

# Introdução ao Aprendizado por Reforço

Prof. Me. André Luiz Carvalho Ottoni

**Aprendizado por Reforço: Engenharia e Estatística impulsionando a sociedade**  
**Projeto financiado pelo Edital 001/2019/UFSJ/Reitoria**

Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas  
UFRB - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

São João del-Rei (MG), outubro de 2019

1. Introdução aos sistemas inteligentes: 21/10.
2. Aprendizado de máquina e aplicações: 21/10.
3. Introdução ao Aprendizado por Reforço: 23/10
4. Processos de Decisão de Markov: 23/10.
5. Algoritmos de Aprendizado por Reforço: 23/10
6. Aplicações em Engenharia e Ciências Exatas: 24/10.
7. Apresentações dos Projetos: 25/10.

- **Cronograma:**

- Disponível em: <https://ufsj.edu.br/ar/programacao.php>

- **Artigos:**

- Disponíveis em <http://sites.google.com.br/andreluizottoni/>

- **Contatos:**

- [andre.ottoni@ufrb.edu.br](mailto:andre.ottoni@ufrb.edu.br)
- [andreottoni@ymail.com](mailto:andreottoni@ymail.com)

## Referências:

- Russell, S. J.; e Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Campus, 3st ed., 2013.

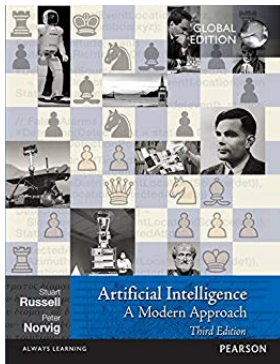


Figura 1: Russell e Norvig (2013)

## Referências:

- Russell, S. J.; e Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Campus, 2st ed., 2004.

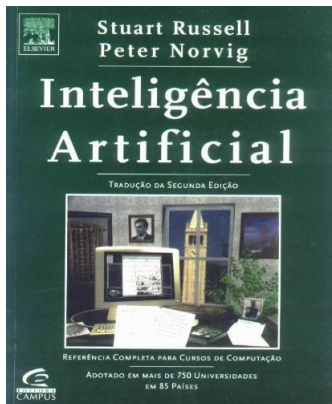


Figura 2: Russell e Norvig (2004)

## Referências:

- Sutton, R.; e Barto, A. Reinforcement Learning: An Introduction. Cambridge, MA: MIT Press, 2nd edition, 2018

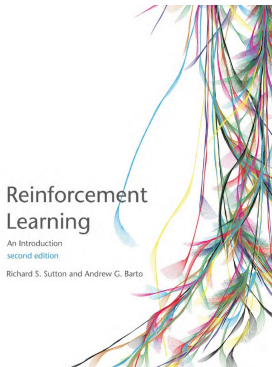


Figura 3: Sutton e Barto (2018).

## Referências:

- Silva, I.D.; Spatti, D.H.; e Flauzino, R.A. Redes neurais artificiais para engenharia e ciências aplicadas. Artliber, 2nd edição, 2016.



Figura 4: Silva et al (2016).

## Referências:

- Hines, W.W.; Montgomery, D.C.; Goldsman, D.M; e Borror, C.M. Probabilidade e Estatística na Engenharia. 4ª edição, LTC, 2006.

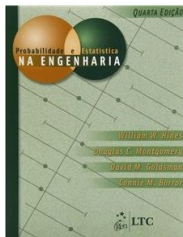


Figura 5: Hines et al (2006).



## Referências Complementares:

- Romero, R. A. F.; Prestes, E. S. J.; Osório, F. S.; Wolf, D. F. (Org.). Robótica Móvel. 1ª Edição. LTC, 2014.
- Watkins, C.J.; e Dayan, P. Technical note Q-learning. Machine Learning, 8(3), 279-292, 1992.
- Goldbarg, E.; Goldbarg, M.; e Luna, H. Otimização combinatória e metaheurísticas: algoritmos e aplicações. Elsevier Brasil, 2017.
- Mitchell, T. M. (1997). Machine learning. McGraw Hill, 1997.

## Referências Complementares:

- Braga, A. P.; Carvalho, A. C. P. L. F.; Ludermir, T. B. Redes neurais artificiais: Teoria e Aplicações. Livro Técnicos e Científicos, 2000.
- Myers, R. H., Montgomery, D. C., e Anderson-Cook, C. M. Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments. John Wiley & Sons, 2016.
- Pellegrini, J.; e Wainer, J. Processos de Decisão de Markov: um tutorial. Revista de Informática Teórica e Aplicada, 14(2), 133-179, 2007.
- Hosmer Jr, D. W.; Lemeshow, S.; e Sturdivant, R. X. Applied logistic regression. John Wiley Sons, 2013.

- 1 Plano de Curso
- 2 Introdução
- 3 Agentes Inteligentes
- 4 Exercício

## Inteligência Artificial - Definições:

### **Pensando como um humano**

“O novo e interessante esforço para fazer os computadores pensarem (...) *máquinas com mentes*, no sentido total e literal.”

(Haugeland, 1985)

“[Automatização de] atividades que associamos ao pensamento humano, atividades como a tomada de decisões, a resolução de problemas, o aprendizado...” (Bellman, 1978)

Figura 6: IA - Pensando como um humano. Fonte: Russell e Norvig (2013).

## Inteligência Artificial - Definições:

### Agindo como seres humanos

“A arte de criar máquinas que executam funções que exigem inteligência quando executadas por pessoas.” (Kurzweil, 1990)

“O estudo de como os computadores podem fazer tarefas que hoje são melhor desempenhadas pelas pessoas.” (Rich and Knight, 1991)

Figura 7: IA - Agindo como seres humanos. Fonte: Russell e Norvig (2013).

## Inteligência Artificial - Definições:

“O estudo das faculdades mentais pelo uso de modelos computacionais.” (Charniak e McDermott, 1985)

“O estudo das computações que tornam possível perceber, raciocinar e agir.” (Winston, 1992)

Figura 8: IA - Pensando racionalmente. Fonte: Russell e Norvig (2013).

## Inteligência Artificial - Definições:

### Agindo racionalmente

“Inteligência Computacional é o estudo do projeto de agentes inteligentes.” (Poole *et al.*, 1998)

“AI... está relacionada a um desempenho inteligente de artefatos.” (Nilsson, 1998)

Figura 9: IA - Agindo racionalmente. Fonte: Russell e Norvig (2013).

## **Inteligência Artificial** - Teste de Turing:

- Proposto por Alan Turing (1950)<sup>1</sup>.
- Um humano aplica um teste e perguntas e respostas.
- A máquina passa no teste se:
  - o aplicador não descobrir se as respostas foram feitas por uma pessoa ou um computador.

---

<sup>1</sup>Dica de filme: O Jogo da Imitação (2014)



## **Teste de Turing:** - Capacidades desejáveis da máquina:

- **Processamento de Linguagem Natural:**
  - permite comunicação.
- **Representação de Conhecimento:**
  - para armazenar informações.
- **Raciocínio Automatizado:**
  - tomada de decisão.
- **Aprendizado de Máquina:**
  - sistema adaptativo.
  - detectar, explorar padrões e o ambiente.
- **Outras:** Visão computacional, controle de sensores e atuadores.

# Agentes Inteligentes

- **Sensores:** possibilita perceber o ambiente.
- **Atuadores:** possibilita agir no ambiente.



**Figura 10:** Robô Móvel Autônomo: Percepção-Decisão-Ação

Fonte: WOLF, Denis F. *et al.* Intelligent Robotics: From Simulation to Real World Applications

- **Função do agente:**

- Mapeia qualquer sequência de percepções em ações.
- Define o comportamento do agente.

- **Agente Racional:**

- Aquele que faz tudo certo.
- Deve selecionar uma ação que se espera que venha maximizar sua **medida de desempenho**.

## Racionalidade - fatores:

- **Medida de Desempenho**: define o critério de sucesso.
- **Conhecimento prévio** sobre o ambiente.
- As **ações** que podem ser executadas.
- A sequência de **percepções** até o momento.

## Natureza dos ambientes

- **Ambientes de tarefas:** “problemas” para os quais os agentes são as soluções.
- Especificações do ambiente de tarefa para o projeto de agentes:
  - Desempenho.
  - Ambiente.
  - Atuadores.
  - Sensores.

## Exemplo de Ambiente de Tarefa

| Tipo de agente    | Medida de desempenho  | Ambiente   | Atuadores  | Sensores  |
|-------------------|---|--|--|---|
| Motorista de táxi | Viagem segura, rápida, dentro da lei, confortável, maximizar lucros | Estradas, outros tipos de tráfego, pedestres, clientes | Direção, acelerador, freio, sinal, buzina, visor | Câmeras, sonar, velocímetro, GPS, hodômetro, acelerômetro, sensores do motor, teclado |

**Figura 11:** Ambiente de Tarefa para uma táxi automatizado. Fonte: Russell e Norving (2013).

## Exemplo de Ambiente de Tarefa

| Tipo de agente                | Medida de desempenho                | Ambiente                   | Atuadores   | Sensores   |
|-------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|---|--|
| Sistema de diagnóstico médico | Paciente saudável, minimizar custos | Paciente, hospital, equipe | Exibir perguntas, testes, diagnósticos, tratamentos, indicações | Entrada pelo teclado para sintomas, descobertas, respostas do paciente |

**Figura 12:** Ambiente de Tarefa para sistema de diagnóstico médico. Fonte: Russell e Norving (2013).

## Exemplo de Ambiente de Tarefa

|                          |   |  |                         |  |
|--------------------------|---|--|-------------------------|--|
| Robô de seleção de peças | Porcentagem de peças em bandejas corretas | Correia transportadora com peças; bandejas | Braço e mão articulados | Câmera, sensores angulares articulados |
|--------------------------|---|--|-------------------------|--|

**Figura 13:** Ambiente de Tarefa para um robô de seleção de peças. Fonte: Russell e Norving (2013).



## Exercício

1) Forneça as especificações de ambiente de tarefa (agente, desempenho, ambiente, atuadores e sensores) para as seguintes atividades:

- Ar-condicionado.
- Robô jogador de futebol.
- Casa automatizada.
- Veículo autônomo.
- Semáforo inteligente.

## Propriedades de Ambientes de Tarefas

- Completamente Observável × Parcialmente Observável.
- Agente Único × Multiagente.
- Determinístico × Estocástico.
- Episódico × Sequencial.
- Discreto × Contínuo.
- Conhecido × Desconhecido.

## Propriedades de Ambientes de Tarefas

- **Completamente Observável**

- Sensores: permitem acesso ao estado completo do ambiente.
- Detecção de todos os aspectos que são relevantes para a tomada de decisão.

- **Parcialmente Observável:**

- Sensores imprecisos.
- Partes dos estados estão ausentes.
- Ex.: Robô aspirador de pó com sensores locais.

- **Inobservável:** sem sensores.

## Propriedades de Ambientes de Tarefas Agente Único × Multiagente

- Veículo autônomo
  - Agente único.
  - Se considerar os outros veículo como agentes: multiagente.
  - Multiagente cooperativo: cooperar para evitar colisões.
- Ambiente Xadrez
  - Cada jogador busca maximizar sua medida de desempenho.
  - Multiagente Competitivo.
- Futebol de robôs
  - Multiagente Cooperativo.
  - Multiagente Competitivo.

## Propriedades de Ambientes de Tarefas

- **Determinístico**

- O próximo estado do ambiente é determinado apenas pelo estado atual e pela ação executada.
- **Estocástico:**
- Situações reais.
- Incerteza quantificada por probabilidades.
- Ex.: trânsito.

## Propriedades de Ambientes de Tarefas

- **Episódico**

- O episódio seguinte não depende de ações executadas em episódios anteriores.
- Ex.: Classificar peças defeituosas em uma linha de montagem.

- **Sequencial:**

- A decisão atual pode afetar decisões futuras.
- Exs.: Xadrez, dirigir um veículo.

- Ambientes episódicos são mais simples.

## **Propriedades de Ambientes de Tarefas:** Discreto $\times$ Contínuo.

- Estado do ambiente.
- Tempo.
- Percepções.
- Ações.

## Exercício

2) Pesquise um artigo científico com a aplicação de agentes inteligentes e forneça:

- Descrição das principais características do artigo.
- Especificações de ambiente de tarefa (agente, desempenho, ambiente, atuadores e sensores).
- Propriedades de ambientes de tarefas (Ex.: Completamente Observável, multiagente, determinístico...). Explicar.
- Apresentar a referência completa.

Exemplos de possíveis bases de congressos:

- Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente (SBAI).
- Congresso Brasileiro de Automática (CBA).
- Brazilian Conference on Intelligent Systems (BRACIS).