

# R para Ciência de Dados I

Visualizando dados com o pacote ggplot2



# Gráficos com ggplot2

# Filosofia

O pacote `ggplot2` segue duas filosofias que nos ajudam a entender o processo de construção dos gráficos:

1. Um gráfico estatístico é uma representação visual dos dados por meio de atributos estéticos (posição, cor, forma, tamanho, ...) de formas geométricas (pontos, linhas, barras, ...). *The Grammar of Graphics*.
2. Um gráfico pode ser construído em camadas (um gráfico é a sobreposição de elementos visuais). *A layered grammar of graphics*.

Nos exemplos a seguir, continuaremos a utilizar a base do IMDB. Criamos de antemão a coluna `lucro` pois a utilizaremos bastante.

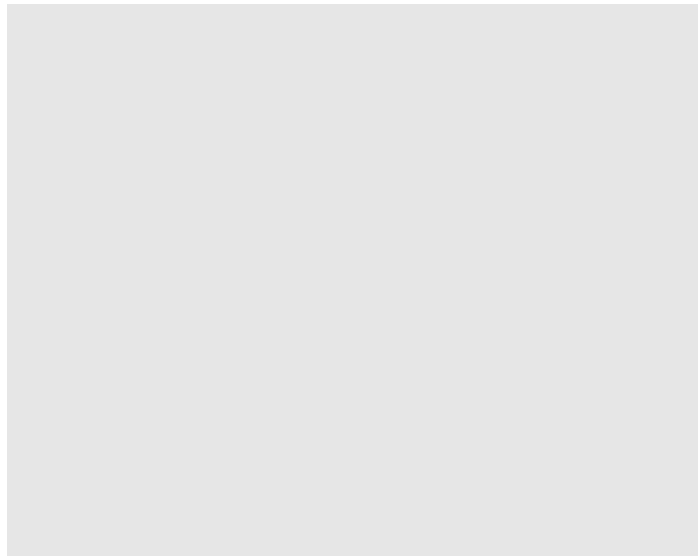
```
library(tidyverse)
imdb <- read_rds("dados/imdb.rds")
imdb <- imdb %>% mutate(lucro = receita - orcamento)
```

Curiosidade: o `gg` em `ggplot` vem de *Grammar of Graphics*.

# Canvas, a primeira camada de um gráfico

Para construir um gráfico usando o pacote `ggplot2`, começamos sempre com a função `ggplot()` (sim, sem o 2). Essa função recebe como argumento a nossa base de dados. Rodando apenas isso, percebemos que o R cria a primeira camada do nosso gráfico: uma tela em branco (cinza).

```
imdb %>% ggplot()
```

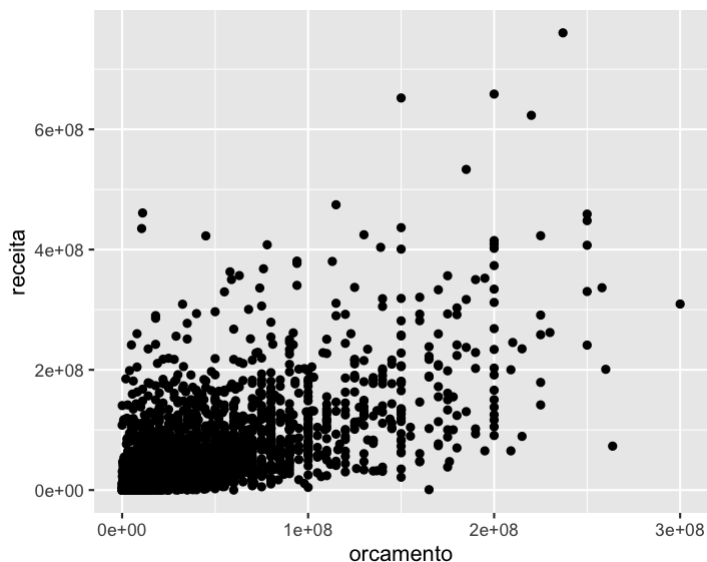


# Um gráfico de pontos (dispersão)

Podemos fazer um gráfico de dispersão da receita contra o orçamento dos filmes acrescentando a função `geom_point()` ao código anterior.

```
imdb %>%  
  ggplot() +  
  geom_point(aes(x = orcamento, y = receita))
```

```
## Warning: Removed 720 rows containing missing values (geom_point).
```



Muitos pontos para discutirmos:

- Esse gráfico tem duas camadas: o canvas, gerado pela função `ggplot()`, e os pontos, gerado pela função `geom_point()`.
- Unimos as camadas de um ggplot usando um `+`. Sim, precisamos controlar a nossa vontade de colocar um `%>%` em vez de `+`, e essa é uma fonte de erro bem comum. O motivo para precisarmos usar `+` em vez do `%>%` é o pacote ggplot ter nascido primeiro que o pipe.
- A função `geom_point()` define que a forma geométrica (daí o prefixo `geom`) utilizada para representar os dados será pontos. Existe uma família de funções `geom`, sendo que cada uma vai representar uma forma geométrica diferente.
- O primeiro argumento de qualquer função `geom` é o `mapping`. Esse argumento serve para mapear os dados nos atributos estéticos da forma geométrica escolhida. Ele sempre receberá a função `aes()`. No código, nós omitimos o nome do argumento, mas poderíamos ter escrito `geom_point(mapping = aes(x = orcamento, y = receita))`.

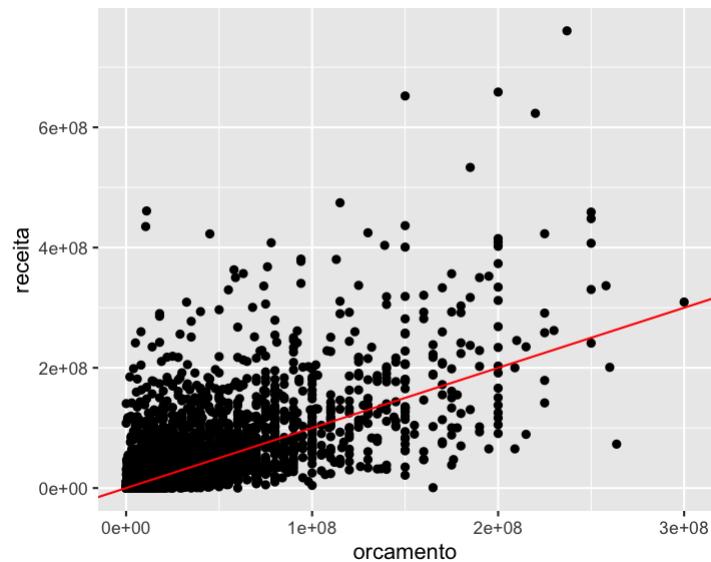
- A função `aes()` serve para *mapearmos os dados aos elementos estéticos do gráfico*. Os argumentos dela vão sempre depender da forma geométrica que estamos utilizando. No caso de um gráfico de pontos, precisamos definir como as posições do eixo x e y serão construídas. No exemplo, a posição do ponto no eixo x será dada pela coluna `orcamento` e a posição do ponto no eixo y será dada pela coluna `receita`.
- O *warning* indica quantas observações (linhas) precisaram ser removidas, por não possuir informação de orçamento ou receita.
- Veremos nos próximos exemplos que será muito comum manipularmos a base (aplicarmos diversas funções do `dplyr`, por exemplo) antes de chamarmos a função `ggplot`.

**O mapeamento das COLUNAS nas FORMAS GEOMÉTRICAS deve ser SEMPRE feito dentro da função `aes()`.**

Vamos agora inserir um novo elemento visual ao gráfico: a reta  $x = y$ .

```
imdb %>%  
  ggplot() +  
  geom_point(aes(x = orcamento, y = receita)) +  
  geom_abline(intercept = 0, slope = 1, color = "red")
```

## Warning: Removed 720 rows containing missing values (geom\_point).



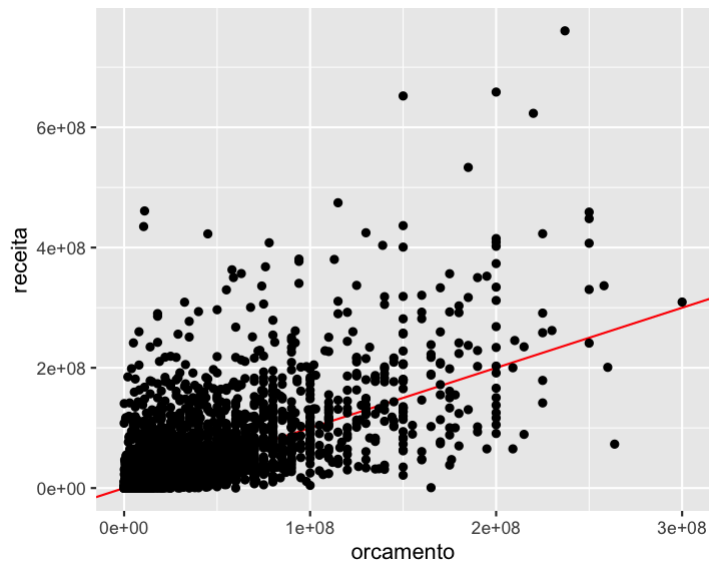


- A reta  $x = y$  é acrescentada ao gráfico pela função `geom_abline()`. Esse geom pode ser utilizado para desenhar qualquer reta do tipo  $y = a + b * x$ , sendo  $a$  o intercepto (*intercept*) da reta e  $b$  o seu coeficiente angular (*slope*).
- Essa reta nos permite observar o número de filmes que obtiveram lucro (pontos acima da reta) e aqueles que obtiveram prejuízo (pontos abaixo da reta).
- Como não estamos mapeando colunas a essa reta, não precisamos colocar os argumentos da função `geom_abline()` do `aes()`.

Veja como o ggplot realmente é construído por camadas. Agora, colocamos a camada da reta antes da camada dos pontos. Os pontos ficam em cima da reta.

```
imdb %>%  
  ggplot() +  
  geom_abline(intercept = 0, slope = 1, color = "red") +  
  geom_point(aes(x = orcamento, y = receita))
```

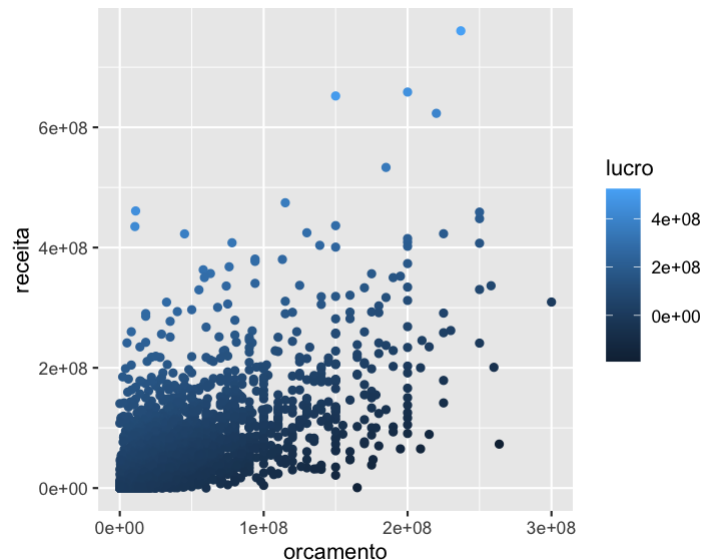
## Warning: Removed 720 rows containing missing values (geom\_point).



Os atributos x e y são necessários para construirmos um gráfico de pontos. Outros atributos também podem ser mapeados em pontos, como a cor. Como a coluna `lucro` é numérica, um degradê de cores é criado para os pontos, a depender do lucro.

```
imdb %>%  
  ggplot() +  
  geom_point(aes(x = orcamento, y = receita, color = lucro))
```

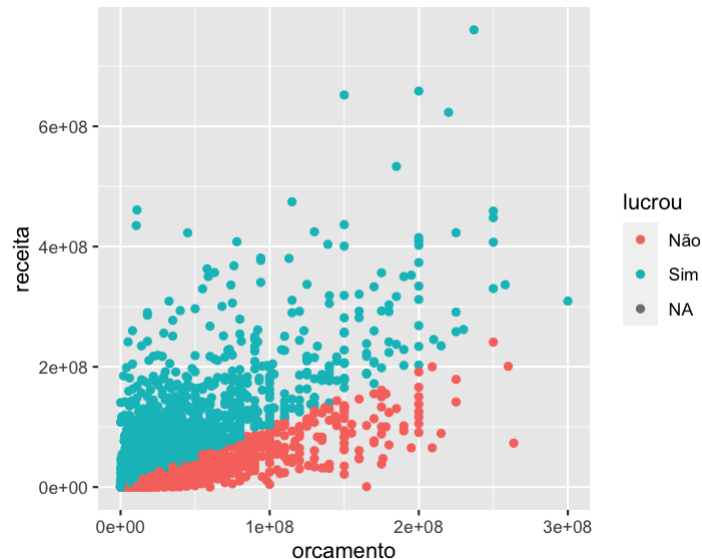
## Warning: Removed 720 rows containing missing values (geom\_point).



Poderíamos também classificar os filmes entre aqueles que lucraram ou não. Uma cor é atribuída a cada categoria.

```
imdb %>%  
  mutate(  
    lucrou = ifelse(lucro <= 0, "Não", "Sim")  
  ) %>%  
  ggplot() +  
  geom_point(aes(x = orcamento, y = receita, color = lucrou))
```

## Warning: Removed 720 rows containing missing values (geom\_point).



# Gráfico de linhas

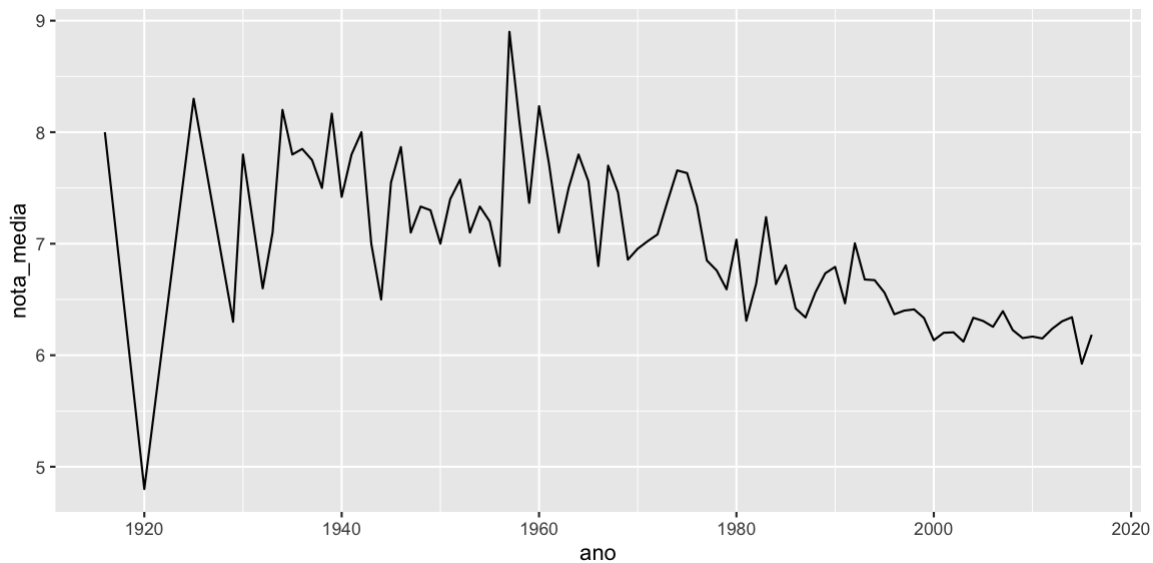
Utilizamos o `geom_line` para fazer gráficos de linhas. Gráficos de linha são muito utilizados para representar *séries temporais*, isto é, observações medidas repetidamente em intervalos (em geral) equidistantes de tempo.

Assim como nos gráficos de pontos, precisamos definir as posições x e y para construirmos gráficos de linhas.

A seguir, construímos o gráfico das notas médias dos filmes produzidos em cada ano,

```
imdb %>%  
  group_by(ano) %>%  
  summarise(nota_media = mean(nota_imdb, na.rm = TRUE)) %>%  
  ggplot() +  
  geom_line(aes(x = ano, y = nota_media))
```

## Warning: Removed 1 row(s) containing missing values (geom\_path).

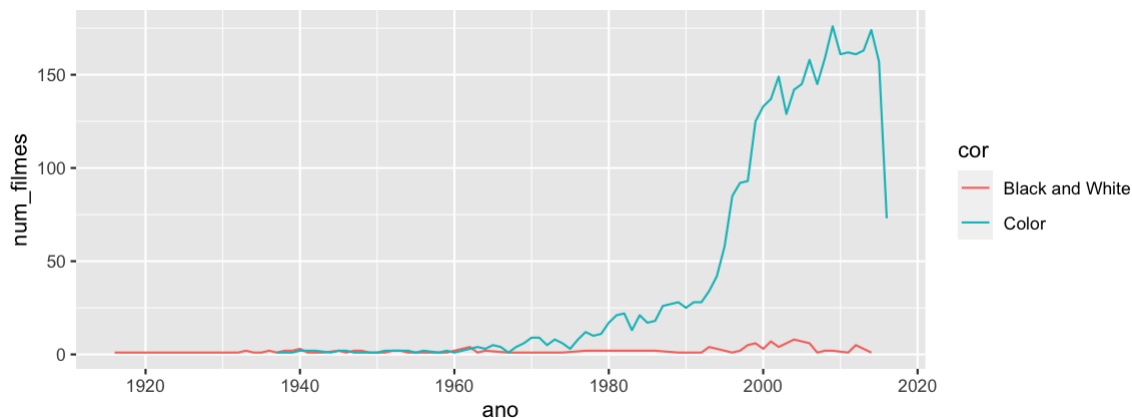


Se mapearmos uma coluna à cor das retas, serão construídas uma reta correspondente a cada categoria distinta dessa coluna.

```
imdb %>%  
  filter(!is.na(cor)) %>%  
  group_by(ano, cor) %>%  
  summarise(num_filmes = n()) %>%  
  ggplot() +  
  geom_line(aes(x = ano, y = num_filmes, color = cor))
```

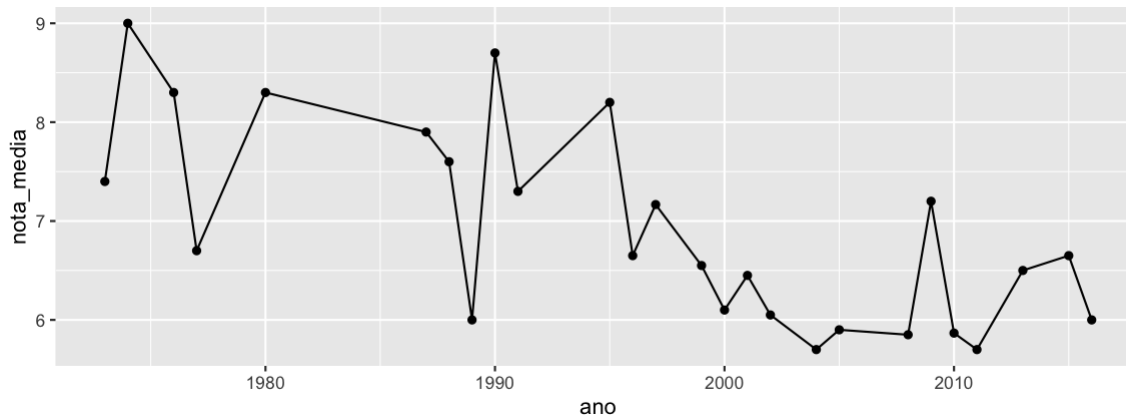
## `summarise()` has grouped output by 'ano'. You can override using the `.groups` arg

## Warning: Removed 2 row(s) containing missing values (geom\_path).



Podemos colocar pontos e retas no mesmo gráfico. Basta acrescentar os dois geoms. O gráfico abaixo mostra nota média anual dos filmes do Robert De Niro.

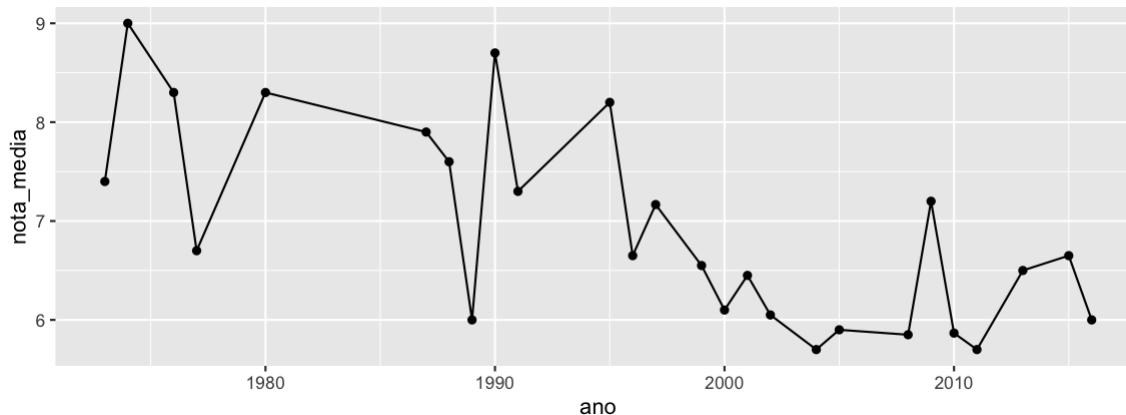
```
imdb %>%  
  filter(ator_1 == "Robert De Niro") %>%  
  group_by(ano) %>%  
  summarise(nota_media = mean(nota_imdb, na.rm = TRUE)) %>%  
  ggplot() +  
  geom_line(aes(x = ano, y = nota_media)) +  
  geom_point(aes(x = ano, y = nota_media))
```





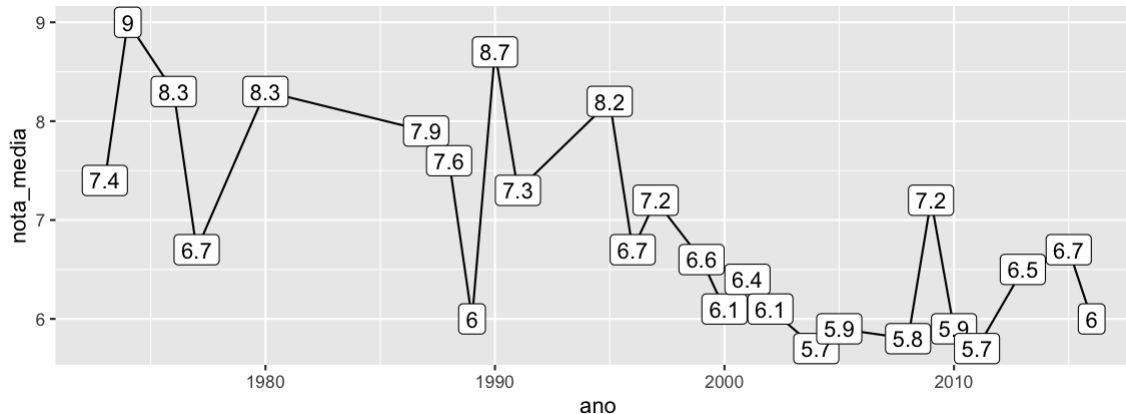
Quando precisamos usar o mesmo `aes()` em vários `geoms`, podemos defini-lo dentro da função `ggplot()`. Esse `aes()` será então distribuído para todo `geom` do gráfico. O código anterior pode ser reescrito da seguinte forma.

```
imdb %>%  
  filter(ator_1 == "Robert De Niro") %>%  
  group_by(ano) %>%  
  summarise(nota_media = mean(nota_imdb, na.rm = TRUE)) %>%  
  ggplot(aes(x = ano, y = nota_media)) +  
  geom_line() +  
  geom_point()
```



Se algum geom necessitar de um atributo que os outros não precisam, esse atributo pode ser especificado normalmente dentro dele. Abaixo, utilizamos o `geom_label` para colocar as notas médias no gráfico. Além do `x` e `y`, o `geom_label` também precisa do texto que será escrito no gráfico.

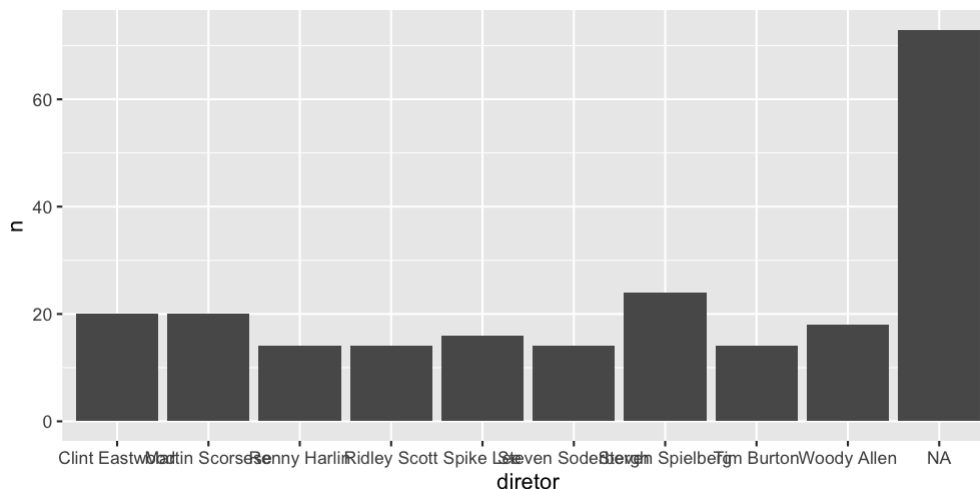
```
imdb %>%  
  filter(ator_1 == "Robert De Niro") %>%  
  group_by(ano) %>%  
  summarise(nota_media = mean(nota_imdb, na.rm = TRUE)) %>%  
  mutate(nota_media = round(nota_media, 1)) %>%  
  ggplot(aes(x = ano, y = nota_media)) +  
  geom_line() +  
  geom_label(aes(label = nota_media))
```



# Gráfico de barras

Para construir gráficos de barras, utilizamos o `geom_col`. A seguir, construímos um gráfico de barras do número de filmes dos 10 diretores que mais aparecem na nossa base do IMDB.

```
imdb %>%  
  count(diretor) %>%  
  top_n(10, n) %>%  
  ggplot() +  
  geom_col(aes(x = diretor, y = n))
```

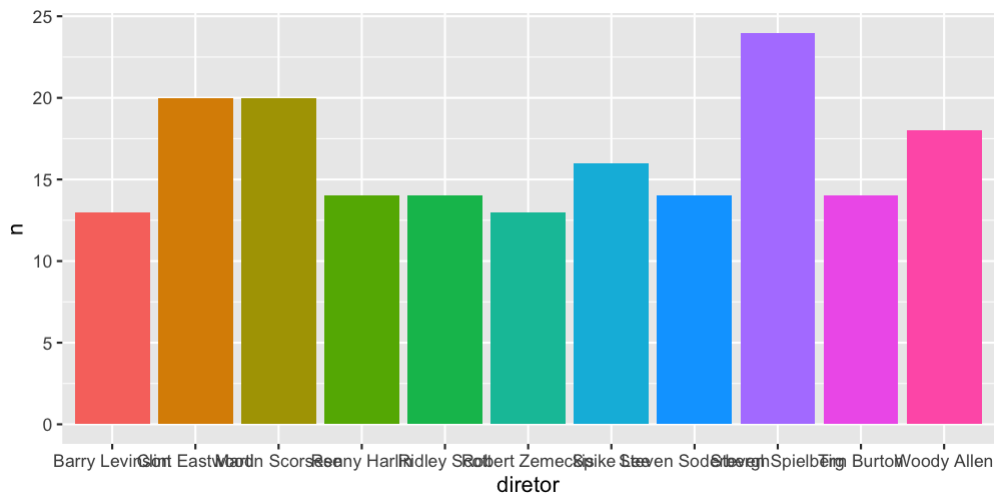


Gráficos de barras também precisam dos atributos `x` e `y`, sendo que o atributo `y` representará a altura de cada barra.

No gráfico anterior, vemos que o `NA` é considerado uma "opção" de diretor e entra no gráfico. Podemos retirar os `NAs` dessa coluna previamente utilizando a função `filter()`.

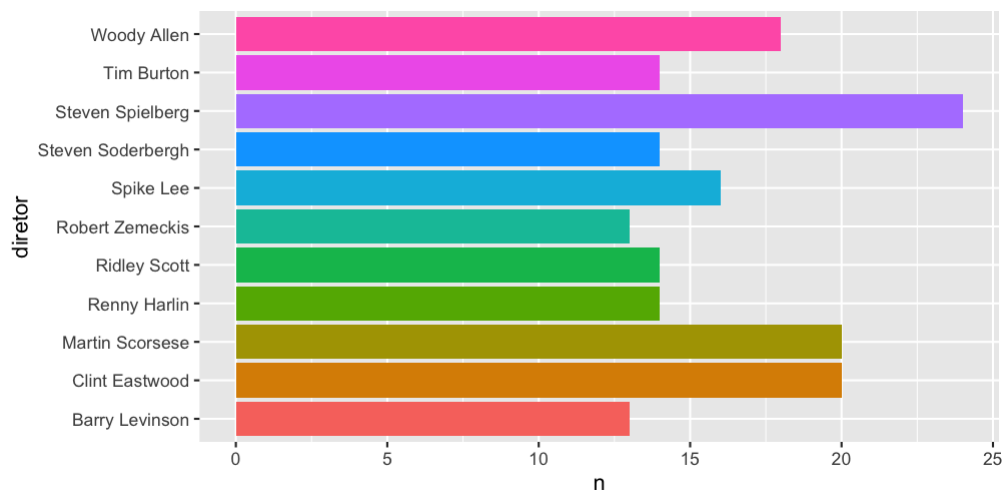
A seguir, além de retirar os `NAs`, atribuímos a coluna `diretor` à cor das colunas. Repare que, nesse caso, não utilizamos o atributo `color` e sim `fill`. A regra é a seguinte: o atributo `color` colore objetos sem área (pontos, linhas, contornos), o atributo `fill` preenche objetos com cor (barras, áreas, polígonos em geral).

```
imdb %>%
  count(diretor) %>%
  filter(!is.na(diretor)) %>%
  top_n(10, n) %>%
  ggplot() +
  geom_col(
    aes(x = diretor, y = n, fill = diretor),
    show.legend = FALSE
  )
```



Para consertar as labels do eixo x, a melhor prática é invertermos os eixos do gráfico, construindo barras horizontais.

```
imdb %>%  
  count(diretor) %>%  
  filter(!is.na(diretor)) %>%  
  top_n(10, n) %>%  
  ggplot() +  
  geom_col(  
    aes(x = diretor, y = n, fill = diretor),  
    show.legend = FALSE  
  ) +  
  coord_flip()
```

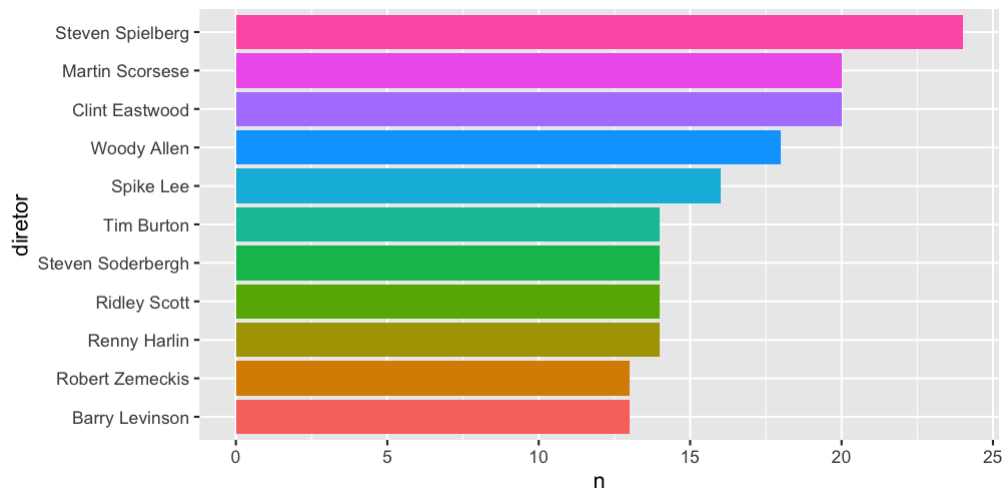


Para ordenar as colunas, precisamos mudar a ordem dos níveis do *fator* `diretor`. Para isso, utilizamos a função `fct_reorder()` do pacote `forcats`. A nova ordem será estabelecida pela coluna `n` (quantidade de filmes).

Fatores dentro do R são números inteiros (1, 2, 3, ...) que possuem uma representação textual. Variáveis categóricas são transformadas em fatores pelo `ggplot` pois todo eixo cartesiano é numérico. Assim, os textos de uma variável categórica são, internamente, números inteiros.

Por padrão, os inteiros são atribuídos a cada categoria de uma variável pela ordem alfabética (repare na ordem dos diretores nos gráficos anteriores). Assim, se transformássemos o vetor `c("banana", "uva", "melancia")` em um fator, a atribuição de inteiros seria: "banana" vira 1, "melancia" vira 2 e "uva" vira 3. Embora sejam inteiros internamente, sempre que chamássemos esse novo vetor, ainda sim veríamos os textos "banana", "uva" e "melancia".

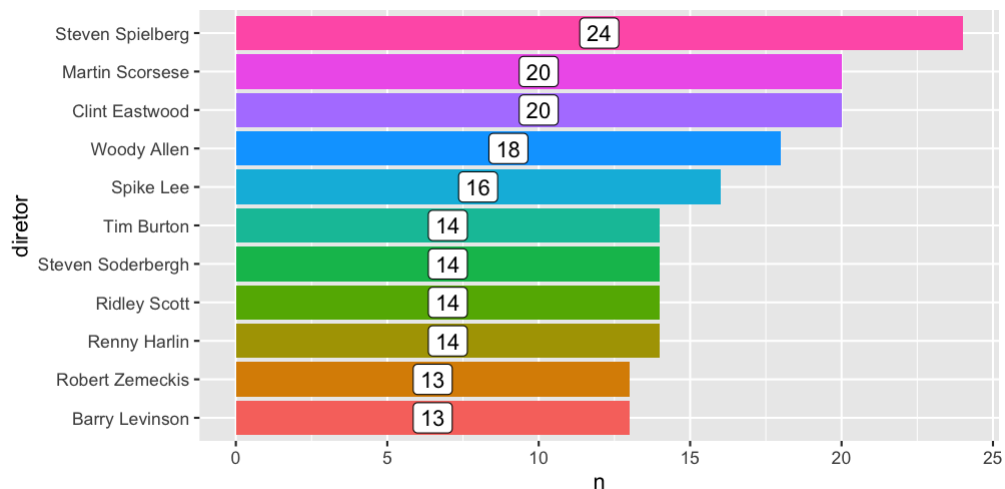
```
imdb %>%
  count(diretor) %>%
  filter(!is.na(diretor)) %>%
  top_n(10, n) %>%
  mutate(diretor = forcats::fct_reorder(diretor, n)) %>%
  ggplot() +
  geom_col(
    aes(x = diretor, y = n, fill = diretor),
    show.legend = FALSE
  ) +
  coord_flip()
```





Por fim, podemos colocar uma label com o número de filmes de cada diretor dentro de cada barra.

```
imdb %>%  
  count(diretor) %>%  
  filter(!is.na(diretor)) %>%  
  top_n(10, n) %>%  
  mutate(diretor = forcats::fct_reorder(diretor, n)) %>%  
  ggplot() +  
  geom_col(aes(x = diretor, y = n, fill = diretor), show.legend = FALSE) +  
  geom_label(aes(x = diretor, y = n/2, label = n)) +  
  coord_flip()
```



# Histograma

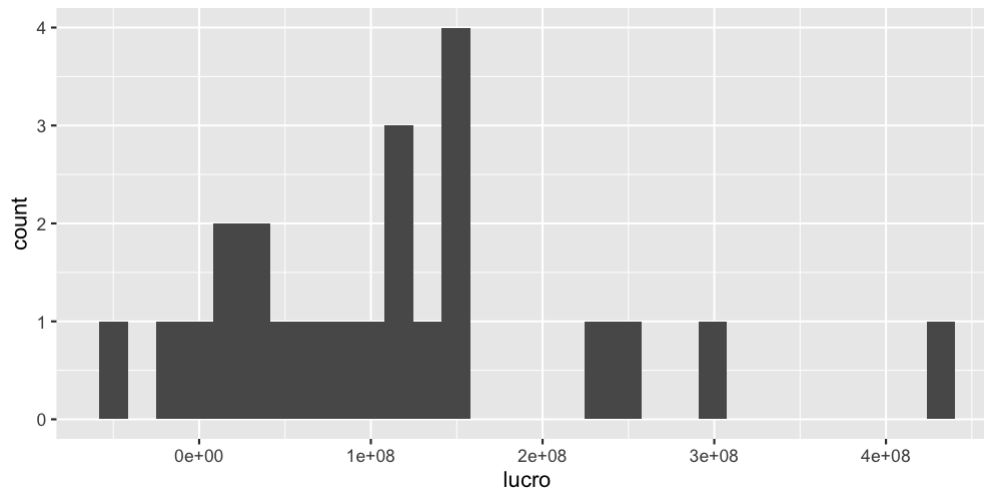
Para construir histogramas, usamos o `geom_histogram`. Esse geom só precisa do atributo x (o eixo y é construído automaticamente). Histogramas são úteis para avaliarmos a distribuição de uma variável.

A seguir, construímos o histograma do lucro dos filmes do diretor Steven Spielberg. O primeiro *warning* nos diz que o eixo x foi dividido em 30 intervalos para a construção do histograma.

```
imdb %>%  
  filter(diretor == "Steven Spielberg") %>%  
  ggplot() +  
  geom_histogram(aes(x = lucro))
```

## `stat\_bin()` using `bins = 30`. Pick better value with `binwidth`.

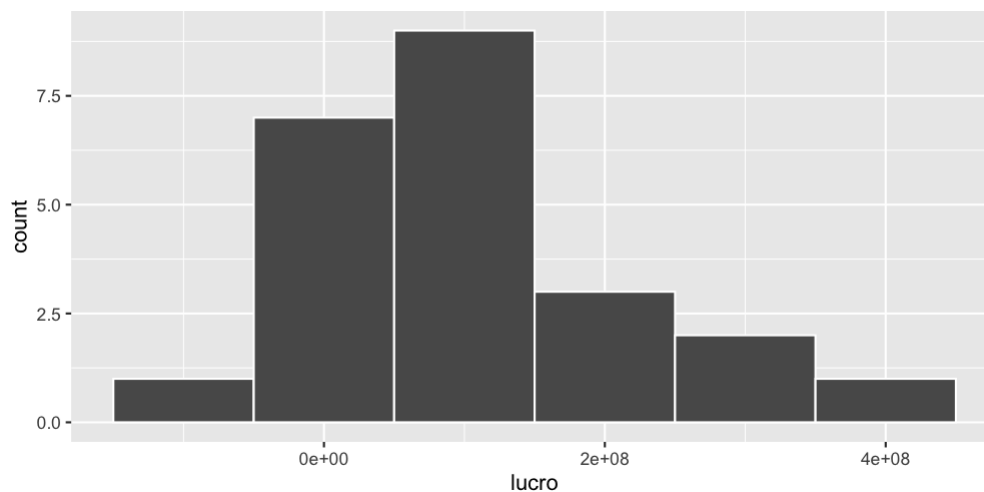
## Warning: Removed 1 rows containing non-finite values (stat\_bin).



Para definir o tamanho de cada intervalo, podemos utilizar o argumento `binwidth`.

```
imdb %>%  
  filter(diretor == "Steven Spielberg") %>%  
  ggplot() +  
  geom_histogram(  
    aes(x = lucro),  
    binwidth = 1000000000,  
    color = "white"  
  )
```

## Warning: Removed 1 rows containing non-finite values (stat\_bin).



# Boxplot

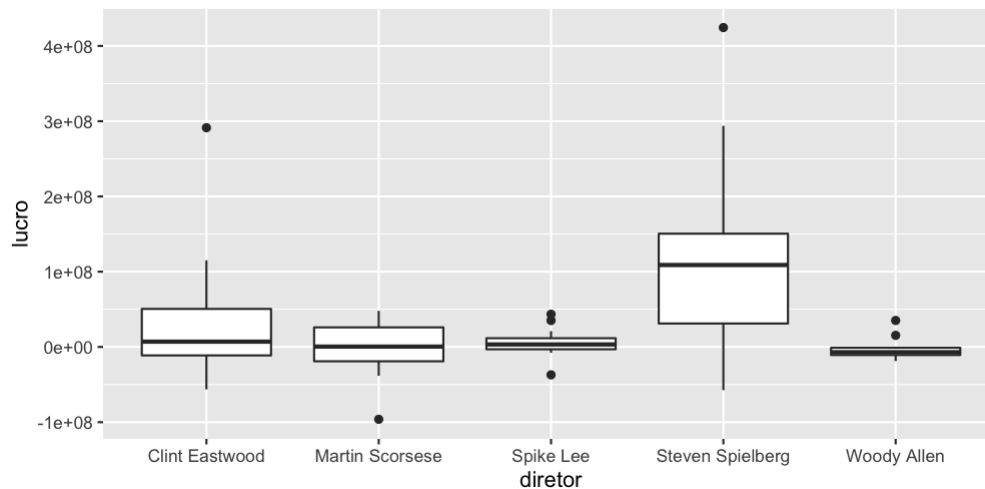
Boxplots também são úteis para estudarmos a distribuição de uma variável, principalmente quando queremos comparar várias distribuições.

Para construir um boxplot no ggplot, utilizamos a função `geom_boxplot`. Ele precisa dos atributos `x` e `y`, sendo que ao atributo `x` devemos mapear uma variável categórica.

A seguir, construímos boxplots do lucro dos filmes dos diretores que fizeram mais de 15 filmes.

```
imdb %>%  
  filter(!is.na(diretor)) %>%  
  group_by(diretor) %>%  
  filter(n() >= 15) %>%  
  ggplot() +  
  geom_boxplot(aes(x = diretor, y = lucro))
```

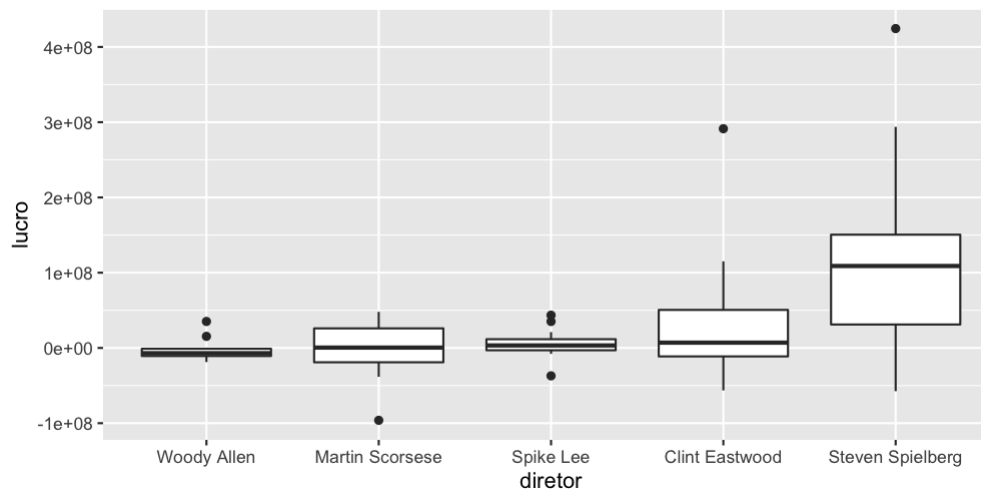
## Warning: Removed 10 rows containing non-finite values (stat\_boxplot).



Também podemos reordenar a ordem dos boxplots utilizando a função `forcats::fct_reorder`.

```
imdb %>%  
  filter(!is.na(diretor)) %>%  
  group_by(diretor) %>%  
  filter(n() >= 15) %>%  
  ungroup() %>%  
  mutate(diretor = forcats::fct_reorder(diretor, lucro, na.rm = TRUE)) %>%  
  ggplot() +  
  geom_boxplot(aes(x = diretor, y = lucro))
```

## Warning: Removed 10 rows containing non-finite values (stat\_boxplot).



# Títulos, labels e escalas

Para colocar títulos no gráfico ou trocar as labels dos atributos, utilizamos a função `labs()`.

Para mudar as escalas (textos e quebras), utilizamos as funções da família `scale_`.

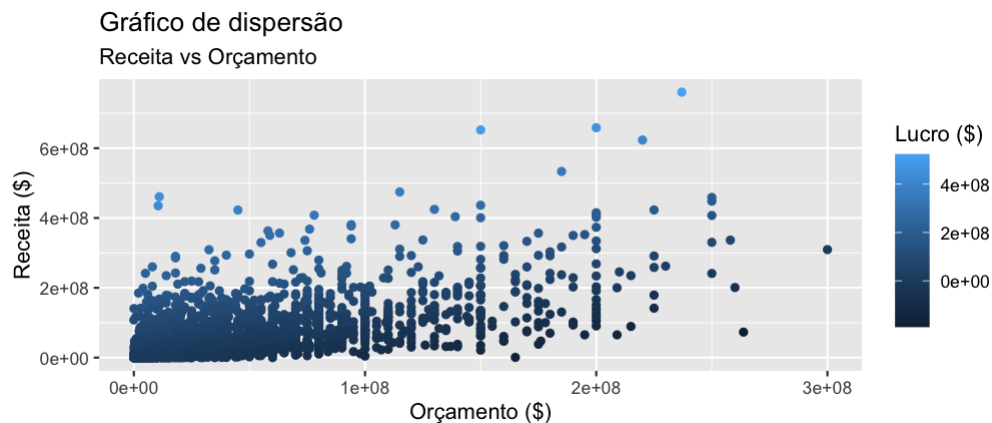
Podemos usar a função `coord_cartesian()` para definir qual porção do gráfico deve ser mostrada.



Colocando título, subtítulo e mudando as labels.

```
imdb %>%  
  ggplot() +  
  geom_point(mapping = aes(x = orcamento, y = receita, color = lucro)) +  
  labs(  
    x = "Orçamento ($)",  
    y = "Receita ($)",  
    color = "Lucro ($)",  
    title = "Gráfico de dispersão",  
    subtitle = "Receita vs Orçamento"  
  )
```

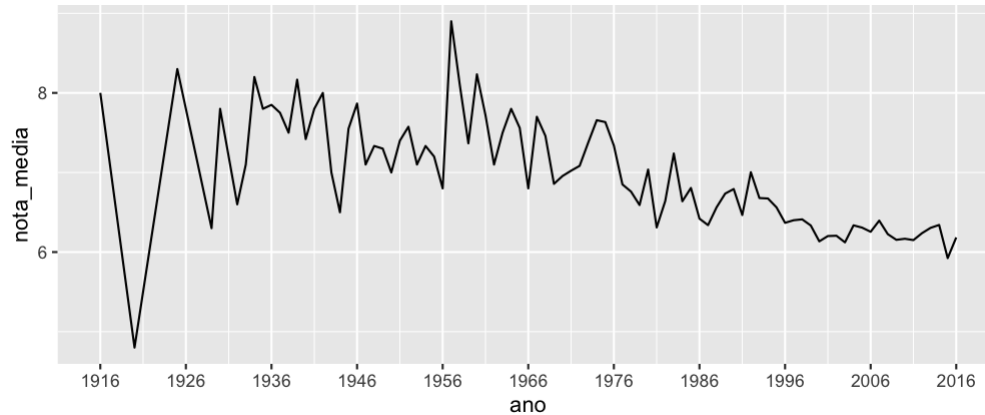
## Warning: Removed 720 rows containing missing values (geom\_point).



Mudando as quebras dos eixos x e y.

```
imdb %>%  
  group_by(ano) %>%  
  summarise(nota_media = mean(nota_imdb, na.rm = TRUE)) %>%  
  ggplot() +  
  geom_line(aes(x = ano, y = nota_media)) +  
  scale_x_continuous(breaks = seq(1916, 2016, 10)) +  
  scale_y_continuous(breaks = seq(0, 10, 2))
```

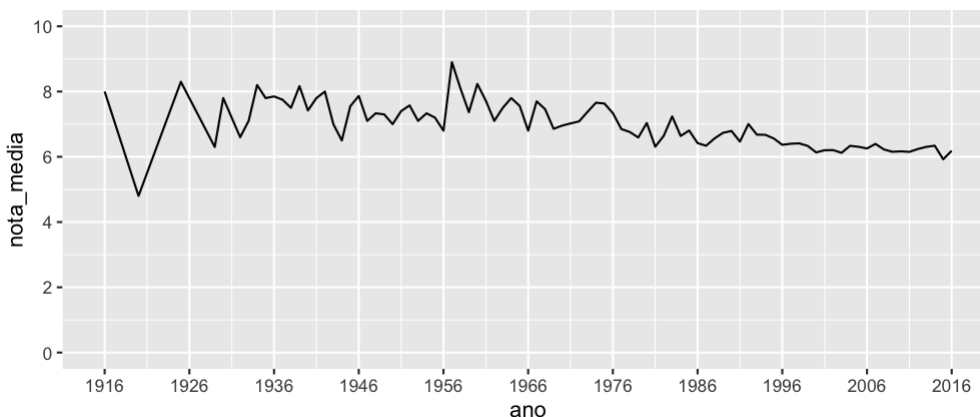
## Warning: Removed 1 row(s) containing missing values (geom\_path).



Mudando a escala do gráfico.

```
imdb %>%  
  group_by(ano) %>%  
  summarise(nota_media = mean(nota_imdb, na.rm = TRUE)) %>%  
  ggplot() +  
  geom_line(aes(x = ano, y = nota_media)) +  
  scale_x_continuous(breaks = seq(1916, 2016, 10)) +  
  scale_y_continuous(breaks = seq(0, 10, 2)) +  
  coord_cartesian(ylim = c(0, 10))
```

## Warning: Removed 1 row(s) containing missing values (geom\_path).



# Cores

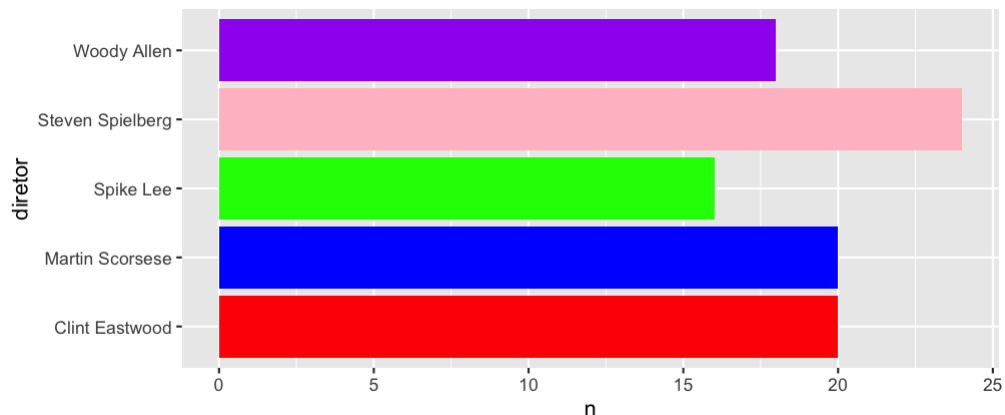
Também existe funções `scale` para os atributos de cor: `scale_color_` e `scale_fill_`.

Para escolher manualmente as cores de um gráfico, utilize as funções `scale_color_manual` e `scale_fill_manual()`.

Para trocar o nome nas legendas geradas por atributos de cor, utilize as funções `scale_color_discrete` e `scale_fill_discrete`.

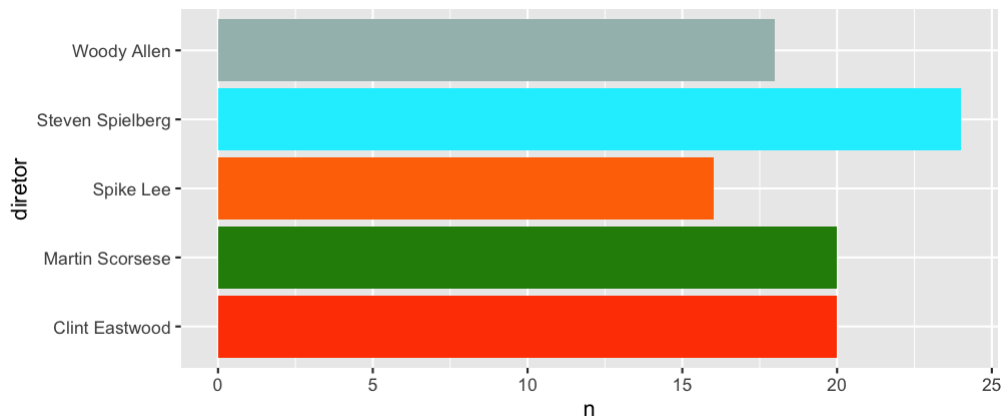
Substituindo as cores padrão do gráfico por um outro conjunto de cores.

```
imdb %>%  
  count(diretor) %>%  
  filter(!is.na(diretor)) %>%  
  top_n(5, n) %>%  
  ggplot() +  
  geom_col(  
    aes(x = diretor, y = n, fill = diretor),  
    show.legend = FALSE  
  ) +  
  coord_flip() +  
  scale_fill_manual(values = c("red", "blue", "green", "pink", "purple"))
```



Também podemos usar códigos hexadecimais.

```
imdb %>%  
  count(diretor) %>%  
  filter(!is.na(diretor)) %>%  
  top_n(5, n) %>%  
  ggplot() +  
  geom_col(  
    aes(x = diretor, y = n, fill = diretor),  
    show.legend = FALSE  
  ) +  
  coord_flip() +  
  scale_fill_manual(  
    values = c("#ff4500", "#268b07", "#ff7400", "#0befff", "#a4bdba")  
  )
```

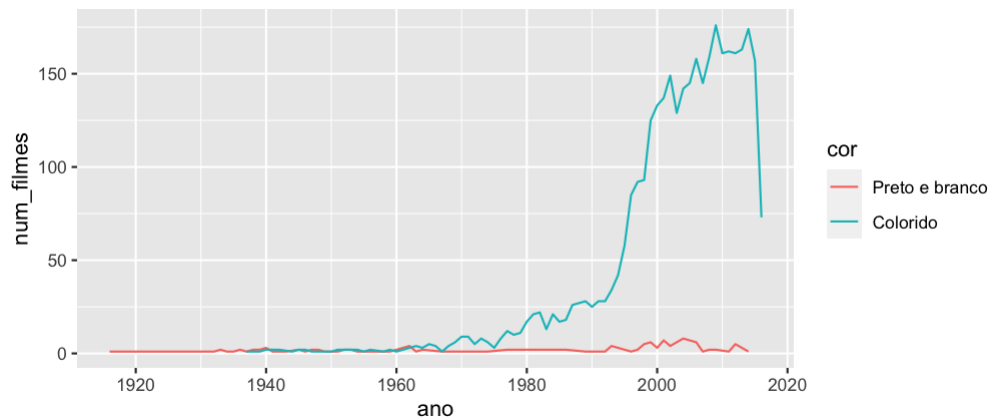


Trocando os textos da legenda.

```
imdb %>%  
  filter(!is.na(cor)) %>%  
  group_by(ano, cor) %>%  
  summarise(num_filmes = n()) %>%  
  ggplot() +  
  geom_line(aes(x = ano, y = num_filmes, color = cor)) +  
  scale_color_discrete(labels = c("Preto e branco", "Colorido"))
```

## `summarise()` has grouped output by 'ano'. You can override using the `.groups` arg

## Warning: Removed 2 row(s) containing missing values (geom\_path).



# Temas

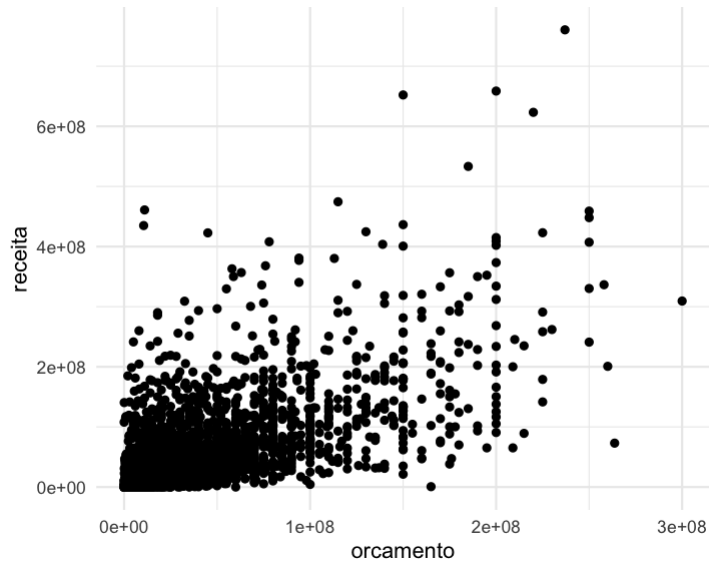
Os gráficos que vimos até agora usam o tema padrão do ggplot2. Existem outros temas prontos para utilizarmos presentes na família de funções `theme_`.

Você também pode criar o seu próprio tema utilizando a função `theme()`. Nesse caso, para trocar os elementos estéticos do gráfico precisamos usar as funções `element_text()` para textos, `element_line()` para linhas, `element_rect()` para áreas e `element_blank()` para remover elementos.



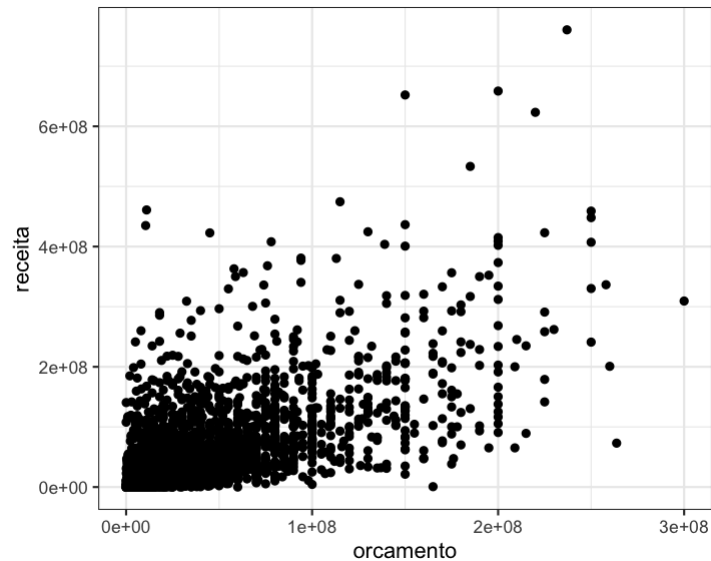
```
imdb %>%  
  ggplot() +  
  geom_point(mapping = aes(x = orcamento, y = receita)) +  
  theme_minimal()
```

## Warning: Removed 720 rows containing missing values (geom\_point).



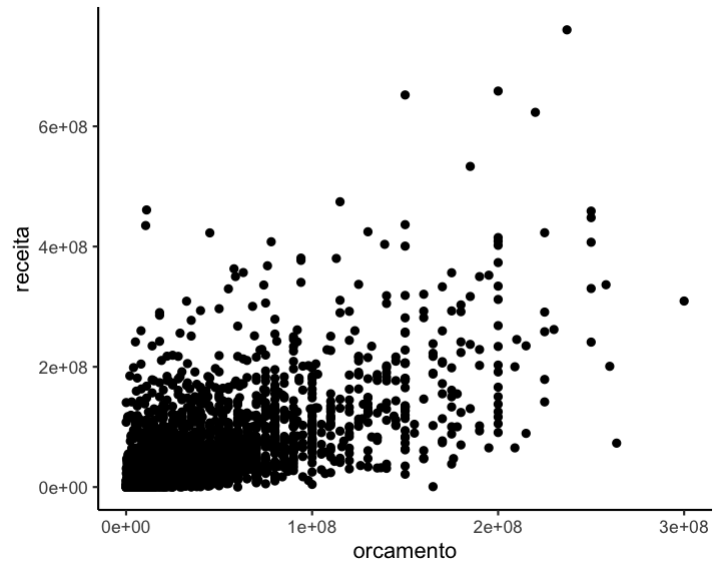
```
imdb %>%  
  ggplot() +  
  geom_point(mapping = aes(x = orcamento, y = receita)) +  
  theme_bw()
```

## Warning: Removed 720 rows containing missing values (geom\_point).



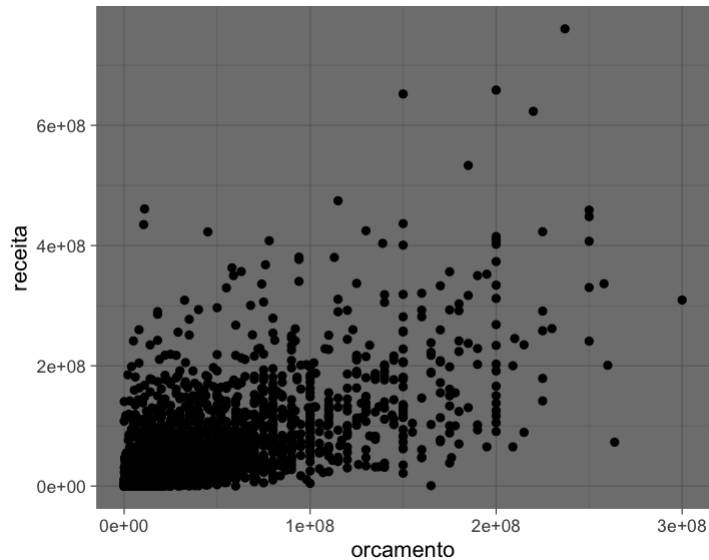
```
imdb %>%  
  ggplot() +  
  geom_point(mapping = aes(x = orcamento, y = receita)) +  
  theme_classic()
```

## Warning: Removed 720 rows containing missing values (geom\_point).



```
imdb %>%  
  ggplot() +  
  geom_point(mapping = aes(x = orcamento, y = receita)) +  
  theme_dark()
```

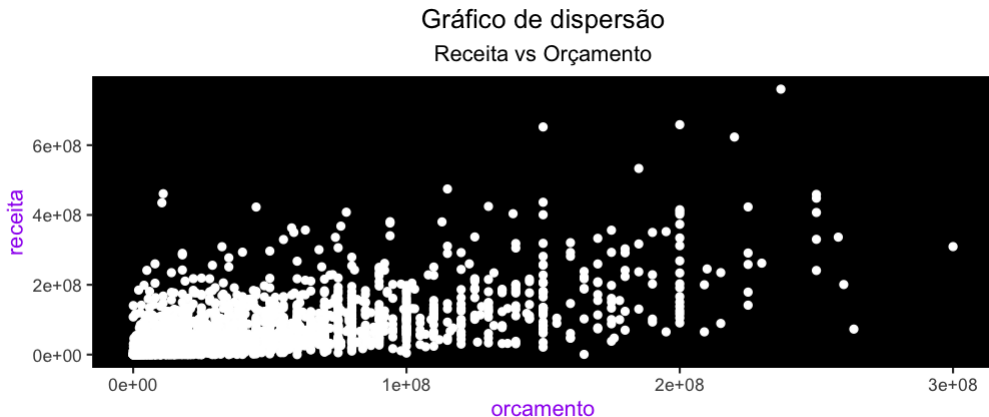
## Warning: Removed 720 rows containing missing values (geom\_point).



Criando um próprio tema.

```
imdb %>%  
  ggplot() +  
  geom_point(mapping = aes(x = orcamento, y = receita), color = "white") +  
  labs(title = "Gráfico de dispersão", subtitle = "Receita vs Orçamento") +  
  theme(  
    plot.title = element_text(hjust = 0.5),  
    plot.subtitle = element_text(hjust = 0.5),  
    axis.title = element_text(color = "purple"),  
    panel.background = element_rect(fill = "black"),  
    panel.grid = element_blank()  
  )
```

## Warning: Removed 720 rows containing missing values (geom\_point).



# Links úteis

- Extensões do ggplot2: <https://exts.ggplot2.tidyverse.org/>
- Seção de gráficos do R cookbook (ótima folha de cola):  
<http://www.cookbook-r.com/Graphs/>