

Laboratório 4 – Predição e Decisão

ME905

Instruções Gerais

- Baixe os arquivos `produtos_treino.csv`, `produtos_valida.csv` e `produtos_teste.csv` disponíveis em:
https://drive.google.com/drive/folders/1wLey8vhtYhYPEnI2lqL3FOEhSSJisb_k?usp=sharing
 - Utilize qualquer pacote ou função que achar adequado para ajuste dos modelos e validação cruzada, desde que os métodos tenham sido discutidos em aula.
 - Além do código, inclua explicações em texto sempre que considerar necessário. Justifique suas escolhas de métodos, parâmetros e comente os resultados obtidos.
 - Seu relatório deve ser claro, organizado e bem documentado.
-

1. Leitura dos Dados

Carregue o conjunto de treino (`produtos_treino.csv`), que contém um `data.frame` com:

- **20 colunas (x1 a x20):** covariáveis descritivas dos produtos (cada linha corresponde a uma unidade);
- **Coluna y:** variável resposta, indicando se o produto está com defeito ($y = 1$) ou funcionando ($y = 0$);
- **Coluna cost:** custo de compra de cada produto (para os exercícios a partir do 4).

```
library(readr)
treino <- read_csv('produtos_treino.csv')
```

2. Ajuste de Modelos

Utilizando os métodos estudados ao longo do semestre, ajuste um modelo para estimar a probabilidade de que um produto esteja com defeito ($y = 1$), com base nas variáveis `x1` a `x20`.

Orientações:

- Utilize apenas os dados de treino (`produtos_treino.csv`) nesta etapa.
- Caso julgue necessário, use validação cruzada para avaliar o desempenho dos modelos.
- Apresente as diferentes abordagens testadas (métodos, escolha de hiperparâmetros, etc).
- Comente as métricas de desempenho obtidas (por exemplo: acurácia), destacando a escolha do modelo final.

```
set.seed(123)
fit1 <- neuralnet(y ~ . - cost, data = treino, hidden = c(20, 5, 20),
                  linear.output = FALSE, act.fct = 'logistic',
                  lifesign = 'full')
```

```
## hidden: 20, 5, 20    thresh: 0.01    rep: 1/1    steps:    221    error: 2.51426    time: 0.93 secs
```

```
predict(fit1, newdata = treino)
```

```
##          [,1]
## [1,] 3.679015e-07
## [2,] 6.217692e-07
## [3,] 3.886696e-07
## [4,] 2.675145e-03
## [5,] 1.845297e-04
## [6,] 1.070612e-03
## [7,] 5.117722e-07
## [8,] 6.785247e-03
## [9,] 9.674318e-01
## [10,] 2.986635e-07
## [11,] 1.549543e-02
## [12,] 1.222258e-08
## [13,] 8.675392e-03
## [14,] 9.629392e-01
## [15,] 2.428865e-08
## [16,] 1.151086e-07
## [17,] 2.974603e-04
## [18,] 9.987297e-05
## [19,] 7.601140e-06
## [20,] 2.540206e-06
## [21,] 9.931518e-01
## [22,] 4.186199e-04
## [23,] 9.999140e-01
## [24,] 9.642481e-05
## [25,] 5.413965e-06
## [26,] 4.049413e-07
## [27,] 1.138626e-03
## [28,] 7.254824e-05
## [29,] 9.999949e-01
## [30,] 9.955076e-03
## [31,] 2.383220e-04
## [32,] 1.824103e-07
## [33,] 2.703955e-03
## [34,] 7.607763e-05
## [35,] 9.834169e-01
## [36,] 5.497814e-04
## [37,] 5.556331e-04
## [38,] 2.489506e-04
## [39,] 1.801788e-02
## [40,] 1.363439e-08
## [41,] 1.588219e-05
## [42,] 9.802838e-05
## [43,] 2.568908e-03
## [44,] 9.916105e-01
## [45,] 7.920775e-04
## [46,] 7.128791e-07
## [47,] 1.835845e-06
## [48,] 5.439479e-03
## [49,] 1.107028e-02
## [50,] 3.576724e-08
```

```

## [51,] 1.549335e-05
## [52,] 7.446151e-04
## [53,] 2.614161e-05
## [54,] 1.534626e-03
## [55,] 1.558878e-05
## [56,] 1.264022e-05
## [57,] 9.926705e-01
## [58,] 1.355153e-03
## [59,] 2.947433e-07
## [60,] 3.319554e-05
## [61,] 5.411096e-05
## [62,] 1.749543e-03
## [63,] 3.183477e-04
## [64,] 9.926279e-01
## [65,] 5.353352e-06
## [66,] 2.177596e-08
## [67,] 5.219127e-04
## [68,] 7.822349e-06
## [69,] 2.169841e-06
## [70,] 2.480148e-03
## [71,] 4.679322e-08
## [72,] 5.484087e-08
## [73,] 5.005329e-03
## [74,] 1.560453e-04
## [75,] 2.387000e-07
## [76,] 2.253774e-05
## [77,] 1.182889e-05
## [78,] 3.049045e-04
## [79,] 4.282896e-07
## [80,] 5.600807e-06
## [81,] 1.889466e-03
## [82,] 9.616586e-03
## [83,] 8.814135e-07
## [84,] 2.288178e-07
## [85,] 3.234607e-04
## [86,] 8.739285e-08
## [87,] 1.032169e-04
## [88,] 1.882276e-07
## [89,] 8.225255e-07
## [90,] 5.220648e-07
## [91,] 1.271385e-03
## [92,] 1.320292e-04
## [93,] 2.199420e-05
## [94,] 4.608424e-07
## [95,] 2.103651e-06
## [96,] 1.194426e-04
## [97,] 9.994542e-01
## [98,] 1.346128e-03
## [99,] 1.625667e-08
## [100,] 1.177970e-04
## [101,] 1.226728e-07
## [102,] 3.587613e-08
## [103,] 1.395522e-02
## [104,] 1.106670e-06

```

```
## [105,] 1.587964e-03
## [106,] 5.497022e-04
## [107,] 9.997763e-01
## [108,] 8.722335e-07
## [109,] 1.047388e-06
## [110,] 2.271263e-04
## [111,] 3.483906e-06
## [112,] 4.692983e-06
## [113,] 1.755822e-06
## [114,] 2.029759e-03
## [115,] 1.799725e-06
## [116,] 1.255391e-04
## [117,] 1.796632e-04
## [118,] 4.799721e-07
## [119,] 9.996057e-01
## [120,] 6.233015e-03
## [121,] 2.109681e-04
## [122,] 6.894101e-03
## [123,] 8.315020e-05
## [124,] 1.130135e-06
## [125,] 4.232291e-03
## [126,] 1.970926e-04
## [127,] 7.448068e-04
## [128,] 9.948638e-01
## [129,] 9.734251e-01
## [130,] 1.315447e-03
## [131,] 5.834901e-04
## [132,] 2.084779e-05
## [133,] 3.216564e-03
## [134,] 3.251262e-06
## [135,] 2.663964e-04
## [136,] 5.698642e-05
## [137,] 4.844901e-05
## [138,] 7.742908e-07
## [139,] 3.021458e-04
## [140,] 1.785393e-04
## [141,] 1.111710e-05
## [142,] 4.259236e-04
## [143,] 1.000000e+00
## [144,] 1.433989e-06
## [145,] 4.123047e-08
## [146,] 3.333503e-05
## [147,] 1.017960e-05
## [148,] 1.499217e-04
## [149,] 9.995435e-01
## [150,] 3.275238e-08
## [151,] 5.333930e-05
## [152,] 1.411931e-05
## [153,] 5.215528e-04
## [154,] 9.965388e-01
## [155,] 8.514234e-04
## [156,] 2.239006e-04
## [157,] 3.540505e-04
## [158,] 8.986753e-07
```

```
## [159,] 2.885746e-06
## [160,] 3.096775e-06
## [161,] 8.313384e-03
## [162,] 1.557028e-05
## [163,] 7.243690e-05
## [164,] 9.711217e-01
## [165,] 1.393063e-03
## [166,] 2.001373e-05
## [167,] 3.478266e-06
## [168,] 1.417521e-04
## [169,] 6.630177e-08
## [170,] 6.136065e-08
## [171,] 4.991328e-04
## [172,] 1.983564e-04
## [173,] 6.186253e-08
## [174,] 9.679853e-01
## [175,] 7.472590e-05
## [176,] 6.249859e-07
## [177,] 3.398711e-03
## [178,] 8.511422e-05
## [179,] 1.903575e-05
## [180,] 9.520120e-07
## [181,] 9.953486e-03
## [182,] 6.398806e-03
## [183,] 1.792348e-03
## [184,] 1.469791e-03
## [185,] 2.386967e-04
## [186,] 1.352438e-05
## [187,] 3.054288e-03
## [188,] 1.745641e-03
## [189,] 3.351495e-08
## [190,] 2.479293e-05
## [191,] 2.062556e-04
## [192,] 5.346593e-05
## [193,] 8.314436e-08
## [194,] 9.948038e-01
## [195,] 9.306319e-05
## [196,] 4.058070e-05
## [197,] 3.153289e-04
## [198,] 8.214856e-04
## [199,] 1.007643e-06
## [200,] 9.999724e-01
## [201,] 1.099330e-06
## [202,] 1.407928e-03
## [203,] 2.130850e-06
## [204,] 5.511896e-04
## [205,] 1.590735e-04
## [206,] 1.097368e-02
## [207,] 4.462342e-04
## [208,] 2.250612e-07
## [209,] 7.902921e-06
## [210,] 2.627629e-04
## [211,] 1.121915e-06
## [212,] 1.736826e-06
```

```
## [213,] 8.591426e-06
## [214,] 1.742771e-05
## [215,] 6.952175e-05
## [216,] 9.837251e-03
## [217,] 9.136385e-06
## [218,] 2.779455e-05
## [219,] 2.139061e-03
## [220,] 5.824076e-03
## [221,] 6.167332e-06
## [222,] 1.856565e-03
## [223,] 7.827568e-03
## [224,] 1.885480e-06
## [225,] 6.422226e-04
## [226,] 4.538473e-04
## [227,] 1.978113e-07
## [228,] 2.133920e-03
## [229,] 7.354057e-03
## [230,] 5.540694e-08
## [231,] 1.166757e-04
## [232,] 2.010744e-04
## [233,] 3.263203e-05
## [234,] 3.790622e-04
## [235,] 8.523309e-06
## [236,] 2.327356e-04
## [237,] 5.153399e-03
## [238,] 7.255132e-04
## [239,] 7.779961e-03
## [240,] 3.791446e-07
## [241,] 1.888358e-03
## [242,] 1.621499e-06
## [243,] 3.725582e-03
## [244,] 4.890937e-04
## [245,] 1.658761e-04
## [246,] 9.982406e-01
## [247,] 1.443962e-05
## [248,] 8.787355e-04
## [249,] 1.550537e-03
## [250,] 9.935291e-01
## [251,] 1.779871e-05
## [252,] 5.002203e-08
## [253,] 3.226477e-04
## [254,] 1.074045e-04
## [255,] 6.796072e-04
## [256,] 5.201011e-04
## [257,] 9.983396e-01
## [258,] 2.261829e-03
## [259,] 6.099442e-03
## [260,] 9.988549e-01
## [261,] 6.627465e-06
## [262,] 2.067961e-04
## [263,] 2.185873e-05
## [264,] 5.667758e-03
## [265,] 1.205025e-02
## [266,] 2.900186e-04
```

```
## [267,] 2.035274e-08
## [268,] 2.633457e-03
## [269,] 4.188490e-05
## [270,] 1.571038e-04
## [271,] 2.881286e-08
## [272,] 5.708557e-04
## [273,] 1.107208e-04
## [274,] 4.051059e-06
## [275,] 3.843768e-05
## [276,] 1.731148e-07
## [277,] 3.003797e-05
## [278,] 5.112899e-08
## [279,] 1.024063e-02
## [280,] 1.853255e-02
## [281,] 9.969141e-01
## [282,] 2.624506e-06
## [283,] 3.284372e-04
## [284,] 4.874025e-03
## [285,] 1.549105e-06
## [286,] 7.979818e-06
## [287,] 1.740328e-07
## [288,] 8.327017e-04
## [289,] 1.936668e-05
## [290,] 3.085776e-06
## [291,] 7.444711e-07
## [292,] 4.152032e-06
## [293,] 8.350497e-03
## [294,] 9.317941e-05
## [295,] 2.358495e-05
## [296,] 4.202772e-06
## [297,] 1.747315e-05
## [298,] 9.810596e-06
## [299,] 6.353464e-03
## [300,] 4.091672e-03
## [301,] 1.331900e-02
## [302,] 3.476029e-03
## [303,] 9.999999e-01
## [304,] 4.766934e-03
## [305,] 4.783343e-06
## [306,] 3.088043e-06
## [307,] 9.998095e-01
## [308,] 4.942315e-08
## [309,] 1.155596e-06
## [310,] 9.244261e-03
## [311,] 9.764099e-04
## [312,] 5.957048e-07
## [313,] 4.602178e-06
## [314,] 4.321782e-05
## [315,] 4.461715e-03
## [316,] 2.573728e-06
## [317,] 1.041398e-03
## [318,] 1.852211e-03
## [319,] 6.488490e-03
## [320,] 4.203117e-06
```

```
## [321,] 1.708651e-07
## [322,] 4.641711e-03
## [323,] 1.000000e+00
## [324,] 1.556316e-05
## [325,] 2.646588e-07
## [326,] 4.214352e-04
## [327,] 2.612154e-08
## [328,] 4.963655e-04
## [329,] 1.473847e-03
## [330,] 1.267334e-07
## [331,] 5.148016e-04
## [332,] 1.340647e-05
## [333,] 3.481223e-05
## [334,] 1.539533e-06
## [335,] 1.674535e-06
## [336,] 3.433093e-08
## [337,] 1.000000e+00
## [338,] 2.479443e-04
## [339,] 5.814679e-03
## [340,] 1.234217e-07
## [341,] 7.836064e-05
## [342,] 7.713154e-03
## [343,] 9.830933e-01
## [344,] 2.557307e-07
## [345,] 3.160303e-06
## [346,] 9.839508e-01
## [347,] 1.363467e-04
## [348,] 3.093789e-07
## [349,] 5.945452e-03
## [350,] 9.060328e-07
## [351,] 4.820010e-06
## [352,] 2.050152e-08
## [353,] 1.305962e-08
## [354,] 5.982554e-08
## [355,] 9.999541e-01
## [356,] 8.417433e-07
## [357,] 1.056761e-02
## [358,] 7.301635e-07
## [359,] 6.393523e-06
## [360,] 9.997818e-01
## [361,] 8.773553e-08
## [362,] 6.904809e-06
## [363,] 1.264715e-04
## [364,] 2.555500e-04
## [365,] 3.092766e-06
## [366,] 6.336126e-04
## [367,] 6.198536e-05
## [368,] 9.711003e-07
## [369,] 2.867956e-08
## [370,] 2.826465e-07
## [371,] 1.595869e-02
## [372,] 1.777752e-05
## [373,] 6.054956e-05
## [374,] 2.327189e-06
```



```
## [375,] 2.248219e-06
## [376,] 8.192953e-09
## [377,] 9.992718e-01
## [378,] 6.415391e-08
## [379,] 3.135807e-05
## [380,] 5.222795e-03
## [381,] 2.472744e-05
## [382,] 1.226718e-04
## [383,] 1.752494e-05
## [384,] 3.498333e-03
## [385,] 3.466100e-03
## [386,] 9.747808e-01
## [387,] 2.008608e-05
## [388,] 1.847129e-06
## [389,] 9.876160e-01
## [390,] 1.218236e-04
## [391,] 2.750845e-08
## [392,] 8.322938e-05
## [393,] 4.594170e-06
## [394,] 9.999999e-01
## [395,] 1.861224e-05
## [396,] 9.987328e-01
## [397,] 5.032570e-08
## [398,] 1.251500e-06
## [399,] 9.999099e-01
## [400,] 8.992746e-04
## [401,] 3.181136e-06
## [402,] 5.057460e-03
## [403,] 2.843200e-03
## [404,] 1.886730e-03
## [405,] 9.007542e-05
## [406,] 1.012337e-05
## [407,] 3.468058e-05
## [408,] 8.542319e-07
## [409,] 1.133503e-07
## [410,] 2.252480e-07
## [411,] 7.988167e-07
## [412,] 3.287127e-03
## [413,] 1.807297e-05
## [414,] 1.611904e-07
## [415,] 1.193215e-03
## [416,] 1.000000e+00
## [417,] 2.209784e-07
## [418,] 3.452330e-04
## [419,] 2.421488e-07
## [420,] 2.992609e-08
## [421,] 3.060318e-05
## [422,] 4.660313e-08
## [423,] 4.760316e-05
## [424,] 5.025467e-08
## [425,] 7.071491e-08
## [426,] 1.554845e-06
## [427,] 9.861041e-01
## [428,] 1.468775e-04
```

[429,] 1.469893e-06
[430,] 6.681941e-08
[431,] 3.538615e-06
[432,] 2.910504e-05
[433,] 9.837416e-01
[434,] 1.444778e-06
[435,] 2.263234e-03
[436,] 9.795134e-03
[437,] 6.352699e-04
[438,] 2.251721e-03
[439,] 3.529618e-05
[440,] 1.252718e-04
[441,] 3.129260e-06
[442,] 2.563525e-07
[443,] 2.695216e-04
[444,] 2.717233e-04
[445,] 7.429858e-04
[446,] 9.650773e-05
[447,] 1.260159e-02
[448,] 3.616677e-03
[449,] 9.998577e-01
[450,] 3.188428e-06
[451,] 7.255314e-04
[452,] 8.124210e-04
[453,] 2.331664e-03
[454,] 1.045415e-03
[455,] 4.095127e-06
[456,] 9.956716e-01
[457,] 3.965133e-03
[458,] 1.404296e-03
[459,] 2.342866e-04
[460,] 9.129778e-08
[461,] 3.815455e-04
[462,] 3.435420e-05
[463,] 1.328228e-02
[464,] 9.703815e-06
[465,] 1.456186e-06
[466,] 2.364570e-03
[467,] 2.898034e-05
[468,] 1.102714e-03
[469,] 1.200221e-06
[470,] 5.554976e-07
[471,] 9.865515e-01
[472,] 9.234748e-06
[473,] 9.601799e-03
[474,] 1.987356e-04
[475,] 8.153431e-05
[476,] 1.038653e-04
[477,] 1.562699e-02
[478,] 3.681769e-08
[479,] 1.565576e-06
[480,] 1.663930e-07
[481,] 2.956115e-07
[482,] 4.506717e-04

```
## [483,] 1.143878e-07
## [484,] 4.271030e-03
## [485,] 1.070770e-02
## [486,] 2.337136e-04
## [487,] 9.482820e-04
## [488,] 9.882220e-01
## [489,] 3.088719e-05
## [490,] 4.396403e-03
## [491,] 3.182896e-05
## [492,] 1.988073e-03
## [493,] 4.040753e-04
## [494,] 1.591378e-06
## [495,] 9.262611e-04
## [496,] 5.421431e-03
## [497,] 1.089362e-07
## [498,] 4.424478e-08
## [499,] 1.505752e-03
## [500,] 1.825402e-03
## [501,] 2.050890e-05
## [502,] 2.699178e-05
## [503,] 1.625539e-04
## [504,] 1.255441e-03
## [505,] 9.999965e-01
## [506,] 2.340647e-06
## [507,] 9.895689e-01
## [508,] 9.999934e-01
## [509,] 2.438805e-08
## [510,] 1.057355e-02
## [511,] 1.416210e-03
## [512,] 6.433498e-08
## [513,] 7.588237e-06
## [514,] 1.238703e-08
## [515,] 3.925916e-08
## [516,] 1.293942e-02
## [517,] 1.274075e-08
## [518,] 9.869743e-01
## [519,] 9.333235e-08
## [520,] 1.517638e-03
## [521,] 3.073153e-03
## [522,] 1.056273e-04
## [523,] 1.680026e-03
## [524,] 9.475020e-01
## [525,] 1.711240e-07
## [526,] 3.838748e-05
## [527,] 4.452726e-06
## [528,] 1.016589e-02
## [529,] 9.881133e-04
## [530,] 1.223465e-04
## [531,] 2.085858e-08
## [532,] 9.876913e-01
## [533,] 2.500030e-04
## [534,] 9.902531e-01
## [535,] 3.486632e-04
## [536,] 6.105028e-08
```

```
## [537,] 4.871496e-04
## [538,] 2.605307e-06
## [539,] 9.999730e-01
## [540,] 1.102212e-07
## [541,] 6.424213e-05
## [542,] 9.389596e-07
## [543,] 6.582128e-07
## [544,] 6.241350e-07
## [545,] 9.829751e-01
## [546,] 1.221022e-02
## [547,] 7.151605e-06
## [548,] 7.302525e-04
## [549,] 8.472773e-06
## [550,] 2.614619e-05
## [551,] 4.507114e-03
## [552,] 1.764768e-07
## [553,] 1.992873e-04
## [554,] 8.376250e-08
## [555,] 1.557040e-03
## [556,] 3.765291e-05
## [557,] 3.209282e-05
## [558,] 5.113269e-03
## [559,] 2.831170e-05
## [560,] 2.930154e-05
## [561,] 2.694813e-07
## [562,] 1.212199e-08
## [563,] 2.163172e-07
## [564,] 5.733444e-05
## [565,] 3.392593e-08
## [566,] 1.535986e-04
## [567,] 2.305463e-07
## [568,] 6.373913e-06
## [569,] 7.993854e-06
## [570,] 4.229640e-04
## [571,] 3.601369e-02
## [572,] 1.404393e-08
## [573,] 3.529999e-03
## [574,] 3.046467e-04
## [575,] 1.607895e-07
## [576,] 1.265865e-03
## [577,] 2.837115e-02
## [578,] 3.630481e-04
## [579,] 9.979595e-01
## [580,] 3.698513e-03
## [581,] 6.740457e-06
## [582,] 1.249088e-07
## [583,] 9.999993e-01
## [584,] 8.561763e-08
## [585,] 9.999990e-01
## [586,] 1.631055e-04
## [587,] 2.238742e-04
## [588,] 9.597961e-08
## [589,] 9.185748e-04
## [590,] 1.755880e-07
```

```
## [591,] 9.999954e-01
## [592,] 1.012839e-06
## [593,] 4.704794e-04
## [594,] 1.236735e-06
## [595,] 1.056006e-03
## [596,] 9.999975e-01
## [597,] 1.578351e-06
## [598,] 1.000000e+00
## [599,] 8.550694e-03
## [600,] 2.648094e-07
## [601,] 8.461794e-06
## [602,] 9.893141e-01
## [603,] 2.672428e-05
## [604,] 4.602324e-07
## [605,] 2.324626e-04
## [606,] 9.441000e-03
## [607,] 4.786672e-05
## [608,] 2.630923e-07
## [609,] 8.054248e-05
## [610,] 4.374452e-04
## [611,] 7.497513e-07
## [612,] 2.509637e-02
## [613,] 3.982872e-03
## [614,] 1.171067e-05
## [615,] 2.029158e-03
## [616,] 1.000000e+00
## [617,] 1.935135e-08
## [618,] 1.710066e-04
## [619,] 1.000000e+00
## [620,] 3.162080e-03
## [621,] 1.000000e+00
## [622,] 1.297332e-07
## [623,] 9.874786e-04
## [624,] 3.402187e-05
## [625,] 9.956004e-01
## [626,] 4.778486e-03
## [627,] 3.432308e-04
## [628,] 9.999996e-01
## [629,] 9.999962e-01
## [630,] 5.712572e-04
## [631,] 9.988932e-01
## [632,] 9.999999e-01
## [633,] 7.724312e-08
## [634,] 1.412412e-06
## [635,] 1.316033e-03
## [636,] 1.000000e+00
## [637,] 5.422963e-04
## [638,] 5.567246e-03
## [639,] 2.395907e-03
## [640,] 1.638066e-04
## [641,] 8.913019e-05
## [642,] 5.440777e-05
## [643,] 7.135103e-03
## [644,] 1.137755e-03
```

```
## [645,] 2.098852e-08
## [646,] 2.486258e-03
## [647,] 1.021849e-07
## [648,] 2.291900e-06
## [649,] 8.878699e-06
## [650,] 1.188665e-06
## [651,] 2.743823e-04
## [652,] 1.029549e-06
## [653,] 1.040209e-04
## [654,] 5.296264e-05
## [655,] 2.074503e-04
## [656,] 1.173142e-07
## [657,] 1.335945e-03
## [658,] 7.186962e-09
## [659,] 1.470320e-05
## [660,] 1.147442e-04
## [661,] 4.642037e-04
## [662,] 9.994519e-01
## [663,] 1.800348e-03
## [664,] 9.470172e-09
## [665,] 9.999974e-01
## [666,] 9.866391e-01
## [667,] 5.414619e-07
## [668,] 9.144378e-06
## [669,] 3.757924e-04
## [670,] 9.987282e-01
## [671,] 2.295581e-03
## [672,] 2.739109e-08
## [673,] 4.356944e-07
## [674,] 8.378161e-05
## [675,] 8.041646e-07
## [676,] 1.000000e+00
## [677,] 1.095828e-04
## [678,] 9.999980e-01
## [679,] 1.000000e+00
## [680,] 9.729130e-05
## [681,] 2.617046e-04
## [682,] 1.119760e-06
## [683,] 6.224662e-08
## [684,] 9.969449e-01
## [685,] 5.917636e-05
## [686,] 3.040390e-03
## [687,] 5.462358e-03
## [688,] 3.401016e-03
## [689,] 1.397639e-07
## [690,] 9.999998e-01
## [691,] 1.086513e-03
## [692,] 3.680763e-03
## [693,] 7.566544e-04
## [694,] 1.967648e-04
## [695,] 9.708918e-08
## [696,] 3.838032e-07
## [697,] 5.566393e-04
## [698,] 2.643671e-04
```

```
## [699,] 2.046131e-04
## [700,] 9.999999e-01
## [701,] 2.091138e-08
## [702,] 5.722750e-03
## [703,] 9.229286e-04
## [704,] 5.012618e-04
## [705,] 1.455125e-03
## [706,] 7.080830e-03
## [707,] 4.692399e-05
## [708,] 4.790675e-04
## [709,] 3.901901e-05
## [710,] 5.792711e-07
## [711,] 8.579527e-03
## [712,] 3.638251e-04
## [713,] 4.690897e-03
## [714,] 3.358939e-05
## [715,] 1.244666e-03
## [716,] 4.865820e-04
## [717,] 7.444973e-07
## [718,] 5.266936e-06
## [719,] 1.149969e-04
## [720,] 1.192965e-05
## [721,] 1.639491e-05
## [722,] 1.000000e+00
## [723,] 6.700068e-05
## [724,] 1.000000e+00
## [725,] 9.846865e-01
## [726,] 3.745103e-04
## [727,] 2.583204e-05
## [728,] 1.875299e-06
## [729,] 4.862013e-08
## [730,] 1.269984e-04
## [731,] 5.253747e-03
## [732,] 5.057400e-04
## [733,] 9.984407e-01
## [734,] 7.518773e-03
## [735,] 1.835907e-04
## [736,] 1.717102e-02
## [737,] 1.002252e-03
## [738,] 8.584008e-07
## [739,] 7.375765e-09
## [740,] 2.353860e-05
## [741,] 1.146451e-02
## [742,] 9.474498e-04
## [743,] 5.363529e-03
## [744,] 6.373633e-04
## [745,] 4.947269e-05
## [746,] 9.988750e-01
## [747,] 9.836615e-01
## [748,] 8.308294e-03
## [749,] 5.269209e-03
## [750,] 1.142586e-08
## [751,] 9.886901e-01
## [752,] 1.093335e-04
```

```
## [753,] 2.349161e-03
## [754,] 3.799711e-05
## [755,] 3.111913e-06
## [756,] 3.456358e-03
## [757,] 9.520502e-03
## [758,] 4.189376e-07
## [759,] 2.513561e-06
## [760,] 9.846412e-03
## [761,] 9.858637e-01
## [762,] 1.748104e-08
## [763,] 1.611659e-03
## [764,] 1.507877e-04
## [765,] 6.664171e-07
## [766,] 7.253883e-03
## [767,] 3.429945e-03
## [768,] 2.926519e-05
## [769,] 8.051572e-07
## [770,] 2.824233e-04
## [771,] 2.771251e-04
## [772,] 1.437060e-03
## [773,] 4.251756e-03
## [774,] 9.983421e-01
## [775,] 3.676219e-07
## [776,] 4.110194e-04
## [777,] 4.043655e-07
## [778,] 5.086838e-06
## [779,] 2.152997e-08
## [780,] 2.800735e-03
## [781,] 9.998956e-01
## [782,] 2.553189e-08
## [783,] 5.590296e-05
## [784,] 9.966656e-01
## [785,] 9.999865e-01
## [786,] 2.275831e-06
## [787,] 9.899329e-01
## [788,] 1.209475e-07
## [789,] 1.000000e+00
## [790,] 5.883082e-04
## [791,] 5.421150e-06
## [792,] 9.935025e-01
## [793,] 2.931968e-06
## [794,] 1.619864e-07
## [795,] 2.096710e-04
## [796,] 2.293101e-04
## [797,] 1.585507e-03
## [798,] 5.605781e-08
## [799,] 7.717488e-05
## [800,] 1.154267e-03
## [801,] 1.645297e-03
## [802,] 2.564349e-04
## [803,] 9.601210e-03
## [804,] 7.731873e-06
## [805,] 2.006426e-04
## [806,] 1.545115e-03
```


[807,] 6.269265e-05
[808,] 2.463046e-03
[809,] 1.833676e-02
[810,] 1.745408e-08
[811,] 2.425372e-06
[812,] 9.996097e-01
[813,] 1.939351e-03
[814,] 5.391283e-04
[815,] 1.787171e-07
[816,] 2.332553e-05
[817,] 2.266834e-08
[818,] 3.039005e-03
[819,] 2.267398e-07
[820,] 9.951672e-01
[821,] 9.998976e-01
[822,] 9.839169e-01
[823,] 7.909753e-06
[824,] 8.753868e-04
[825,] 2.422822e-07
[826,] 1.142857e-04
[827,] 8.580853e-03
[828,] 1.000000e+00
[829,] 4.603274e-05
[830,] 1.000000e+00
[831,] 1.100558e-05
[832,] 6.756884e-08
[833,] 1.279591e-03
[834,] 1.429653e-02
[835,] 9.960979e-01
[836,] 5.498495e-03
[837,] 9.945440e-01
[838,] 1.161192e-05
[839,] 8.375973e-08
[840,] 5.869488e-04
[841,] 1.498872e-06
[842,] 9.988324e-01
[843,] 1.809400e-07
[844,] 3.787730e-04
[845,] 1.569204e-03
[846,] 6.660630e-07
[847,] 1.989546e-04
[848,] 1.839282e-04
[849,] 9.997414e-01
[850,] 9.408798e-06
[851,] 3.780383e-03
[852,] 3.693676e-07
[853,] 9.827211e-01
[854,] 1.867145e-05
[855,] 1.096567e-03
[856,] 1.032446e-04
[857,] 1.331135e-02
[858,] 2.617225e-07
[859,] 5.313301e-05
[860,] 1.326000e-05

```
## [861,] 1.343441e-08
## [862,] 7.153185e-04
## [863,] 9.846190e-01
## [864,] 2.052950e-07
## [865,] 2.204329e-04
## [866,] 2.441655e-02
## [867,] 1.000000e+00
## [868,] 4.013224e-08
## [869,] 6.937111e-04
## [870,] 4.052614e-07
## [871,] 9.956088e-01
## [872,] 4.800991e-05
## [873,] 7.193942e-07
## [874,] 3.629976e-05
## [875,] 1.720049e-04
## [876,] 3.116267e-03
## [877,] 1.174166e-06
## [878,] 1.672999e-02
## [879,] 7.740315e-03
## [880,] 1.875217e-05
## [881,] 8.224849e-06
## [882,] 1.006875e-02
## [883,] 5.213403e-04
## [884,] 1.590545e-03
## [885,] 8.076923e-08
## [886,] 9.932133e-01
## [887,] 2.186974e-04
## [888,] 5.873954e-08
## [889,] 2.501006e-03
## [890,] 1.010840e-05
## [891,] 3.671027e-03
## [892,] 1.337773e-08
## [893,] 4.408681e-08
## [894,] 2.612446e-05
## [895,] 3.318502e-08
## [896,] 5.927280e-08
## [897,] 1.539624e-03
## [898,] 1.856559e-05
## [899,] 1.831328e-07
## [900,] 1.063699e-03
## [901,] 3.920514e-05
## [902,] 2.888453e-05
## [903,] 9.366351e-04
## [904,] 1.059257e-04
## [905,] 2.391031e-03
## [906,] 1.870194e-02
## [907,] 1.040706e-03
## [908,] 6.906990e-04
## [909,] 9.807522e-01
## [910,] 2.584241e-04
## [911,] 9.556345e-03
## [912,] 4.891569e-05
## [913,] 1.586912e-04
## [914,] 9.980977e-01
```

```
## [915,] 5.704523e-05
## [916,] 3.652130e-03
## [917,] 3.744109e-04
## [918,] 5.293837e-05
## [919,] 2.177357e-04
## [920,] 1.004572e-04
## [921,] 2.346435e-06
## [922,] 5.976162e-03
## [923,] 1.107245e-03
## [924,] 8.116417e-05
## [925,] 9.798790e-04
## [926,] 9.753956e-03
## [927,] 3.545737e-05
## [928,] 2.522438e-04
## [929,] 9.902180e-01
## [930,] 1.958344e-02
## [931,] 1.666891e-08
## [932,] 1.169063e-03
## [933,] 2.016278e-05
## [934,] 5.371029e-07
## [935,] 2.512703e-04
## [936,] 3.779501e-05
## [937,] 1.043463e-05
## [938,] 3.292194e-07
## [939,] 3.615504e-03
## [940,] 8.252593e-03
## [941,] 5.361098e-04
## [942,] 1.658858e-06
## [943,] 8.405697e-08
## [944,] 9.954284e-01
## [945,] 4.804505e-04
## [946,] 7.497017e-03
## [947,] 6.476049e-07
## [948,] 1.477026e-03
## [949,] 1.496348e-02
## [950,] 7.842678e-07
## [951,] 6.266918e-07
## [952,] 9.925513e-01
## [953,] 2.290219e-07
## [954,] 2.098881e-03
## [955,] 2.205652e-08
## [956,] 1.000000e+00
## [957,] 5.537812e-06
## [958,] 7.366026e-04
## [959,] 9.999983e-01
## [960,] 3.026026e-06
## [961,] 8.426887e-04
## [962,] 8.883763e-05
## [963,] 6.721957e-04
## [964,] 1.117975e-06
## [965,] 1.644682e-03
## [966,] 1.249424e-02
## [967,] 4.815978e-05
## [968,] 2.554966e-05
```

```
## [969,] 2.177352e-03
## [970,] 4.556376e-04
## [971,] 2.532424e-07
## [972,] 3.339640e-07
## [973,] 9.955547e-01
## [974,] 2.973905e-06
## [975,] 8.258777e-04
## [976,] 2.591777e-03
## [977,] 1.128893e-07
## [978,] 6.468333e-06
## [979,] 7.357126e-03
## [980,] 4.133614e-04
## [981,] 4.860148e-03
## [982,] 7.788652e-03
## [983,] 6.366258e-06
## [984,] 5.933431e-08
## [985,] 1.266117e-02
## [986,] 7.779618e-04
## [987,] 9.631009e-05
## [988,] 1.254026e-03
## [989,] 3.390435e-07
## [990,] 1.804573e-02
## [991,] 2.511062e-06
## [992,] 2.702458e-04
## [993,] 1.583013e-08
## [994,] 1.387922e-02
## [995,] 6.291511e-03
## [996,] 4.100693e-04
## [997,] 9.858058e-01
## [998,] 8.689189e-06
## [999,] 7.661041e-07
## [1000,] 7.434698e-05
```

```
# modelo escolhido
fit <- fit1
```

3. Predição e Avaliação

Utilize o modelo final para gerar predições no conjunto de validação (`produtos_valida.csv`).

Tarefas:

- Calcule as probabilidades previstas de $y = 1$ para os produtos da validação.
- Escolha um critério de classificação para converter as probabilidades em predições binárias.
- Construa a matriz de confusão e comente os resultados.

```
valida <- read_csv('produtos_valida.csv')
pred <- ifelse(predict(fit, newdata = valida) >= 0.5, 1, 0)
table('modelo'=pred, 'verdadeiro'=valida$y)
```

```
##      verdadeiro
## modelo    0    1
##      0 411  26
##      1  41  22
```

4. Decisão Baseada em Custos

Suponha que:

- Cada produto pode ser comprado pelo valor especificado na variável `cost`;
- Produtos funcionando ($y = 0$) podem ser revendidos por **110**;
- Não é possível saber previamente se um produto está quebrado.

Tarefa:

- Determine uma regra de decisão, com base nas probabilidades preditas, que maximize o lucro esperado.
- Sua regra deve indicar, para cada produto, se ele deve ser comprado ou não.

Para modelar o problema, considere:

- ϕ : Preço de revenda do i -ésimo produto (110);
- ψ_i : Preço de compra do i -ésimo produto (variável `cost`);
- \hat{y} : Probabilidade do produto estar quebrado;
- Decisão: com base na probabilidade estimada do produto estar quebrado, vamos determinar se devemos comprá-lo ($d = 1$) ou não ($d = 0$).

Matriz de “Perda”:

		y	
		0	1
d	0	$\phi - \psi_i$	$-\psi_i$
	1	$-(\phi - \psi_i)$	ψ_i

```
# é para o banco de dados valida?  
val_venda <- 110
```

5. Validação da Regra de Decisão

Aplique sua regra de decisão ao conjunto de validação (`produtos_valida.csv`).

Responda às perguntas:

- Quantos produtos seriam comprados? Quantos não seriam?
- Qual seria o lucro (ou prejuízo) total ao final do processo de compra e revenda?
- Comente os resultados, avaliando se a decisão parece vantajosa.

6. Aplicação a Novos Dados

O arquivo `produtos_teste.csv` contém um novo conjunto de produtos, **sem a variável resposta y** .

Tarefa:

- Aplique o modelo treinado e sua regra de decisão a esse conjunto.
- Gere um arquivo `.csv` contendo apenas uma coluna chamada `d`, com as seguintes codificações:
 - `d = 1`: decisão de **comprar** o produto;
 - `d = 0`: decisão de **não comprar**.

Exemplo de saída:

```
-  
d  
-  
1  
0  
0  
1  
-
```

7. Entrega

- Submeta no Moodle:
 1. Seu **relatório completo** (em PDF gerado a partir deste Rmd).
 2. O **arquivo .csv com as decisões** (d) para o conjunto de teste.