



INF 1771 – Inteligência Artificial

Aula 12 – Aprendizado de Máquina

Edirlei Soares de Lima
<elima@inf.puc-rio.br>

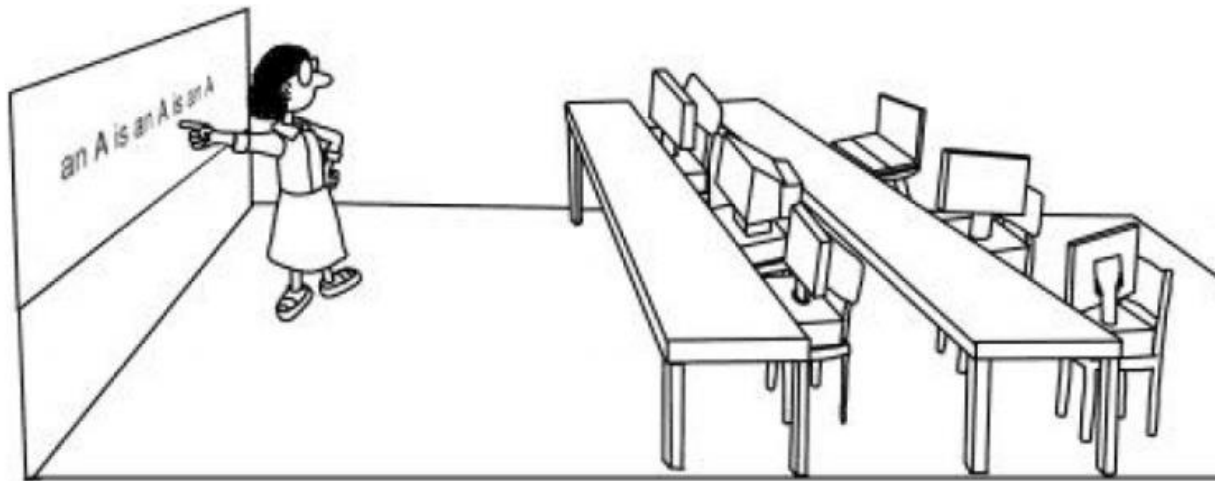
Agentes Vistos Anteriormente

- **Agentes baseados em busca:**
 - Busca cega
 - Busca heurística
 - Busca local
- **Agentes baseados em lógica:**
 - Lógica proposicional
 - Lógica de primeira ordem
- **Agentes baseados em planejamento:**
 - Planejamento de ordem parcial
 - Planejamento em ambientes não-determinísticos
- **Agentes baseados em conhecimento estatístico:**
 - Redes Bayesianas

Introdução

- **Computadores realmente são capazes de aprender?**
- Infelizmente ainda não sabemos exatamente como fazer computadores aprender de uma maneira similar a maneira como os **humanos aprendem**.
- Entretanto, existem **algoritmos** que são eficientes em certos tipos de tarefas de aprendizagem.

O que é Aprendizagem de Máquina?



O que é Aprendizagem de Máquina?

- Aprender significa “**mudar para fazer melhor**” (de acordo com um dado critério) quando uma situação similar acontecer.
- Aprendizagem, **não é memorizar**. Qualquer computador pode memorizar, a dificuldade está em **generalizar** um comportamento para uma nova situação.

Importância do Aprendizado

- **Por que é importante para um agente aprender?**

- Os programadores não podem antecipar todas as situações que o agente pode encontrar.

Exemplo: Um robô programado para andar em um único labirinto pode não saber andar em outros.

- Os programadores não podem antecipar todas as mudanças que podem acontecer com o passar do tempo.

Exemplo: Agente programado para prever as melhores opção de bolsa para investir precisa se adapta quando o ambiente muda.

- Os programadores nem sempre sabem encontrar a solução dos problemas diretamente.

Exemplo: Programar um sistema para reconhecer faces não é algo trivial.

Como Aprender Algo?

- **Exemplos:**

- Considerando um agente treinando para se tornar um motorista de táxi. Toda vez que o instrutor gritar "freio!" o agente pode aprender uma condição de quando ele deve frear.
- Ao ver várias imagens que contem ônibus, o agente pode aprender a reconhecê-los.
- Ao tentar ações e observar os resultados. Por exemplo, ao frear forte em uma estrada molhada pode aprender que isso não tem um efeito bom.



Formas de Aprendizado

- Aprendizado Supervisionado
- Aprendizado Não Supervisionado
- Aprendizado Por Reforço

Aprendizado Supervisionado

- Observa-se alguns pares de **exemplos de entrada e saída**, de forma a aprender uma **função que mapeia a entrada para a saída**.
- Damos ao sistema a “**resposta correta**” durante o processo de treinamento.
- É eficiente pois o sistema pode trabalhar diretamente com informações corretas.
- Útil para classificação, regressão, estimação de probabilidade condicional (qual é a probabilidade de um cliente com um determinado perfil comprar um determinado produto?)

Aprendizado Supervisionado

- **Exemplo:**

- Considerando um agente treinando para ser se tornar um motorista de táxi. Toda vez que o instrutor gritar "freio!" o agente pode aprender uma condição de quando ele deve frear.
- A entrada é formada pelos dados percebidos pelo agente através de sensores. A saída é dada pelo instrutor que diz quando se deve frear, virar a direita, virar a esquerda, etc.

Aprendizado Não Supervisionado

- O agente **reconhece padrões nos dados de entrada**, mesmo sem **nenhum feedback de saída**.
- Por exemplo, um agente aprendendo a dirigir pode gradualmente desenvolver um conceito de dias de bom tráfego e dias de tráfego congestionado mesmo sem nunca ter recebido exemplos rotulados por um professor.

Aprendizado Por Reforço

- O agente recebe uma série de reforços, **recompensas ou punições**.
- Por exemplo, a falta de uma gorjeta no final do percurso da ao agente de taxista uma indicação de que ele fez algo errado.
- Cabe ao agente reconhecer qual das ações antes do reforço foram as maiores responsáveis por isso.
- Não damos a “resposta correta” para o sistema. O sistema faz uma hipótese e determina se essa hipótese foi boa ou ruim.

Fases da Aprendizagem

- **Treinamento**

- Apresenta-se exemplos ao sistema.
- O sistema “aprende” a partir dos **exemplos**.
- O sistema modifica gradualmente os seus parâmetros para que a saída se aproxime da saída desejada.

- **Utilização**

- Novos exemplos jamais visto são apresentados ao sistema.
- O sistema deve generalizar e reconhecê-los.

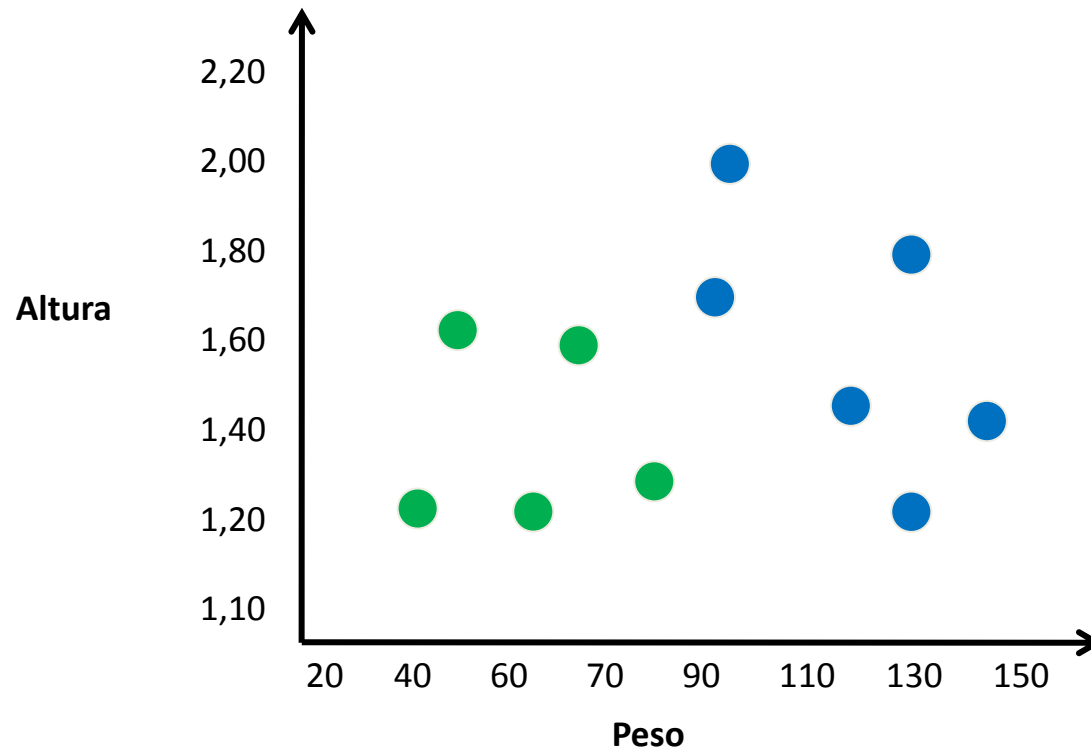
Exemplos de Treinamento (Aprendizado Supervisionado)

| Atributos | | | | | | | |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|
| Exemplo | Atrib ₁ | Atrib ₂ | Atrib ₃ | Atrib ₄ | Atrib ₅ | Atrib ₆ | Classe |
| X ₁ | 0.24829 | 0.49713 | 0.00692 | -0.020360 | 0.429731 | -0.2935 | 1 |
| X ₂ | 0.24816 | 0.49729 | 0.00672 | 0.0065762 | 0.431444 | -0.29384 | 1 |
| X ₃ | 0.24884 | 0.49924 | 0.01047 | -0.002901 | 0.423145 | -0.28956 | 3 |
| X ₄ | 0.24802 | 0.50013 | 0.01172 | 0.001992 | 0.422416 | -0.29092 | 2 |
| X ₅ | 0.24775 | 0.49343 | 0.01729 | -0.014341 | 0.420937 | -0.29244 | 2 |

Classificação de Exemplos Desconhecidos

| Atributos | | | | | | | |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|
| Exemplo | Atrib ₁ | Atrib ₂ | Atrib ₃ | Atrib ₄ | Atrib ₅ | Atrib ₆ | Classe |
| X ₁ | 0.22829 | 0.48713 | 0.00592 | -0.010360 | 0.419731 | -0.2845 | ? |
| X ₂ | 0.21816 | 0.48729 | 0.00572 | 0.0045762 | 0.421444 | -0.28484 | ? |
| X ₃ | 0.23884 | 0.49824 | 0.01447 | -0.003901 | 0.433145 | -0.24956 | ? |
| X ₄ | 0.23002 | 0.49013 | 0.02172 | 0.002992 | 0.412416 | -0.28092 | ? |
| X ₅ | 0.24575 | 0.49243 | 0.01029 | -0.015341 | 0.430937 | -0.28244 | ? |

Espaço de Características



Tipos de Problemas

- **Classificação:**

- Responde se uma determinada “entrada” pertence a uma certa classe.
- Dada a imagem de uma face: de quem é esta face (dentre um número finito).

- **Regressão:**

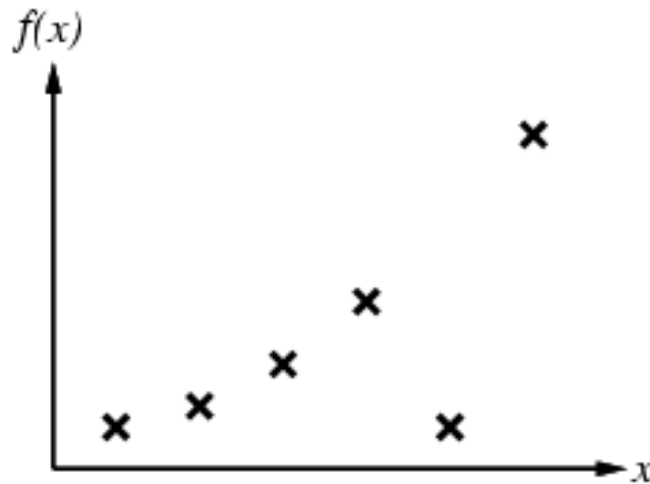
- Faz uma predição a partir de exemplos.
- Predizer o valor da bolsa amanhã, dados os valores de dias e meses anteriores.

- **Estimação de Densidade:**

- Estima quais são as N categorias presente nos dados.

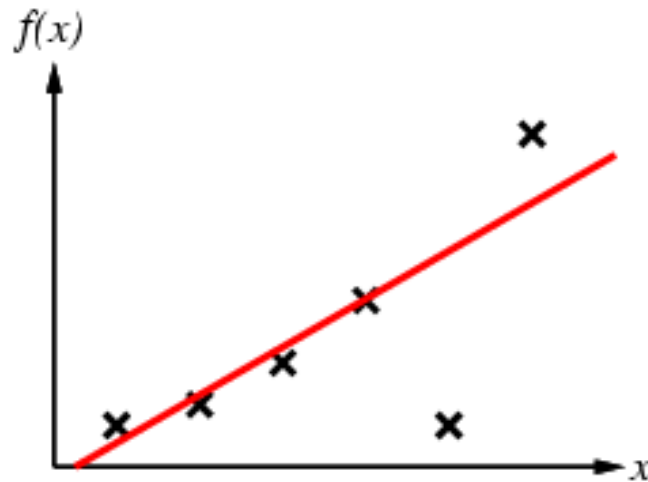
Aprendizado Supervisionado

- Dado uma quantidade finita de dados para o treinamento, temos que derivar uma função h que se aproxime da verdadeira função $f(x)$ (a qual gerou os dados e é desconhecida).
- Existe um número infinito de funções h .



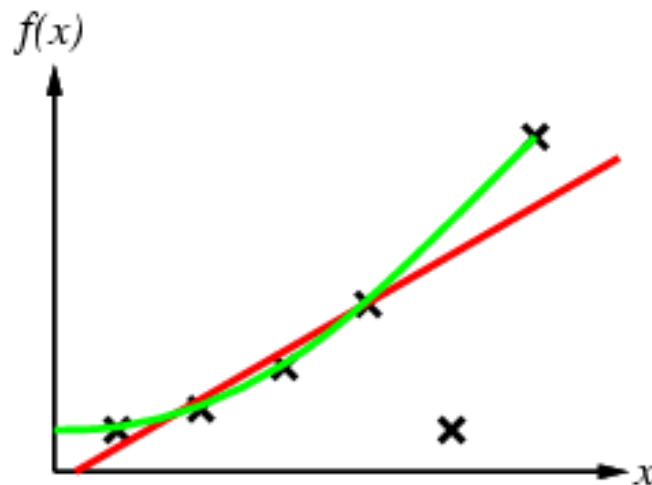
Aprendizado Supervisionado

- Dado uma quantidade finita de dados para o treinamento, temos que derivar uma função h que se aproxime da verdadeira função $f(x)$ (a qual gerou os dados e é desconhecida).
- Existe um número infinito de funções h .



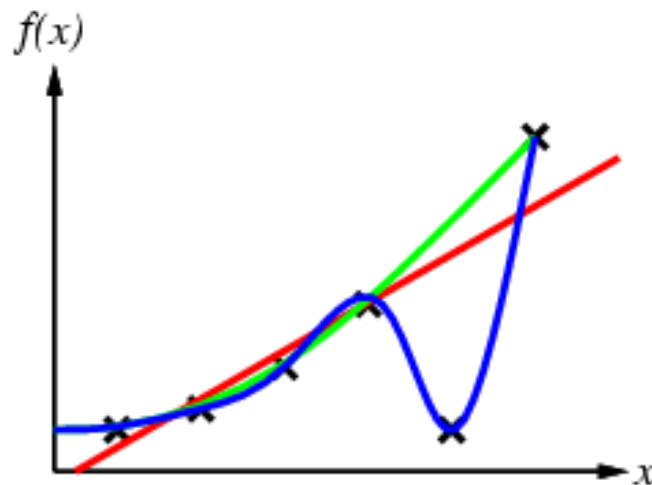
Aprendizado Supervisionado

- Dado uma quantidade finita de dados para o treinamento, temos que derivar uma função h que se aproxime da verdadeira função $f(x)$ (a qual gerou os dados e é desconhecida).
- Existe um número infinito de funções h .



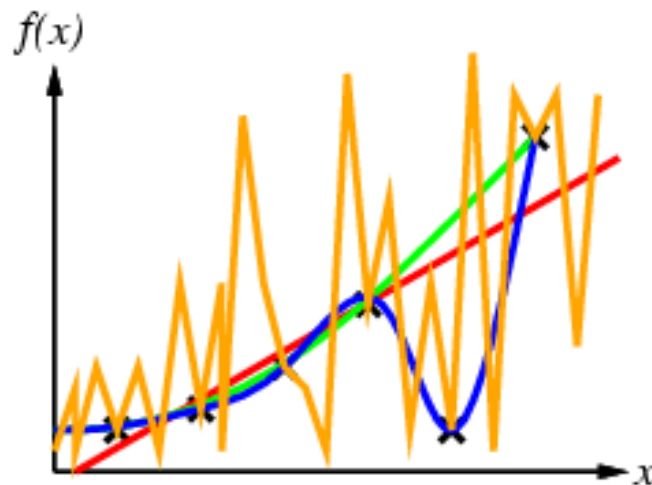
Aprendizado Supervisionado

- Dado uma quantidade finita de dados para o treinamento, temos que derivar uma função h que se aproxime da verdadeira função $f(x)$ (a qual gerou os dados e é desconhecida).
- Existe um número infinito de funções h .



Aprendizado Supervisionado

- Dado uma quantidade finita de dados para o treinamento, temos que derivar uma função h que se aproxime da verdadeira função $f(x)$ (a qual gerou os dados e é desconhecida).
- Existe um número infinito de funções h .

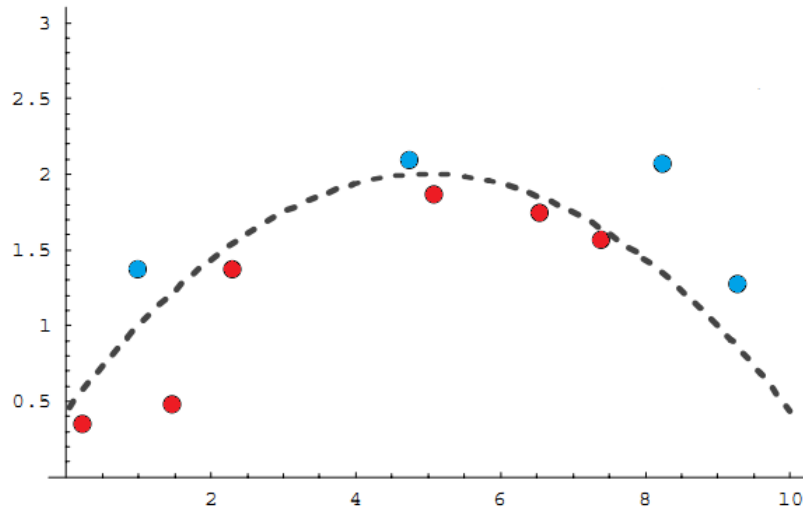


Generalizar é Difícil

- **Não queremos aprender por memorização**
 - Boa resposta sobre os exemplos de treinamento somente.
 - Fácil para um computador.
 - Difícil para os humanos.
- **Aprender visando generalizar**
 - Mais interessante.
 - Fundamentalmente mais difícil: diversas maneiras de generalizar.
 - Devemos extrair a essência, a estrutura dos dados e não somente aprender a boa resposta para alguns casos.

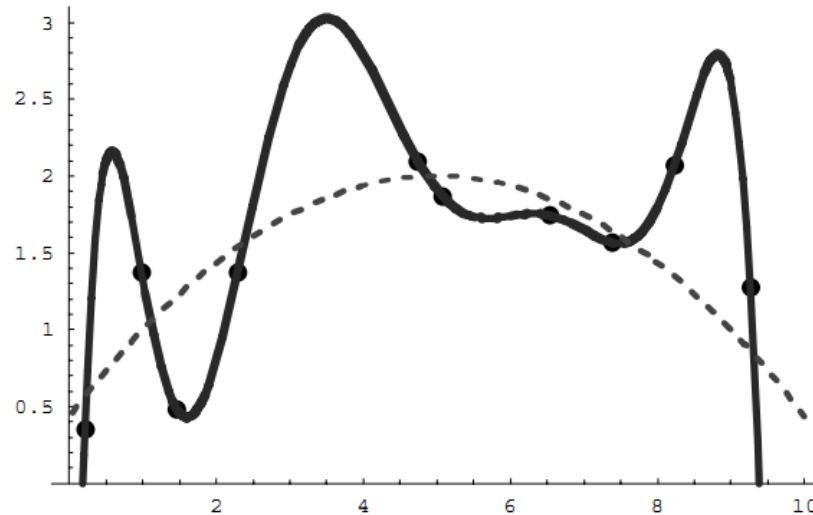
Exemplo

- Função-alvo f (melhor resposta possível).



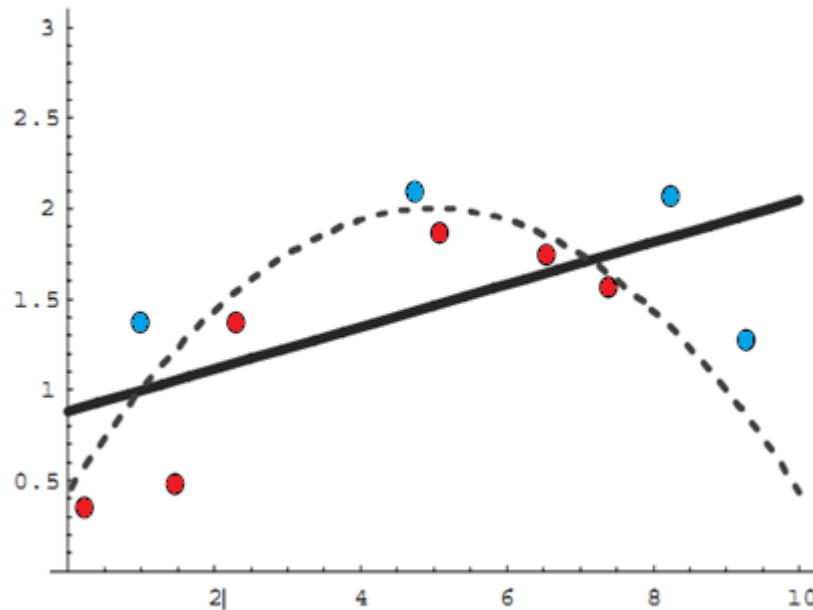
Exemplo - Overfitting

- Erro baixo sobre os exemplos de aprendizagem. Mais elevado para os de teste.



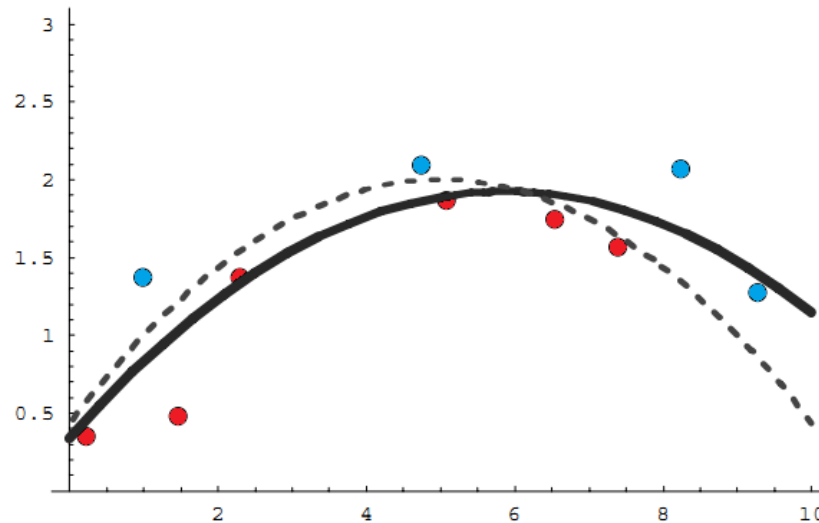
Exemplo - Underfitting

- Escolhemos um modelo muito simples (linear): erro elevado na aprendizagem.



Exemplo – Um Bom Modelo

- O modelo é suficientemente flexível para capturar a forma curva da função f mais não é suficiente para ser exatamente igual a função f .



Teoria de Aprendizado Computacional

- Como sabemos se a hipótese h está próxima da função-alvo f , se não conhecemos o que é f ?
- Este é um aspecto de uma questão mais abrangente: como saber se um algoritmo de aprendizado produziu uma teoria que preverá corretamente o futuro?
- Qualquer hipótese que é consistente com um conjunto suficientemente grande de exemplos é pouco provável de estar seriamente errada.

Algoritmos

- **Aprendizado Supervisionado**
 - Árvores de Decisão
 - KNN
 - SVM
 - Redes Neurais
- **Aprendizado Não Supervisionado**
 - Clusterização Sequencial
 - Clusterização Hierárquica
 - K-Means
- **Aprendizado Por Reforço**

Leitura Complementar

- Russell, S. and Norvig, P. **Artificial Intelligence: a Modern Approach**, 2nd Edition, Prentice-Hall, 2003.
- **Capítulo 18: Learning from Observations**

