

# T319 - Introdução ao Aprendizado de Máquina: *Regressão Linear: Escalonamento de Atributos*



***Inatel***

Felipe Augusto Pereira de Figueiredo  
felipe.figueiredo@inatel.br

# Recapitulando

- Vimos que a escolha do passo de aprendizagem influencia muito no processo aprendizagem do gradiente descendente.
  - Valores pequenos fazem com que o algoritmo tenha convergência muito lenta.
  - Valores grandes fazem com que o algoritmo divirja.
- Gráfico do erro em função das iterações nos ajuda a depurar o algoritmo.
- Além do ajuste manual, quando usamos GDE ou GD em mini-batches, precisamos reduzir o valor do passo de aprendizagem ao longo das iterações para garantir a convergência e estabilizaçãod do GD.
- Hoje, veremos um tipo de ***pré-processamento*** bastante importante para algoritmos de ML que usem métricas de distância como função de erro.
  - **Pré-processamento:** Técnicas aplicadas aos dados de treinamento antes do treinamento.

# Escalonamento de Atributos

- Em algumas situações, alguns **atributos** acabam sendo dominantes sobre os demais no sentido de que exercerem grande influência sobre o **erro** cometido pelo modelo.
- Isto pode ocorrer devido à grande diferença de magnitude entre os atributos.
- Essa diferença entre as magnitudes afeta o desempenho de algoritmos de ML que utilizam métricas de distância como função de erro.
  - As diferenças entre as magnitudes dos atributos faz com que as superfícies de erro tenham formato de vale, dificultando a convergência dos algoritmos.

# Escalonamento de Atributos

- Dada a seguinte equação hipótese,  $h(\mathbf{x})$

$$\hat{y}(n) = h(\mathbf{x}(n)) = a_1 x_1(n) + a_2 x_2(n).$$

- A função de erro é dada por

$$J_e(\mathbf{a}) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} [y_{\text{noisy}}(n) - (a_1 x_1(n) + a_2 x_2(n))]^2.$$

- Caso  $x_1(n) \gg x_2(n), \forall i$ , então  $x_1$  tem uma influência maior no erro resultante, o que pode ser expresso de forma aproximada como

$$J_e(\mathbf{a}) \approx \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} [y_{\text{noisy}}(n) - a_1 x_1(n)]^2.$$

- Portanto, o erro entre  $y$  e  $h(\mathbf{x}(n))$  será dominado pelo atributo  $x_1$ .



# Escalonamento de Atributos

Função objetivo:

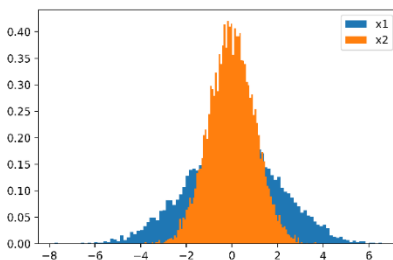
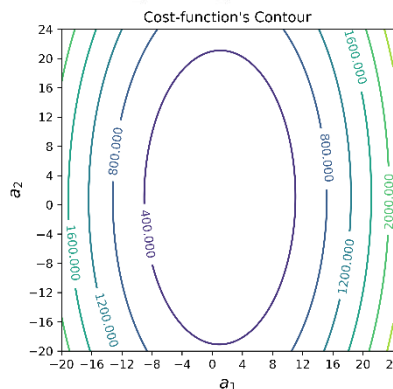
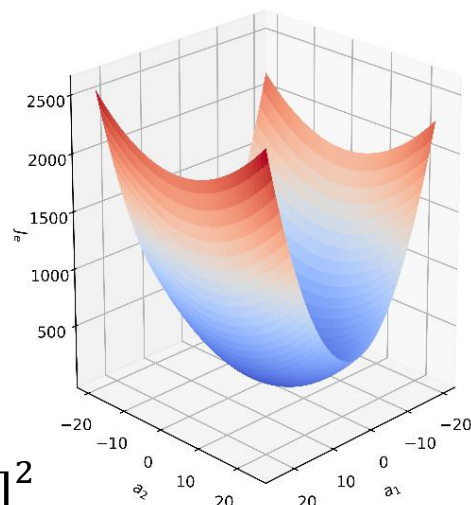
$$y(n) = a_1 x_1(n) + a_2 x_2(n),$$

onde  $a_1 = 1, a_2 = 1$ .

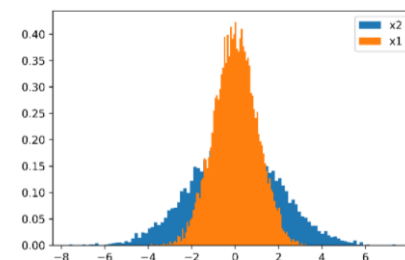
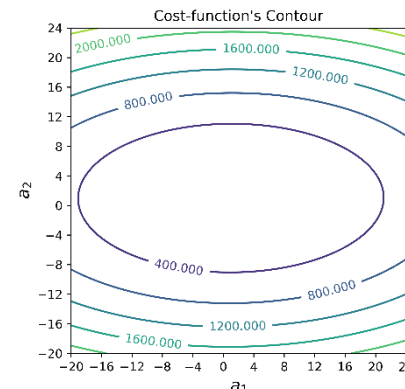
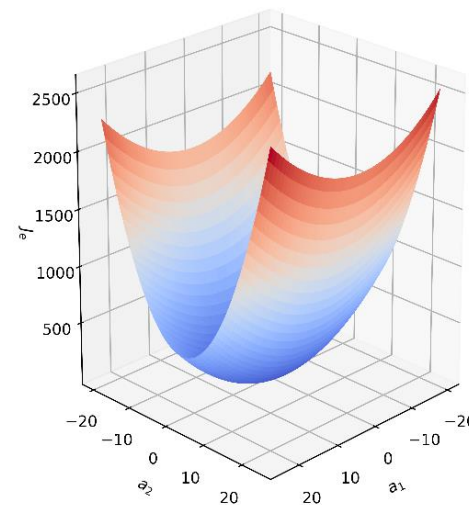
Para plotar a superfície de erro usamos:

$$J_e(\mathbf{a}) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} [y_{\text{noisy}}(n) - (\hat{a}_1 x_1(n) + \hat{a}_2 x_2(n))]^2$$

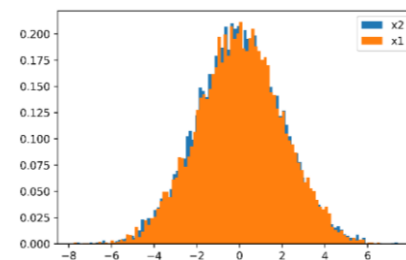
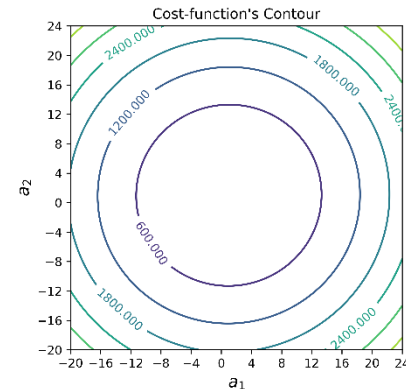
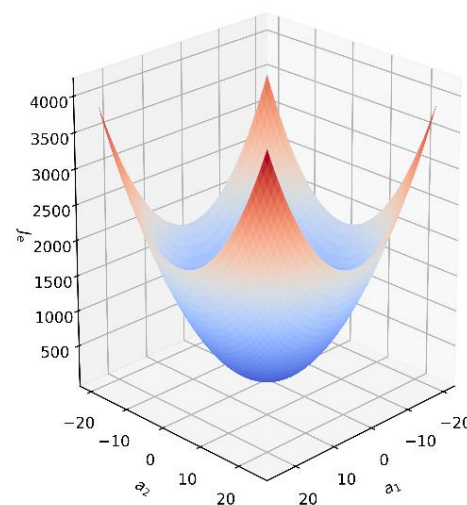
- $x_1 \gg x_2$ : erro varia mais rapidamente com variações de  $\hat{a}_1$ , resultando num vale.
- A mesma coisa pode ser dita para  $x_2$  e  $\hat{a}_2$  (vale).
- Quando  $x_1$  e  $x_2$  têm intervalo semelhante, então, a variação tanto de  $\hat{a}_1$  quanto de  $\hat{a}_2$  tem **pesos** semelhante na variação do erro (tigela).



$x_1 = 2 * \text{randn}(M, 1)$   
 $x_2 = \text{randn}(M, 1)$



$x_1 = \text{randn}(M, 1)$   
 $x_2 = 2 * \text{randn}(M, 1)$



$x_1 = 2 * \text{randn}(M, 1)$   
 $x_2 = 2 * \text{randn}(M, 1)$

[Exemplo: formatos diferentes da superfície de erro.ipynb](#)

# Escalonamento de Atributos

- O que pode ser feito?
- Para evitar esse problema, o intervalo de variação de todos os **atributos** deve ser **escalonado** para que cada **atributo** contribua com o mesmo peso para o cálculo do erro.
- As duas formas mais comuns de escalonamento são:

- **Normalização Mín-Max**

$$x'_k(i) = \frac{x_k(i) - \min(\mathbf{x})}{\max(\mathbf{x}) - \min(\mathbf{x})}, 0 \leq x'_k(i) \leq 1$$

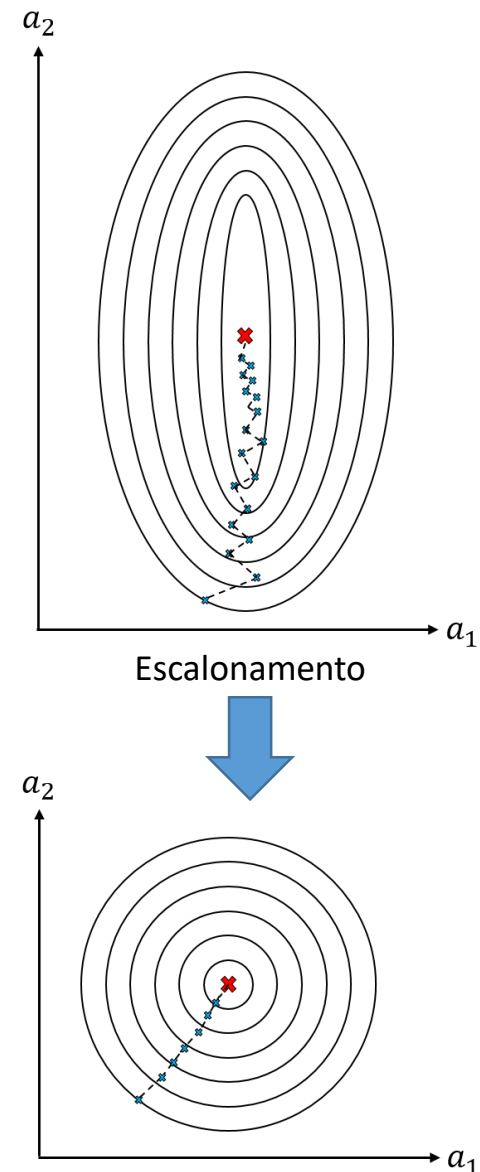
- **Padronização**

$$x'_k(i) = \frac{x_k(i) - \mu_x}{\sigma_x}$$

- **Normalização mín-max** faz com que os atributos variem entre 0 e 1.
- **Padronização** faz com que os atributos tenham média zero e desvio padrão unitário. Observe que, neste caso, os valores não ficam restritos a um intervalo específico.

# Escalonamento de Atributos

- Ajuda a acelerar a convergência do ***gradiente descendente*** pois deixa as curvas de nível da superfície de erro mais circulares.
- Ajuda a estabilizar os algoritmos de aprendizado de máquina.
- Possibilita comparar o peso/influência de cada ***atributo*** no modelo.
- Observações:
  - Quando temos um conjunto de validação/teste do modelo, aplica-se ao conjunto de validação o escalonamento com os parâmetros (min, max, média, variância) obtidos com o conjunto de treinamento.
  - Em alguns casos, o escalonamento também é aplicado aos rótulos, i.e., aos valores de  $y$ . Mas não se esqueça de desfazer o escalonamento para realizar previsões que sejam significativas.



# Escalonamento de Atributos: Exemplo

- Função geradora:

$$y = x_1 + x_2,$$

onde  $x_1 \sim N(0, 1)$ ,  $x_2 \sim N(10, 100)$  e  $a_1 = a_2 = 1$ .

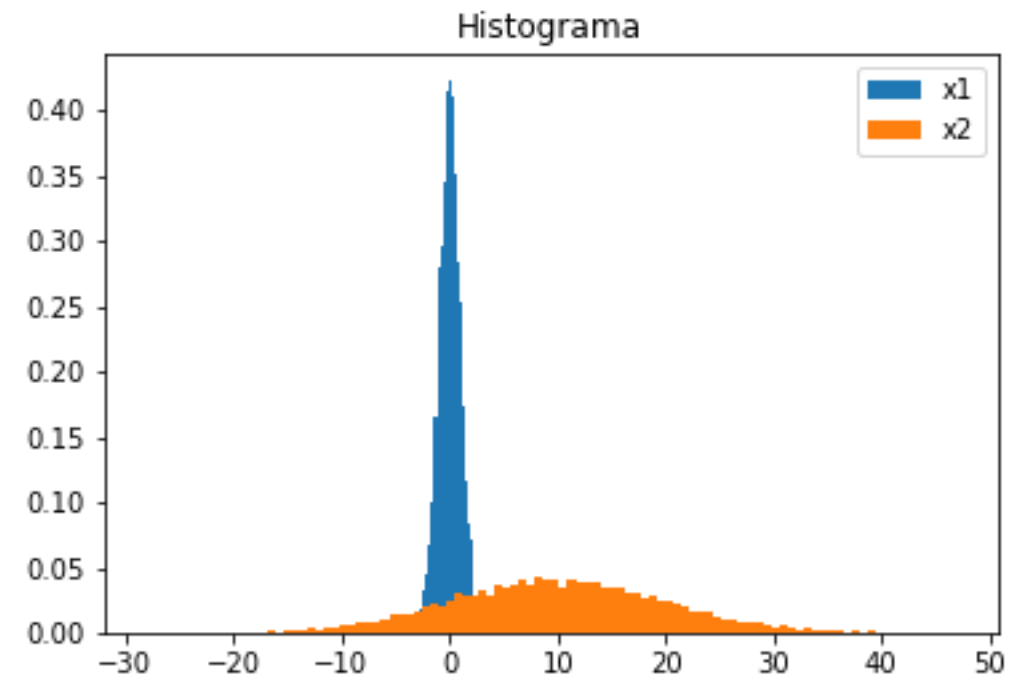
- Função ruidosa:

$$y_{\text{noisy}} = y + w,$$

onde  $w \sim N(0, 1)$

- Função hipótese:

$$\hat{y} = \hat{a}_1 x_1 + \hat{a}_2 x_2.$$

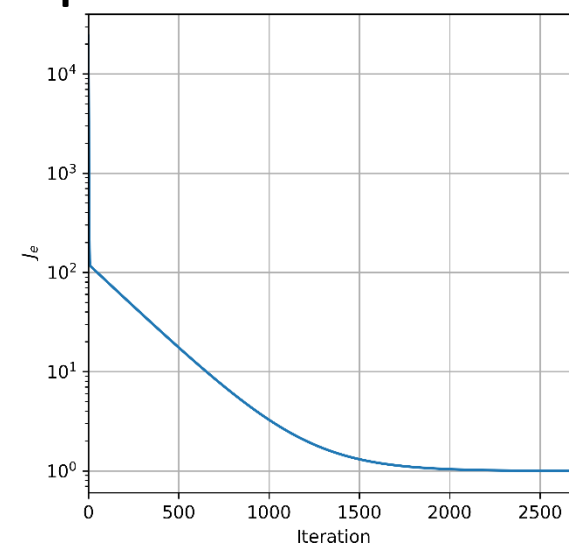
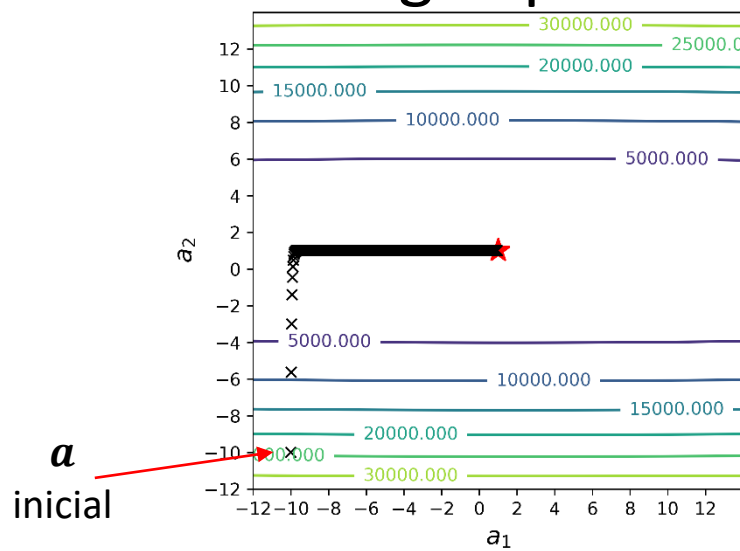
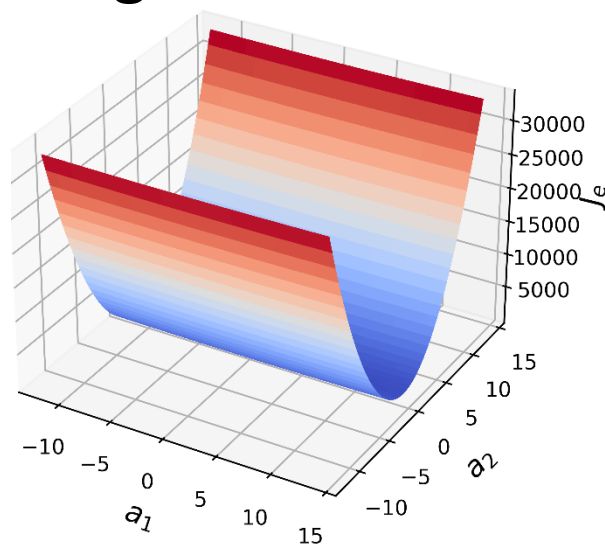




# Escalonamento de Atributos: Exemplo

[Exemplo: escalonamento de atributos com scikit learn.ipynb](#)

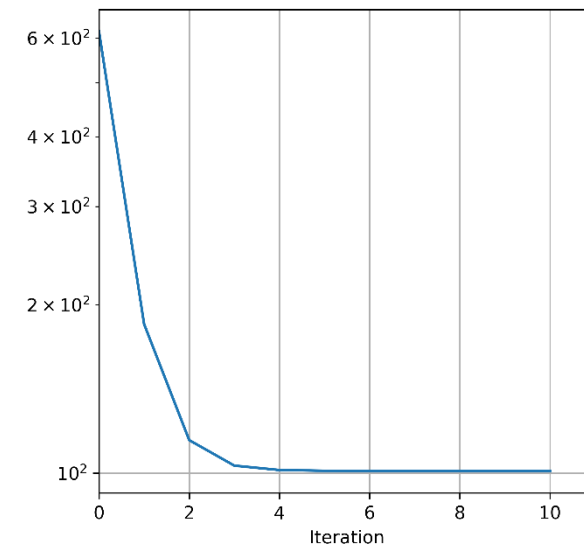
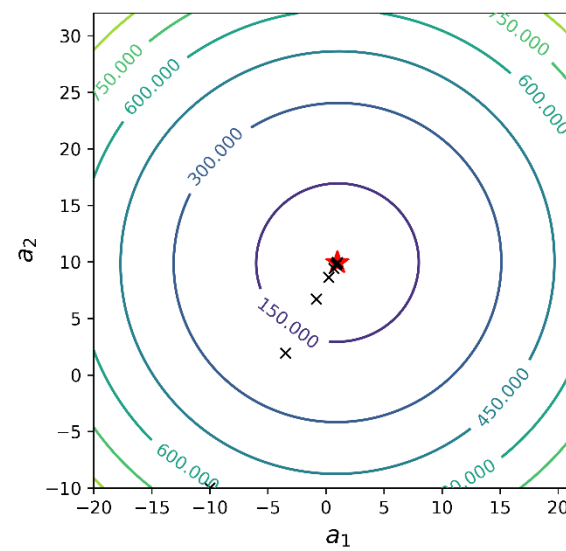
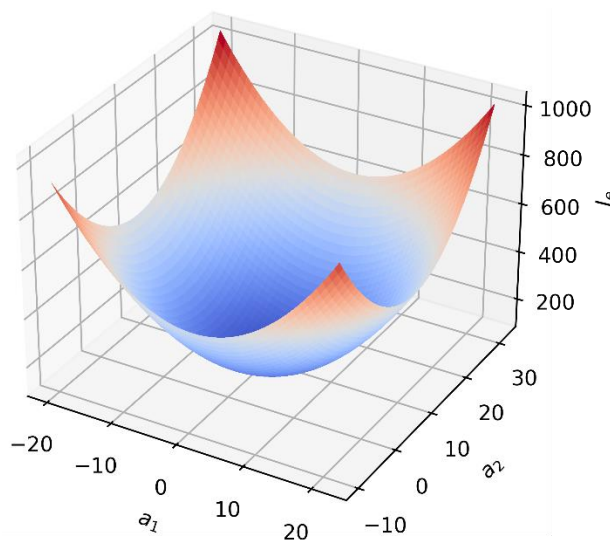
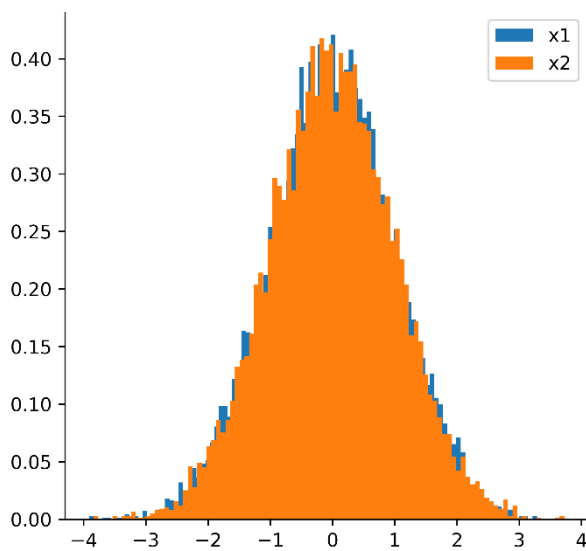
- Superfície de erro tem formato de “U” com maior taxa de variação do erro na direção de  $a_2$ .
- Taxa de variação do erro é praticamente constante na direção de  $a_1$  (reta com inclinação de  $\approx 0^\circ$ ).
- Como o gradiente na direção de  $a_1$  é muito pequeno, o treinamento fica lento.
- Algoritmo GD em batelada converge após mais de 2000 épocas.



# Escalonamento de Atributos: Exemplo

[Exemplo: escalonamento de atributos com scikit learn.ipynb](#)

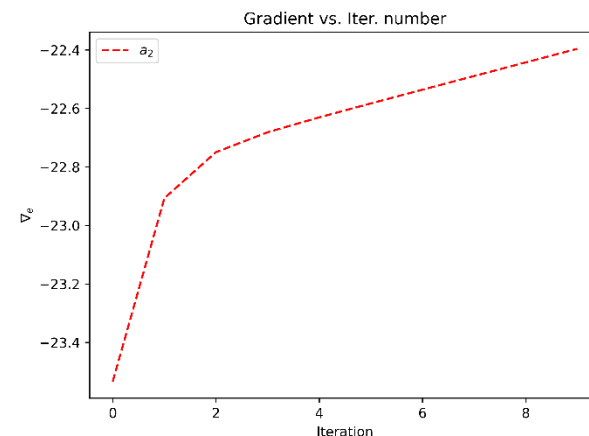
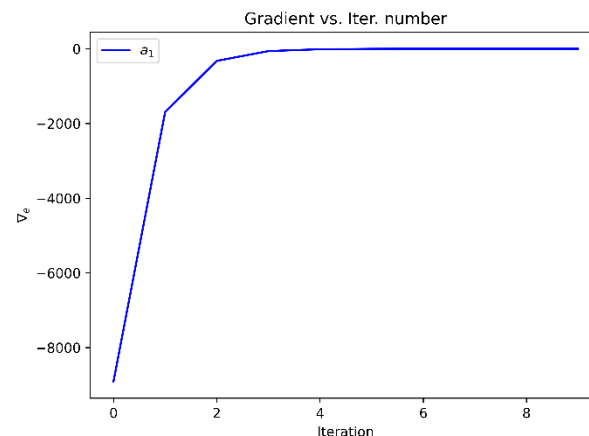
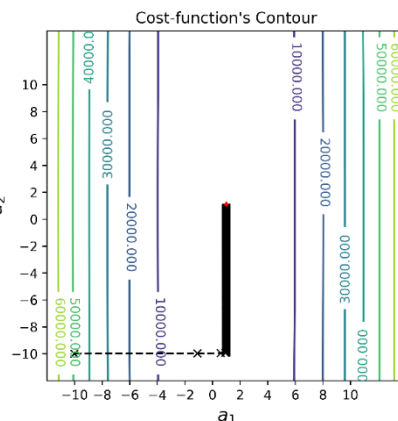
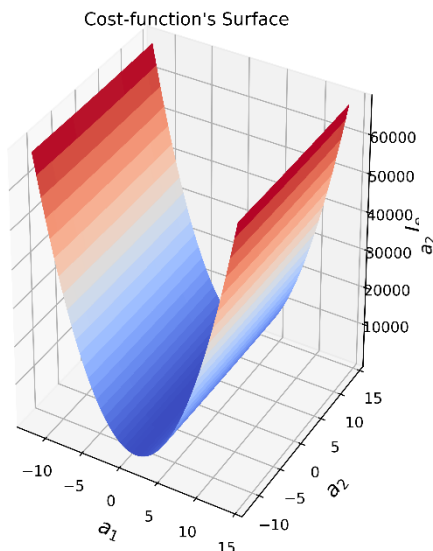
- Agora aplicamos **padronização** aos atributos.
- A superfície tem formato de uma “tigela”.
- As linhas de contorno se tornam mais “circulares”, denotando que a superfície tem inclinação similar em todas as direções.
- Nesse exemplo, o algoritmo converge após 4 épocas.
- O treinamento se torna mais rápido pois a inclinação da superfície se torna mais íngreme em todas as direções.



# Escalonamento de Atributos: Exemplo

variação do vetor gradiente

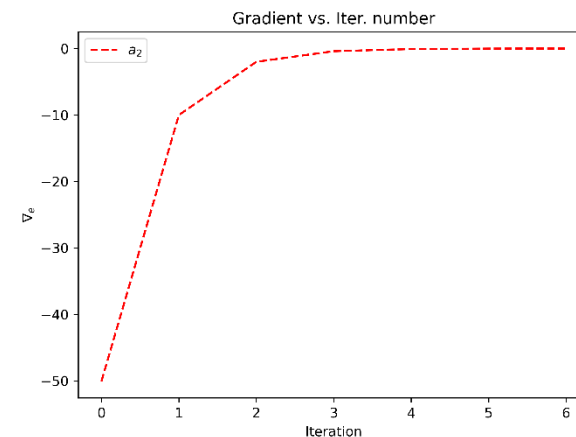
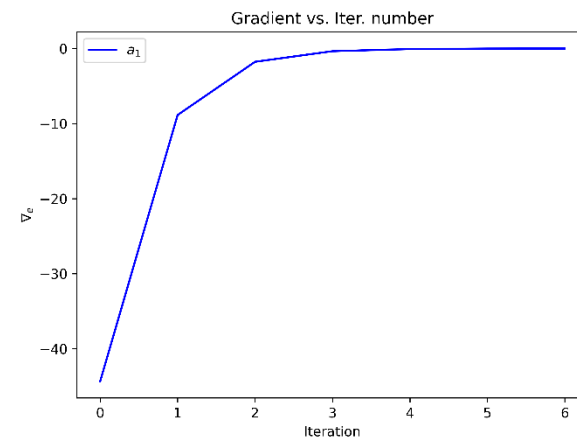
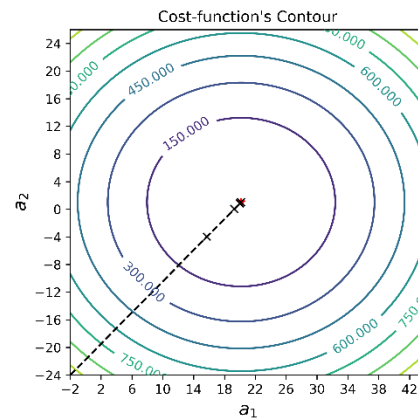
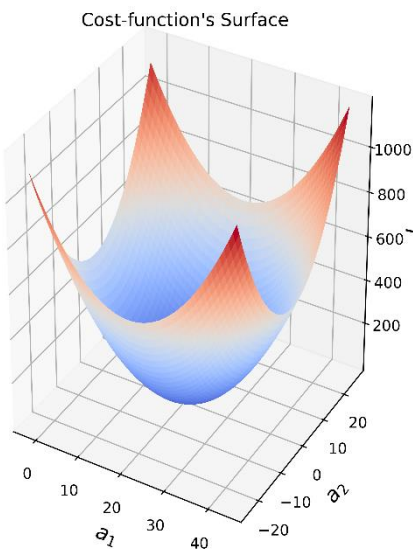
Sem escalonamento



Pesos de atributos com variação muito grande são atualizados mais rapidamente do que pesos de atributos com variação pequena.

$x_2$  contribui muito mais no valor final do erro, fazendo com que  $a_2$  seja rapidamente atualizado.

Padronização



[Exemplo: escalonamento de atributos com scikit learn.ipynb](#)

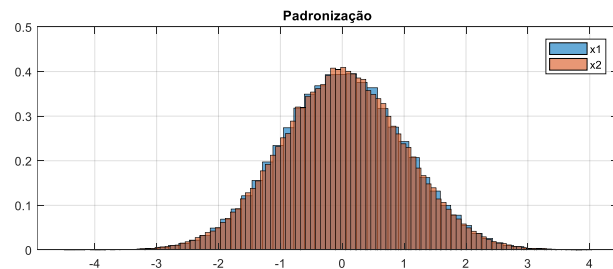
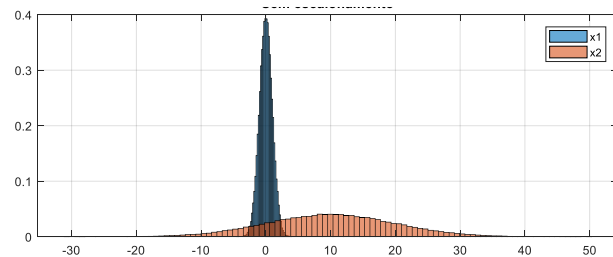
# Escalonamento de Features com SciKit-Learn

```
# Import Class StandardScaler from module Preprocessing of library sklearn  
responsible for standardizing the data.  
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
```

```
# Instantiate a Standard scaler.  
stdScaler = StandardScaler()
```

```
# Concatenate both column vectors.  
X = np.c_[x1, x2]
```

```
# Standardize the features.  
scaled_X = stdScaler.fit_transform(X)
```

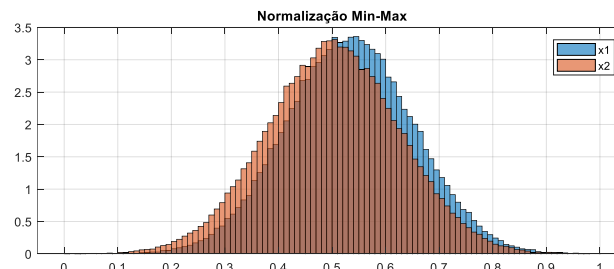
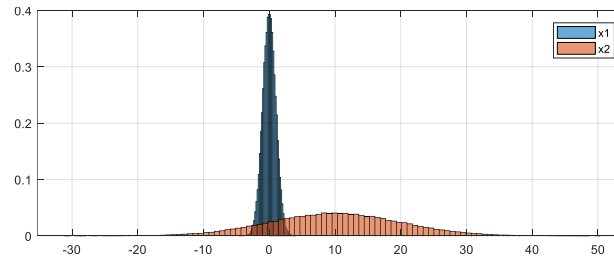


```
# Import Class MinMaxScaler from module Preprocessing of library sklearn  
responsible for normalizing the data.  
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
```

```
# Instantiate a MinMax scaler.  
minMaxScaler = MinMaxScaler()
```

```
# Concatenate both column vectors.  
X = np.c_[x1, x2]
```

```
# Standardize the features.  
scaled_X = minMaxScaler.fit_transform(X)
```



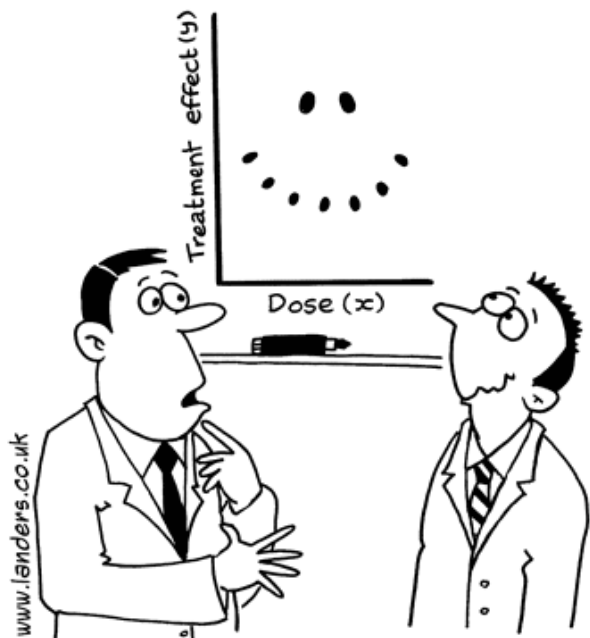
[Exemplo: escalonamento de atributos com scikit learn.ipynb](#)

# Tarefas

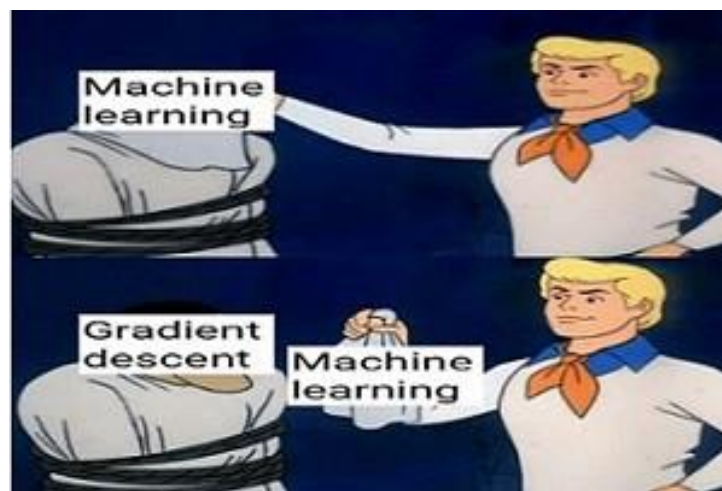
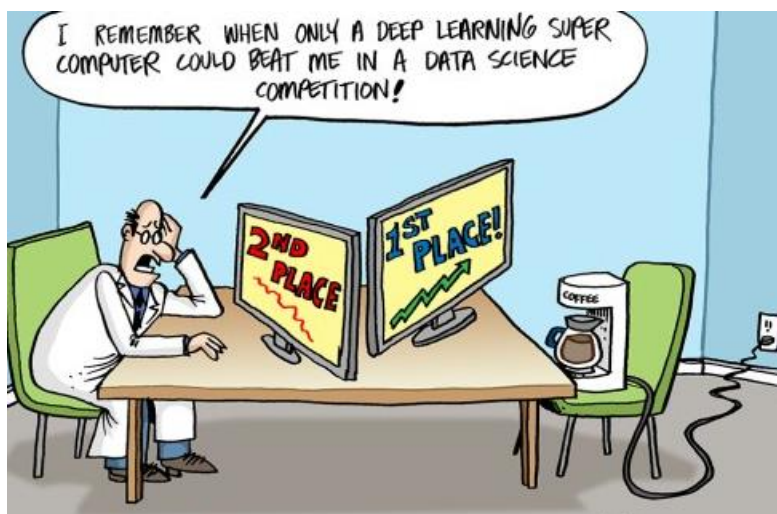
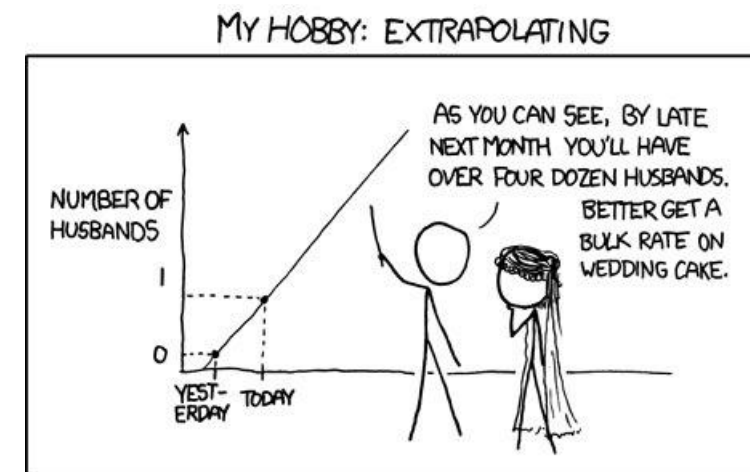
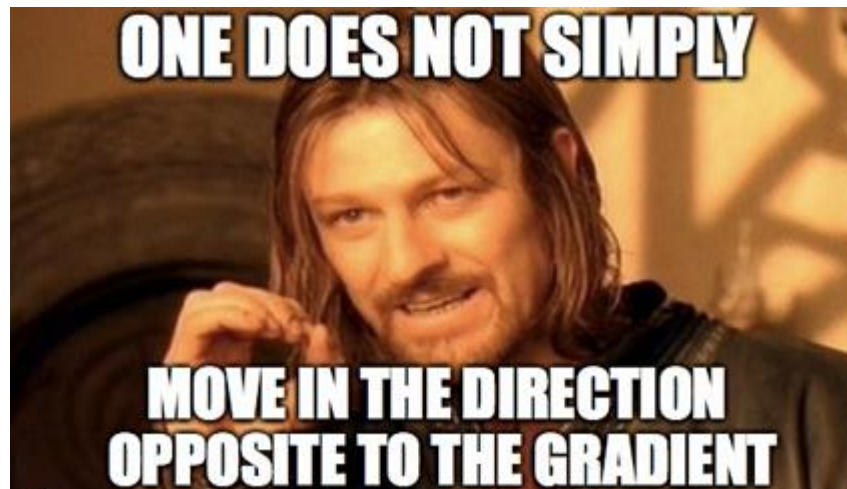
- **Quiz:** “*T319 - Quiz - Regressão: Parte IV (1S2021)*” que se encontra no MS Teams.
- **Exercício Prático:** [Laboratório #5](#).
  - Pode ser baixado do MS Teams ou do GitHub.
  - Pode ser respondido através do link acima (na nuvem) ou localmente.
  - [Instruções para resolução e entrega dos laboratórios](#).
  - **Laboratórios podem ser feitos em grupo.**

Obrigado!





"It's a non-linear pattern with outliers.....but for some reason I'm very happy with the data."



FIGURAS



