

Exercício 5.

Nome: Lucas Kou Kinoshita

RM: 2019021557

data: 16/04/2025

### Implementação:

O método para visualização da superfície de separação resultante de uma ELM elaborado em sala foi transformado em uma função:

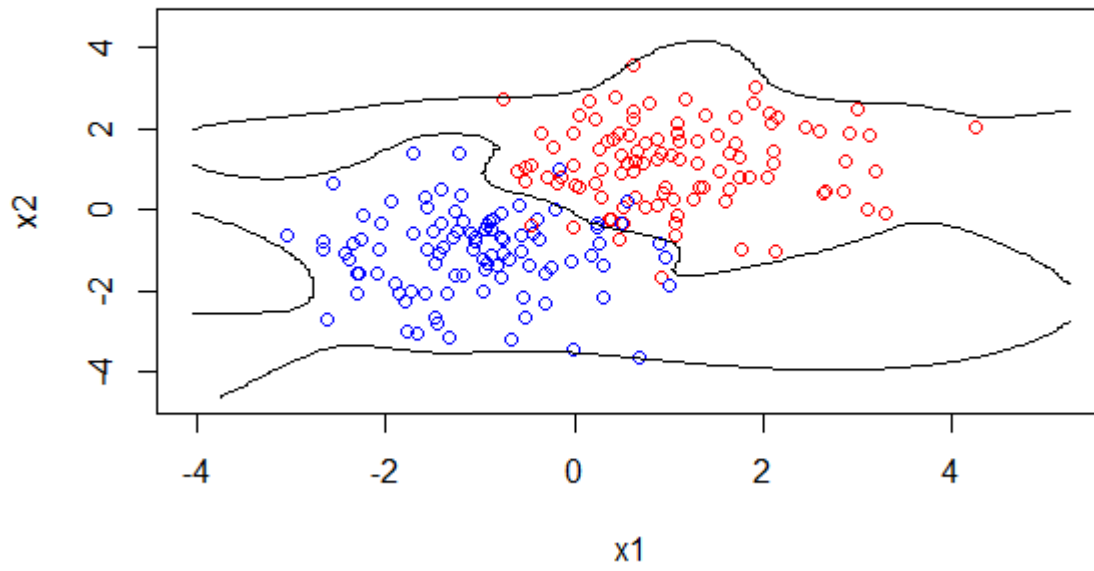
```
plot_elm_decision_surface <- function(data, p = 60, s = 1, title = "ELM Decision Surface") {  
  # Dados  
  X <- data$x * s  
  Y <- ifelse(data$classes == levels(data$classes)[1], -1, 1)  
  Y <- matrix(Y, ncol = 1)  
  
  # Parâmetros  
  Z <- matrix(runif(3 * p, -0.5, 0.5), nrow = 3)  
  Xaug <- cbind(1, X)  
  H <- tanh(Xaug %%% Z)  
  Haug <- cbind(1, H)  
  w <- ginv(Haug) %%% Y  
  
  # Previsão e erro  
  Yhat <- sign(Haug %%% w)  
  e_train <- sum((Y - Yhat)^2) / 4  
  cat("Erro de treinamento:", e_train, "\n")  
  
  # Plot  
  plot(X, col = ifelse(Y == -1, "red", "blue"),  
        xlab = "x1", ylab = "x2", main = title, xlim = c(min(X[,1])-1, max(X[,1])+1),  
        ylim = c(min(X[,2])-1, max(X[,2])+1))  
  
  # Malha para contorno  
  seqx1 <- seq(min(X[,1])-1, max(X[,1])+1, length.out = 200)  
  seqx2 <- seq(min(X[,2])-1, max(X[,2])+1, length.out = 200)  
  grid <- expand.grid(x1 = seqx1, x2 = seqx2)  
  grid_aug <- cbind(1, as.matrix(grid))  
  hgrid <- cbind(1, tanh(grid_aug %%% Z))  
  pred_grid <- matrix(sign(hgrid %%% w), nrow = 200)  
  
  contour(seqx1, seqx2, pred_grid, levels = 0, add = TRUE, drawlabels = FALSE)  
}
```

Em seguida, a função é utilizada sobre os conjuntos de dados sugeridos no enunciado do exercício:

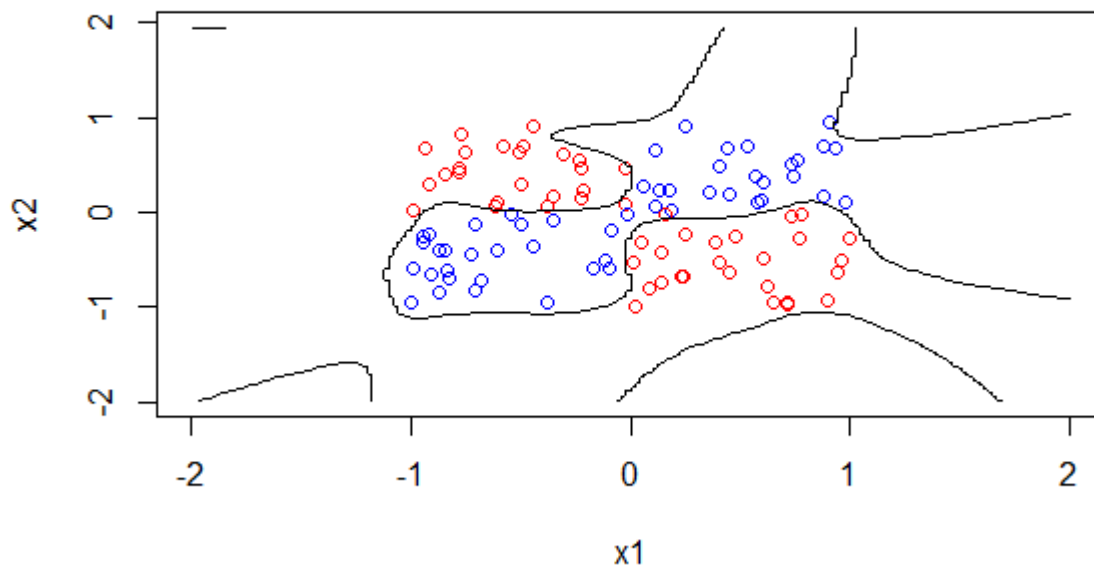
```
# mlbench.2dnormals  
data1 <- mlbench.2dnormals(200)  
plot_elm_decision_surface(data1, title = "2D Normals")  
  
# mlbench.xor  
data2 <- mlbench.xor(100)  
plot_elm_decision_surface(data2, title = "XOR")  
  
# mlbench.circle  
data3 <- mlbench.circle(100)  
plot_elm_decision_surface(data3, title = "Circle")  
  
# mlbench.spirals  
data4 <- mlbench.spirals(100, sd = 0.05)  
plot_elm_decision_surface(data4, title = "Spirals")
```

Resultando nas seguintes superfícies:

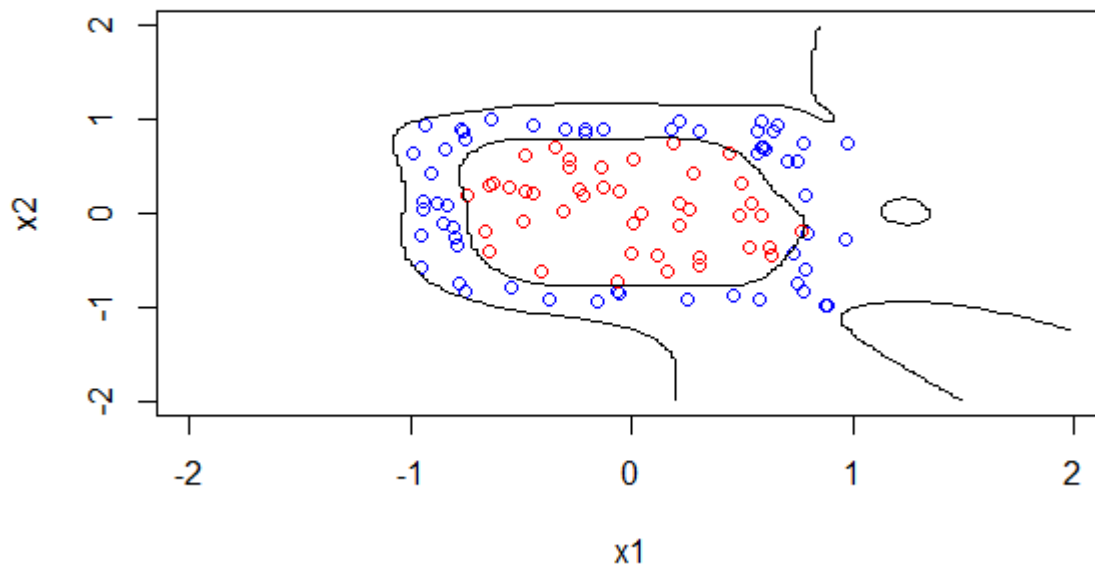
**2D Normals**



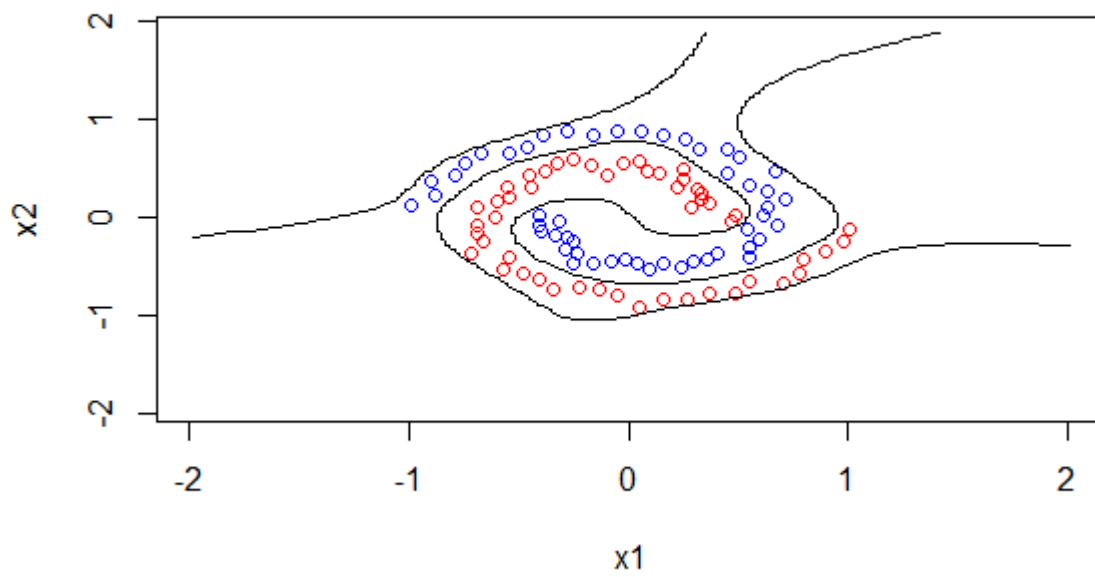
**XOR**



**Circle**



**Spirals**



**Conclusão:**

Ao observar as superfícies geradas, podemos verificar que a ELM funcionou bem para os problemas de classificação binários elaborados, uma vez que poucas amostras de diferentes classes aparentam se misturar dentro de cada superfície.