Machine Learning completo

Matheus Assis e Oliveira

2023-10-11

instalar pacotes para o estudo

instalação dos Pacotes e dependencias

install.packages("tidyr", dependencies = TRUE) install.packages("readxl", dependencies = TRUE) install.packages("plyr", dependencies = TRUE) install.packages("corrplot", dependencies = TRUE) install.packages("RColorBrewer", dependencies = TRUE) install.packages("ggplot2", dependencies = TRUE) install.packages("ggpubr", dependencies = TRUE) install.packages("plyr", dependencies = TRUE) install.packages("caret", dependencies = TRUE) install.packages("randomForest", dependencies = TRUE) install.packages("caTools", dependencies = TRUE)

carregar pacotes para a Engenharia de dados.

seguindo começamos a importar os dados em arquivo excel: xlsx, e converter anos a coluna, limpar o X a frente dos anos e converter anos para numérico.

```
renda_per_capita <- read_excel("renda.per.capita.xlsx")
#usar gather para converter anos à coluna
renda_per_capita <- gather(renda_per_capita, ano, renda_per_capita, X2012:X2021, convert = TRUE)
#Limpar o X a frente do ano
renda_per_capita$ano <- gsub('X', '', renda_per_capita$ano)
#converter ano de character para numeric
renda_per_capita <- transform(renda_per_capita, ano = as.numeric(ano))
renda_per_capita <- transform(renda_per_capita, renda_per_capita = as.numeric(renda_per_capita))
```

em seguida repete para demais arquivos com as seguintes variáveis.

```
sub_esco_pop <- read_excel("sub.esco.pop.xlsx")
sub_esco_pop <- gather(sub_esco_pop, ano, sub_esco_pop, X2012:X2021, convert = TRUE)
sub_esco_pop$ano <- gsub('X', '', sub_esco_pop$ano)
sub_esco_pop <- transform(sub_esco_pop, ano = as.numeric(ano))
sub_esco_pop <- transform(sub_esco_pop, sub_esco_pop = as.numeric(sub_esco_pop))



sub_freq_esco <- read_excel("sub.freq.esco.xlsx")
sub_freq_esco <- gather(sub_freq_esco, ano, sub_freq_esco, X2012:X2021, convert = TRUE)
sub_freq_esco$ano <- gsub('X', '', sub_freq_esco$ano)
sub_freq_esco <- transform(sub_freq_esco, ano = as.numeric(ano))
sub_freq_esco <- transform(sub_freq_esco, sub_freq_esco = as.numeric(sub_freq_esco))
```

```r
esperança_de_vida <- read_excel("esperança.de.vida.xlsx")
esperança_de_vida <- gather(esperança_de_vida, ano, esperança_de_vida, X2012:X2021, convert = TRUE)
esperança_de_vida$ano <- gsub('X', '', esperança_de_vida$ano)
esperança_de_vida <- transform(esperança_de_vida, ano = as.numeric(ano))
esperança_de_vida <- transform(esperança_de_vida, esperança_de_vida = as.numeric(esperança_de_vida))



porcent_pobres <- read_excel("porcent_pobres.xlsx")
porcent_pobres <- gather(porcent_pobres, ano, porcent_pobres, X2012:X2021, convert = TRUE)
porcent_pobres$ano <- gsub('X', '', porcent_pobres$ano)
porcent_pobres <- transform(porcent_pobres, ano = as.numeric(ano))
porcent_pobres <- transform(porcent_pobres, porcent_pobres = as.numeric(porcent_pobres))



população_total <- read_excel("população_total.xlsx")
população_total <- gather(população_total, ano, população_total, X2012:X2021, convert = TRUE)
população_total$ano <- gsub('X', '', população_total$ano)
população_total <- transform(população_total, ano = as.numeric(ano))
população_total <- transform(população_total, população_total = as.numeric(população_total))



mortalidade_infantil <- read_excel("mortalidade_infantil.xlsx")
mortalidade_infantil <- gather(mortalidade_infantil, ano, mortalidade_infantil, X2012:X2021, convert = T
mortalidade_infantil$ano <- gsub('X', '', mortalidade_infantil$ano)
mortalidade_infantil <- transform(mortalidade_infantil, ano = as.numeric(ano))
mortalidade_infantil <- transform(mortalidade_infantil, mortalidade_infantil = as.numeric(mortalidade_in



media_anos_de_estudo <- read_excel("media_anos_de_estudo.xlsx")
media_anos_de_estudo <- gather(media_anos_de_estudo, ano, media_anos_de_estudo, X2012:X2021, convert = T
media_anos_de_estudo$ano <- gsub('X', '', media_anos_de_estudo$ano)
media_anos_de_estudo <- transform(media_anos_de_estudo, ano = as.numeric(ano))
media_anos_de_estudo <- transform(media_anos_de_estudo, media_anos_de_estudo = as.numeric(media_anos_de_



indice_gini <- read_excel("indice_gini.xlsx")
indice_gini <- gather(indice_gini, ano, indice_gini, X2012:X2021, convert = TRUE)
indice_gini$ano <- gsub('X', '', indice_gini$ano)
indice_gini <- transform(indice_gini, ano = as.numeric(ano))
indice_gini <- transform(indice_gini, indice_gini = as.numeric(indice_gini))



ind_theil_L <- read_excel("ind_theil_L.xlsx")
ind_theil_L <- gather(ind_theil_L, ano, ind_theil_L, X2012:X2021, convert = TRUE)
ind_theil_L$ano <- gsub('X', '', ind_theil_L$ano)
```

```
ind_theil_L <- transform(ind_theil_L, ano = as.numeric(ano))
ind_theil_L <- transform(ind_theil_L, ind_theil_L = as.numeric(ind_theil_L))



analfabetismo_25_anos <- read_excel("analfabetismo_25_anos.xlsx")
analfabetismo_25_anos <- gather(analfabetismo_25_anos, ano, analfabetismo_25_anos, X2012:X2021, convert
analfabetismo_25_anos$ano <- gsub('X', '', analfabetismo_25_anos$ano)
analfabetismo_25_anos <- transform(analfabetismo_25_anos, ano = as.numeric(ano))
analfabetismo_25_anos <- transform(analfabetismo_25_anos, analfabetismo_25_anos = as.numeric(analfabeti



analfabetismo_18_anos <- read_excel("analfabetismo_18_anos.xlsx")
analfabetismo_18_anos <- gather(analfabetismo_18_anos, ano, analfabetismo_18_anos, X2012:X2021, convert
analfabetismo_18_anos$ano <- gsub('X', '', analfabetismo_18_anos$ano)
analfabetismo_18_anos <- transform(analfabetismo_18_anos, ano = as.numeric(ano))
analfabetismo_18_anos <- transform(analfabetismo_18_anos, analfabetismo_18_anos = as.numeric(analfabeti



analfabetismo_15_anos <- read_excel("analfabetismo_15_anos.xlsx")
analfabetismo_15_anos <- gather(analfabetismo_15_anos, ano, analfabetismo_15_anos, X2012:X2021, convert
analfabetismo_15_anos$ano <- gsub('X', '', analfabetismo_15_anos$ano)
analfabetismo_15_anos <- transform(analfabetismo_15_anos, ano = as.numeric(ano))
analfabetismo_15_anos <- transform(analfabetismo_15_anos, analfabetismo_15_anos = as.numeric(analfabeti



IDHM <- read_excel("IDHM.xlsx")
IDHM <- gather(IDHM, ano, IDHM, X2012:X2021, convert = TRUE)
IDHM$ano <- gsub('X', '', IDHM$ano)
IDHM <- transform(IDHM, ano = as.numeric(ano))
IDHM <- transform(IDHM, IDHM = as.numeric(IDHM))
```

para cada indicator, conta número de linhas e o número total de NULLS e divide NULLS pela linha para obter a % de NULLS para indicador

```
print(paste0("renda_per_capita"))
```

```
## [1] "renda_per_capita"
```

```
renda_per_capita.na <- as.data.frame(sum(is.na(renda_per_capita$renda_per_capita)))
renda_per_capita.n <- as.data.frame(nrow(renda_per_capita))
renda_per_capita.na$`sum(is.na(renda_per_capita$renda_per_capita))`/renda_per_capita.n$`nrow(renda_per_
```

```
## [1] 0
```

```
print(paste0("sub_esco_pop"))
```

```
## [1] "sub_esco_pop"
```

```r
sub_esco_pop.na <- as.data.frame(sum(is.na(sub_esco_pop$sub_esco_pop)))
sub_esco_pop.n <- as.data.frame(nrow(sub_esco_pop))
sub_esco_pop.na$`sum(is.na(sub_esco_pop$sub_esco_pop))`/sub_esco_pop.n$`nrow(sub_esco_pop)`*100
```

```
## [1] 0
```

```r
print(paste0("sub_freq_esco"))
```

```
## [1] "sub_freq_esco"
```

```r
sub_freq_esco.na <- as.data.frame(sum(is.na(sub_freq_esco$sub_freq_esco)))
sub_freq_esco.n <- as.data.frame(nrow(sub_freq_esco))
sub_freq_esco.na$`sum(is.na(sub_freq_esco$sub_freq_esco))`/sub_freq_esco.n$`nrow(sub_freq_esco)`*100
```

```
## [1] 0
```

```r
print(paste0("esperança_de_vida"))
```

```
## [1] "esperança_de_vida"
```

```r
esperança_de_vida.na <- as.data.frame(sum(is.na(esperança_de_vida$esperança_de_vida)))
esperança_de_vida.n <- as.data.frame(nrow(esperança_de_vida))
esperança_de_vida.na$`sum(is.na(esperança_de_vida$esperança_de_vida))`/esperança_de_vida.n$`nrow(esperan
```

```
## [1] 0
```

```r
print(paste0("porcent_pobres"))
```

```
## [1] "porcent_pobres"
```

```r
porcent_pobres.na <- as.data.frame(sum(is.na(porcent_pobres$porcent_pobres)))
porcent_pobres.n <- as.data.frame(nrow(porcent_pobres))
porcent_pobres.na$`sum(is.na(rporcent_pobres$porcent_pobres))`/porcent_pobres.n$`nrow(porcent_pobres)`*
```

```
## numeric(0)
```

```r
print(paste0("população_total"))
```

```
## [1] "população_total"
```

```r
população_total.na <- as.data.frame(sum(is.na(população_total$população_total)))
população_total.n <- as.data.frame(nrow(população_total))
população_total.na$`sum(is.na(população_total$população_total))`/população_total.n$`nrow(população_total
```

```
## [1] 0
```

```r
print(paste0("mortalidade_infantil"))
```

```
## [1] "mortalidade_infantil"
```

```r
mortalidade_infantil.na <- as.data.frame(sum(is.na(mortalidade_infantil$mortalidade_infantil)))
mortalidade_infantil.n <- as.data.frame(nrow(mortalidade_infantil))
mortalidade_infantil.na$`sum(is.na(mortalidade_infantil$mortalidade_infantil))`/mortalidade_infantil.n$
```

```
## [1] 0
```

```r
print(paste0("media_anos_de_estudo"))
```

```
## [1] "media_anos_de_estudo"
```

```r
media_anos_de_estudo.na <- as.data.frame(sum(is.na(media_anos_de_estudo$media_anos_de_estudo)))
media_anos_de_estudo.n <- as.data.frame(nrow(media_anos_de_estudo))
media_anos_de_estudo.na$`sum(is.na(media_anos_de_estudo$media_anos_de_estudo))`/media_anos_de_estudo.n$
```

```
## [1] 0
```

```r
print(paste0("indice_gini"))
```

```
## [1] "indice_gini"
```

```r
indice_gini.na <- as.data.frame(sum(is.na(indice_gini$indice_gini)))
indice_gini.n <- as.data.frame(nrow(indice_gini))
indice_gini.na$`sum(is.na(indice_gini$indice_gini))`/indice_gini.n$`nrow(indice_gini)`*100
```

```
## [1] 0
```

```r
print(paste0("ind_theil_L"))
```

```
## [1] "ind_theil_L"
```

```r
ind_theil_L.na <- as.data.frame(sum(is.na(ind_theil_L$ind_theil_L)))
ind_theil_L.n <- as.data.frame(nrow(ind_theil_L))
ind_theil_L.na$`sum(is.na(ind_theil_L$ind_theil_L))`/ind_theil_L.n$`nrow(ind_theil_L)`*100
```

```
## [1] 0
```

```r
print(paste0("analfabetismo_25_anos"))
```

```
## [1] "analfabetismo_25_anos"
```

```r
analfabetismo_25_anos.na <- as.data.frame(sum(is.na(analfabetismo_25_anos$analfabetismo_25_anos)))
analfabetismo_25_anos.n <- as.data.frame(nrow(analfabetismo_25_anos))
analfabetismo_25_anos.na$`sum(is.na(analfabetismo_25_anos$analfabetismo_25_anos))`/analfabetismo_25_anos
```

```
## [1] 0
```

```r
print(paste0("analfabetismo_18_anos"))
```

```
## [1] "analfabetismo_18_anos"
```

```r
analfabetismo_18_anos.na <- as.data.frame(sum(is.na(analfabetismo_18_anos$analfabetismo_18_anos)))
analfabetismo_18_anos.n <- as.data.frame(nrow(analfabetismo_18_anos))
analfabetismo_18_anos.na$`sum(is.na(analfabetismo_18_anos$analfabetismo_18_anos))`/analfabetismo_18_anos
```

```
## [1] 0
```

```r
print(paste0("analfabetismo_15_anos"))
```

```
## [1] "analfabetismo_15_anos"
```

```r
analfabetismo_15_anos.na <- as.data.frame(sum(is.na(analfabetismo_15_anos$analfabetismo_15_anos)))
analfabetismo_15_anos.n <- as.data.frame(nrow(analfabetismo_15_anos))
analfabetismo_15_anos.na$`sum(is.na(analfabetismo_15_anos$analfabetismo_15_anos))`/analfabetismo_15_anos
```

```
## [1] 0
```

```r
print(paste0("IDHM"))
```

```
## [1] "IDHM"
```

```r
IDHM.na <- as.data.frame(sum(is.na(IDHM$IDHM)))
IDHM.n <- as.data.frame(nrow(IDHM))
IDHM.na$`sum(is.na(IDHM$IDHM))`/IDHM.n$`nrow(IDHM)`*100
```

```
## [1] 0
```

#criar data frame único com os indicadores IDHM.AED e IDHM.df

```r
IDHM.AED = renda_per_capita
IDHM.AED <- join(IDHM.AED, sub_esco_pop, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Territorialidades"
IDHM.AED = join(IDHM.AED, sub_freq_esco, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Territorialidades"
IDHM.AED = join(IDHM.AED, esperança_de_vida, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Territorialida
IDHM.AED = join(IDHM.AED, porcent_pobres, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Territorialidades
IDHM.AED = join(IDHM.AED, população_total, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Territorialidade
IDHM.AED = join(IDHM.AED, mortalidade_infantil, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Territorial
IDHM.AED = join(IDHM.AED, media_anos_de_estudo, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Territorial
IDHM.AED = join(IDHM.AED, indice_gini, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Territorialidades"))
IDHM.AED = join(IDHM.AED, ind_theil_L, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Territorialidades"))
IDHM.AED = join(IDHM.AED, analfabetismo_25_anos, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Territoria
IDHM.AED = join(IDHM.AED, analfabetismo_18_anos, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Territoria
IDHM.AED = join(IDHM.AED, analfabetismo_15_anos, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Territoria
IDHM.AED = join(IDHM.AED, IDHM, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Territorialidades"))
```

```r
AED.df = IDHM.AED



# Verificar que o número de estados continua os mesmos e o data frame está correto


sapply(AED.df, function(x) length(unique(x)))
```

```
##     Territorialidades                   ano      renda_per_capita
##                    28                    10                   280
##          sub_esco_pop         sub_freq_esco     esperança_de_vida
##                   179                   156                   238
##        porcent_pobres       população_total  mortalidade_infantil
##                   261                   280                   255
##  media_anos_de_estudo           indice_gini           ind_theil_L
##                   202                   134                   182
## analfabetismo_25_anos analfabetismo_18_anos analfabetismo_15_anos
##                   264                   252                   248
##                  IDHM
##                   135
```

```r
str(AED.df)
```

```
## 'data.frame':    280 obs. of  16 variables:
##  $ Territorialidades    : chr  "Brasil" "Acre" "Alagoas" "Amapá" ...
##  $ ano                  : num  2012 2012 2012 2012 2012 ...
##  $ renda_per_capita     : num  759 517 395 528 559 ...
##  $ sub_esco_pop         : num  0.606 0.59 0.487 0.67 0.613 0.51 0.54 0.765 0.613 0.619 ...
##  $ sub_freq_esco        : num  0.731 0.681 0.645 0.653 0.642 0.639 0.742 0.77 0.735 0.741 ...
##  $ esperança_de_vida    : num  74.5 72.5 70 72.8 70.8 ...
##  $ porcent_pobres       : num  11.4 23.8 23.4 18.4 22.2 ...
##  $ população_total      : num  1.98e+08 7.77e+05 3.22e+06 7.21e+05 3.54e+06 ...
##  $ mortalidade_infantil : num  15.8 20.2 26.1 24.3 20.9 ...
##  $ media_anos_de_estudo : num  8.56 7.72 6.8 9.09 8.63 ...
##  $ indice_gini          : num  0.54 0.566 0.503 0.528 0.589 0.563 0.545 0.601 0.489 0.474 ...
##  $ ind_theil_L          : num  0.526 0.585 0.447 0.483 0.619 0.571 0.54 0.664 0.411 0.383 ...
##  $ analfabetismo_25_anos: num  10.22 18.22 24.22 7.93 9.46 ...
##  $ analfabetismo_18_anos: num  8.75 14.72 20.54 6.37 7.89 ...
##  $ analfabetismo_15_anos: num  8.21 13.48 18.97 5.76 7.22 ...
##  $ IDHM                 : num  0.746 0.701 0.651 0.707 0.691 0.678 0.701 0.825 0.758 0.744 ...
```

#AED.df é o data frame usado na etapa de análise exploratória de dados.

Engenharia de Dados

```r
library(corrplot)
```

```
## Warning: package 'corrplot' was built under R version 4.3.1
```

```
## corrplot 0.92 loaded
```

```
library(RColorBrewer)
```

```
## Warning: package 'RColorBrewer' was built under R version 4.3.1
```

```
library(ggplot2)
```

```
## Warning: package 'ggplot2' was built under R version 4.3.1
```

```
library(ggpubr)
```

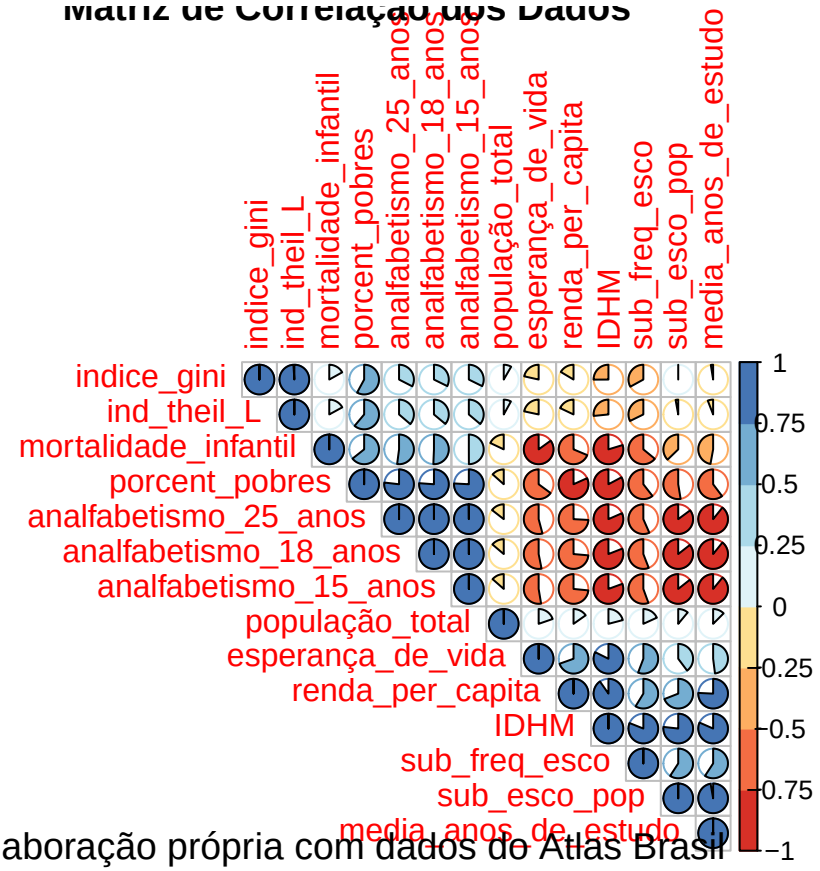
```
## Warning: package 'ggpubr' was built under R version 4.3.1
```

```
##
## Attaching package: 'ggpubr'
```

```
## The following object is masked from 'package:plyr':
##
##     mutate
```

matriz de correlação

```
# análise exploratória

# Montar uma matriz de correlação básica de cada indicador
#criar data frame que remova as linhas com nulos.

cc = complete.cases(AED.df)
AED.corr = AED.df[cc,]

#remover não numérico
AED.corr$Territorialidades <- NULL
AED.corr$ano <- NULL

### Matriz de corelação com Corrplot

Matrix <-cor(AED.corr)
corrplot(Matrix, type="upper", order="hclust", method="pie",
         col=brewer.pal(n=8, name="RdYlBu"),
         title="Matriz de Correlação dos Dados")

# Adicionar uma nota de rodapé
mtext("Elaboração própria com dados do Atlas Brasil", side=1, line=4, cex=1.2)
```



Elaboração própria com dados do Atlas Brasil

```
# gini, theil e população tem relação fraca com IDHM. mas irei manter para análise
```

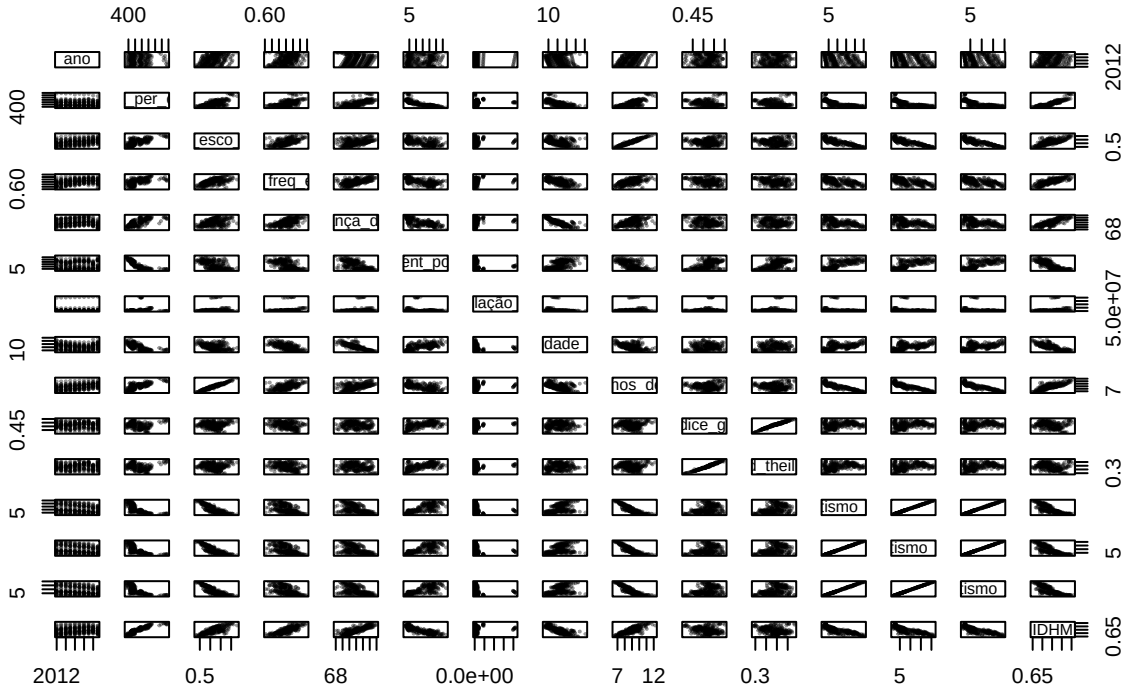
```
# Montar um df para (IDHM ~ renda per capita, sub. ind. ecolaridade, sub. nd. frequencia escolar e espe
predic.IDHM <- renda_per_capita
predic.IDHM <- join(predic.IDHM, sub_esco_pop, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Territoriali
predic.IDHM <- join(predic.IDHM, sub_freq_esco, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Territorial
predic.IDHM <- join(predic.IDHM, esperança_de_vida, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Territo
predic.IDHM <- join(predic.IDHM, porcent_pobres, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Territoria
predic.IDHM <- join(predic.IDHM, população_total, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Territori
predic.IDHM <- join(predic.IDHM, mortalidade_infantil, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Terr
predic.IDHM <- join(predic.IDHM, media_anos_de_estudo, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Terr
predic.IDHM <- join(predic.IDHM, indice_gini, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Territoriali
predic.IDHM <- join(predic.IDHM, ind_theil_L, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Territoriali
predic.IDHM <- join(predic.IDHM, analfabetismo_25_anos, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Ter
predic.IDHM <- join(predic.IDHM, analfabetismo_18_anos, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Ter
predic.IDHM <- join(predic.IDHM, analfabetismo_15_anos, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Ter
predic.IDHM <- join(predic.IDHM, IDHM, by = c("ano" = "ano", "Territorialidades" = "Territorialidades"))
predic.IDHM$Territorialidades <- NULL
cc = complete.cases(predic.IDHM)
predic.IDHM = predic.IDHM[cc,]
str(predic.IDHM)
```

```
## 'data.frame':    280 obs. of  15 variables:
##  $ ano                  : num  2012 2012 2012 2012 2012 ...
##  $ renda_per_capita     : num  759 517 395 528 559 ...
```

```
##  $ sub_esco_pop         : num  0.606 0.59 0.487 0.67 0.613 0.51 0.54 0.765 0.613 0.619 ...
##  $ sub_freq_esco        : num  0.731 0.681 0.645 0.653 0.642 0.639 0.742 0.77 0.735 0.741 ...
##  $ esperança_de_vida    : num  74.5 72.5 70 72.8 70.8 ...
##  $ porcent_pobres       : num  11.4 23.8 23.4 18.4 22.2 ...
##  $ população_total      : num  1.98e+08 7.77e+05 3.22e+06 7.21e+05 3.54e+06 ...
##  $ mortalidade_infantil : num  15.8 20.2 26.1 24.3 20.9 ...
##  $ media_anos_de_estudo : num  8.56 7.72 6.8 9.09 8.63 ...
##  $ indice_gini          : num  0.54 0.566 0.503 0.528 0.589 0.563 0.545 0.601 0.489 0.474 ...
##  $ ind_theil_L          : num  0.526 0.585 0.447 0.483 0.619 0.571 0.54 0.664 0.411 0.383 ...
##  $ analfabetismo_25_anos: num  10.22 18.22 24.22 7.93 9.46 ...
##  $ analfabetismo_18_anos: num  8.75 14.72 20.54 6.37 7.89 ...
##  $ analfabetismo_15_anos: num  8.21 13.48 18.97 5.76 7.22 ...
##  $ IDHM                 : num  0.746 0.701 0.651 0.707 0.691 0.678 0.701 0.825 0.758 0.744 ...
```

```r
### Plotar a correlação como scatterplot matrix.
# Criação do scatterplot sem título principal
plot(predic.IDHM, pch=1, cex=.2, col=rgb(0,0,0,0.4), main="")

# Adição do título, subtítulo e fonte
mtext("Gráfico 2 - Matrix Scatterplot das variáveis com correlação com o IDHM", side=3, line=3, adj=0)
mtext("Análise baseada em dados do Atlas Brasil", side=3, line=2, adj=0) # Subtítulo
mtext("Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil", side=1, line=4, adj=0, cex=0.8, col="black
```

Gráfico 2 − Matrix Scatterplot das variáveis com correlação com o IDHM
Análise baseada em dados do Atlas Brasil

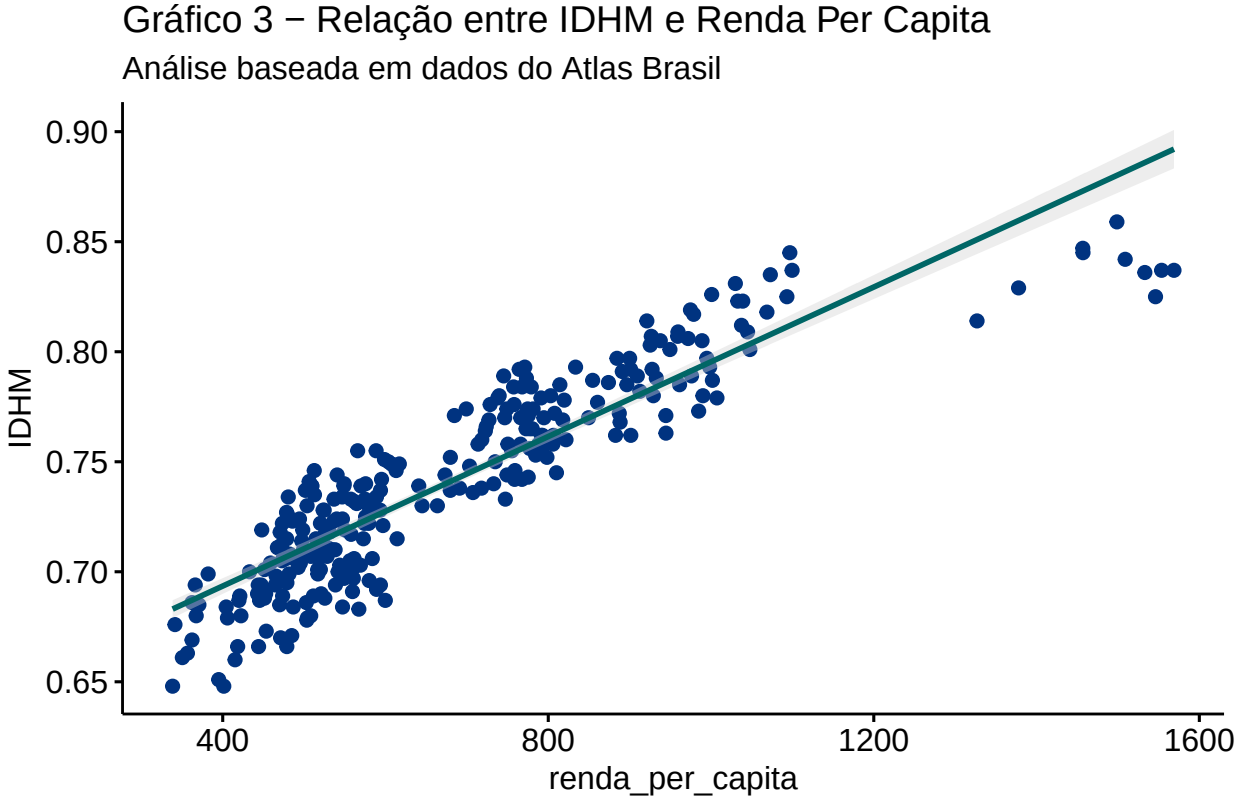


Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil

explorar relações lineares com potenciais relações diretas entre os indicadores

```r
# Criar um scatterplot com linha de regressão para IDHM e renda per capita
ggscatter(predic.IDHM, x = "renda_per_capita", y = "IDHM",
          color=rgb(0,.2,.5,  1), pch=1, add = "reg.line",
          add.params = list(color=rgb(0,.4,.4,  1), fill = "light gray"),
          conf.int = TRUE, main = "Relação entre IDHM e Renda Per Capita") +
  labs(title = "Gráfico 3 - Relação entre IDHM e Renda Per Capita",
       subtitle = "Análise baseada em dados do Atlas Brasil",
       caption = "Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil") +
  theme(plot.caption = element_text(hjust = 0, face="italic"))
```

```
## Warning: Duplicated aesthetics after name standardisation: shape
```



Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil

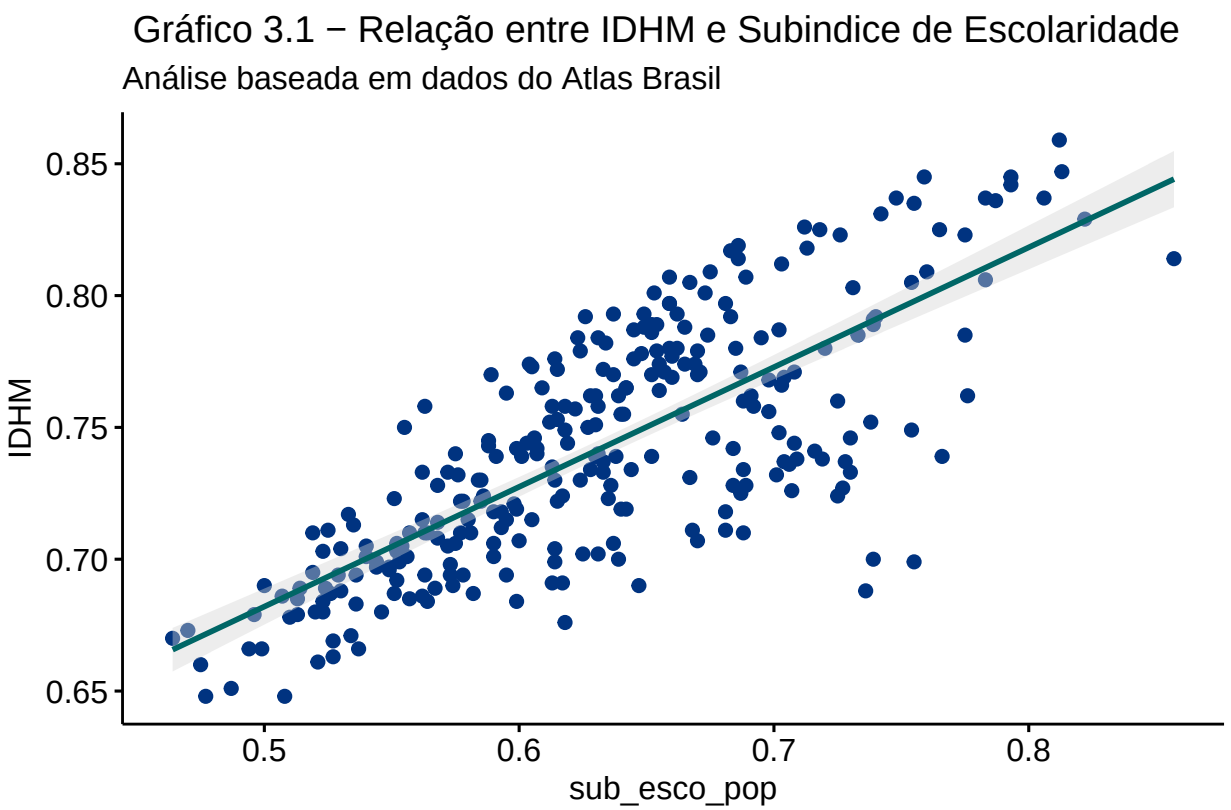
```r
# Printar estatística F para ver a significacia da regressão
summary(lm(IDHM ~ renda_per_capita, data=predic.IDHM))
```

```
##
## Call:
## lm(formula = IDHM ~ renda_per_capita, data = predic.IDHM)
##
## Residuals:
##       Min        1Q    Median        3Q       Max
## -0.063202 -0.012445  0.001026  0.015348  0.036847
##
## Coefficients:
```

```
##                   Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)      6.256e-01  3.516e-03  177.91   <2e-16 ***
## renda_per_capita 1.699e-04  4.842e-06   35.08   <2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.01965 on 278 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.8157, Adjusted R-squared:  0.8151
## F-statistic:  1231 on 1 and 278 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

```r
# Criar um scatterplot com linha de regressão para IDHM e Subindice de Escolaridade
ggscatter(predic.IDHM, x = "sub_esco_pop", y = "IDHM",
          color=rgb(0,.2,.5,  1), pch=1, add = "reg.line",
          add.params = list(color=rgb(0,.4,.4,  1), fill = "light gray"),
          conf.int = TRUE, main = "Relação entre IDHM e Subindice de Escolaridade") +
  labs(title = " Gráfico 3.1 - Relação entre IDHM e Subindice de Escolaridade",
          subtitle = "Análise baseada em dados do Atlas Brasil",
          caption = "Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil") +
  theme(plot.caption = element_text(hjust = 0, face="italic"))
```

```
## Warning: Duplicated aesthetics after name standardisation: shape
```



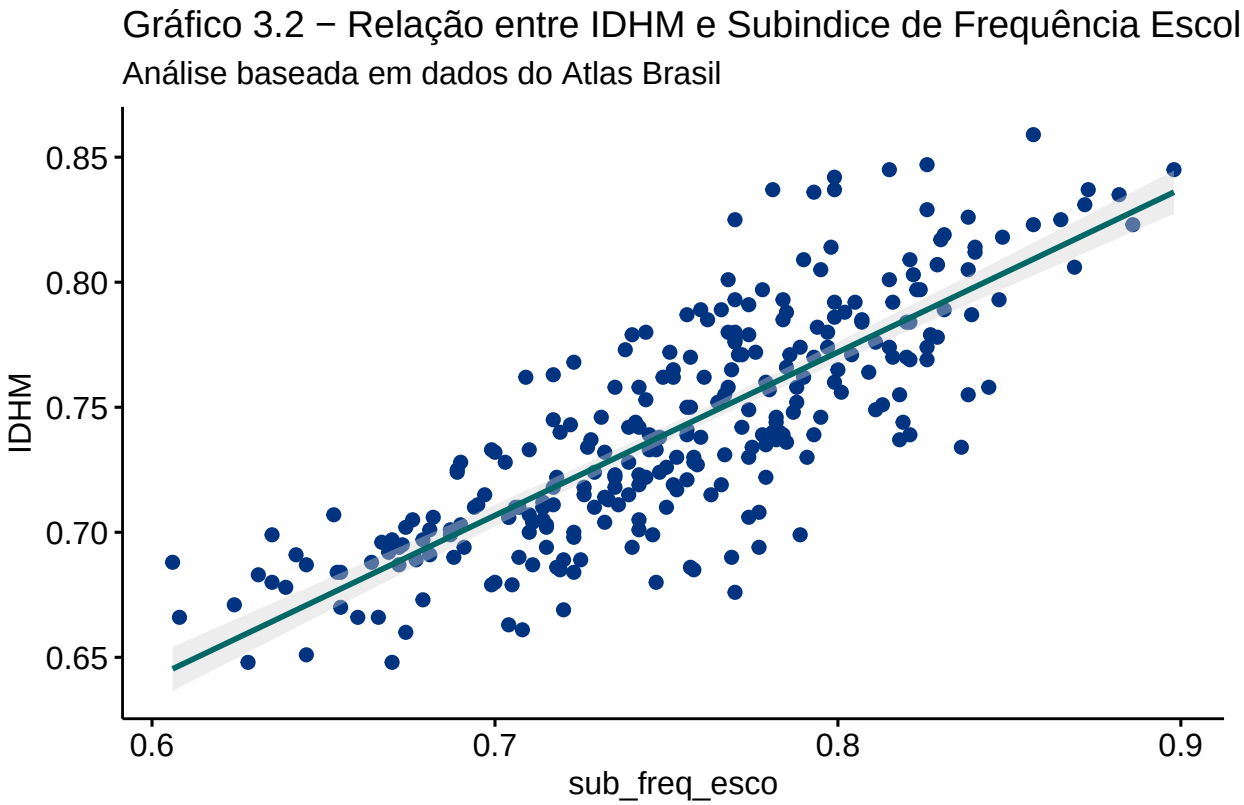
Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil

```r
# Printar estatística F para ver a significacia da regressão
summary(lm(IDHM ~ sub_esco_pop, data=predic.IDHM))
```

```
##
## Call:
## lm(formula = IDHM ~ sub_esco_pop, data = predic.IDHM)
##
## Residuals:
##       Min        1Q    Median        3Q       Max
## -0.101216 -0.017439 -0.000147  0.020216  0.052755
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)   0.45495    0.01448   31.41   <2e-16 ***
## sub_esco_pop  0.45417    0.02276   19.96   <2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.02935 on 278 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.5889, Adjusted R-squared:  0.5874
## F-statistic: 398.2 on 1 and 278 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

```
# Criar um scatterplot com linha de regressão para IDHM e Subindice de frequência Escolar
ggscatter(predic.IDHM, x = "sub_freq_esco", y = "IDHM",
          color=rgb(0,.2,.5,  1), pch=1, add = "reg.line",
          add.params = list(color=rgb(0,.4,.4,  1), fill = "light gray"),
          conf.int = TRUE, main = "Relação entre IDHM e Subindice de Frequência Escolar") +
  labs(title = "Gráfico 3.2 - Relação entre IDHM e Subindice de Frequência Escolar",
       subtitle = "Análise baseada em dados do Atlas Brasil",
       caption = "Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil") +
  theme(plot.caption = element_text(hjust = 0, face="italic"))
```

```
## Warning: Duplicated aesthetics after name standardisation: shape
```



Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil

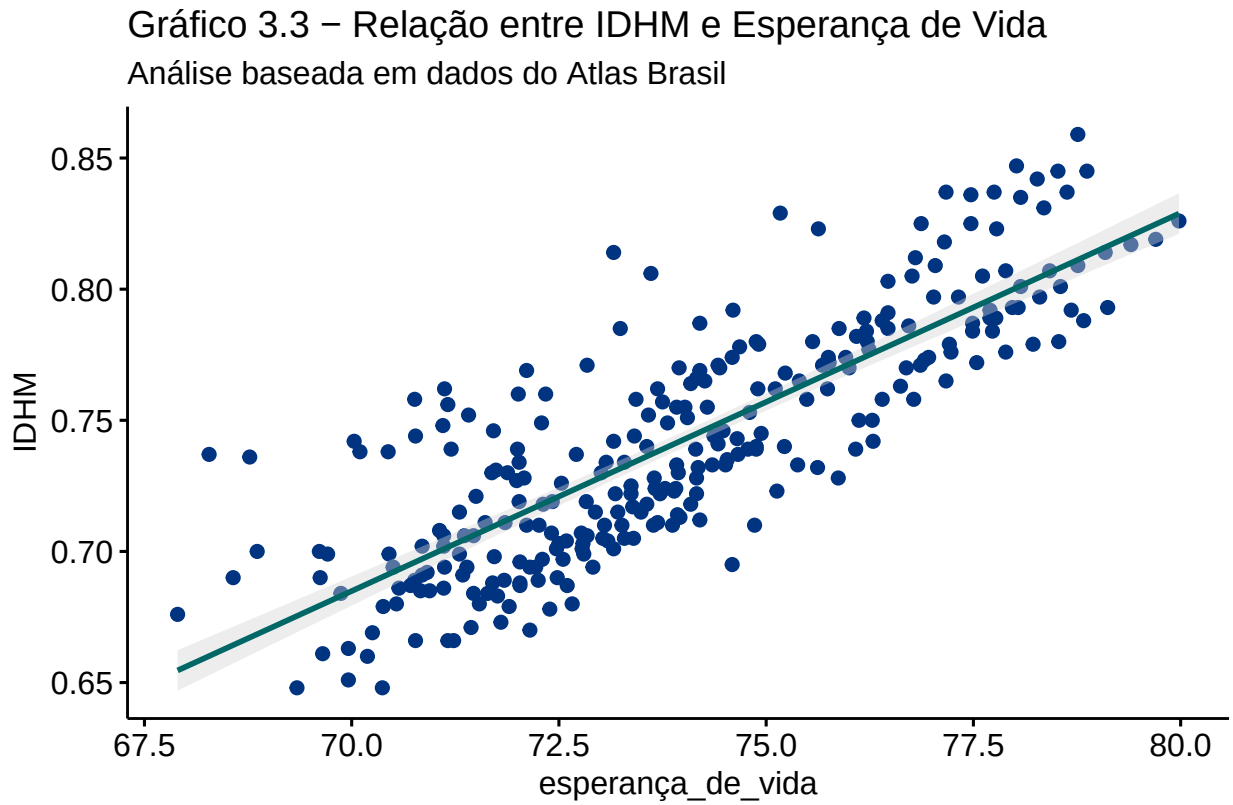
```
# Printar estatística F para ver a significacia da regressão
summary(lm(IDHM ~ sub_freq_esco, data=predic.IDHM))
```

```
##
## Call:
## lm(formula = IDHM ~ sub_freq_esco, data = predic.IDHM)
##
## Residuals:
##       Min        1Q    Median        3Q       Max
## -0.076437 -0.016621 -0.001193  0.016278  0.077382
##
## Coefficients:
##               Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)    0.24977    0.02139   11.68   <2e-16 ***
## sub_freq_esco  0.65281    0.02830   23.07   <2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.02682 on 278 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.6569, Adjusted R-squared:  0.6556
## F-statistic: 532.2 on 1 and 278 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

```
# Criar um scatterplot com linha de regressão para IDHM e Esperança de Vida
ggscatter(predic.IDHM, x = "esperança_de_vida", y = "IDHM",
          color=rgb(0,.2,.5,  1), pch=1, add = "reg.line",
```

```
          add.params = list(color=rgb(0,.4,.4,  1), fill = "light gray"),
          conf.int = TRUE, main = "Relação entre IDHM e Esperança de Vida") +
  labs(title = "Gráfico 3.3 - Relação entre IDHM e Esperança de Vida",
       subtitle = "Análise baseada em dados do Atlas Brasil",
       caption = "Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil") +
  theme(plot.caption = element_text(hjust = 0, face="italic"))
```

```
## Warning: Duplicated aesthetics after name standardisation: shape
```



Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil

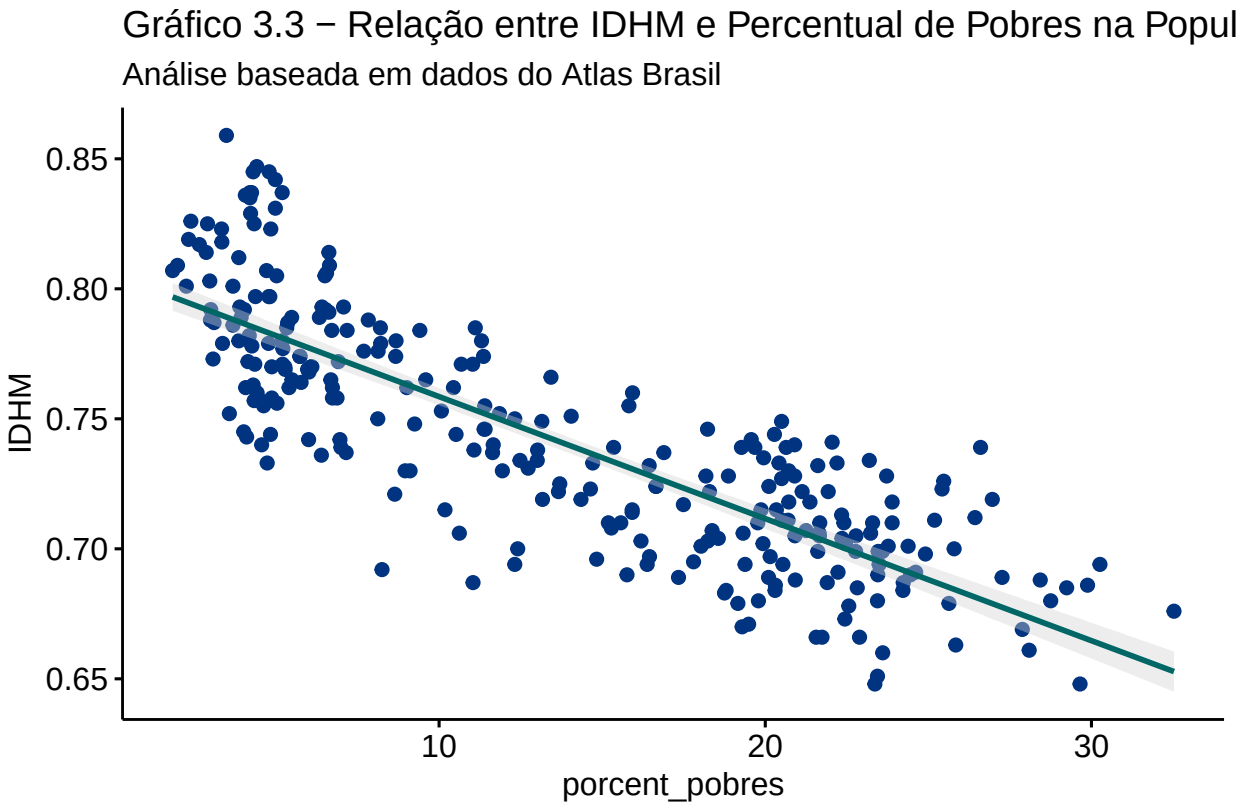
```
# Printar estatística F para ver a significacia da regressão
summary(lm(IDHM ~ esperança_de_vida, data=predic.IDHM))
```

```
##
## Call:
## lm(formula = IDHM ~ esperança_de_vida, data = predic.IDHM)
##
## Residuals:
##       Min        1Q    Median        3Q       Max
## -0.056084 -0.019263 -0.005752  0.015072  0.083536
##
## Coefficients:
##                    Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)       -0.324437   0.044098  -7.357 2.12e-12 ***
## esperança_de_vida  0.014419   0.000596  24.194  < 2e-16 ***
```

```
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.02598 on 278 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.678,  Adjusted R-squared:  0.6768
## F-statistic: 585.4 on 1 and 278 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

```r
# Criar um scatterplot com linha de regressão para IDHM e Percentual de Pobres na População
ggscatter(predic.IDHM, x = "porcent_pobres", y = "IDHM",
          color=rgb(0,.2,.5,  1), pch=1, add = "reg.line",
          add.params = list(color=rgb(0,.4,.4,  1), fill = "light gray"),
          conf.int = TRUE, main = "Relação entre IDHM e Percentual de Pobres na População") +
  labs(title = "Gráfico 3.3 - Relação entre IDHM e Percentual de Pobres na População",
       subtitle = "Análise baseada em dados do Atlas Brasil",
       caption = "Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil") +
  theme(plot.caption = element_text(hjust = 0, face="italic"))
```

```
## Warning: Duplicated aesthetics after name standardisation: shape
```



Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil

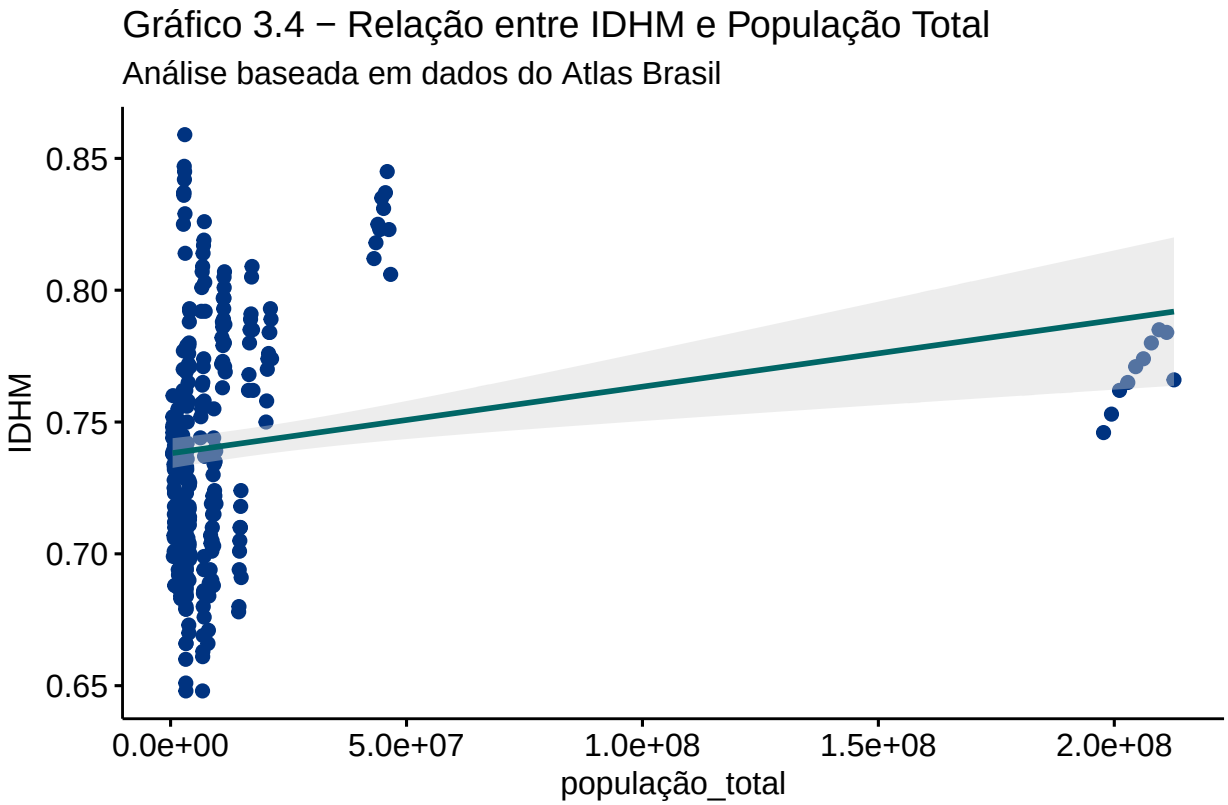
```r
# Printar estatística F para ver a significacia da regressão
summary(lm(IDHM ~ porcent_pobres, data=predic.IDHM))
```

```
##
## Call:
```

```
## lm(formula = IDHM ~ porcent_pobres, data = predic.IDHM)
##
## Residuals:
##       Min        1Q    Median        3Q       Max
## -0.074741 -0.016308 -0.000152  0.016863  0.069873
##
## Coefficients:
##                  Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)     0.8054598  0.0030056  267.99   <2e-16 ***
## porcent_pobres -0.0046933  0.0001906  -24.62   <2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.02567 on 278 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.6856, Adjusted R-squared:  0.6844
## F-statistic: 606.1 on 1 and 278 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

```
# Criar um scatterplot com linha de regressão para IDHM e População Total
ggscatter(predic.IDHM, x = "população_total", y = "IDHM",
          color=rgb(0,.2,.5,  1), pch=1, add = "reg.line",
          add.params = list(color=rgb(0,.4,.4,  1), fill = "light gray"),
          conf.int = TRUE, main = "Relação entre IDHM e População Total") +
  labs(title = "Gráfico 3.4 - Relação entre IDHM e População Total",
       subtitle = "Análise baseada em dados do Atlas Brasil",
       caption = "Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil") +
  theme(plot.caption = element_text(hjust = 0, face="italic"))
```

```
## Warning: Duplicated aesthetics after name standardisation: shape
```



Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil

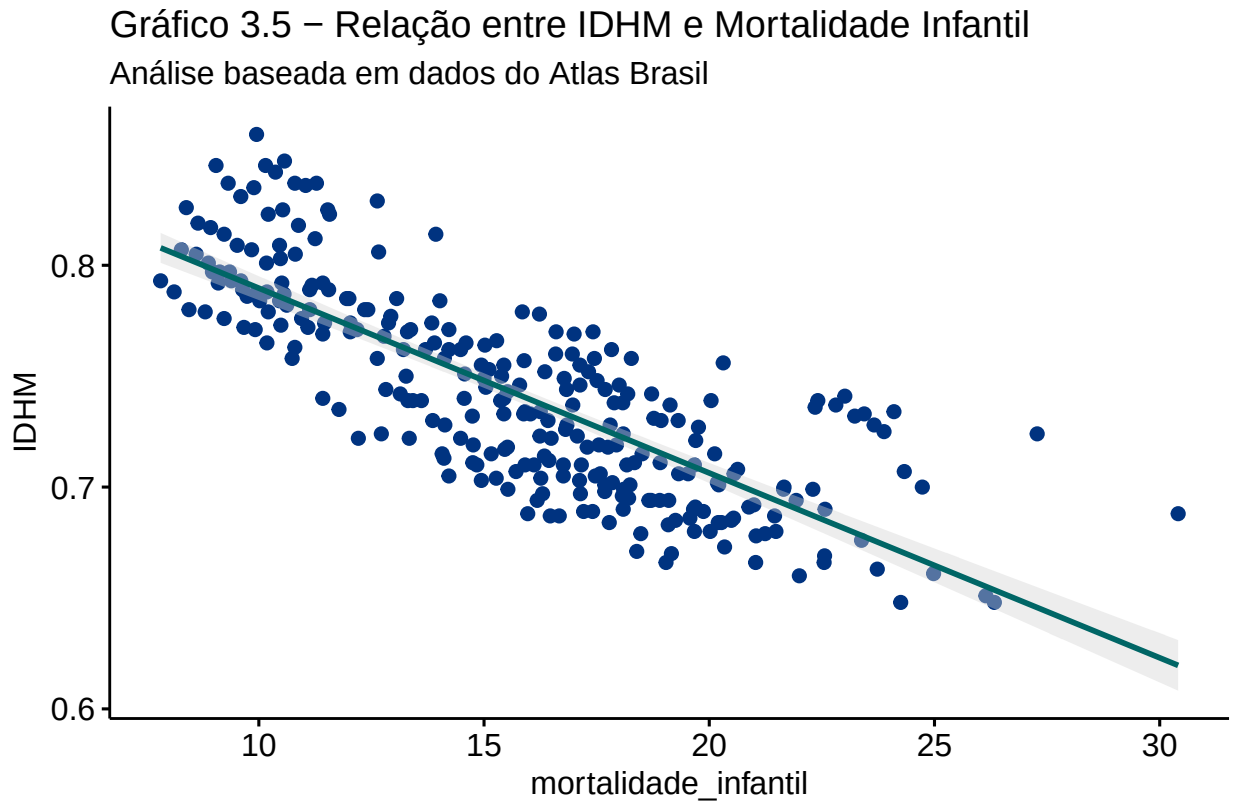
```
# Printar estatística F para ver a significacia da regressão
summary(lm(IDHM ~ população_total, data=predic.IDHM))
```

```
##
## Call:
## lm(formula = IDHM ~ população_total, data = predic.IDHM)
##
## Residuals:
##       Min        1Q    Median        3Q       Max
## -0.091832 -0.035392 -0.005422  0.031361  0.120117
##
## Coefficients:
##                   Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)     7.381e-01  2.870e-03 257.141  < 2e-16 ***
## população_total 2.528e-10  7.092e-11   3.565 0.000428 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.04477 on 278 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.04372,    Adjusted R-squared:  0.04028
## F-statistic: 12.71 on 1 and 278 DF,  p-value: 0.0004279
```

```
# Criar um scatterplot com linha de regressão para IDHM e Mortalidade Infantil
ggscatter(predic.IDHM, x = "mortalidade_infantil", y = "IDHM",
          color=rgb(0,.2,.5,  1), pch=1, add = "reg.line",
```

```
          add.params = list(color=rgb(0,.4,.4,  1), fill = "light gray"),
          conf.int = TRUE, main = "Relação entre IDHM e Mortalidade Infantil") +
  labs(title = "Gráfico 3.5 - Relação entre IDHM e Mortalidade Infantil",
       subtitle = "Análise baseada em dados do Atlas Brasil",
       caption = "Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil") +
  theme(plot.caption = element_text(hjust = 0, face="italic"))
```

```
## Warning: Duplicated aesthetics after name standardisation: shape
```



Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil

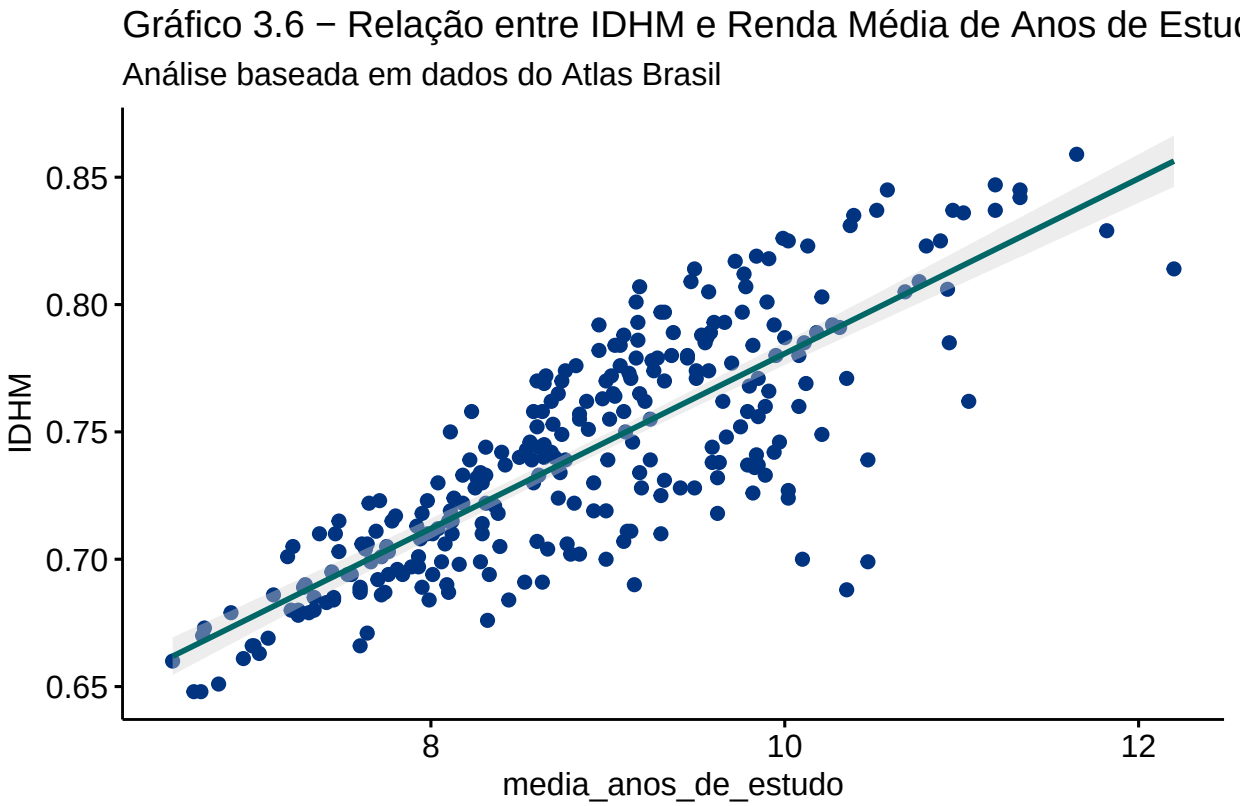
```
# Printar estatística F para ver a significacia da regressão
summary(lm(IDHM ~ mortalidade_infantil, data=predic.IDHM))
```

```
##
## Call:
## lm(formula = IDHM ~ mortalidade_infantil, data = predic.IDHM)
##
## Residuals:
##       Min        1Q    Median        3Q       Max
## -0.051939 -0.020627 -0.002814  0.015853  0.078314
##
## Coefficients:
##                           Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)              0.8730255  0.0061886   141.1   <2e-16 ***
## mortalidade_infantil -0.0083336  0.0003788   -22.0   <2e-16 ***
```

```
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.02765 on 278 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.6351, Adjusted R-squared:  0.6338
## F-statistic: 483.9 on 1 and 278 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

```
# Criar um scatterplot com linha de regressão para IDHM e Média de Anos de Estudo
ggscatter(predic.IDHM, x = "media_anos_de_estudo", y = "IDHM",
          color=rgb(0,.2,.5,  1), pch=1, add = "reg.line",
          add.params = list(color=rgb(0,.4,.4,  1), fill = "light gray"),
          conf.int = TRUE, main = "Relação entre IDHM e Média de Anos de Estudo") +
  labs(title = "Gráfico 3.6 - Relação entre IDHM e Renda Média de Anos de Estudo",
       subtitle = "Análise baseada em dados do Atlas Brasil",
       caption = "Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil") +
  theme(plot.caption = element_text(hjust = 0, face="italic"))
```

```
## Warning: Duplicated aesthetics after name standardisation: shape
```



Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil

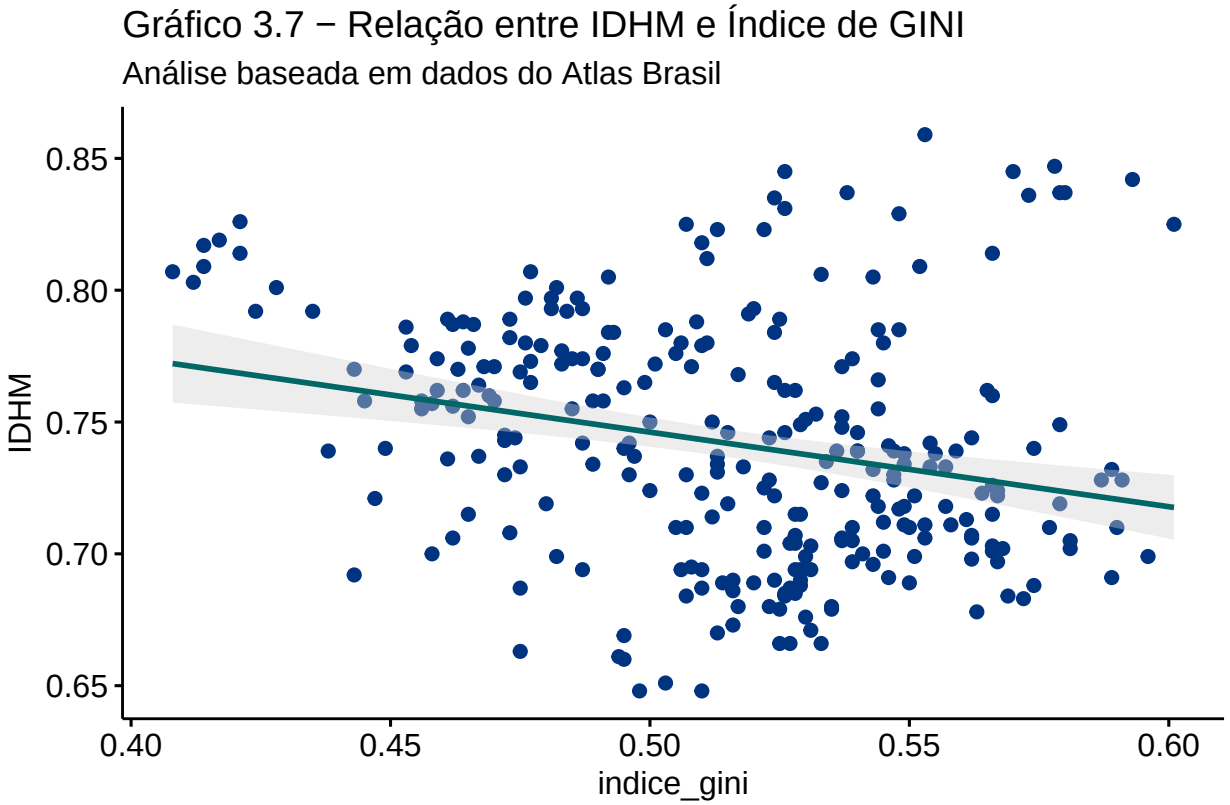
```
# Printar estatística F para ver a significacia da regressão
summary(lm(IDHM ~ media_anos_de_estudo, data=predic.IDHM))
```

```
##
## Call:
```

```
## lm(formula = IDHM ~ media_anos_de_estudo, data = predic.IDHM)
##
## Residuals:
##       Min        1Q    Median        3Q       Max
## -0.104787 -0.015780  0.001814  0.018576  0.054403
##
## Coefficients:
##                     Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)         0.437262   0.013057   33.49   <2e-16 ***
## media_anos_de_estudo 0.034350   0.001462   23.50   <2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.02649 on 278 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.6652, Adjusted R-squared:  0.664
## F-statistic: 552.3 on 1 and 278 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

```
# Criar um scatterplot com linha de regressão para IDHM e Índice de GINI
ggscatter(predic.IDHM, x = "indice_gini", y = "IDHM",
          color=rgb(0,.2,.5,  1), pch=1, add = "reg.line",
          add.params = list(color=rgb(0,.4,.4,  1), fill = "light gray"),
          conf.int = TRUE, main = "Relação entre IDHM e Índice de GINI") +
  labs(title = "Gráfico 3.7 - Relação entre IDHM e Índice de GINI",
       subtitle = "Análise baseada em dados do Atlas Brasil",
       caption = "Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil") +
  theme(plot.caption = element_text(hjust = 0, face="italic"))
```

```
## Warning: Duplicated aesthetics after name standardisation: shape
```



Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil

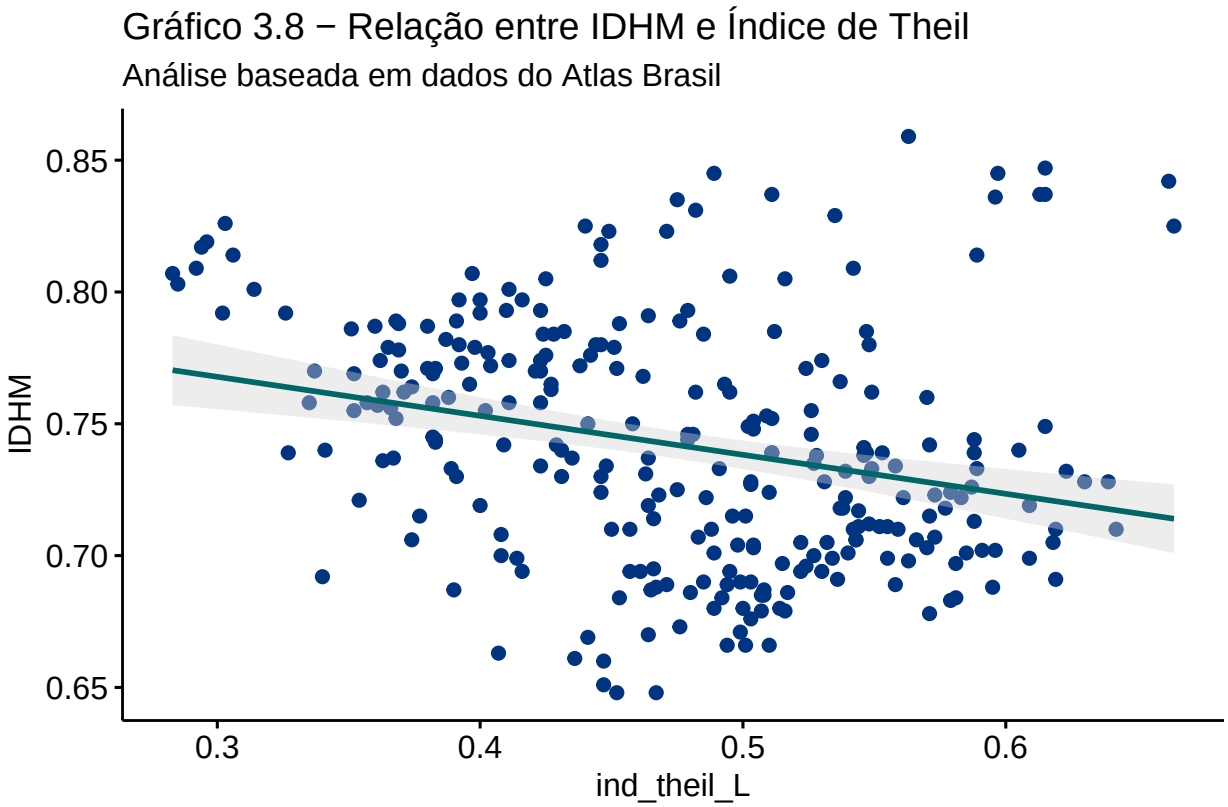
```
# Printar estatística F para ver a significacia da regressão
summary(lm(IDHM ~ indice_gini, data=predic.IDHM))
```

```
##
## Call:
## lm(formula = IDHM ~ indice_gini, data = predic.IDHM)
##
## Residuals:
##       Min        1Q    Median        3Q       Max
## -0.098729 -0.030321 -0.002438  0.026708  0.127824
##
## Coefficients:
##             Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)  0.88755    0.03385  26.217  < 2e-16 ***
## indice_gini -0.28277    0.06549  -4.318  2.2e-05 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.04432 on 278 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.06284,    Adjusted R-squared:  0.05947
## F-statistic: 18.64 on 1 and 278 DF,  p-value: 2.196e-05
```

```
# Criar um scatterplot com linha de regressão para IDHM e Índice de Theil
ggscatter(predic.IDHM, x = "ind_theil_L", y = "IDHM",
          color=rgb(0,.2,.5,  1), pch=1, add = "reg.line",
```

```
          add.params = list(color=rgb(0,.4,.4,  1), fill = "light gray"),
          conf.int = TRUE, main = "Relação entre IDHM e Índice de Theil") +
  labs(title = "Gráfico 3.8 - Relação entre IDHM e Índice de Theil",
       subtitle = "Análise baseada em dados do Atlas Brasil",
       caption = "Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil") +
  theme(plot.caption = element_text(hjust = 0, face="italic"))
```

```
## Warning: Duplicated aesthetics after name standardisation: shape
```



Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil

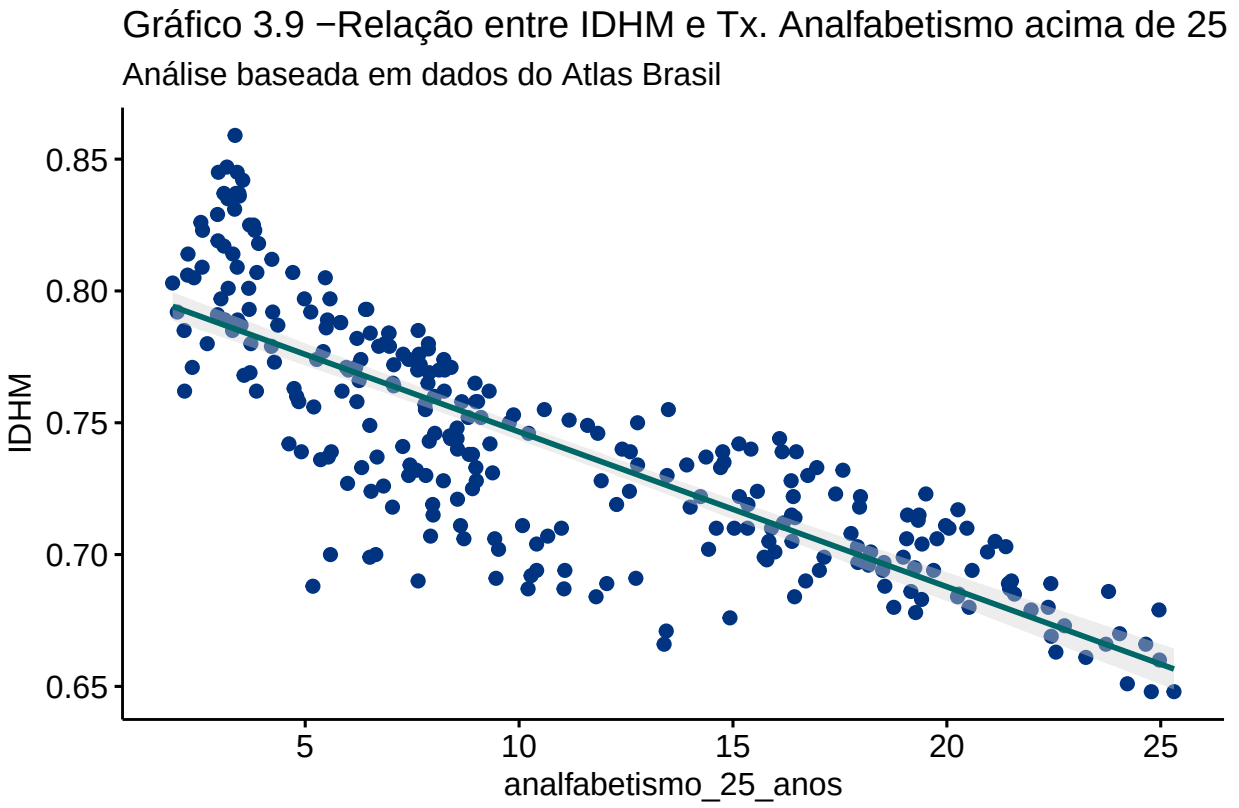
```
# Printar estatística F para ver a significacia da regressão
summary(lm(IDHM ~ ind_theil_L, data=predic.IDHM))
```

```
##
## Call:
## lm(formula = IDHM ~ ind_theil_L, data = predic.IDHM)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.09734 -0.02999 -0.00193  0.02572  0.13008
##
## Coefficients:
##             Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)  0.81220    0.01553  52.306  < 2e-16 ***
## ind_theil_L -0.14792    0.03217  -4.599 6.46e-06 ***
```

```
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.04413 on 278 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.0707, Adjusted R-squared:  0.06735
## F-statistic: 21.15 on 1 and 278 DF,  p-value: 6.462e-06
```

```
# Criar um scatterplot com linha de regressão para IDHM e Tx. Analfabetismo acima de 25 anos
ggscatter(predic.IDHM, x = "analfabetismo_25_anos", y = "IDHM",
          color=rgb(0,.2,.5,  1), pch=1, add = "reg.line",
          add.params = list(color=rgb(0,.4,.4,  1), fill = "light gray"),
          conf.int = TRUE, main = "Relação entre IDHM e Tx. Analfabetismo acima de 25 anos") +
  labs(title = "Gráfico 3.9 -Relação entre IDHM e Tx. Analfabetismo acima de 25 anos",
       subtitle = "Análise baseada em dados do Atlas Brasil",
       caption = "Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil") +
  theme(plot.caption = element_text(hjust = 0, face="italic"))
```

```
## Warning: Duplicated aesthetics after name standardisation: shape
```



Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil

```
# Printar estatística F para ver a significacia da regressão
summary(lm(IDHM ~ analfabetismo_25_anos, data=predic.IDHM))
```

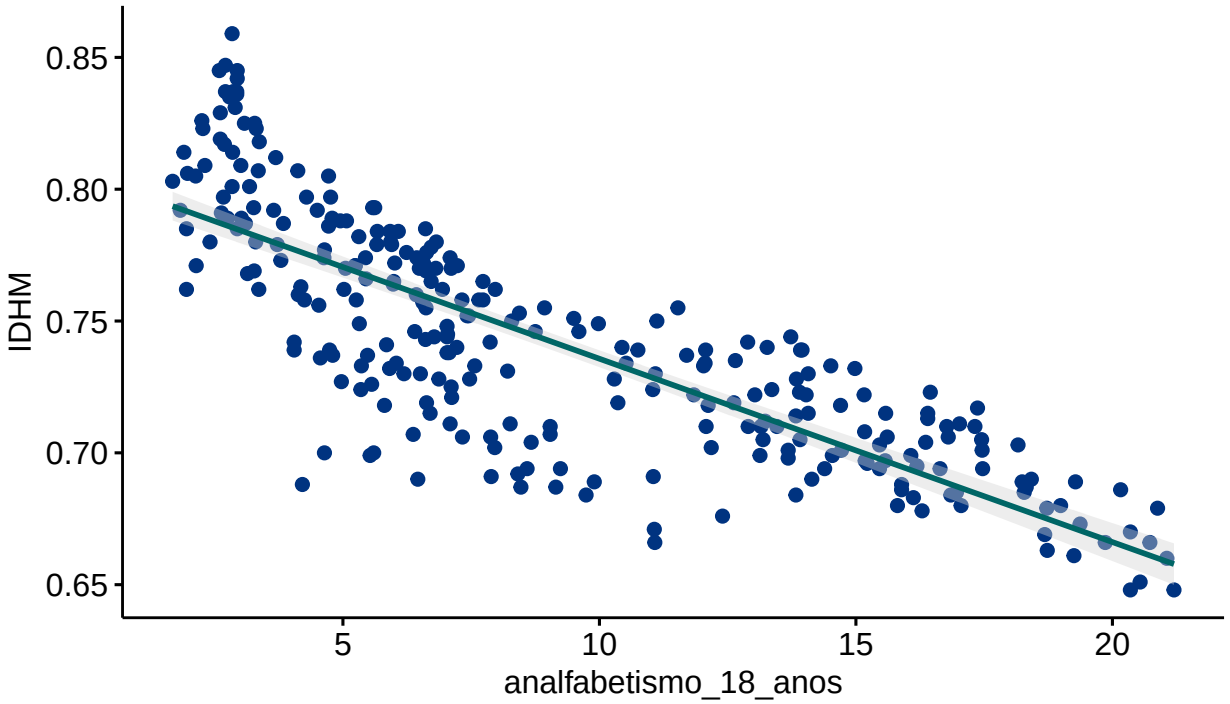
```
##
## Call:
```

```
## lm(formula = IDHM ~ analfabetismo_25_anos, data = predic.IDHM)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.08688 -0.01411  0.00297  0.01686  0.07343
##
## Coefficients:
##                          Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)             0.8053146  0.0031265  257.57   <2e-16 ***
## analfabetismo_25_anos -0.0058758  0.0002496  -23.54   <2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.02646 on 278 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.6659, Adjusted R-squared:  0.6647
## F-statistic: 554.1 on 1 and 278 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

```
# Criar um scatterplot com linha de regressão para IDHM e Tx. Analfabetismo acima de 18 anos
ggscatter(predic.IDHM, x = "analfabetismo_18_anos", y = "IDHM",
          color=rgb(0,.2,.5,  1), pch=1, add = "reg.line",
          add.params = list(color=rgb(0,.4,.4,  1), fill = "light gray"),
          conf.int = TRUE, main = "Relação entre IDHM e Tx. Analfabetismo acima de 18 anos") +
  labs(title = "Gráfico 3.10 -Relação entre IDHM e Tx. Analfabetismo acima de 18 anos",
       subtitle = "Análise baseada em dados do Atlas Brasil",
       caption = "Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil") +
  theme(plot.caption = element_text(hjust = 0, face="italic"))
```

```
## Warning: Duplicated aesthetics after name standardisation: shape
```

Gráfico 3.10 −Relação entre IDHM e Tx. Analfabetismo acima de 18
Análise baseada em dados do Atlas Brasil



Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil

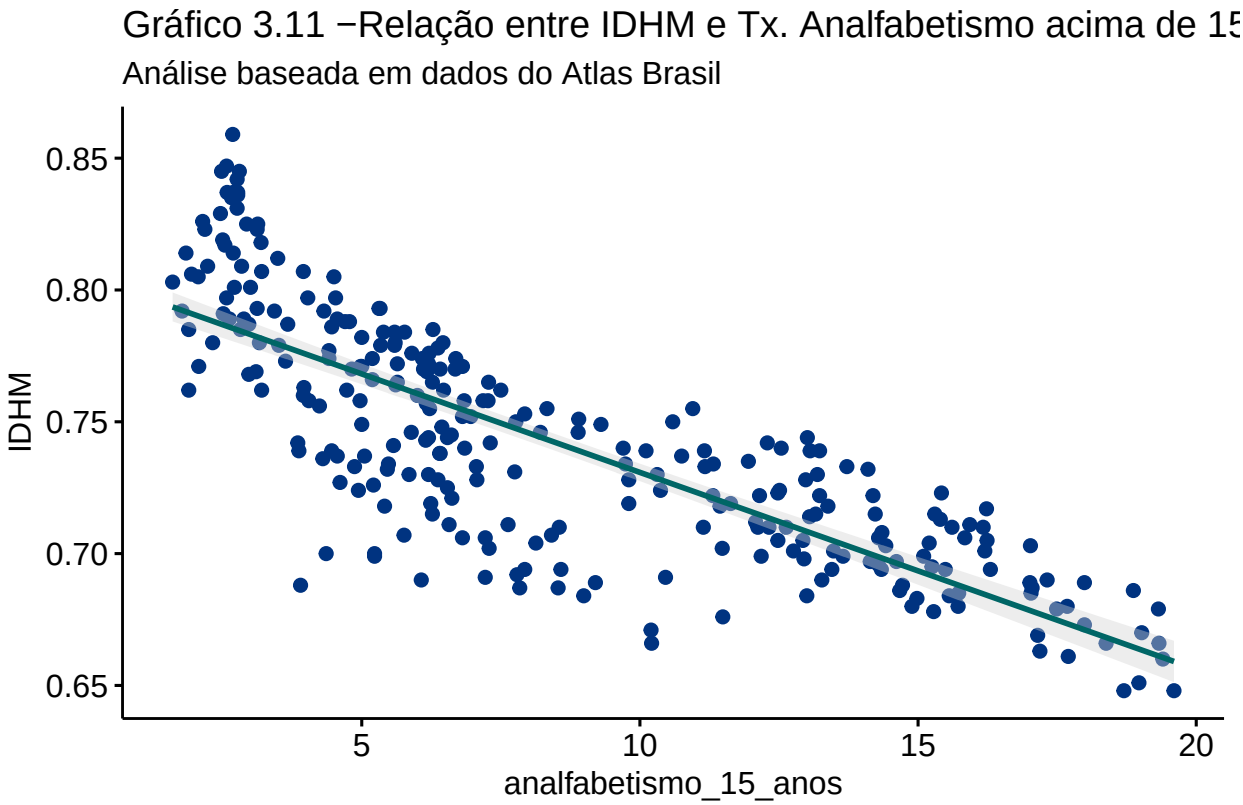
```
# Printar estatística F para ver a significacia da regressão
summary(lm(IDHM ~ analfabetismo_18_anos, data=predic.IDHM))
```

```
##
## Call:
## lm(formula = IDHM ~ analfabetismo_18_anos, data = predic.IDHM)
##
## Residuals:
##       Min        1Q    Median        3Q       Max
## -0.087967 -0.014119  0.003096  0.017285  0.073505
##
## Coefficients:
##                          Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)             0.8052461  0.0031911   252.3   <2e-16 ***
## analfabetismo_18_anos -0.0069547  0.0003024   -23.0   <2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.02687 on 278 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.6555, Adjusted R-squared:  0.6542
## F-statistic: 528.9 on 1 and 278 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

```
# Criar um scatterplot com linha de regressão para IDHM e Tx. Analfabetismo acima de 15 anos
ggscatter(predic.IDHM, x = "analfabetismo_15_anos", y = "IDHM",
          color=rgb(0,.2,.5,  1), pch=1, add = "reg.line",
```

```
          add.params = list(color=rgb(0,.4,.4,  1), fill = "light gray"),
          conf.int = TRUE, main = "Relação entre IDHM e Tx. Analfabetismo acima de 15 anos") +
  labs(title = "Gráfico 3.11 -Relação entre IDHM e Tx. Analfabetismo acima de 15 anos",
       subtitle = "Análise baseada em dados do Atlas Brasil",
       caption = "Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil") +
  theme(plot.caption = element_text(hjust = 0, face="italic"))
```

```
## Warning: Duplicated aesthetics after name standardisation: shape
```



Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil

```
# Printar estatística F para ver a significacia da regressão
summary(lm(IDHM ~ analfabetismo_15_anos, data=predic.IDHM))
```

```
##
## Call:
## lm(formula = IDHM ~ analfabetismo_15_anos, data = predic.IDHM)
##
## Residuals:
##       Min        1Q    Median        3Q       Max
## -0.088380 -0.014143  0.003496  0.017045  0.073506
##
## Coefficients:
##                          Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)             0.8055144  0.0032362  248.91   <2e-16 ***
## analfabetismo_15_anos -0.0074704  0.0003287  -22.73   <2e-16 ***
```

```
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.02708 on 278 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.6501, Adjusted R-squared:  0.6488
## F-statistic: 516.4 on 1 and 278 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

remover indices de Theil e Gini junto com população total

```
library(dplyr)
```

```
## Warning: package 'dplyr' was built under R version 4.3.1
```

```
##
## Attaching package: 'dplyr'
```

```
## The following objects are masked from 'package:plyr':
##
##     arrange, count, desc, failwith, id, mutate, rename, summarise,
##     summarize
```

```
## The following objects are masked from 'package:stats':
##
##     filter, lag
```

```
## The following objects are masked from 'package:base':
##
##     intersect, setdiff, setequal, union
```

```
predic.IDHM <- select(predic.IDHM, -ind_theil_L, -indice_gini, -população_total)
```

Correlação positiva a todas as regressões(R2: renda per capita 0,8157, p-valor 2.2e-16

escolaridade da população 0,5889 e p-valor 2.2e-16

frequencia escolar 0.6569 e p-valor 2.2e-16

esperança de vida 0.678 e p-valor 2.2e-16)

população total R2 0.04372

indice theil L R2 0,0707

indice gini R2 0,06284

###Decils para avaliar a possibilidade de Outliers

```r
print(paste0("renda_per_capita"))
```

```
## [1] "renda_per_capita"
```

```r
quantile(predic.IDHM$renda_per_capita, probs = seq(.1, 1, by = .1))
```

```
##      10%      20%      30%      40%      50%      60%      70%      80%
##  451.576  489.930  520.626  553.800  593.620  727.718  775.931  883.042
##      90%     100%
##  985.232 1568.870
```

```r
sort(predic.IDHM$renda_per_capita)
```

```
##   [1]  338.42  341.32  350.41  356.63  362.29  362.31  366.24  367.42  370.74
##  [10]  382.11  395.06  401.31  404.28  405.80  415.17  418.37  419.89  421.03
##  [19]  422.39  432.99  442.82  443.65  444.05  445.31  447.25  447.97  451.27
##  [28]  451.45  451.59  452.75  453.47  458.68  464.70  465.74  467.19  469.93
##  [37]  470.59  471.12  471.54  471.65  472.85  473.32  473.59  473.62  478.02
##  [46]  478.39  478.58  478.80  478.88  479.55  480.55  481.46  482.64  484.80
##  [55]  485.71  486.65  490.75  492.78  494.32  495.42  497.15  498.33  499.19
##  [64]  501.53  502.70  503.29  503.66  503.95  506.02  506.21  508.14  508.36
##  [73]  509.32  509.57  511.42  512.47  512.75  514.59  516.00  516.75  516.97
##  [82]  517.64  520.00  520.08  520.86  523.09  523.38  524.68  525.07  525.50
##  [91]  526.67  528.23  528.65  529.31  531.35  534.64  536.41  536.77  538.12
## [100]  538.50  540.06  540.61  541.74  543.81  546.78  547.09  547.20  548.93
## [109]  549.06  549.29  549.54  550.02  556.32  557.38  557.71  559.44  560.50
## [118]  561.11  561.40  561.52  564.61  565.81  567.26  569.17  569.89  572.81
## [127]  573.92  574.03  574.89  575.58  575.63  579.19  579.46  580.02  583.80
## [136]  585.99  588.48  588.89  589.03  593.46  593.78  593.84  595.13  596.82
## [145]  598.77  599.80  603.61  607.23  613.07  614.31  617.00  640.90  644.99
## [154]  663.76  673.18  679.62  679.72  684.63  691.06  699.24  703.36  707.48
## [163]  713.76  717.96  718.35  722.67  723.84  727.13  728.60  732.94  734.81
## [172]  738.04  739.68  745.24  746.52  747.30  749.17  749.30  750.40  755.14
## [181]  757.43  758.07  758.68  759.11  764.29  765.94  766.18  767.68  767.86
## [190]  770.94  771.16  772.78  773.16  774.72  775.41  775.46  777.03  777.37
## [199]  779.13  780.32  781.44  784.47  788.18  791.12  791.40  792.81  792.86
## [208]  794.67  798.41  802.94  805.71  806.32  807.78  810.08  814.30  817.79
## [217]  819.61  821.80  833.57  849.52  854.53  860.55  873.96  882.69  884.45
## [226]  887.28  888.32  891.00  896.60  900.00  901.20  901.42  909.43  912.60
## [235]  921.16  925.29  926.61  927.60  929.11  932.80  937.67  944.53  944.64
## [244]  949.54  959.06  959.50  961.32  971.82  974.74  976.02  978.64  984.82
## [253]  988.94  990.06  994.83  998.33 1000.82 1001.71 1007.29 1029.92 1032.89
## [262] 1037.42 1038.98 1044.95 1047.74 1068.69 1072.88 1093.25 1096.85 1099.62
## [271] 1326.87 1377.92 1456.83 1457.06 1498.74 1508.91 1533.05 1546.18 1553.68
## [280] 1568.87
```

```r
print(paste0("sub_esco_pop"))
```

```
## [1] "sub_esco_pop"
```

```r
quantile(predic.IDHM$sub_esco_pop, probs = seq(.1, 1, by = .1))
```

```
##    10%    20%    30%    40%    50%    60%    70%    80%    90%   100%
## 0.5299 0.5620 0.5857 0.6126 0.6305 0.6490 0.6700 0.6986 0.7362 0.8570
```

```r
sort(predic.IDHM$sub_esco_pop)
```

```
##   [1] 0.464 0.470 0.475 0.477 0.487 0.494 0.496 0.499 0.500 0.507 0.508 0.510
##  [13] 0.513 0.513 0.514 0.519 0.519 0.520 0.521 0.523 0.523 0.523 0.524 0.525
##  [25] 0.526 0.527 0.527 0.529 0.530 0.530 0.533 0.534 0.535 0.536 0.536 0.537
##  [37] 0.540 0.540 0.544 0.544 0.546 0.549 0.549 0.551 0.551 0.552 0.552 0.552
##  [49] 0.553 0.554 0.555 0.556 0.557 0.557 0.562 0.562 0.562 0.563 0.563 0.563
##  [61] 0.564 0.564 0.567 0.568 0.568 0.568 0.572 0.572 0.573 0.573 0.574 0.575
##  [73] 0.575 0.576 0.577 0.577 0.578 0.578 0.580 0.581 0.582 0.584 0.585 0.585
##  [85] 0.586 0.588 0.588 0.589 0.590 0.590 0.590 0.591 0.593 0.593 0.595 0.595
##  [97] 0.595 0.598 0.599 0.599 0.599 0.600 0.601 0.603 0.604 0.605 0.605 0.606
## [109] 0.607 0.607 0.609 0.612 0.613 0.613 0.613 0.614 0.614 0.614 0.614 0.615
## [121] 0.615 0.615 0.617 0.617 0.618 0.618 0.618 0.619 0.622 0.623 0.624 0.624
## [133] 0.625 0.626 0.627 0.628 0.628 0.630 0.630 0.630 0.631 0.631 0.631 0.631
## [145] 0.633 0.633 0.633 0.634 0.635 0.636 0.637 0.637 0.637 0.638 0.639 0.639
## [157] 0.640 0.640 0.641 0.642 0.642 0.642 0.644 0.645 0.645 0.647 0.648 0.649
## [169] 0.649 0.652 0.652 0.652 0.652 0.653 0.654 0.654 0.655 0.655 0.657 0.659
## [181] 0.659 0.659 0.659 0.660 0.660 0.662 0.662 0.664 0.665 0.665 0.667 0.667
## [193] 0.668 0.669 0.670 0.670 0.670 0.671 0.673 0.674 0.675 0.676 0.681 0.681
## [205] 0.681 0.683 0.683 0.684 0.684 0.685 0.686 0.686 0.687 0.687 0.688 0.688
## [217] 0.688 0.689 0.689 0.691 0.692 0.695 0.698 0.698 0.701 0.702 0.702 0.703
## [229] 0.703 0.704 0.704 0.706 0.707 0.708 0.708 0.709 0.712 0.713 0.716 0.718
## [241] 0.719 0.720 0.725 0.725 0.726 0.727 0.728 0.730 0.730 0.731 0.733 0.736
## [253] 0.738 0.739 0.739 0.739 0.740 0.742 0.748 0.754 0.754 0.755 0.755 0.759
## [265] 0.760 0.765 0.766 0.775 0.775 0.776 0.783 0.783 0.787 0.793 0.793 0.806
## [277] 0.812 0.813 0.822 0.857
```

```r
print(paste0("sub_freq_esco"))
```

```
## [1] "sub_freq_esco"
```

```r
quantile(predic.IDHM$sub_freq_esco, probs = seq(.1, 1, by = .1))
```

```
##    10%    20%    30%    40%    50%    60%    70%    80%    90%   100%
## 0.6758 0.7068 0.7230 0.7420 0.7560 0.7700 0.7843 0.8012 0.8260 0.8980
```

```r
sort(predic.IDHM$sub_freq_esco)
```

```
##   [1] 0.606 0.608 0.624 0.628 0.631 0.635 0.635 0.639 0.642 0.645 0.645 0.653
##  [13] 0.654 0.655 0.655 0.660 0.664 0.666 0.667 0.669 0.670 0.670 0.670 0.672
##  [25] 0.672 0.673 0.674 0.674 0.676 0.677 0.679 0.679 0.681 0.681 0.682 0.687
##  [37] 0.687 0.688 0.689 0.689 0.690 0.690 0.691 0.694 0.695 0.697 0.699 0.699
##  [49] 0.700 0.700 0.703 0.704 0.704 0.704 0.705 0.706 0.707 0.707 0.708 0.709
##  [61] 0.710 0.710 0.710 0.711 0.711 0.714 0.714 0.714 0.714 0.715 0.715 0.715
##  [73] 0.717 0.717 0.717 0.717 0.718 0.718 0.719 0.719 0.720 0.720 0.722 0.723
```

```
##  [85] 0.723 0.723 0.723 0.725 0.726 0.726 0.727 0.728 0.729 0.729 0.731 0.732
##  [97] 0.732 0.732 0.733 0.735 0.735 0.735 0.735 0.736 0.738 0.739 0.739 0.739
## [109] 0.740 0.740 0.741 0.742 0.742 0.742 0.742 0.742 0.742 0.744 0.744 0.744
## [121] 0.745 0.745 0.746 0.747 0.747 0.748 0.748 0.749 0.750 0.750 0.751 0.752
## [133] 0.752 0.752 0.753 0.753 0.756 0.756 0.756 0.756 0.756 0.757 0.757 0.757
## [145] 0.758 0.758 0.758 0.759 0.760 0.760 0.761 0.762 0.763 0.765 0.766 0.766
## [157] 0.767 0.767 0.768 0.768 0.768 0.769 0.769 0.770 0.770 0.770 0.770 0.770
## [169] 0.770 0.771 0.772 0.772 0.774 0.774 0.774 0.774 0.774 0.775 0.776 0.777
## [181] 0.777 0.778 0.778 0.779 0.779 0.779 0.780 0.781 0.781 0.782 0.782 0.782
## [193] 0.783 0.784 0.784 0.784 0.785 0.785 0.785 0.786 0.787 0.788 0.788 0.789
## [205] 0.789 0.790 0.790 0.791 0.793 0.793 0.793 0.794 0.795 0.795 0.797 0.797
## [217] 0.798 0.799 0.799 0.799 0.799 0.799 0.800 0.801 0.802 0.804 0.805 0.807
## [229] 0.807 0.809 0.811 0.811 0.813 0.815 0.815 0.815 0.816 0.816 0.818 0.818
## [241] 0.819 0.820 0.820 0.821 0.821 0.821 0.821 0.822 0.823 0.824 0.826 0.826
## [253] 0.826 0.826 0.827 0.829 0.829 0.829 0.830 0.831 0.831 0.836 0.838 0.838
## [265] 0.838 0.839 0.840 0.840 0.844 0.847 0.848 0.857 0.857 0.865 0.869 0.872
## [277] 0.873 0.882 0.886 0.898
```

```
print(paste0("esperança_de_vida"))
```

```
## [1] "esperança_de_vida"
```

```
quantile(predic.IDHM$esperança_de_vida, probs = seq(.1, 1, by = .1))
```

```
##    10%    20%    30%    40%    50%    60%    70%    80%    90%   100%
## 70.770 71.596 72.257 73.042 73.705 74.358 75.275 76.500 77.752 79.980
```

```
sort(predic.IDHM$esperança_de_vida)
```

```
##   [1] 67.90 68.28 68.57 68.77 68.86 69.34 69.61 69.62 69.65 69.71 69.87 69.96
##  [13] 69.96 70.03 70.10 70.19 70.25 70.37 70.38 70.44 70.45 70.50 70.54 70.57
##  [25] 70.71 70.76 70.76 70.77 70.77 70.83 70.85 70.85 70.91 70.94 71.06 71.10
##  [37] 71.11 71.11 71.11 71.12 71.12 71.16 71.16 71.20 71.23 71.30 71.30 71.34
##  [49] 71.36 71.39 71.41 71.44 71.47 71.47 71.50 71.54 71.61 71.64 71.69 71.70
##  [61] 71.71 71.72 71.74 71.76 71.80 71.84 71.85 71.88 71.90 71.99 72.00 72.01
##  [73] 72.02 72.02 72.03 72.03 72.03 72.08 72.11 72.11 72.15 72.15 72.22 72.25
##  [85] 72.26 72.29 72.30 72.31 72.34 72.39 72.41 72.42 72.47 72.48 72.50 72.53
##  [97] 72.55 72.59 72.60 72.66 72.71 72.77 72.78 72.79 72.80 72.83 72.84 72.84
## [109] 72.91 72.94 73.01 73.03 73.05 73.07 73.09 73.16 73.16 73.16 73.18 73.21
## [121] 73.24 73.26 73.29 73.29 73.37 73.37 73.39 73.40 73.41 73.43 73.49 73.56
## [133] 73.56 73.58 73.61 73.64 73.65 73.66 73.69 73.69 73.72 73.75 73.78 73.81
## [145] 73.87 73.89 73.91 73.92 73.92 73.93 73.94 73.95 73.96 74.02 74.05 74.09
## [157] 74.09 74.15 74.16 74.16 74.16 74.18 74.20 74.20 74.20 74.26 74.29 74.35
## [169] 74.37 74.42 74.42 74.44 74.47 74.48 74.51 74.53 74.59 74.59 74.60 74.65
## [181] 74.66 74.68 74.78 74.80 74.86 74.88 74.88 74.88 74.90 74.91 74.94 75.11
## [193] 75.13 75.17 75.22 75.23 75.38 75.40 75.49 75.56 75.62 75.63 75.68 75.74
## [205] 75.75 75.76 75.87 75.88 75.96 76.00 76.08 76.09 76.12 76.18 76.21 76.22
## [217] 76.24 76.28 76.29 76.40 76.40 76.47 76.47 76.47 76.62 76.69 76.72 76.76
## [229] 76.78 76.80 76.86 76.87 76.91 76.96 77.02 77.04 77.15 77.17 77.17 77.21
## [241] 77.23 77.32 77.47 77.47 77.49 77.49 77.54 77.61 77.70 77.70 77.73 77.75
## [253] 77.77 77.78 77.89 77.89 77.97 78.02 78.04 78.07 78.07 78.22 78.27 78.30
## [265] 78.35 78.42 78.52 78.53 78.55 78.63 78.68 78.76 78.76 78.83 78.87 79.09
## [277] 79.12 79.40 79.70 79.98
```

```r
print(paste0("porcent_pobres"))
```

```
## [1] "porcent_pobres"
```

```r
quantile(predic.IDHM$porcent_pobres, probs = seq(.1, 1, by = .1))
```

```
##    10%    20%    30%    40%    50%    60%    70%    80%    90%   100%
##  4.097  4.864  6.473  8.990 12.605 16.746 20.103 21.684 23.725 32.530
```

```r
sort(predic.IDHM$porcent_pobres)
```

```
##   [1]  1.83  1.98  2.25  2.32  2.39  2.65  2.86  2.90  2.97  2.99  3.00  3.07
##  [13]  3.10  3.33  3.34  3.36  3.48  3.57  3.68  3.68  3.86  3.86  3.89  3.93
##  [25]  4.01  4.03  4.06  4.07  4.10  4.14  4.18  4.20  4.20  4.22  4.25  4.26
##  [37]  4.30  4.30  4.33  4.33  4.35  4.37  4.41  4.42  4.44  4.45  4.56  4.62
##  [49]  4.71  4.73  4.77  4.78  4.79  4.81  4.83  4.84  4.87  4.87  4.98  4.98
##  [61]  5.02  5.03  5.19  5.19  5.20  5.21  5.27  5.28  5.33  5.36  5.40  5.48
##  [73]  5.49  5.73  5.74  5.77  5.97  6.00  6.01  6.07  6.10  6.33  6.39  6.41
##  [85]  6.50  6.52  6.55  6.62  6.62  6.64  6.68  6.71  6.73  6.73  6.87  6.91
##  [97]  6.96  6.99  7.07  7.15  7.18  7.69  7.83  8.12  8.13  8.20  8.21  8.25
## [109]  8.64  8.67  8.68  8.96  9.01  9.11  9.25  9.41  9.59 10.07 10.18 10.44
## [121] 10.52 10.62 10.68 11.03 11.04 11.07 11.11 11.30 11.36 11.38 11.40 11.41
## [133] 11.64 11.66 11.85 11.94 12.32 12.32 12.41 12.48 12.73 13.01 13.02 13.15
## [145] 13.17 13.43 13.66 13.70 14.05 14.35 14.64 14.71 14.83 15.19 15.28 15.35
## [157] 15.57 15.76 15.82 15.92 15.92 15.93 16.19 16.38 16.44 16.45 16.65 16.65
## [169] 16.89 17.34 17.49 17.80 18.03 18.18 18.23 18.24 18.29 18.37 18.56 18.75
## [181] 18.80 18.87 19.16 19.27 19.29 19.32 19.38 19.49 19.57 19.68 19.77 19.79
## [193] 19.87 19.93 19.95 20.10 20.11 20.15 20.28 20.30 20.31 20.34 20.42 20.50
## [205] 20.50 20.51 20.54 20.64 20.70 20.72 20.72 20.90 20.90 20.91 20.92 21.13
## [217] 21.25 21.37 21.56 21.61 21.61 21.65 21.66 21.67 21.74 21.90 21.93 22.05
## [229] 22.20 22.23 22.34 22.35 22.41 22.44 22.46 22.56 22.77 22.78 22.82 22.89
## [241] 23.19 23.23 23.29 23.36 23.44 23.44 23.45 23.46 23.49 23.59 23.60 23.72
## [253] 23.77 23.89 23.89 24.22 24.23 24.38 24.45 24.61 24.91 25.19 25.42 25.47
## [265] 25.63 25.79 25.84 26.43 26.60 26.96 27.26 27.88 28.09 28.43 28.75 29.24
## [277] 29.65 29.88 30.26 32.53
```

```r
print(paste0("mortalidade_infantil"))
```

```
## [1] "mortalidade_infantil"
```

```r
quantile(predic.IDHM$mortalidade_infantil, probs = seq(.1, 1, by = .1))
```

```
##    10%    20%    30%    40%    50%    60%    70%    80%    90%   100%
##  9.920 11.130 13.021 14.684 15.910 17.028 18.073 19.362 21.453 30.410
```

```r
sort(predic.IDHM$mortalidade_infantil)
```

```
##   [1]  7.82  8.12  8.28  8.39  8.45  8.61  8.65  8.81  8.88  8.93  8.97  9.05
##  [13]  9.10  9.13  9.23  9.23  9.32  9.35  9.39  9.52  9.60  9.60  9.64  9.67
```

```
##  [25]  9.74  9.84  9.89  9.92  9.92  9.95 10.02 10.15 10.17 10.18 10.18 10.21
##  [37] 10.21 10.37 10.46 10.46 10.48 10.49 10.51 10.53 10.56 10.57 10.62 10.74
##  [49] 10.80 10.80 10.81 10.88 10.95 11.04 11.09 11.13 11.13 11.18 11.25 11.28
##  [61] 11.42 11.42 11.42 11.46 11.53 11.55 11.57 11.78 11.95 12.00 12.03 12.03
##  [73] 12.18 12.21 12.35 12.42 12.63 12.63 12.66 12.72 12.78 12.82 12.88 12.93
##  [85] 13.06 13.14 13.21 13.27 13.30 13.31 13.34 13.37 13.42 13.61 13.70 13.84
##  [97] 13.86 13.90 13.93 14.02 14.07 14.11 14.12 14.13 14.22 14.22 14.22 14.48
## [109] 14.48 14.56 14.57 14.60 14.74 14.75 14.76 14.84 14.94 14.94 15.00 15.02
## [121] 15.04 15.11 15.16 15.27 15.28 15.37 15.39 15.44 15.44 15.44 15.46 15.52
## [133] 15.52 15.53 15.71 15.79 15.85 15.88 15.89 15.91 15.91 15.97 16.03 16.11
## [145] 16.18 16.23 16.24 16.25 16.26 16.30 16.34 16.35 16.42 16.44 16.47 16.49
## [157] 16.59 16.60 16.67 16.76 16.76 16.78 16.81 16.83 16.84 16.96 16.97 17.00
## [169] 17.07 17.12 17.13 17.13 17.14 17.16 17.21 17.29 17.32 17.41 17.42 17.45
## [181] 17.47 17.51 17.55 17.58 17.68 17.68 17.69 17.75 17.78 17.80 17.83 17.85
## [193] 17.89 17.94 18.00 18.07 18.08 18.09 18.09 18.10 18.17 18.19 18.21 18.24
## [205] 18.27 18.34 18.39 18.48 18.51 18.66 18.71 18.72 18.77 18.90 18.91 18.93
## [217] 19.04 19.09 19.10 19.13 19.16 19.25 19.31 19.32 19.53 19.57 19.65 19.67
## [229] 19.67 19.69 19.70 19.76 19.87 20.02 20.04 20.12 20.18 20.20 20.21 20.27
## [241] 20.31 20.34 20.49 20.54 20.55 20.63 20.88 20.99 21.03 21.04 21.24 21.45
## [253] 21.48 21.65 21.66 21.93 22.00 22.30 22.35 22.41 22.55 22.56 22.57 22.81
## [265] 23.01 23.23 23.38 23.44 23.66 23.73 23.88 24.10 24.25 24.33 24.73 24.98
## [277] 26.14 26.33 27.28 30.41
```

```
print(paste0("media_anos_de_estudo"))
```

```
## [1] "media_anos_de_estudo"
```

```
quantile(predic.IDHM$media_anos_de_estudo, probs = seq(.1, 1, by = .1))
```

```
##    10%    20%    30%    40%    50%    60%    70%    80%    90%   100%
##  7.459  7.880  8.227  8.600  8.840  9.144  9.490  9.820 10.183 12.200
```

```
sort(predic.IDHM$media_anos_de_estudo)
```

```
##   [1]  6.54  6.66  6.70  6.71  6.72  6.80  6.87  6.94  6.99  7.00  7.03  7.08
##  [13]  7.11  7.19  7.21  7.22  7.25  7.25  7.28  7.29  7.31  7.34  7.34  7.37
##  [25]  7.41  7.44  7.45  7.45  7.46  7.48  7.48  7.53  7.55  7.60  7.60  7.60
##  [37]  7.60  7.61  7.63  7.64  7.64  7.65  7.66  7.69  7.70  7.71  7.72  7.72
##  [49]  7.74  7.75  7.76  7.76  7.78  7.80  7.81  7.84  7.89  7.92  7.93  7.93
##  [61]  7.94  7.95  7.95  7.98  7.98  7.99  8.01  8.01  8.04  8.04  8.06  8.08
##  [73]  8.09  8.10  8.10  8.11  8.11  8.12  8.12  8.13  8.16  8.18  8.18  8.22
##  [85]  8.23  8.25  8.26  8.28  8.28  8.29  8.29  8.29  8.31  8.31  8.31  8.32
##  [97]  8.33  8.36  8.38  8.39  8.40  8.42  8.44  8.50  8.53  8.54  8.56  8.57
## [109]  8.58  8.58  8.60  8.60  8.60  8.61  8.61  8.63  8.63  8.64  8.64  8.64
## [121]  8.65  8.66  8.68  8.68  8.69  8.70  8.72  8.72  8.72  8.73  8.74  8.74
## [133]  8.76  8.76  8.77  8.79  8.81  8.82  8.84  8.84  8.84  8.88  8.89  8.92
## [145]  8.92  8.95  8.95  8.97  8.99  8.99  8.99  9.00  9.01  9.02  9.03  9.04
## [157]  9.04  9.07  9.07  9.09  9.09  9.09  9.10  9.11  9.12  9.13  9.13  9.14
## [169]  9.15  9.16  9.16  9.17  9.17  9.18  9.18  9.18  9.19  9.21  9.24  9.24
## [181]  9.25  9.26  9.28  9.30  9.30  9.30  9.32  9.32  9.32  9.36  9.37  9.41
## [193]  9.45  9.45  9.47  9.49  9.49  9.50  9.50  9.53  9.55  9.56  9.57  9.57
## [205]  9.58  9.59  9.59  9.60  9.62  9.62  9.63  9.65  9.66  9.67  9.70  9.72
```

```
## [217]  9.75  9.76  9.77  9.78  9.79  9.79  9.80  9.82  9.82  9.83  9.84  9.84
## [229]  9.85  9.85  9.85  9.89  9.89  9.90  9.91  9.91  9.94  9.94  9.95  9.97
## [241]  9.99 10.00 10.02 10.02 10.02 10.08 10.08 10.10 10.11 10.12 10.13 10.18
## [253] 10.21 10.21 10.27 10.31 10.35 10.35 10.37 10.39 10.47 10.47 10.52 10.58
## [265] 10.68 10.76 10.80 10.88 10.92 10.93 10.95 11.01 11.04 11.19 11.19 11.33
## [277] 11.33 11.65 11.82 12.20
```

```
print(paste0("analfabetismo_25_anos"))
```

```
## [1] "analfabetismo_25_anos"
```

```
quantile(predic.IDHM$analfabetismo_25_anos, probs = seq(.1, 1, by = .1))
```

```
##    10%    20%    30%    40%    50%    60%    70%    80%    90%   100%
##  3.407  4.898  6.431  7.756  8.760 11.058 14.960 17.434 20.251 25.310
```

```
sort(predic.IDHM$analfabetismo_25_anos)
```

```
##   [1]  1.90  2.01  2.17  2.18  2.25  2.26  2.36  2.40  2.56  2.59  2.60  2.71
##  [13]  2.95  2.95  2.96  2.97  3.03  3.10  3.10  3.12  3.17  3.19  3.20  3.30
##  [25]  3.31  3.35  3.36  3.38  3.41  3.41  3.42  3.45  3.46  3.50  3.54  3.57
##  [37]  3.68  3.69  3.70  3.71  3.73  3.79  3.82  3.86  3.87  3.91  4.21  4.22
##  [49]  4.24  4.28  4.36  4.62  4.71  4.74  4.80  4.85  4.91  4.98  5.13  5.18
##  [61]  5.20  5.27  5.36  5.42  5.47  5.49  5.52  5.54  5.58  5.59  5.61  5.82
##  [73]  5.83  5.86  5.96  5.99  6.01  6.18  6.21  6.21  6.26  6.30  6.32  6.41
##  [85]  6.44  6.51  6.51  6.52  6.54  6.65  6.68  6.72  6.83  6.86  6.95  6.96
##  [97]  6.97  7.04  7.05  7.07  7.07  7.28  7.29  7.42  7.42  7.45  7.60  7.63
## [109]  7.64  7.64  7.66  7.69  7.80  7.81  7.82  7.87  7.88  7.88  7.90  7.90
## [121]  7.93  7.98  7.99  8.02  8.03  8.13  8.23  8.24  8.25  8.26  8.38  8.40
## [133]  8.41  8.55  8.55  8.56  8.56  8.63  8.66  8.71  8.81  8.83  8.91  8.91
## [145]  8.97  8.99  8.99  9.00  9.03  9.11  9.30  9.32  9.38  9.43  9.46  9.52
## [157]  9.77  9.87 10.08 10.21 10.22 10.28 10.41 10.41 10.59 10.67 10.99 11.05
## [169] 11.07 11.17 11.60 11.80 11.84 11.92 12.05 12.28 12.41 12.58 12.60 12.73
## [181] 12.77 12.77 13.39 13.44 13.46 13.49 13.92 14.00 14.24 14.37 14.43 14.61
## [193] 14.71 14.76 14.79 14.93 15.03 15.14 15.15 15.34 15.35 15.42 15.57 15.73
## [205] 15.79 15.84 15.90 15.98 16.09 16.15 16.18 16.36 16.37 16.38 16.41 16.44
## [217] 16.45 16.48 16.70 16.75 16.96 17.02 17.13 17.40 17.57 17.76 17.91 17.92
## [229] 17.96 17.98 18.17 18.22 18.50 18.53 18.55 18.76 18.98 19.06 19.08 19.16
## [241] 19.25 19.27 19.33 19.35 19.41 19.42 19.51 19.69 19.77 19.97 20.05 20.25
## [253] 20.26 20.28 20.47 20.52 20.59 20.95 21.13 21.38 21.44 21.47 21.51 21.58
## [265] 21.97 22.37 22.43 22.44 22.55 22.75 23.25 23.72 23.78 24.04 24.22 24.65
## [277] 24.78 24.96 24.97 25.31
```

```
print(paste0("analfabetismo_18_anos"))
```

```
## [1] "analfabetismo_18_anos"
```

```
quantile(predic.IDHM$analfabetismo_18_anos, probs = seq(.1, 1, by = .1))
```

```
##    10%    20%    30%    40%    50%    60%    70%    80%    90%   100%
##  2.930  4.204  5.447  6.502  7.225  9.186 12.629 14.572 16.966 21.200
```

```r
sort(predic.IDHM$analfabetismo_18_anos)
```

```
##   [1]  1.68  1.83  1.90  1.95  1.95  1.97  2.13  2.14  2.25  2.27  2.31  2.41
##  [13]  2.59  2.61  2.61  2.63  2.67  2.69  2.71  2.71  2.75  2.79  2.84  2.84
##  [25]  2.85  2.86  2.90  2.93  2.93  2.94  2.94  2.94  3.01  3.02  3.08  3.10
##  [37]  3.14  3.18  3.26  3.27  3.28  3.30  3.31  3.35  3.36  3.37  3.65  3.69
##  [49]  3.72  3.79  3.84  4.05  4.05  4.12  4.13  4.18  4.21  4.25  4.29  4.50
##  [61]  4.53  4.56  4.63  4.64  4.64  4.72  4.72  4.74  4.76  4.79  4.80  4.95
##  [73]  4.97  5.02  5.05  5.07  5.24  5.24  5.26  5.31  5.32  5.35  5.36  5.44
##  [85]  5.45  5.48  5.53  5.56  5.58  5.60  5.62  5.66  5.67  5.81  5.85  5.91
##  [97]  5.92  5.93  5.95  5.98  5.99  6.01  6.04  6.08  6.19  6.24  6.37  6.40
## [109]  6.43  6.44  6.46  6.49  6.51  6.56  6.57  6.61  6.61  6.62  6.62  6.63
## [121]  6.63  6.70  6.72  6.72  6.78  6.81  6.82  6.87  6.94  7.03  7.03  7.03
## [133]  7.04  7.07  7.09  7.09  7.11  7.11  7.12  7.22  7.23  7.32  7.33  7.42
## [145]  7.45  7.47  7.57  7.65  7.73  7.73  7.87  7.88  7.89  7.96  7.97  8.21
## [157]  8.26  8.29  8.41  8.44  8.47  8.59  8.67  8.75  8.93  9.04  9.04  9.15
## [169]  9.24  9.50  9.60  9.74  9.90  9.98 10.29 10.36 10.44 10.52 10.75 11.04
## [181] 11.05 11.07 11.08 11.09 11.12 11.53 11.70 11.84 12.03 12.06 12.07 12.08
## [193] 12.12 12.18 12.40 12.62 12.65 12.89 12.90 13.03 13.13 13.15 13.19 13.23
## [205] 13.27 13.36 13.46 13.68 13.68 13.73 13.83 13.83 13.84 13.90 13.91 13.92
## [217] 13.95 14.03 14.07 14.07 14.14 14.39 14.51 14.54 14.70 14.72 14.98 15.16
## [229] 15.17 15.18 15.22 15.46 15.46 15.57 15.58 15.61 15.81 15.89 15.89 16.07
## [241] 16.12 16.19 16.29 16.36 16.40 16.40 16.45 16.64 16.77 16.80 16.85 16.96
## [253] 17.02 17.05 17.32 17.37 17.45 17.46 17.47 18.16 18.24 18.28 18.32 18.42
## [265] 18.68 18.72 18.73 18.99 19.25 19.28 19.37 19.86 20.16 20.35 20.35 20.54
## [277] 20.73 20.88 21.06 21.20
```

```r
print(paste0("analfabetismo_15_anos"))
```

```
## [1] "analfabetismo_15_anos"
```

```r
quantile(predic.IDHM$analfabetismo_15_anos, probs = seq(.1, 1, by = .1))
```

```
##    10%    20%    30%    40%    50%    60%    70%    80%    90%   100%
##  2.769  3.958  5.148  6.134  6.810  8.562 11.726 13.514 15.741 19.600
```

```r
sort(predic.IDHM$analfabetismo_15_anos)
```

```
##   [1]  1.60  1.77  1.84  1.89  1.89  1.94  2.06  2.07  2.14  2.18  2.23  2.32
##  [13]  2.46  2.48  2.50  2.51  2.54  2.57  2.57  2.58  2.62  2.66  2.68  2.69
##  [25]  2.69  2.71  2.76  2.76  2.77  2.77  2.80  2.82  2.84  2.88  2.93  2.97
##  [37]  2.97  3.00  3.10  3.12  3.12  3.13  3.16  3.19  3.20  3.20  3.43  3.49
##  [49]  3.51  3.63  3.67  3.85  3.87  3.90  3.95  3.95  3.96  4.03  4.05  4.24
##  [61]  4.30  4.32  4.36  4.41  4.41  4.46  4.46  4.50  4.53  4.56  4.56  4.61
##  [73]  4.70  4.73  4.78  4.82  4.87  4.94  4.97  4.98  5.00  5.00  5.00  5.05
##  [85]  5.19  5.19  5.21  5.23  5.23  5.31  5.33  5.34  5.39  5.41  5.46  5.48
##  [97]  5.57  5.59  5.59  5.60  5.61  5.64  5.64  5.76  5.77  5.85  5.89  5.90
## [109]  6.00  6.07  6.09  6.11  6.15  6.16  6.17  6.20  6.20  6.20  6.21  6.22
## [121]  6.24  6.27  6.27  6.28  6.37  6.37  6.40  6.41  6.41  6.44  6.46  6.47
## [133]  6.54  6.54  6.57  6.61  6.62  6.68  6.69  6.81  6.81  6.81  6.84  6.85
## [145]  6.96  7.06  7.07  7.18  7.22  7.22  7.27  7.28  7.29  7.31  7.50  7.63
```

```
## [157]  7.75  7.77  7.79  7.84  7.93  7.93  8.13  8.21  8.33  8.41  8.53  8.55
## [169]  8.58  8.89  8.90  8.99  9.20  9.30  9.70  9.74  9.80  9.80 10.11 10.20
## [181] 10.21 10.31 10.37 10.46 10.59 10.75 10.95 11.14 11.16 11.17 11.31 11.32
## [193] 11.44 11.48 11.49 11.63 11.95 12.08 12.12 12.15 12.18 12.29 12.32 12.48
## [205] 12.48 12.51 12.54 12.63 12.76 12.93 12.95 12.98 13.00 13.01 13.05 13.06
## [217] 13.16 13.19 13.23 13.23 13.27 13.38 13.45 13.48 13.65 13.72 14.10 14.14
## [229] 14.19 14.23 14.28 14.29 14.34 14.35 14.42 14.61 14.67 14.72 14.89 14.98
## [241] 15.10 15.20 15.25 15.28 15.30 15.40 15.42 15.49 15.56 15.61 15.72 15.73
## [253] 15.84 15.93 16.17 16.20 16.23 16.24 16.30 17.01 17.02 17.03 17.05 17.15
## [265] 17.19 17.32 17.49 17.68 17.70 17.99 17.99 18.38 18.70 18.87 18.97 19.02
## [277] 19.32 19.33 19.40 19.60
```

Machine Learning – parte Final

```
library(plyr)
library(caret)
```

```
## Warning: package 'caret' was built under R version 4.3.1
```

```
## Carregando pacotes exigidos: lattice
```

```
library(randomForest)
```

```
## Warning: package 'randomForest' was built under R version 4.3.1
```

```
## randomForest 4.7-1.1
```

```
## Type rfNews() to see new features/changes/bug fixes.
```

```
##
## Attaching package: 'randomForest'
```

```
## The following object is masked from 'package:dplyr':
##
##     combine
```

```
## The following object is masked from 'package:ggplot2':
##
##     margin
```

```
library(caTools)
```

```
## Warning: package 'caTools' was built under R version 4.3.1
```

SUPERVISED RANDOM FOREST REGRESSION

#usar o data frame fina da análise exploratória (predic.IDHM), e selecionar os dados para treino e teste

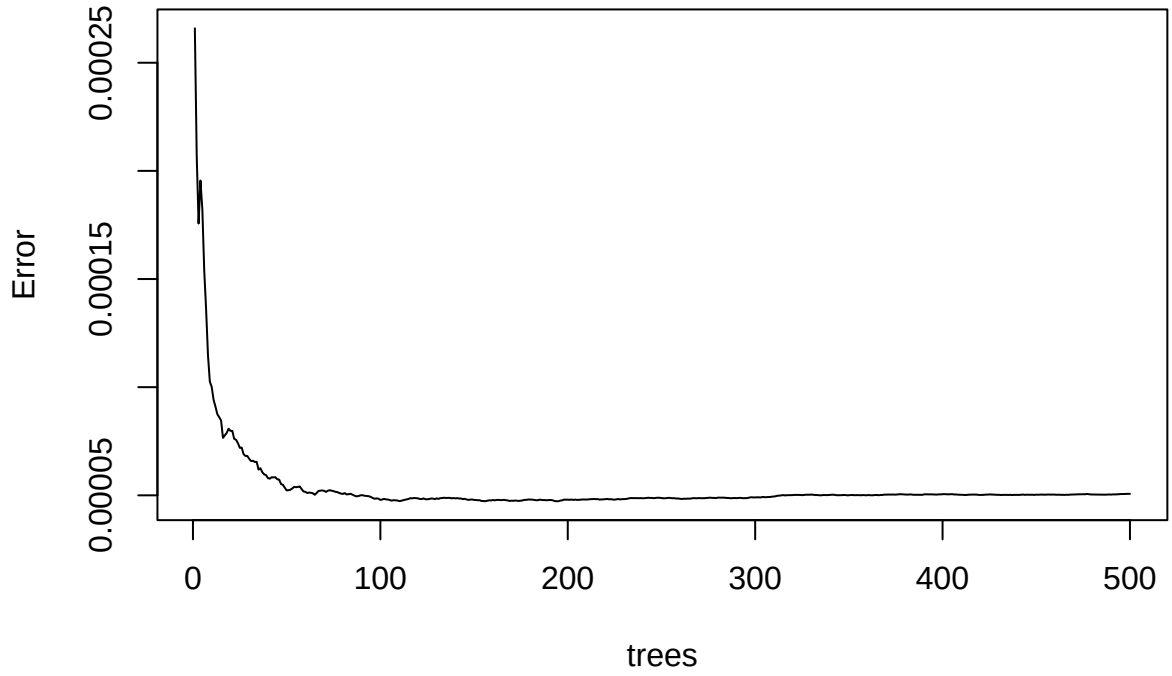
```r
#usar o data frame fina da análise exploratória (predic.IDHM), e selecionar os dados para treino (80%)

set.seed(123)
amostra.IDHM <- predic.IDHM$IDHM %>%
  createDataPartition(p = 0.8, list = FALSE)
treino.IDHM  <- predic.IDHM[amostra.IDHM, ]
teste.IDHM <- predic.IDHM[-amostra.IDHM, ]
```

```r
# random forest para regressão, iniciando com 500 arvores e mtry of 3
IDHM.model.1 <- randomForest(IDHM ~ ., data = treino.IDHM, ntree=500, mtry = 3,
                         importance = TRUE, na.action = na.omit)
print(IDHM.model.1)
```

```
##
## Call:
##  randomForest(formula = IDHM ~ ., data = treino.IDHM, ntree = 500,      mtry = 3, importance = TRUE,
##                Type of random forest: regression
##                      Number of trees: 500
## No. of variables tried at each split: 3
##
##           Mean of squared residuals: 5.068181e-05
##                     % Var explained: 97.6
```

```r
# Plotar erro vs numero de arvores
plot(IDHM.model.1, main = "")

# Adicionar título e fonte no estilo ABNT
title(main = "Gráfico 4 - Erro vs Número de Árvores no Modelo 1", adj = 0)
mtext("Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil", side=1, line=4, adj = 0, cex=0.8)
```

Gráfico 4 − Erro vs Número de Árvores no Modelo 1



Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil

```
#Usar tuneRF para determinar se há melhor mtry na tentativa de encontrar o valor que produz o menor err
mtry <- tuneRF(treino.IDHM[-6],treino.IDHM$IDHM, ntreeTry=500,
               stepFactor=1,improve=0.01, trace=TRUE, plot=FALSE)
```

```
## mtry = 3  OOB error = 1.782552e-05
## Searching left ...
## Searching right ...
```

```
print(mtry)
```

```
##   mtry     OOBError
## 3    3 1.782552e-05
```

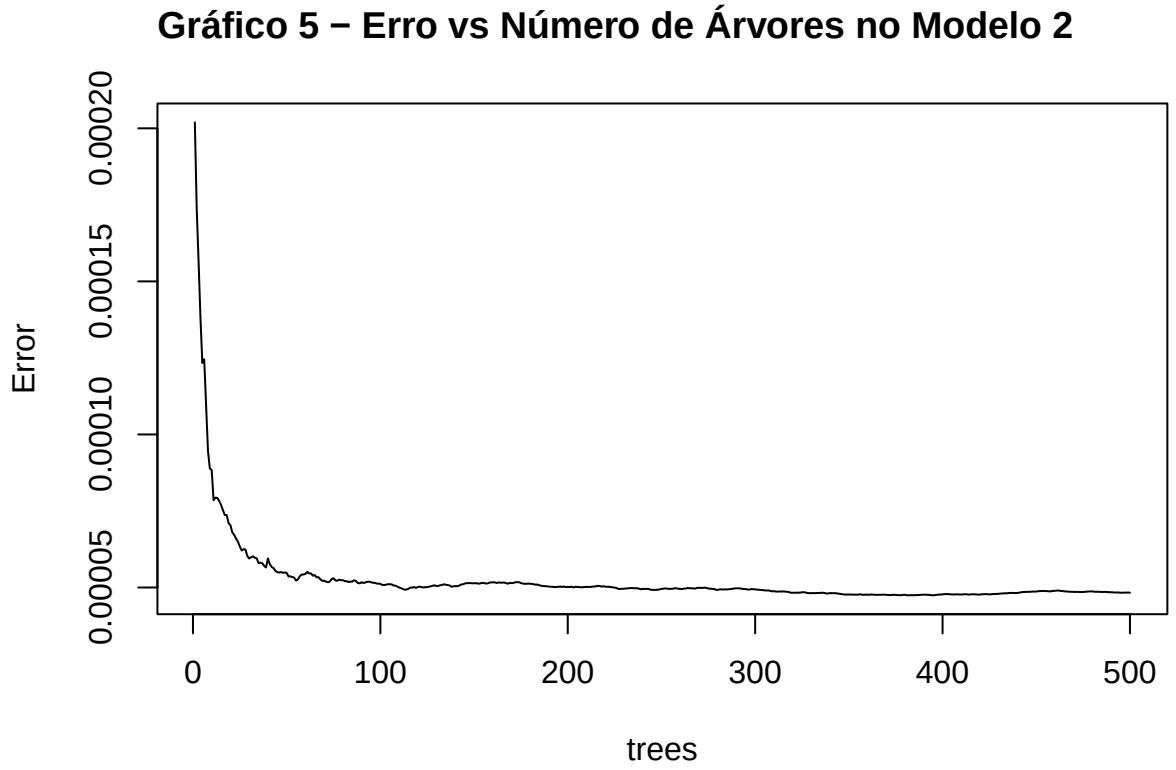
melhor mtry $= 4$

```
#o valor ótimo para mtry é 4, que produz o menor erro.

set.seed(123)
# random forest para regressão com mtry=4
IDHM.model.2 <- randomForest(IDHM ~ ., data = treino.IDHM, ntree=500, mtry = 4,
                             importance = TRUE, na.action = na.omit)
print(IDHM.model.2)
```

```
##
```

```
## Call:
##  randomForest(formula = IDHM ~ ., data = treino.IDHM, ntree = 500,      mtry = 4, importance = TRUE,
##                Type of random forest: regression
##                      Number of trees: 500
## No. of variables tried at each split: 4
##
##           Mean of squared residuals: 4.829864e-05
##                     % Var explained: 97.71
```

```
# Plot the error vs the number of trees graph
plot(IDHM.model.2, main = "")

# Adicionar título e fonte no estilo ABNT
title(main = "Gráfico 5 - Erro vs Número de Árvores no Modelo 2", adj = 0)
mtext("Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil", side=1, line=4, adj = 0, cex=0.8)
```



Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil

desenvolver e avaliar ambos os modelos

```
# Fazer predições com dados de teste usando modelo 1 (mtry = 3)
IDHM.predições.1 <- IDHM.model.1 %>% predict(teste.IDHM)
head(IDHM.predições.1)
```

```
##         4         5         6        21        25        26
## 0.7146746 0.7019420 0.6878327 0.7019142 0.7868317 0.7983661
```

```r
# Fazer predições com dados de teste usando modelo 2 (mtry = 4)
IDHM.predições.2 <- IDHM.model.2 %>% predict(teste.IDHM)
head(IDHM.predições.2)
```

```
##         4         5         6        21        25        26
## 0.7141945 0.7021202 0.6884029 0.7004927 0.7869232 0.8016628
```

```r
# Calcular o erro médio de previsão -- erro quadrático médio da raiz (RMSE) de ambos os modelos
RMSE(IDHM.predições.1, teste.IDHM$IDHM)
```

```
## [1] 0.008417118
```

```r
RMSE(IDHM.predições.2, teste.IDHM$IDHM)
```

```
## [1] 0.00817621
```

O modelo original com mtry=4 (hdi.rf.1) na verdade tem um RMSE maior, portanto,o modelo 2 é o melhor modelo a ser usado daqui para frente. Um RMSE de 0.008546427 é consideravelmente baixo e indica um modelo de previsão altamente válido. analisar a significância de cada variável para ver possíveis mudanças na média.

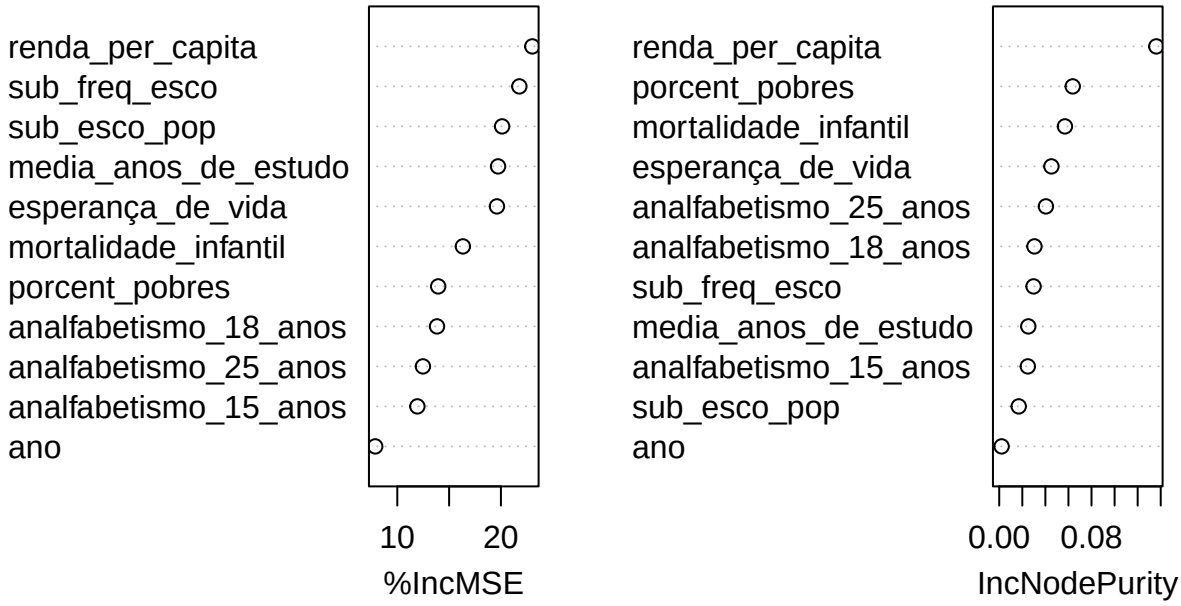
avaliar importância das variáveis

```r
#avaliar a importância das variáveis para o modelo
importance(IDHM.model.1)
```

```
##                          %IncMSE IncNodePurity
## ano                     7.868941   0.002079949
## renda_per_capita       23.030204   0.136166918
## sub_esco_pop           20.115061   0.016921115
## sub_freq_esco          21.777708   0.029760092
## esperança_de_vida      19.615980   0.045243865
## porcent_pobres         13.947132   0.063730867
## mortalidade_infantil   16.330721   0.056961273
## media_anos_de_estudo   19.724511   0.025218818
## analfabetismo_25_anos  12.473426   0.040472876
## analfabetismo_18_anos  13.835095   0.030522313
## analfabetismo_15_anos  11.938146   0.024789071
```

```r
varImpPlot(IDHM.model.1, main = "")

# Adicionar título e fonte no estilo ABNT
title(main = "Gráfico 6 - Importância das Variáveis no Modelo Random Forest", adj = 0)
mtext("Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil", side=1, line=4, adj = 0, cex=0.8)
```

Gráfico 6 − Importância das Variáveis no Modelo Random For



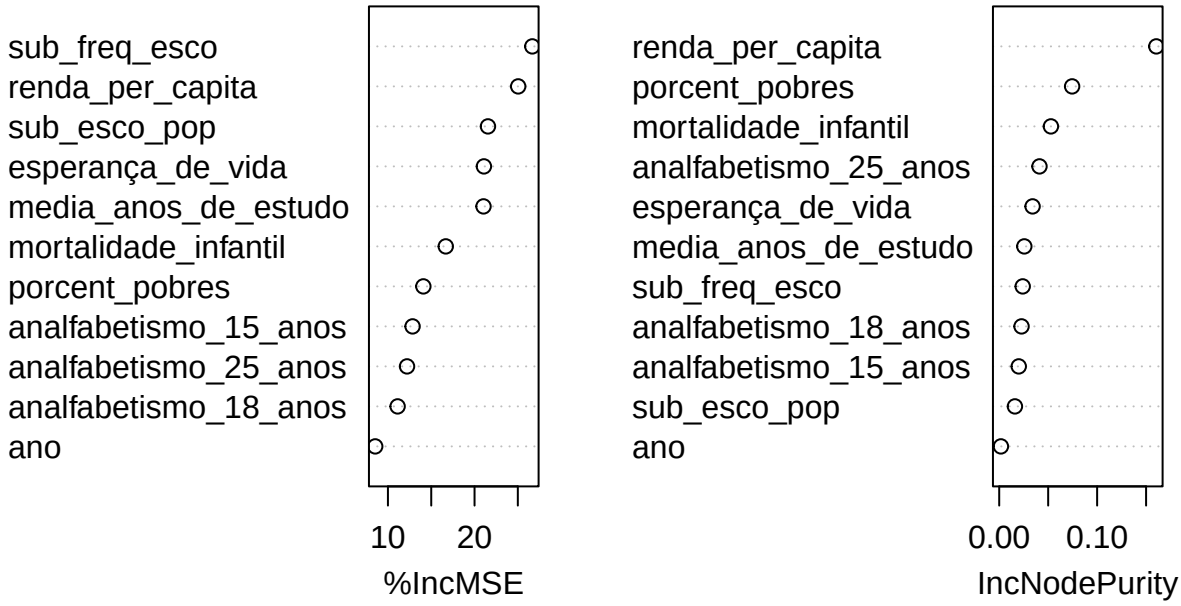
Fonte: Elaboração própria com dad

```r
#avaliar a importância das variáveis para o modelo
importance(IDHM.model.2)
```

```
##                         %IncMSE IncNodePurity
## ano                    8.530811   0.001727589
## renda_per_capita      25.042790   0.160428577
## sub_esco_pop          21.549152   0.016031995
## sub_freq_esco         26.672853   0.023984730
## esperança_de_vida     21.082599   0.034064658
## porcent_pobres        14.087930   0.074457295
## mortalidade_infantil  16.680057   0.052798519
## media_anos_de_estudo  21.035407   0.025611437
## analfabetismo_25_anos 12.204311   0.041127026
## analfabetismo_18_anos 11.118136   0.022789319
## analfabetismo_15_anos 12.844512   0.019948849
```

```r
varImpPlot(IDHM.model.2, main = "")

# Adicionar título e fonte no estilo ABNT
title(main = "Gráfico 7 - Importância das Variáveis no Modelo Random Forest", adj = 0)
mtext("Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil", side=1, line=4, adj = 0, cex=0.8)
```

Gráfico 7 − Importância das Variáveis no Modelo Random For



Fonte: Elaboração própria com dad

###Join predicions to test table **********

```
# Converter predições para um data frame
IDHM.predições.df <- as.data.frame(IDHM.predições.1)
# Mesclar com base no índice
IDHM.predições.df <- merge(teste.IDHM, IDHM.predições.df, by.x = 0, by.y = 0, all.x = TRUE, all.y = TRU
# Criar uma nova coluna calculada com a diferença da predição do IDHM, e o valor Real
IDHM.predições.df$diff <- with(IDHM.predições.df, IDHM.predições.df$IDHM - IDHM.predições.df$IDHM.predi
# Obter a média da diferença
IDHM.predições.df
```

```
##    Row.names  ano renda_per_capita sub_esco_pop sub_freq_esco esperança_de_vida
## 1        117 2016           467.19        0.681         0.717             71.85
## 2        119 2016           473.32        0.585         0.779             73.72
## 3        120 2016          1456.83        0.813         0.826             78.02
## 4        121 2016           738.04        0.654         0.774             78.22
## 5        122 2016           722.67        0.655         0.809             74.09
## 6        131 2016           469.93        0.513         0.719             70.94
## 7        137 2016           921.16        0.686         0.840             79.09
## 8        147 2017           503.66        0.585         0.791             73.94
## 9        152 2017           791.40        0.628         0.752             75.74
## 10       153 2017           766.18        0.652         0.816             74.44
## 11       154 2017           757.43        0.631         0.821             77.49
## 12       157 2017           447.25        0.595         0.691             72.22
## 13       163 2017           596.82        0.598         0.756             71.50
## 14       168 2017           575.58        0.631         0.783             73.56
```

```
## 15       174 2018           499.19        0.564         0.714             73.87
## 16       182 2018           767.86        0.623         0.820             77.73
## 17       196 2018           617.00        0.618         0.811             73.81
## 18       207 2019           366.24        0.578         0.777             71.39
## 19        21 2012           478.88        0.519         0.673             74.59
## 20       216 2019          1044.95        0.760         0.790             77.04
## 21       217 2019           595.13        0.599         0.739             76.29
## 22       218 2019          1047.74        0.673         0.768             78.55
## 23       224 2019           598.77        0.630         0.813             74.05
## 24       225 2020           779.13        0.695         0.807             76.21
## 25       229 2020           478.39        0.727         0.759             71.99
## 26       230 2020           547.09        0.617         0.729             73.66
## 27       234 2020           713.76        0.692         0.844             70.76
## 28       239 2020           497.15        0.568         0.732             73.93
## 29       244 2020           961.32        0.775         0.784             73.24
## 30       245 2020           603.61        0.627         0.756             76.28
## 31       247 2020           640.90        0.652         0.793             71.20
## 32        25 2012           927.60        0.626         0.805             77.70
## 33       252 2020           588.48        0.664         0.818             74.02
## 34       257 2021           432.99        0.739         0.710             69.61
## 35        26 2012          1037.42        0.703         0.840             76.80
## 36       263 2021           341.32        0.618         0.770             67.90
## 37       265 2021           707.48        0.706         0.785             68.77
## 38       274 2021           944.53        0.708         0.772             72.84
## 39        34 2013           508.14        0.520         0.635             72.66
## 40        36 2013          1568.87        0.783         0.799             77.17
## 41         4 2012           528.23        0.670         0.653             72.77
## 42        45 2013           484.80        0.534         0.624             71.44
## 43        47 2013           503.95        0.496         0.699             70.38
## 44        48 2013           888.32        0.698         0.723             75.23
## 45         5 2012           559.44        0.613         0.642             70.85
## 46        55 2013           567.26        0.536         0.631             71.76
## 47        56 2013           550.02        0.599         0.742             72.42
## 48         6 2012           503.29        0.510         0.639             72.39
## 49        60 2014           575.63        0.687         0.689             73.37
## 50        65 2014           807.78        0.633         0.751             77.54
## 51        75 2014           502.70        0.507         0.718             70.57
## 52        90 2015           520.00        0.556         0.687             73.16
## 53        91 2015           478.58        0.562         0.763             73.49
## 54        93 2015           758.07        0.645         0.770             77.89
##    porcent_pobres mortalidade_infantil media_anos_de_estudo
## 1           25.19                18.34                 9.11
## 2           21.93                14.48                 7.65
## 3            4.41                10.57                11.19
## 4            8.21                 8.81                 9.16
## 5            5.77                15.02                 9.04
## 6           22.82                19.25                 7.34
## 7            2.86                 9.23                 9.49
## 8           20.72                13.86                 8.04
## 9            5.40                13.70                 9.21
## 10           6.07                16.60                 8.99
## 11           7.18                10.46                 9.04
## 12          20.54                16.18                 8.33
## 13           8.64                19.70                 8.36
```

```
## 14          11.66                15.44                 8.70
## 15          21.67                16.11                 8.12
## 16           6.71                10.02                 9.07
## 17          13.15                15.00                 8.74
## 18          30.26                18.71                 7.84
## 19          17.80                18.21                 7.44
## 20           6.64                10.46                10.76
## 21          19.57                13.14                 8.68
## 22           3.68                 8.88                 9.90
## 23          14.05                14.57                 8.89
## 24           9.41                14.02                 9.82
## 25          20.50                19.76                10.02
## 26          16.65                18.09                 8.72
## 27           4.87                17.45                 9.79
## 28          15.92                16.34                 8.29
## 29           8.20                13.06                10.93
## 30          12.32                15.39                 9.10
## 31           6.99                22.41                 9.24
## 32           3.00                10.51                 8.95
## 33          11.40                17.13                 9.24
## 34          25.79                21.66                10.10
## 35           3.86                11.25                 9.77
## 36          32.53                23.38                 8.32
## 37           6.39                22.35                 9.83
## 38           4.35                12.18                10.35
## 39          19.79                20.02                 7.34
## 40           4.20                11.28                10.95
## 41          18.37                24.33                 9.09
## 42          19.49                18.39                 7.64
## 43          19.16                21.24                 6.87
## 44           6.01                12.78                 9.80
## 45          22.23                20.88                 8.63
## 46          18.75                19.09                 7.41
## 47          13.17                17.55                 8.11
## 48          22.56                21.04                 7.25
## 49          13.70                23.88                 9.30
## 50           6.91                 9.67                 9.02
## 51          20.31                20.54                 7.11
## 52          18.03                18.24                 7.93
## 53          20.34                15.16                 7.48
## 54           8.13                 9.23                 9.07
##    analfabetismo_25_anos analfabetismo_18_anos analfabetismo_15_anos  IDHM
## 1                   8.63                  7.09                  6.57 0.711
## 2                  17.98                 15.16                 14.19 0.722
## 3                   3.17                  2.71                  2.57 0.847
## 4                   6.97                  5.95                  5.59 0.779
## 5                   7.07                  5.98                  5.61 0.764
## 6                  21.58                 18.28                 17.03 0.685
## 7                   3.31                  2.85                  2.69 0.814
## 8                  16.75                 14.07                 13.19 0.730
## 9                   5.86                  5.02                  4.73 0.762
## 10                  7.63                  6.49                  6.11 0.770
## 11                  6.95                  5.92                  5.59 0.784
## 12                 11.07                  9.24                  8.58 0.694
```

```
## 13                 8.56                 7.12                 6.62 0.721
## 14                12.41                10.44                 9.70 0.740
## 15                15.34                13.15                12.32 0.710
## 16                 6.96                 6.08                 5.77 0.784
## 17                11.60                 9.98                 9.30 0.749
## 18                18.50                15.46                14.34 0.694
## 19                19.25                16.19                15.25 0.695
## 20                 2.59                 2.31                 2.23 0.809
## 21                15.14                12.89                12.29 0.742
## 22                 3.20                 2.84                 2.71 0.801
## 23                11.17                 9.50                 8.90 0.751
## 24                 6.52                 5.67                 5.39 0.784
## 25                 5.99                 4.97                 4.61 0.727
## 26                12.58                11.04                10.37 0.724
## 27                 4.85                 4.25                 4.05 0.758
## 28                16.45                13.83                13.05 0.714
## 29                 2.17                 1.95                 1.89 0.785
## 30                12.77                11.12                10.59 0.750
## 31                 5.61                 4.74                 4.46 0.739
## 32                 4.24                 3.65                 3.43 0.792
## 33                10.59                 8.93                 8.33 0.755
## 34                 5.59                 4.64                 4.36 0.700
## 35                 4.22                 3.69                 3.49 0.812
## 36                14.93                12.40                11.49 0.676
## 37                 5.36                 4.56                 4.30 0.736
## 38                 2.36                 2.14                 2.07 0.771
## 39                18.76                15.81                14.89 0.680
## 40                 3.45                 2.86                 2.69 0.837
## 41                 7.93                 6.37                 5.76 0.707
## 42                13.44                11.07                10.20 0.671
## 43                24.96                20.88                19.32 0.679
## 44                 3.57                 3.14                 2.97 0.768
## 45                 9.46                 7.89                 7.22 0.691
## 46                19.41                16.12                14.98 0.683
## 47                15.35                12.62                11.63 0.719
## 48                19.27                16.29                15.28 0.678
## 49                 8.91                 7.11                 6.54 0.725
## 50                 7.69                 6.57                 6.20 0.772
## 51                23.78                20.16                18.87 0.686
## 52                15.98                13.68                12.76 0.701
## 53                19.35                16.40                15.30 0.715
## 54                 7.66                 6.63                 6.21 0.776
##    IDHM.predições.1          diff
## 1         0.7095903  0.0014097333
## 2         0.7150993  0.0069006667
## 3         0.8385089  0.0084910667
## 4         0.7800819 -0.0010818667
## 5         0.7665971 -0.0025971333
## 6         0.6886255 -0.0036255333
## 7         0.8100509  0.0039491333
## 8         0.7231550  0.0068450000
## 9         0.7685123 -0.0065123333
## 10        0.7674915  0.0025085333
## 11        0.7804120  0.0035880000
```

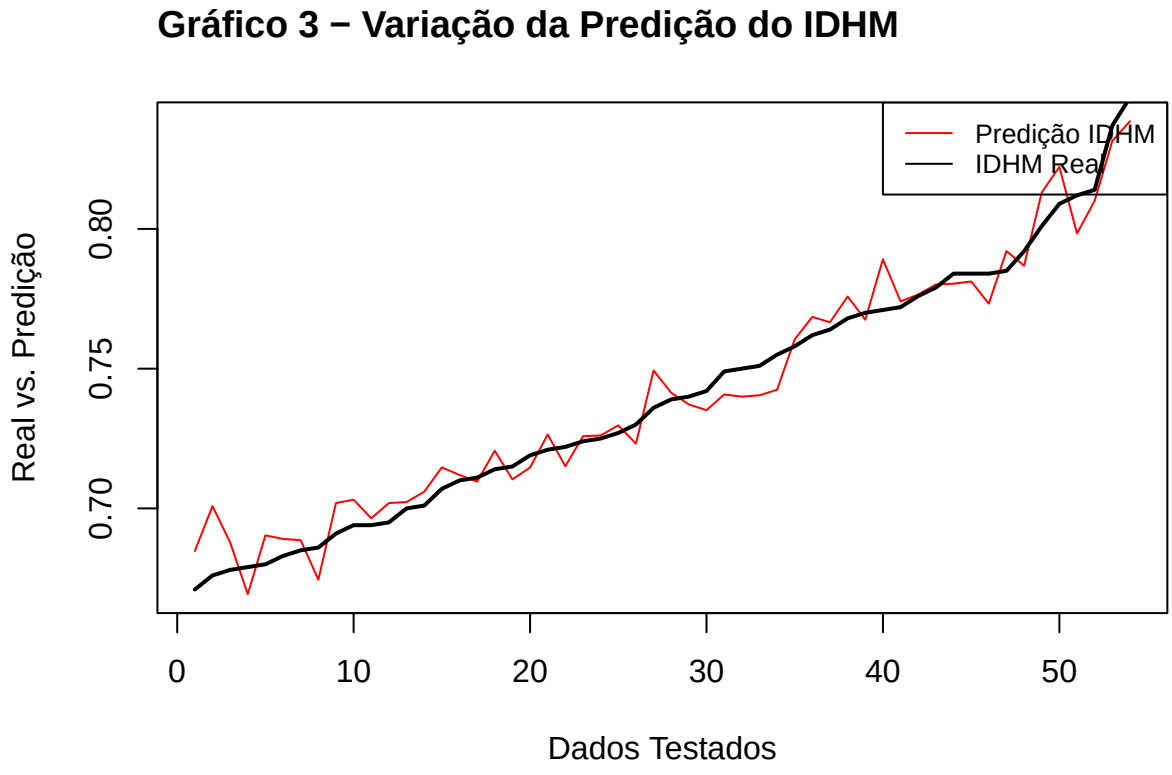
```
## 12        0.7030948 -0.0090948333
## 13        0.7264488 -0.0054487667
## 14        0.7371906  0.0028094000
## 15        0.7119679 -0.0019679000
## 16        0.7811909  0.0028091000
## 17        0.7407610  0.0082389667
## 18        0.6964571 -0.0024571000
## 19        0.7019142 -0.0069142333
## 20        0.8222143 -0.0132143333
## 21        0.7351314  0.0068686000
## 22        0.8130208 -0.0120208000
## 23        0.7404551  0.0105449000
## 24        0.7732565  0.0107435000
## 25        0.7297161 -0.0027161333
## 26        0.7258185 -0.0018185000
## 27        0.7605134 -0.0025134000
## 28        0.7206246 -0.0066246000
## 29        0.7920688 -0.0070688333
## 30        0.7399933  0.0100067333
## 31        0.7413534 -0.0023533667
## 32        0.7868317  0.0051683000
## 33        0.7424384  0.0125615667
## 34        0.7022753 -0.0022753000
## 35        0.7983661  0.0136339333
## 36        0.7008335 -0.0248335333
## 37        0.7493369 -0.0133369000
## 38        0.7891303 -0.0181302667
## 39        0.6903452 -0.0103452000
## 40        0.8314648  0.0055351667
## 41        0.7146746 -0.0076745667
## 42        0.6847285 -0.0137285333
## 43        0.6693097  0.0096902667
## 44        0.7758335 -0.0078334667
## 45        0.7019420 -0.0109420000
## 46        0.6890759 -0.0060759333
## 47        0.7146250  0.0043750000
## 48        0.6878327 -0.0098327000
## 49        0.7261022 -0.0011021667
## 50        0.7740489 -0.0020489333
## 51        0.6744937  0.0115063000
## 52        0.7059610 -0.0049609667
## 53        0.7103681  0.0046319333
## 54        0.7765281 -0.0005280667
```

```r
mean(IDHM.predições.df[,"diff"])
```

```
## [1] -0.00127523
```

```r
### visualizando as predições do modelo em comparação com os valores reais em plots
# Redefinir o índice de linha(row.names)
rownames(IDHM.predições.df ) <- NULL
# Ordenar os dados (sort)
IDHM.predições.df <- IDHM.predições.df[order(IDHM.predições.df$IDHM),]
```

```r
# Plotar as predições versus o IDHM real
plot(IDHM.predições.df$IDHM.predições.1, type = "l", col="red",
     xlab="Dados Testados", ylab="Real vs. Predição", main="")

# Adicionar linhas do IDHM Real
lines(IDHM.predições.df$IDHM, lwd=2)

# Adicionar a legenda
legend("topright",
       legend=c("Predição IDHM", "IDHM Real"),
       col=c("red", "black"),
       lty=1,
       cex=0.8)

# Adicionar título e fonte no estilo ABNT
title(main = "Gráfico 3 - Variação da Predição do IDHM", adj = 0)
mtext("Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil", side=1, line=4, adj = 0, cex=0.8)
```



Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil

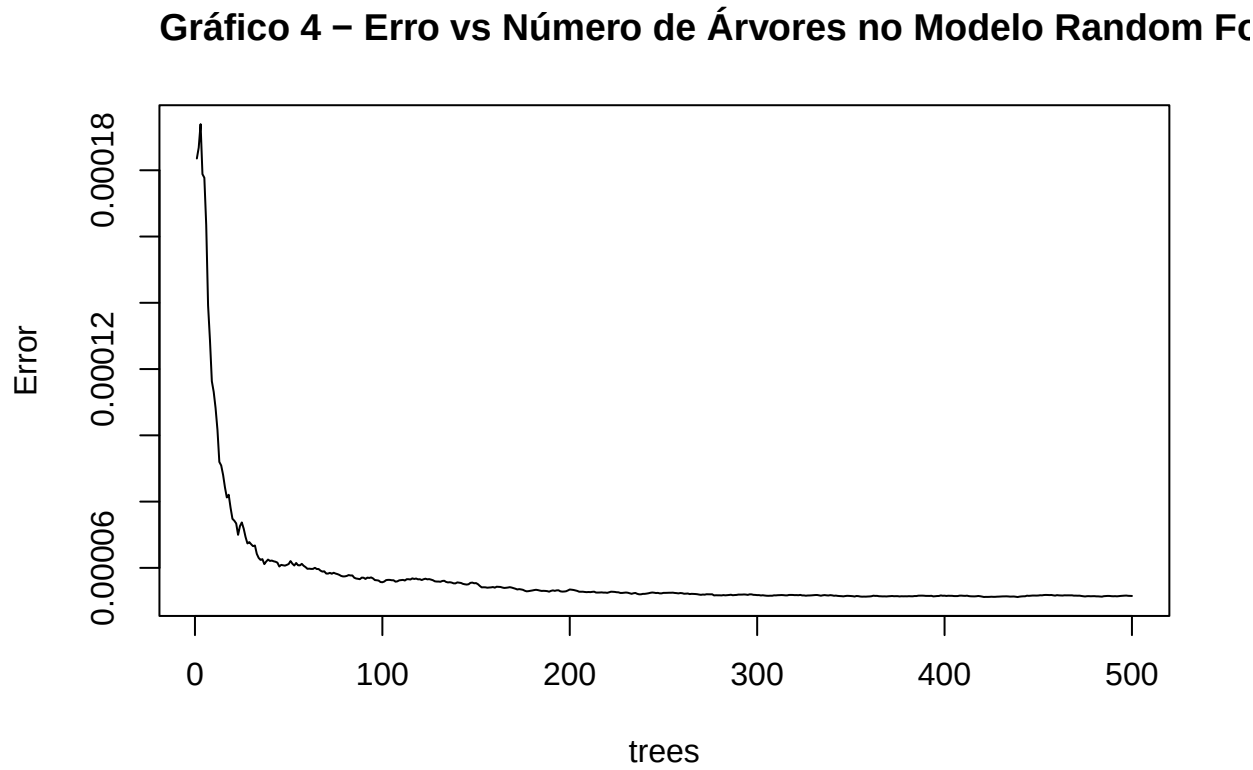
ML para divisão 90/10

```r
amostra2.IDHM <- predic.IDHM$IDHM %>%
  createDataPartition(p = 0.9, list = FALSE)
treino90.IDHM  <- predic.IDHM[amostra2.IDHM, ]
teste90.IDHM <- predic.IDHM[-amostra2.IDHM, ]

# random forest para regressão, iniciando com 500 arvores e mtry of 3
```

```r
IDHM.model90.1 <- randomForest(IDHM ~ ., data = treino90.IDHM, ntree=500, mtry = 3,
                          importance = TRUE, na.action = na.omit)
print(IDHM.model90.1)
```

```
##
## Call:
##  randomForest(formula = IDHM ~ ., data = treino90.IDHM, ntree = 500,      mtry = 3, importance = TRU
##                Type of random forest: regression
##                      Number of trees: 500
## No. of variables tried at each split: 3
##
##           Mean of squared residuals: 5.151742e-05
##                     % Var explained: 97.52
```

```r
# Plotar erro vs numero de arvores

plot(IDHM.model90.1, main = "")

# Adicionar título e fonte no estilo ABNT
title(main = "Gráfico 4 - Erro vs Número de Árvores no Modelo Random Forest", adj = 0)
mtext("Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil", side=1, line=4, adj = 0, cex=0.8)
```



Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil

R Markdown

mtry test

```r
#Usar tuneRF para determinar se há melhor mtry na tentativa de encontrar o valor que produz o menor err
mtry2 <- tuneRF(treino90.IDHM[-6],treino90.IDHM$IDHM, ntreeTry=500,
               stepFactor=1,improve=0.01, trace=TRUE, plot=FALSE)
```

```
## mtry = 3  OOB error = 1.67282e-05
## Searching left ...
## Searching right ...
```

```r
print(mtry2)
```

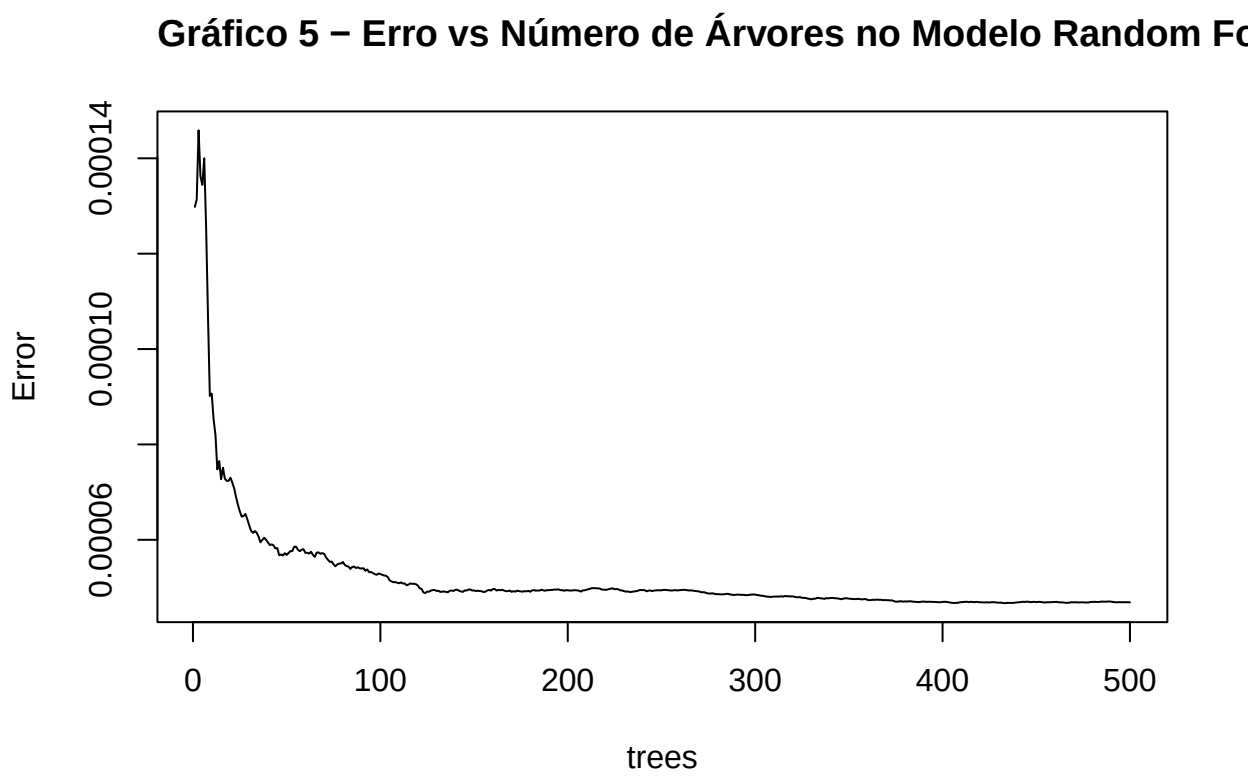
```
##   mtry    OOBError
## 3    3 1.67282e-05
```

Including Plots

```r
set.seed(123)
# random forest para regressão com mtry=4
IDHM.model90.2 <- randomForest(IDHM ~ ., data = treino90.IDHM, ntree=500, mtry = 4,
                               importance = TRUE, na.action = na.omit)
print(IDHM.model90.2)
```

```
##
## Call:
##  randomForest(formula = IDHM ~ ., data = treino90.IDHM, ntree = 500,      mtry = 4, importance = TRU
##                Type of random forest: regression
##                      Number of trees: 500
## No. of variables tried at each split: 4
##
##           Mean of squared residuals: 4.68792e-05
##                     % Var explained: 97.74
```

```r
# Plot the error vs the number of trees graph
plot(IDHM.model90.2, main = "")

# Adicionar título e fonte no estilo ABNT
title(main = "Gráfico 5 - Erro vs Número de Árvores no Modelo Random Forest", adj = 0)
mtext("Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil", side=1, line=4, adj = 0, cex=0.8)
```



Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil

```
# Fazer predições com dados de teste usando modelo 1 (mtry = 3)
IDHM.predições90.1 <- IDHM.model90.1 %>% predict(teste90.IDHM)
head(IDHM.predições90.1)
```

```
##         7        13        33        36        48        50
## 0.6964630 0.7398865 0.7047876 0.8281052 0.7764490 0.7817027
```

```
# Fazer predições com dados de teste usando modelo 2 (mtry = 4)
IDHM.predições90.2 <- IDHM.model90.2 %>% predict(teste90.IDHM)
head(IDHM.predições90.2)
```

```
##         7        13        33        36        48        50
## 0.6967511 0.7420410 0.7041234 0.8284107 0.7763271 0.7807979
```

```
# Calcular o erro médio de previsão -- erro quadrático médio da raiz (RMSE) de ambos os modelos
RMSE(IDHM.predições90.1, teste90.IDHM$IDHM)
```

```
## [1] 0.006009533
```

```
RMSE(IDHM.predições90.2, teste90.IDHM$IDHM)
```

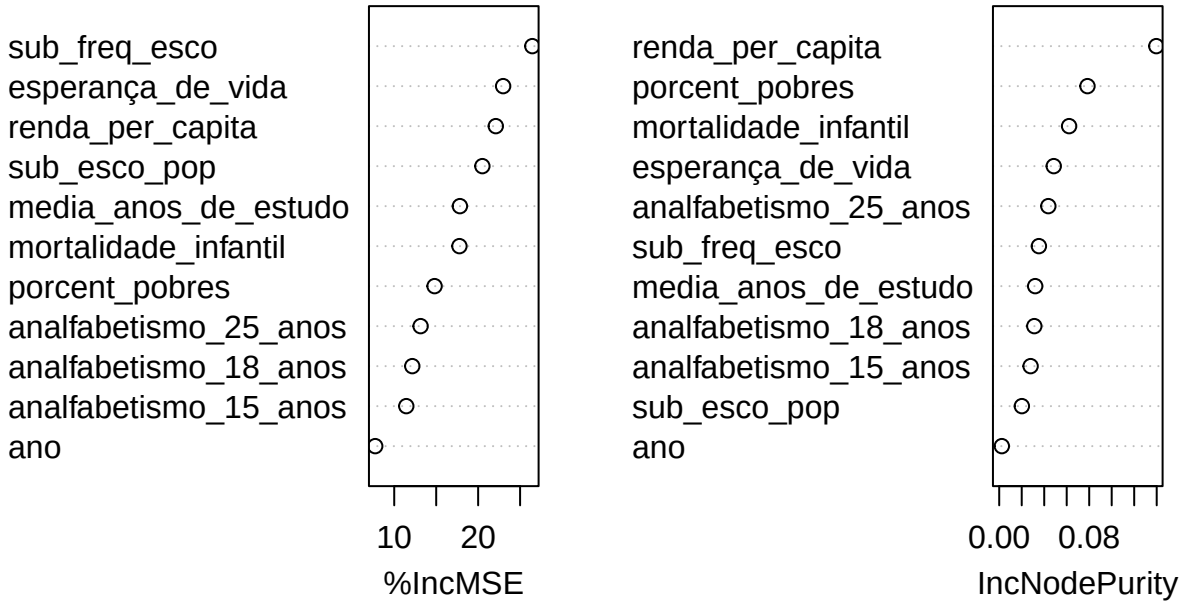
```
## [1] 0.005660171
```

```r
### O modelo original com mtry=4 (hdi.rf.1) na verdade tem um RMSE menor, portanto, é o melhor modelo a

#avaliar a importância das variáveis para o modelo
importance(IDHM.model90.1)
```

```
##                         %IncMSE IncNodePurity
## ano                    7.733471   0.002308057
## renda_per_capita      22.102984   0.139660748
## sub_esco_pop          20.501730   0.020128007
## sub_freq_esco         26.456647   0.035260660
## esperança_de_vida     22.977919   0.048475512
## porcent_pobres        14.807193   0.078452867
## mortalidade_infantil  17.770832   0.062139215
## media_anos_de_estudo  17.827808   0.031973380
## analfabetismo_25_anos 13.140532   0.043658759
## analfabetismo_18_anos 12.149115   0.031203840
## analfabetismo_15_anos 11.436040   0.027893492
```

```r
# Plot da importância das variáveis
varImpPlot(IDHM.model90.1, main = "")

# Adicionar título e fonte no estilo ABNT
title(main = "Gráfico 2 - Importância das Variáveis no Modelo Random Forest", adj = 0)
mtext("Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil", side=1, line=4, adj = 0, cex=0.8)
```

Gráfico 2 − Importância das Variáveis no Modelo Random For



Fonte: Elaboração própria com dad

```r
# Converter predições para um data frame
IDHM.predições90.df <- as.data.frame(IDHM.predições90.1)
# Mesclar com base no índice
IDHM.predições90.df <- merge(teste90.IDHM, IDHM.predições90.df, by.x = 0, by.y = 0, all.x = TRUE, all.y
# Criar uma nova coluna calculada com a diferença da predição do IDHM, e o valor Real
IDHM.predições90.df$diff <- with(IDHM.predições90.df, IDHM.predições90.df$IDHM - IDHM.predições90.df$IDH
# Obter a média da diferença
IDHM.predições90.df
```

```
##    Row.names  ano renda_per_capita sub_esco_pop sub_freq_esco esperança_de_vida
## 1        101 2015           473.62        0.567         0.677             71.84
## 2        103 2015           511.42        0.514         0.720             70.76
## 3        115 2016           422.39        0.523         0.700             71.54
## 4         13 2012           758.68        0.607         0.742             73.16
## 5        179 2018           362.29        0.562         0.757             71.11
## 6        184 2018           937.67        0.667         0.838             77.61
## 7        206 2019           749.17        0.669         0.826             74.59
## 8        216 2019          1044.95        0.760         0.790             77.04
## 9        233 2020           764.29        0.683         0.799             78.68
## 10       238 2020           745.24        0.654         0.831             77.70
## 11       239 2020           497.15        0.568         0.732             73.93
## 12       242 2020           509.32        0.630         0.784             74.88
## 13       251 2020           574.03        0.615         0.718             73.18
## 14       253 2021           723.84        0.703         0.785             74.16
## 15       262 2021           679.62        0.704         0.818             68.28
## 16       266 2021           699.24        0.665         0.815             75.75
## 17       273 2021           593.46        0.636         0.703             74.16
## 18        33 2013           561.11        0.631         0.674             71.11
## 19        36 2013          1568.87        0.783         0.799             77.17
## 20        48 2013           888.32        0.698         0.723             75.23
## 21        50 2013           984.82        0.605         0.738             76.91
## 22        61 2014           561.40        0.637         0.682             71.36
## 23        64 2014          1533.05        0.787         0.793             77.47
## 24         7 2012           451.45        0.540         0.742             72.78
## 25        88 2015           585.99        0.689         0.690             73.65
## 26        90 2015           520.00        0.556         0.687             73.16
##    porcent_pobres mortalidade_infantil media_anos_de_estudo
## 1           20.10                17.21                7.95
## 2           17.34                19.87                7.28
## 3           23.44                19.67                7.21
## 4            6.00                18.72                8.40
## 5           29.88                19.57                7.72
## 6            5.02                 8.61                9.57
## 7            5.74                13.84                9.50
## 8            6.64                10.46               10.76
## 9            6.52                 9.10                9.94
## 10           5.48                11.13                9.37
## 11          15.92                16.34                8.29
## 12          19.68                13.42                9.00
## 13          13.66                16.49                8.81
## 14          13.43                15.28                9.91
## 15           7.15                19.13                9.85
## 16           8.67                12.03                9.57
```

```
## 17          20.90                16.84                 9.19
## 18          19.93                20.18                 8.84
## 19           4.20                11.28                10.95
## 20           6.01                12.78                 9.80
## 21           3.07                10.49                 9.12
## 22          19.32                19.53                 8.77
## 23           4.06                11.04                11.01
## 24          24.38                17.68                 7.19
## 25          18.18                23.66                 9.41
## 26          18.03                18.24                 7.93
##    analfabetismo_25_anos analfabetismo_18_anos analfabetismo_15_anos  IDHM
## 1                  12.05                 9.90                  9.20 0.689
## 2                  22.43                19.28                 17.99 0.689
## 3                  22.37                18.99                 17.68 0.680
## 4                   9.32                 7.87                  7.31 0.742
## 5                  19.16                15.89                 14.67 0.686
## 6                   5.47                 4.72                  4.50 0.805
## 7                   6.30                 5.44                  5.19 0.774
## 8                   2.59                 2.31                  2.23 0.809
## 9                   5.13                 4.50                  4.32 0.792
## 10                  5.52                 4.79                  4.56 0.789
## 11                 16.45                13.83                 13.05 0.714
## 12                 12.60                10.75                 10.11 0.739
## 13                 14.24                11.84                 11.31 0.722
## 14                  6.26                 5.45                  5.19 0.766
## 15                  5.54                 4.80                  4.56 0.737
## 16                  5.27                 4.63                  4.41 0.774
## 17                 11.92                10.29                  9.80 0.728
## 18                  9.52                 7.96                  7.29 0.702
## 19                  3.45                 2.86                  2.69 0.837
## 20                  3.57                 3.14                  2.97 0.768
## 21                  4.28                 3.79                  3.63 0.773
## 22                  9.43                 7.88                  7.22 0.706
## 23                  3.46                 2.93                  2.77 0.836
## 24                 20.95                17.46                 16.20 0.701
## 25                  9.00                 7.47                  7.07 0.728
## 26                 15.98                13.68                 12.76 0.701
##    IDHM.predições90.1          diff
## 1           0.6967634 -0.0077633667
## 2           0.6828848  0.0061152333
## 3           0.6772953  0.0027047000
## 4           0.7398865  0.0021134667
## 5           0.6931612 -0.0071612333
## 6           0.7962265  0.0087734667
## 7           0.7742040 -0.0002040333
## 8           0.8184124 -0.0094123667
## 9           0.7872989  0.0047011333
## 10          0.7862293  0.0027707333
## 11          0.7218438 -0.0078437667
## 12          0.7419198 -0.0029198333
## 13          0.7227145 -0.0007144667
## 14          0.7554348  0.0105652333
## 15          0.7460208 -0.0090207667
## 16          0.7719083  0.0020917333
```

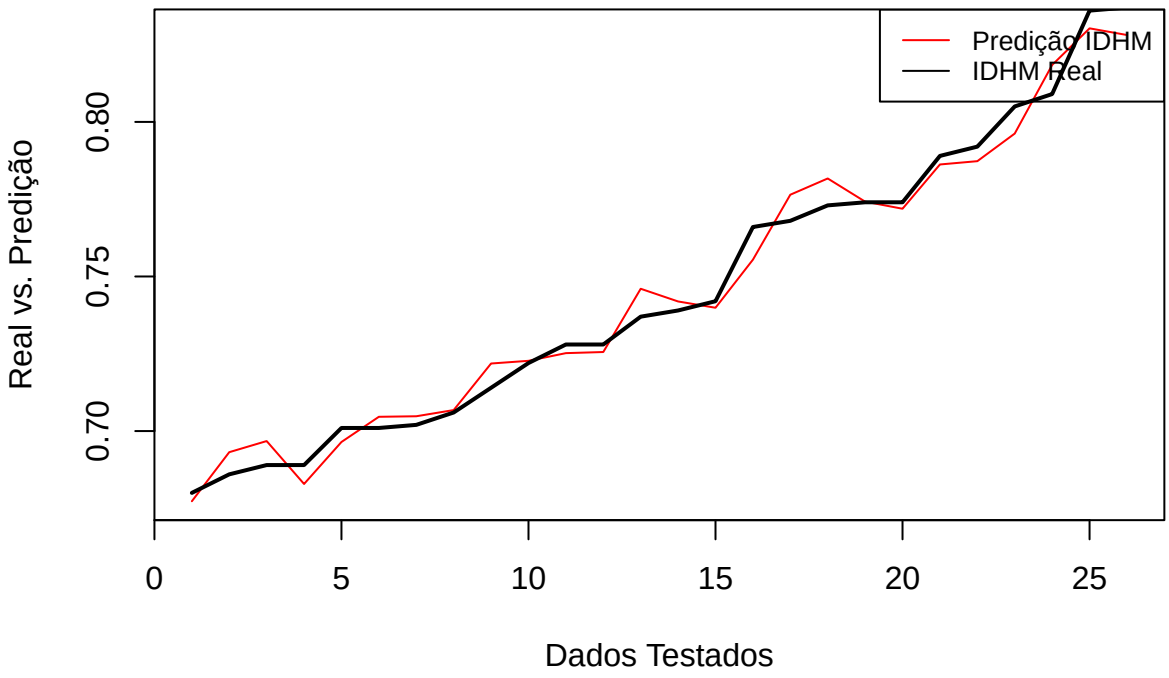
```
## 17          0.7252024  0.0027976000
## 18          0.7047876 -0.0027875667
## 19          0.8281052  0.0088947667
## 20          0.7764490 -0.0084490333
## 21          0.7817027 -0.0087027000
## 22          0.7067838 -0.0007838000
## 23          0.8302623  0.0057376667
## 24          0.6964630  0.0045370333
## 25          0.7255637  0.0024363000
## 26          0.7046101 -0.0036101000
```

```r
mean(IDHM.predições90.df[,"diff"])
```

```
## [1] -0.0001974603
```

```r
#0.001515058, significa que, em média, o modelo está subestimando o IDHM em 0.001515058 unidades.


### visualizando as predições do modelo em comparação com os valores reais em plots
# Redefinir o índice de linha(row.names)
rownames(IDHM.predições90.df ) <- NULL
# Ordenar os dados (sort)
IDHM.predições90.df <- IDHM.predições90.df[order(IDHM.predições90.df$IDHM),]
# Plotar as predições versus o IDHM real
plot(IDHM.predições90.df$IDHM.predições90.1, type = "l", col="red",
     xlab="Dados Testados", ylab="Real vs. Predição", main="")

# Adicionar linhas do IDHM Real
lines(IDHM.predições90.df$IDHM, lwd=2)

# Adicionar a legenda
legend("topright",
       legend=c("Predição IDHM", "IDHM Real"),
       col=c("red", "black"),
       lty=1,
       cex=0.8)

# Adicionar título e fonte no estilo ABNT
title(main = "Gráfico 3 - Variação da Predição do IDHM", adj = 0)
mtext("Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil", side=1, line=4, adj = 0, cex=0.8)
```

Gráfico 3 − Variação da Predição do IDHM



Fonte: Elaboração própria com dados do Atlas Brasil