## 'x >= 1'.

# Exemplo Gráfico

##  O gráfico a seguir representa f1(x), f2(x) e g(x). Observe que para valores
## menores que 1 temos f1(x) > f2(x) e g(x) > 0, para x = 1 temos f1(x) = f2(x)
## e g(x) = 0 e para valores maiores que 1 temos f1(x) < f2(x) e g(x) < 0.

##  Vetor para determinar a amplitude do eixo das abscissas:
v <- c(r - 2, r + 2)

##  Determina  a amplitude do eixo das ordenadas:
mini <- min(f1(v), f2(v), g(v))
maxi <- max(f1(v), f2(v), g(v))

##  Curvas:
curve(f1, from = v[1], to = v[2], xlim = v, ylim = c(mini, maxi), lwd = 2,
  bty = 'n', xaxt = 'n', yaxt = 'n', ylab = '', xlab = '',
  main = 'Componentes da Inequação (Seção 1.2.1 Ex.1d)')
curve(f2, from = v[1], to = v[2], add = TRUE, col = 2, lwd = 2)
curve(g, from = v[1], to = v[2], add = TRUE, col = 3, lwd = 2)

##  Eixos:
arrows(x0 = v[1], x1 = v[2],
   y0 = 0, y1 = 0, lwd = 2, length = 0.1)
```

```
arrows(x0 = 0, x1 = 0,
   y0 = mini, y1 = maxi, lwd = 2, length = 0.1)

##  Comprimento da reta vertical que passa pelo ponto de intersecção:
const <- 1.5
minim <- min(f1(r), f2(r), g(r)) - const
maxim <- max(f1(r), f2(r), g(r)) + const

##  Reta vertical que passa pelo ponto de intersecção:
segments(x0 = r, x1 = r,
     y0 = minim, y1 = maxim, lwd = 1)

##  Enumeração dos eixos:
axis(side = 1, c(seq(round(v[1]), round(v[2]) - 0.5, 1)),
 hadj = -0.25, padj = -1.5, pos = 0, cex.axis = 0.7)
axis(side = 2, c(seq(round(mini) + 1, round(maxi) - 1, 4)),
 padj = 1, pos = 0, cex.axis = 0.7)

##  Legenda:
legend(r - 0.75, 16, col = c(1, 2, 3), c('f1(x)', 'f2(x)', 'g(x)'),
   lwd = 2, text.font = 2)

text(x = c(v[2], 0.125, r), y = c(-1, maxi, maxim + 1),
 labels = c("x", "y", "1"), font = 2)
```



e) $1 - 3x > 0$

$$\begin{aligned} 1 - 3x \;\; (-1) &> 0 \;\; (-1) \\ -3x &> -1 \\ \frac{-3x}{-3} &< \frac{-1}{-3} \\ x &< \frac{1}{3} \end{aligned}$$

```r
# Resolução no R

##  Para resolver a inequação pelo R consideraremos a seguinte expressão:
## 'f(x) = 1 - 3x'.
f <- function(x){
  1 - 3*x
}

##  A desigualdade é 'f(x) < 0'. Portanto queremos os valores de x para os quais
## 'f(x)' seja menor que zero.
##  Começaremos achando a raiz de 'f(x)'.
##  A função abaixo utiliza iterações para achar a raiz em um intervalo
## pré-determinado, utiliza-se aqui o intervalo (-10, 10) mas é possível inserir
## grandes intervalos a um certo custo de tempo computacional (neste caso
## razoável).
r <- uniroot(f, c(-10, 10))$root
r
```

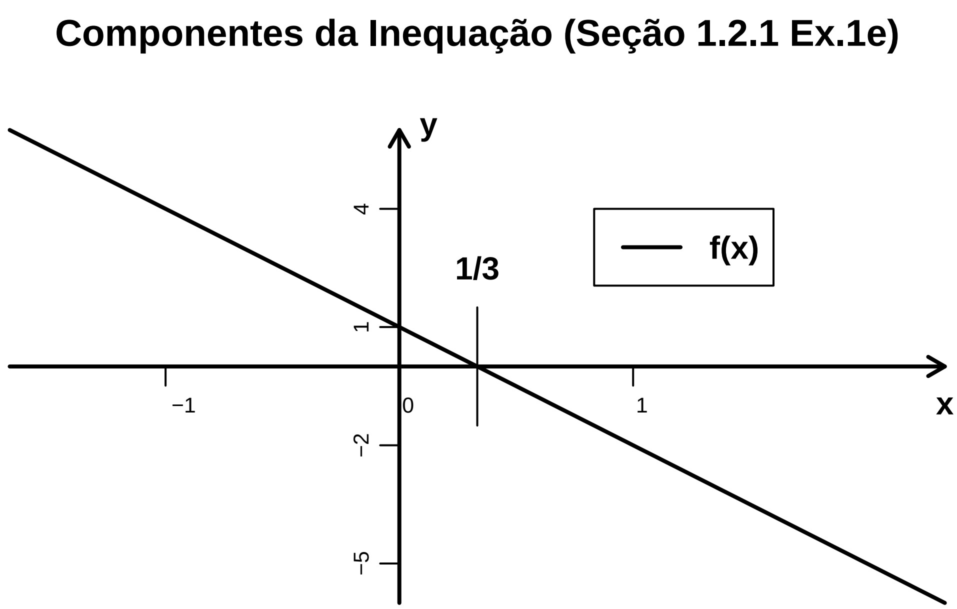
```
## [1] 0.3333333
```

```r
##  O resultado revela somente a raiz da função. No entanto queremos saber onde
## se localizam os valores positivos e negativos da função.
##  Sabemos que a raiz da função 'f(x)' é 1/3, logo basta verificarmos os
## valores ao redor da raiz.
x <- seq(from = r - 0.5, to = r + 0.5, by = 0.25)
data.frame(x, f(x))
```

```
##             x          f.x.
## 1 -0.16666667  1.500000e+00
## 2  0.08333333  7.500000e-01
## 3  0.33333333 -7.105427e-15
## 4  0.58333333 -7.500000e-01
## 5  0.83333333 -1.500000e+00
```

```r
##  Pode-se observar que para valores menores que 1/3, f(x) assume valores
## positivos. Logo os valores de x que satisfazem a inequação são dados por
## 'x < 1/3'.

# Exemplo Gráfico

##  O gráfico a seguir representa f(x). Observe que para valores menores que 1/3
## temos f(x) > 0, para x = 1/3 temos f(x) = 0 e para valores maiores que 1/3
## temos f(x) < 0.

##  Vetor para determinar a amplitude do eixo das abscissas:
v <- c(r - 2, r + 2)
```

```
##  Determina  a amplitude do eixo das ordenadas:
mini <- min(f(v))
maxi <- max(f(v))

##  Curvas:
curve(f, from = v[1], to = v[2], xlim = v, ylim = c(mini, maxi), lwd = 2,
  bty = 'n', xaxt = 'n', yaxt = 'n', ylab = '', xlab = '',
  main = 'Componentes da Inequação (Seção 1.2.1 Ex.1e)')
##  Eixos:
arrows(x0 = v[1], x1 = v[2],
   y0 = 0, y1 = 0, lwd = 2, length = 0.1)
arrows(x0 = 0, x1 = 0,
   y0 = mini, y1 = maxi, lwd = 2, length = 0.1)

##  Comprimento da reta vertical que passa pelo ponto de intersecção:
const <- 1.5
minim <- min(f(r)) - const
maxim <- max(f(r)) + const

##  Reta vertical que passa pelo ponto de intersecção:
segments(x0 = r, x1 = r,
     y0 = minim, y1 = maxim, lwd = 1)

##  Enumeração dos eixos:
axis(side = 1, c(seq(round(v[1]) + 1, round(v[2]) - 0.5, 1)),
 hadj = -0.25, padj = -1.5, pos = 0, cex.axis = 0.7)
axis(side = 2, c(seq(round(mini) + 1, round(maxi) - 1, 3)),
 padj = 1, pos = 0, cex.axis = 0.7)

##  Adiciona componentes do gráfico:
legend(r + 0.5, 4, col = 1, 'f(x)', lwd = 2, text.font = 2)

text(x = c(v[2], 0.125, r), y = c(-1, maxi, maxim + 1),
 labels = c("x", "y", "1/3"), font = 2)
```



f) $2x + 1 \geqslant 3x$

$$\begin{aligned} 2x + 1 \ \ (-2x) &\geqslant 3x \ \ (-2x) \\ 1 &\geqslant x \\ x &\leqslant 1 \end{aligned}$$

```r
# Resolução no R

##  Para resolver a inequação pelo R consideraremos as seguintes expressões:
## 'f1(x) = 2x + 1' e 'f2(x) = 3x'.
f1 <- function(x){
  2*x + 1
}

f2 <- function(x){
  3*x
}

##  A desigualdade é 'f1(x) >= f2(x)' logo 'f1(x) - f2(x) >= 0'. Portanto
## queremos os valores de x para os quais 'f1(x) - f2(x)' seja maior ou igual a
## zero.
##  Começaremos achando a raiz da expressão 'f1(x) - f2(x)'.
##  A função abaixo utiliza iterações para achar a raiz em um intervalo
## pré-determinado, utiliza-se aqui o intervalo (-10, 10) mas é possível inserir
## grandes intervalos a um certo custo de tempo computacional (neste caso
## razoável).
r <- uniroot(function(x){f1(x) - f2(x)}, c(-10, 10))$root
r
```

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

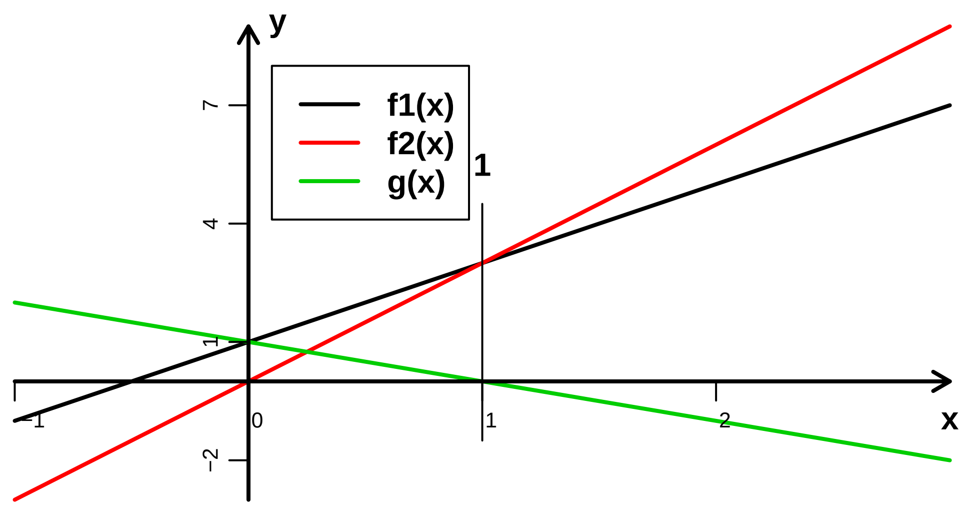
```r
##  O resultado revela somente a raiz da função. No entanto queremos saber onde
## se localizam os valores positivos e negativos da função.
##  Chamaremos nessa etapa a expressão 'f1(x) - f2(x)' de 'g(x)'.
g <- function(x){
  f1(x) - f2(x)
}

##  Sabemos que a raiz da função 'g(x)' é 1, logo basta verificarmos os valores
## ao redor da raiz.
x <- seq(from = r - 0.5, to = r + 0.5, by = 0.25)
data.frame(x, g(x))
```

```
##      x          g.x.
## 1 0.50  5.000000e-01
## 2 0.75  2.500000e-01
## 3 1.00 -1.776357e-15
## 4 1.25 -2.500000e-01
## 5 1.50 -5.000000e-01
```

```r
##  Pode-se observar que para valores menores que 1, g(x) assume valores
## positivos. Logo os valores de x que satisfazem a inequação são dados por
```

```
## 'x <= 1'.

# Exemplo Gráfico

##  O gráfico a seguir representa f1(x), f2(x) e g(x). Observe que para valores
## menores que 1 temos f1(x) > f2(x) e g(x) > 0, para x = 1 temos f1(x) = f2(x)
## e g(x) = 0 e para valores maiores que 1 temos f1(x) < f2(x) e g(x) < 0.

##  Vetor para determinar a amplitude do eixo das abscissas:
v <- c(r - 2, r + 2)

##  Determina  a amplitude do eixo das ordenadas:
mini <- min(f1(v), f2(v), g(v))
maxi <- max(f1(v), f2(v), g(v))

##  Curvas:
curve(f1, from = v[1], to = v[2], xlim = v, ylim = c(mini, maxi), lwd = 2,
  bty = 'n', xaxt = 'n', yaxt = 'n', ylab = '', xlab = '',
  main = 'Componentes da Inequação (Seção 1.2.1 Ex.1f)')
curve(f2, from = v[1], to = v[2], add = TRUE, col = 2, lwd = 2)
curve(g, from = v[1], to = v[2], add = TRUE, col = 3, lwd = 2)

##  Eixos:
arrows(x0 = v[1], x1 = v[2],
   y0 = 0, y1 = 0, lwd = 2, length = 0.1)
arrows(x0 = 0, x1 = 0,
   y0 = mini, y1 = maxi, lwd = 2, length = 0.1)

##  Comprimento da reta vertical que passa pelo ponto de intersecção:
const <- 1.5
minim <- min(f1(r), f2(r), g(r)) - const
maxim <- max(f1(r), f2(r), g(r)) + const

##  Reta vertical que passa pelo ponto de intersecção:
segments(x0 = r, x1 = r,
     y0 = minim, y1 = maxim, lwd = 1)

##  Enumeração dos eixos:
axis(side = 1, c(seq(round(v[1]), round(v[2]) - 0.5, 1)),
 hadj = -0.25, padj = -1.5, pos = 0, cex.axis = 0.7)
axis(side = 2, c(seq(round(mini) + 1, round(maxi) - 1, 3)),
 padj = 1, pos = 0, cex.axis = 0.7)

##  Legenda:
legend(0.1, 8, col = c(1, 2, 3), c('f1(x)', 'f2(x)', 'g(x)'),
   lwd = 2, text.font = 2)

text(x = c(v[2], 0.125, r), y = c(-1, maxi, maxim + 1),
 labels = c("x", "y", "1"), font = 2)
```

Componentes da Inequação (Seção 1.2.1 Ex.1f)



2. *(Página 10)* Estude o sinal da expressão.

   a) $3x - 1$

      i) $f(x) = 0$ (raiz):

$$\begin{array}{rcl} 3x - 1 & = & 0 \\ 3x - 1 \ \ (+1) & = & 0 \ \ (+1) \\ 3x & = & 1 \\ \dfrac{3x}{3} & = & \dfrac{1}{3} \\ x & = & \dfrac{1}{3} \end{array}$$

      ii) $f(x) < 0$:

$$\begin{array}{rcl} 3x - 1 & < & 0 \\ 3x - 1 \ \ (+1) & < & 0 \ \ (+1) \\ 3x & < & 1 \\ \dfrac{3x}{3} & < & \dfrac{1}{3} \\ x & < & \dfrac{1}{3} \end{array}$$

      iii) $f(x) > 0$:

$$
\begin{aligned}
3x - 1 &> 0 \\
3x - 1 \;\; (+1) &> 0 \;\; (+1) \\
3x &> 1 \\
\frac{3x}{3} &> \frac{1}{3} \\
x &> \frac{1}{3}
\end{aligned}
$$

```
# Resolução no R

##  Para estudar o sinal da expressão pelo R começaremos construindo a função:
f <- function(x){
  3*x - 1
}

##  Começaremos achando a raiz da expressão f(x) ou seja, os valores de x para
## os quais f(x) = 0.
##  A função abaixo utiliza iterações para achar a raiz em um intervalo
## pré-determinado, utiliza-se aqui o intervalo (-10, 10) mas é possível inserir
## grandes intervalos a um certo custo de tempo computacional (neste caso
## razoável).
r <- uniroot(f, c(-10, 10))$root
r
```

```
## [1] 0.3333333
```

```
##  Logo para x = 1/3 temos f(x) = 0.
##  Queremos saber também onde se localizam os valores positivos e negativos da
## função. Para isso basta verificarmos os valores ao redor da raiz.
x <- seq(from = r - 0.5, to = r + 0.5, by = 0.25)
data.frame(x, f(x))
```

```
##             x          f.x.
## 1 -0.16666667 -1.500000e+00
## 2  0.08333333 -7.500000e-01
## 3  0.33333333  7.105427e-15
## 4  0.58333333  7.500000e-01
## 5  0.83333333  1.500000e+00
```

```
##  Pode-se observar que para valores menores que 1/3, f(x) assume valores
## negativos e para valores maiores que 1/3, f(x) assume valores positivos.

##  Para uma visualização gráfica do problema consulte o Exercício 1 da Seção
## 1.2.1 e tente reproduzir os gráficos para este problema. Caso encontre
## dificuldades entre em contato através do meu e-mail:
## geronymobruno@hotmail.com.
```

b) $3 - x$

i) $f(x) = 0$ (raiz):

$$\begin{aligned}
3 - x &= 0 \\
3 - x \ \ (-3) &= 0 \ \ (-3) \\
-x &= -3 \\
\frac{-x}{-1} &= \frac{-3}{-1} \\
x &= 3
\end{aligned}$$

ii) $f(x) < 0$:

$$\begin{aligned}
3 - x &< 0 \\
3 - x \ \ (-3) &< 0 \ \ (-3) \\
-x &< -3 \\
\frac{-x}{-1} &> \frac{-3}{-1} \\
x &> 3
\end{aligned}$$

iii) $f(x) > 0$:

$$\begin{aligned}
3 - x &> 0 \\
3 - x \ \ (-3) &> 0 \ \ (-3) \\
-x &> -3 \\
\frac{-x}{-1} &< \frac{-3}{-1} \\
x &< 3
\end{aligned}$$

```r
# Resolução no R

##  Para estudar o sinal da expressão pelo R começaremos construindo a função:
f <- function(x){
  3 - x
}

##  Começaremos achando a raiz da expressão f(x) ou seja, os valores de x para
## os quais f(x) = 0.
##  A função abaixo utiliza iterações para achar a raiz em um intervalo
## pré-determinado, utiliza-se aqui o intervalo (-10, 10) mas é possível inserir
## grandes intervalos a um certo custo de tempo computacional (neste caso
## razoável).
r <- uniroot(f, c(-10, 10))$root
r
```

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

```r
##  Logo para x = 3 temos f(x) = 0.
##  Queremos saber também onde se localizam os valores positivos e negativos da
## função. Para isso basta verificarmos os valores ao redor da raiz.
x <- seq(from = r - 0.5, to = r + 0.5, by = 0.25)
data.frame(x, f(x))
```

```
##      x  f.x.
## 1 2.50  0.50
## 2 2.75  0.25
## 3 3.00  0.00
## 4 3.25 -0.25
## 5 3.50 -0.50
```

```
##  Pode-se observar que para valores menores que 3, f(x) assume valores
## positivos e para valores maiores que 3, f(x) assume valores negativos.

##  Para uma visualização gráfica do problema consulte o Exercício 1 da Seção
## 1.2.1 e tente reproduzir os gráficos para este problema. Caso encontre
## dificuldades entre em contato através do meu e-mail:
## geronymobruno@hotmail.com.
```

c) $2 - 3x$

i) $f(x) = 0$ (raiz):

$$\begin{aligned} 2 - 3x &= 0 \\ 2 - 3x \ \ (-2) &= 0 \ \ (-2) \\ -3x &= -2 \\ \frac{-3x}{-3} &= \frac{-2}{-3} \\ x &= \frac{2}{3} \end{aligned}$$

ii) $f(x) < 0$:

$$\begin{aligned} 2 - 3x &< 0 \\ 2 - 3x \ \ (-2) &< 0 \ \ (-2) \\ -3x &< -2 \\ \frac{-3x}{-3} &> \frac{-2}{-3} \\ x &> \frac{2}{3} \end{aligned}$$

iii) $f(x) > 0$:

$$\begin{aligned} 2 - 3x &> 0 \\ 2 - 3x \ \ (-2) &> 0 \ \ (-2) \\ -3x &> -2 \\ \frac{-3x}{-3} &< \frac{-2}{-3} \\ x &< \frac{2}{3} \end{aligned}$$

```
# Resolução no R

##  Para estudar o sinal da expressão pelo R começaremos construindo a função:
f <- function(x){
  2 - 3*x
}

##  Começaremos achando a raiz da expressão f(x) ou seja, os valores de x para
## os quais f(x) = 0.
##  A função abaixo utiliza iterações para achar a raiz em um intervalo
## pré-determinado, utiliza-se aqui o intervalo (-10, 10) mas é possível inserir
## grandes intervalos a um certo custo de tempo computacional (neste caso
## razoável).
r <- uniroot(f, c(-10, 10))$root
r
```

```
## [1] 0.6666667
```

```
##  Logo para x = 2/3 temos f(x) = 0.
##  Queremos saber também onde se localizam os valores positivos e negativos da
## função. Para isso basta verificarmos os valores ao redor da raiz.
x <- seq(from = r - 0.5, to = r + 0.5, by = 0.25)
data.frame(x, f(x))
```

```
##           x          f.x.
## 1 0.1666667  1.500000e+00
## 2 0.4166667  7.500000e-01
## 3 0.6666667  1.776357e-15
## 4 0.9166667 -7.500000e-01
## 5 1.1666667 -1.500000e+00
```

```
##  Pode-se observar que para valores menores que 2/3, f(x) assume valores
## positivos e para valores maiores que 2/3, f(x) assume valores negativos.

##  Para uma visualização gráfica do problema consulte o Exercício 1 da Seção
## 1.2.1 e tente reproduzir os gráficos para este problema. Caso encontre
## dificuldades entre em contato através do meu e-mail:
## geronymobruno@hotmail.com.
```

d) $5x + 1$

   i) $f(x) = 0$ (raiz):

$$
\begin{aligned}
5x + 1 &= 0 \\
5x + 1 \ (-1) &= 0 \ (-1) \\
5x &= -1 \\
\frac{5x}{5} &= \frac{-1}{5} \\
x &= -\frac{1}{5}
\end{aligned}
$$

   ii) \$f(x) < 0 \$:

$$
\begin{aligned}
5x+1 &< 0 \\
5x+1 \ (-1) &< 0 \ (-1) \\
5x &< -1 \\
\frac{5x}{5} &< \frac{-1}{5} \\
x &< -\frac{1}{5}
\end{aligned}
$$

iii) $f(x) > 0 $:

$$
\begin{aligned}
5x+1 &> 0 \\
5x+1 \ (-1) &> 0 \ (-1) \\
5x &> -1 \\
\frac{5x}{5} &> \frac{-1}{5} \\
x &> -\frac{1}{5}
\end{aligned}
$$

```
# Resolução no R

##  Para estudar o sinal da expressão pelo R começaremos construindo a função:
f <- function(x){
  5*x + 1
}

##  Começaremos achando a raiz da expressão f(x) ou seja, os valores de x para
## os quais f(x) = 0.
##  A função abaixo utiliza iterações para achar a raiz em um intervalo
## pré-determinado, utiliza-se aqui o intervalo (-10, 10) mas é possível inserir
## grandes intervalos a um certo custo de tempo computacional (neste caso
## razoável).
r <- uniroot(f, c(-10, 10))$root
r
```

```
## [1] -0.2
```

```
##  Logo para x = -1/5 temos f(x) = 0.
##  Queremos saber também onde se localizam os valores positivos e negativos da
## função. Para isso basta verificarmos os valores ao redor da raiz.
x <- seq(from = r - 0.5, to = r + 0.5, by = 0.25)
data.frame(x, f(x))
```

```
##       x          f.x.
## 1 -0.70 -2.500000e+00
## 2 -0.45 -1.250000e+00
## 3 -0.20 -5.329071e-15
## 4  0.05  1.250000e+00
## 5  0.30  2.500000e+00
```

```
##  Pode-se observar que para valores menores que -1/5, f(x) assume valores
## negativos e para valores maiores que -1/5, f(x) assume valores positivos.
```

```
##  Para uma visualização gráfica do problema consulte o Exercício 1 da Seção
## 1.2.1 e tente reproduzir os gráficos para este problema. Caso encontre
## dificuldades entre em contato através do meu e-mail:
## geronymobruno@hotmail.com.
```

e) $\frac{x-1}{x-2}$

i) $f(x) = x - 1$

I) $f(x) = 0$ (raiz):

$$\begin{aligned} x-1 &= 0 \\ x-1 \ (+1) &= 0 \ (+1) \\ x &= 1 \end{aligned}$$

II) $f(x) < 0$:

$$\begin{aligned} x-1 &< 0 \\ x-1 \ (+1) &< 0 \ (+1) \\ x &< 1 \end{aligned}$$

III) $f(x) > 0$:

$$\begin{aligned} x-1 &> 0 \\ x-1 \ (+1) &> 0 \ (+1) \\ x &> 1 \end{aligned}$$

ii) $g(x) = x - 2$

I) $g(x) = 0$ (raiz):

$$\begin{aligned} x-2 &= 0 \\ x-2 \ (+2) &= 0 \ (+2) \\ x &= 2 \end{aligned}$$

II) $g(x) < 0$:

$$\begin{aligned} x-2 &< 0 \\ x-2 \ (+2) &< 0 \ (+2) \\ x &< 2 \end{aligned}$$

III) $g(x) > 0$:

$$\begin{aligned} x-2 &> 0 \\ x-2 \ (+2) &> 0 \ (+2) \\ x &> 2 \end{aligned}$$

iii) $h(x) = \frac{f(x)}{g(x)}$

	$x < 1$	$1 < x < 2$	$x > 2$
$f(x)$	-	+	+
$g(x)$	-	-	+
$h(x)$	+	-	+

Nosso interesse aqui é em $h(x)$, podemos concluir com os resultados de i, ii e iii que temos $h(x) < 0$ para $1 < x < 2$, $h(x) = 0$ para $x = 1$, $h(x) > 0$ para $x < 1$ e $x > 2$. Temos ainda que para $x = 2$ a função $h(x)$ não é definida pois o denominador da função iguala-se a zero.

```
# Resolução no R

##  Para resolver a inequação pelo R consideraremos as seguintes expressões:
## 'f(x) = x - 1' e 'g(x) = x - 2'.
f <- function(x){
  x - 1
}

g <- function(x){
  x - 2
}

##  Começaremos achando a raiz das expressões f(x) e g(x) ou seja, os valores de
## x para os quais f(x) = 0.
##  A função abaixo utiliza iterações para achar a raiz em um intervalo
## pré-determinado, utiliza-se aqui o intervalo (-10, 10) mas é possível inserir
## grandes intervalos a um certo custo de tempo computacional (neste caso
## razoável).
rf <- uniroot(f, c(-10, 10))$root
rf
```

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

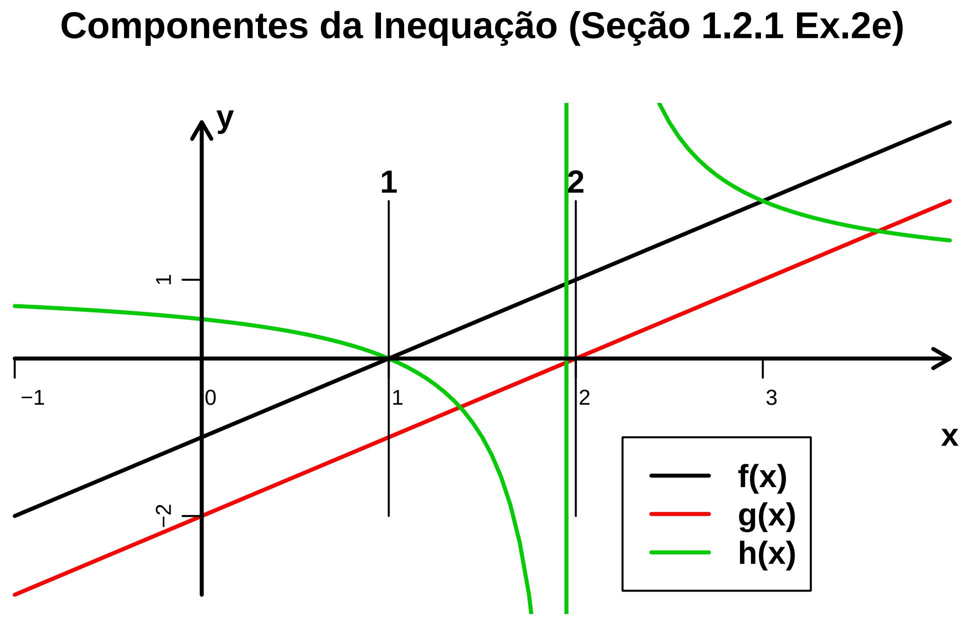
```
rg <- uniroot(g, c(-10, 10))$root
rg
```

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

```
##  O resultado revela somente a raiz das funções f(x) e g(x). No entanto
## queremos saber onde se localizam os valores positivos e negativos das
## funções.

##  Sabemos que as raízes das funções f(x) e g(x) são, respectivamente, 1 e 2.
## Agora verificaremos os valores ao redor das raízes.
x <- seq(from = min(rf, rg) - 0.5, to = max(rf, rg) + 0.5, by = 0.5)
data.frame(x, f(x), g(x), f(x)/g(x))
```

```
##     x          f.x.          g.x.     f.x..g.x.
## 1 0.5 -5.000000e-01 -1.500000e+00  3.333333e-01
## 2 1.0  1.776357e-15 -1.000000e+00 -1.776357e-15
## 3 1.5  5.000000e-01 -5.000000e-01 -1.000000e+00
## 4 2.0  1.000000e+00  1.776357e-15  5.629500e+14
## 5 2.5  1.500000e+00  5.000000e-01  3.000000e+00
```

```
##  Nosso interesse aqui é em f(x)/g(x), podemos concluir com o resultado acima
## que valores menores que 1 e maiores que 2 temos f(x)/g(x) > 0, e para valores
## maiores que 1 e menores que 2 temos f(x)/g(x) < 0 e para x = 1 temos
## f(x)/g(x) = 0. Por definição, quando g(x) = 0 (x = 2) a expressão não é
## definida.

# Exemplo Gráfico

##  O gráfico a seguir representa f(x), g(x) e h(x). Observe que para valores
## menores que 1 temos f1(x) > f2(x) e g(x) > 0, para x = 1 temos f1(x) = f2(x)
## e g(x) = 0 e para valores maiores que 1 temos f1(x) < f2(x) e g(x) < 0.

##  Vetor para determinar a amplitude do eixo das abscissas:
v <- c(min(rf, rg) - 2, max(rf, rg) + 2)

##  Define função h(x):
h <- function(x){
  f(x)/g(x)
}
##  Determina  a amplitude do eixo das ordenadas:
mini <- min(f(v), g(v), h(v))
maxi <- max(f(v), g(v), h(v))

##  Curvas:
curve(f, from = v[1], to = v[2], xlim = v, ylim = c(mini, maxi), lwd = 2,
  bty = 'n', xaxt = 'n', yaxt = 'n', ylab = '', xlab = '',
  main = 'Componentes da Inequação (Seção 1.2.1 Ex.2e)')
curve(g, from = v[1], to = v[2], add = TRUE, col = 2, lwd = 2)
curve(h, from = v[1], to = v[2], add = TRUE, col = 3, lwd = 2)

##  Eixos:
arrows(x0 = v[1], x1 = v[2],
   y0 = 0, y1 = 0, lwd = 2, length = 0.1)
arrows(x0 = 0, x1 = 0,
   y0 = mini, y1 = maxi, lwd = 2, length = 0.1)

##  Reta vertical que passa pelo ponto de intersecção:
segments(x0 = c(rf, rg), x1 = c(rf, rg),
     y0 = -2, y1 = 2, lwd = 1)

##  Enumeração dos eixos:
axis(side = 1, c(seq(round(v[1]), round(v[2]) - 0.5, 1)),
 hadj = -0.25, padj = -1.5, pos = 0, cex.axis = 0.7)
axis(side = 2, c(seq(round(mini) + 1, round(maxi) - 1, 3)),
 padj = 1, pos = 0, cex.axis = 0.7)

##  Legenda:
legend(2.25, -1, col = c(1, 2, 3), c('f(x)', 'g(x)', 'h(x)'),
   lwd = 2, text.font = 2)

text(x = c(v[2], 0.125, rf, rg), y = c(-1, maxi, 2.25, 2.25),
 labels = c("x", "y", "1", "2"), font = 2)
```




```
##  Repare no grafico acima que para valores de x menores que 1 temos f(x) < 0
## e g(x) < 0 consequentemente h(x) > 0. Para x = 1 temos f(x) = 0 e g(x) < 0
## consequentemente h(x) = 0. Para valores de x maiores que 1 e menores que 2
## temos f(x) > 0 e g(x) < 0 consequentemente h(x) < 0. Para x = 2 temos
## f(x) > 0 e g(x) = 0 consequentemente h(x) não é definida no ponto. Para
## valores de x maiores que 2 temos f(x) > 0 e g(x) > 0 consequentemente
## h(x) > 0.
```

Capítulo 2

Sem Título

Capítulo 3

Sem Título

Capítulo 4

Sem Título

Capítulo 5

Sem Título