

Parte IV: Aprendizado de Máquina.

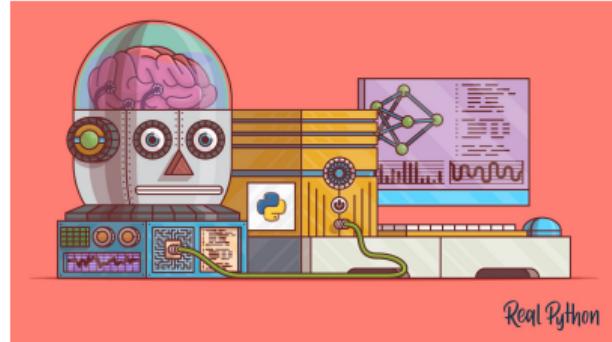
Prof. Fabiano Araujo Soares, Dr. / FGA 0221 - Inteligência Artificial

Universidade de Brasília

2025

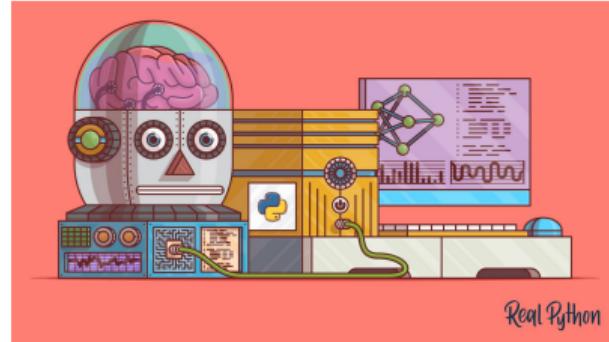


Aprendizado de Máquina — Introdução



Por que o aprendizado de máquina revolucionou a Inteligência Artificial e quais problemas ele conseguiu resolver que antes eram considerados impossíveis?

Aprendizado de Máquina — Introdução



Por que o aprendizado de máquina revolucionou a Inteligência Artificial e quais problemas ele conseguiu resolver que antes eram considerados impossíveis?

O aprendizado de máquina permite que sistemas computacionais extraiam conhecimento de dados, aprendam padrões e se adaptem autonomamente a novas situações, viabilizando soluções para problemas complexos.



O que é Aprendizado de Máquina?

- O Aprendizado de Máquina é um ramo da Inteligência Artificial que permite que sistemas aprendam e melhorem automaticamente com base em dados e experiências, sem que precisem ser explicitamente programados para cada tarefa específica.
- **Programação Fixa** (regras específicas e fixas para o computador seguir) Vs.
Aprendizado Adaptativo (O sistema recebe um conjunto de dados como treinamento e desenvolve um modelo interno para tomar decisões ou fazer previsões).

O que é Aprendizado de Máquina?

- O Aprendizado de Máquina é um ramo da Inteligência Artificial que permite que sistemas aprendam e melhorem automaticamente com base em dados e experiências, sem que precisem ser explicitamente programados para cada tarefa específica.
- **Programação Fixa** (regras específicas e fixas para o computador seguir) Vs. **Aprendizado Adaptativo** (O sistema recebe um conjunto de dados como treinamento e desenvolve um modelo interno para tomar decisões ou fazer previsões).

Resumo: Enquanto a programação fixa depende da capacidade humana de antecipar e codificar regras para todas as situações possíveis, o aprendizado de máquina permite que os sistemas “aprendam” essas regras a partir dos dados, sendo capaz de lidar com situações novas e variáveis, aproximando-se de uma inteligência adaptativa e autônoma.

O que é Aprendizado de Máquina?

- **Crescimento explosivo de dados digitais:** Atualmente, o volume de dados gerados digitalmente cresce em taxas exponenciais. O aprendizado de máquina oferece as ferramentas e algoritmos necessários para lidar com esse volume massivo de dados, extraiendo padrões e conhecimento relevante automaticamente.
- **Limitações dos métodos tradicionais de programação:** Métodos clássicos baseados em regras e programação fixa enfrentam grandes dificuldades para lidar com problemas complexos, dinâmicos e muito variáveis. Esses métodos não escalonam bem e exigem constante intervenção humana para adaptação. O aprendizado de máquina supera essas limitações ao permitir que algoritmos aprendam diretamente dos dados, adaptando-se a novas situações sem necessidade de reescrever código manualmente.
- **Capacidade de extrair padrões e insights úteis dos dados:** Com o aprendizado de máquina, sistemas conseguem identificar padrões sutis e relações complexas em grandes volumes de dados que seriam invisíveis ou impraticáveis para análise humana. Isso possibilita decisões mais informadas, automação inteligente e previsões mais precisas.

Exemplos práticos de Aprendizado de Máquina

- **Reconhecimento de voz e fala** (assistentes virtuais como Siri, Alexa, Google Assistant).
- **Diagnóstico médico assistido por IA** (análise de imagens radiológicas, predição de doenças, e triagem clínica).
- **Recomendação em plataformas de streaming** (Netflix, Spotify) e e-commerce (Amazon, Mercado Livre).
- **Carros autônomos** (detecção de objetos, análise de ambiente, tomada de decisões em tempo real).
- **Detecção de fraudes financeiras** (Análise de padrões incomuns em transações para prevenir fraudes em cartões de crédito e seguros).
- **Segurança cibernética** (Identificação de ataques e anomalias em redes de computadores, adaptando-se a novas ameaças).
- **Reconhecimento de imagens e vídeos** (Aplicações em biometria facial, vigilância e diagnóstico por imagem).

Importância na Inteligência Artificial

- Aprendizado de Máquina é um dos principais temas da IA moderna, permitindo que sistemas aprendam e evoluam com dados.
- Facilita automação inteligente em saúde, finanças, transporte, segurança e mais.
- Base para avanços em Deep Learning, possibilitando processamento de imagens, voz e linguagem natural.
- Ajuda organizações a melhorar eficiência, personalizar experiências e tomar decisões baseadas em dados.

- Um agente está aprendendo quando melhora seu desempenho após observar o mundo e acumular experiências.
- **Aprendizado de máquina:** o agente recebe dados, constrói um modelo que serve como hipótese sobre o mundo e utiliza esse modelo para resolver problemas e tomar decisões.
- Esse processo permite que o agente se adapte e melhore sem precisar ser programado explicitamente para cada situação.

Por que queremos que máquinas aprendam?

- **Imprevisibilidade das situações futuras**
 - Robôs para bolsa de valores
 - Exploradores de cavernas
 - Rovers em Marte
- **Dificuldade de programar soluções explicitamente**
 - Reconhecimento facial
 - Locomoção bípede
 - Reconhecimento de escrita
- Aprender com dados permite adaptação e melhoria contínua frente a desafios complexos e variados



Por que queremos que máquinas aprendam?

- **Crescentes demandas por automação inteligente**
 - Unir a velocidade computacional à capacidade de adaptação do raciocínio humano.
- **Reconhecimento de padrões é essencial para:**
 - Diagnóstico médico
 - Segurança e vigilância
 - Classificação de dados e imagens
- **Busca de soluções traz:**
 - Otimização econômica
 - Eficiência operacional

Por que queremos que máquinas aprendam?

- **Navegação autônoma**
 - Exploração de áreas inseguras, insalubres ou de difícil acesso;
 - Robôs, drones e veículos autônomos capazes de operar sem intervenção humana.
- **Interação homem-máquina**
 - Sistemas semiautomatizados que requerem cooperação com decisões humanas;
 - Aplicações críticas: aeronaves, mercado financeiro, assistência médica.
- **Automação inteligente e adaptativa**
 - Capacidade de aprender e se adaptar a ambientes dinâmicos e complexos;
 - Melhora na eficiência, segurança e tomada de decisão em tempo real.

Formas de aprendizado

- Qualquer componente de um agente pode ser aprimorado via aprendizado de máquina: percepção, tomada de decisão, execução ou memória.
- Os métodos e resultados dependem de:
 - O componente a ser melhorado (ex.: percepção, controle, raciocínio);
 - O conhecimento prévio disponível, que influencia na construção do modelo;
 - Quais dados e tipos de feedback estão acessíveis para o processo de aprendizagem.
- Diversas técnicas podem ser aplicadas conforme as características do agente e do ambiente: aprendizado supervisionado, não supervisionado e por reforço.

Formas de aprendizado

- Até o momento vimos diversos designs de agentes inteligentes, os componentes desses agentes incluem:
 - Um mapeamento direto das condições do estado atual para as ações;
 - Um meio de inferir propriedades relevantes do mundo a partir da sequência de percepção;
 - Informações sobre a forma como o mundo evolui e sobre os resultados de possíveis ações que o agente pode tomar;
 - Informações de utilidade indicando a conveniência de estados do mundo;
 - Informações de valor de ação indicando a conveniência de ações;
 - Objetivos que descrevem os estados mais desejáveis;
 - Um elemento gerador de problemas, crítico e de aprendizado que permite que o sistema melhore;

Tipos de aprendizado de máquina

- Aprendizado pode ser classificado conforme o tipo de saída:
 - **Classificação:** saída é um conjunto finito de categorias ou classes, por exemplo, ensolarado/nublado/chuvoso ou verdadeiro/falso.
 - **Régressão:** saída é um valor numérico contínuo, como temperatura ou preço.
- Exemplos de aplicações:
 - Classificação: detecção de spam, reconhecimento facial.
 - Régressão: previsão do preço de imóveis, estimativa de vendas.

Tipos de aprendizado de máquina

- Existem três tipos principais de aprendizado, definidos pelo tipo de feedback:
 - **Aprendizado supervisionado:** o agente aprende a partir de pares entrada-saída, mapeando entradas para saídas com base em exemplos rotulados.
 - **Aprendizado não supervisionado:** o agente identifica padrões e estruturas em dados de entrada sem rótulos ou feedback explícito, como em agrupamento (clustering).
 - **Aprendizado por reforço:** o agente aprende através de recompensas e punições, buscando maximizar uma recompensa acumulada por meio de interações sequenciais com o ambiente.

Aprendizado de Máquina — Desafios

- Informações ambíguas e dados imperfeitos;
- Formatos de dados irregulares e ruidosos;
- Variações como distorção, rotação, escala e iluminação;
- Integração de múltiplas fontes de informação contextual;
- Interpretar sinais subjetivos: humor, ironia;
- Aprender em ambientes com pouca informação disponível;
- Lidar com problemas altamente dinâmicos e adaptativos.

Onde falta “inteligência” às máquinas?

- Linguagem natural: interpretação e geração ainda limitadas.
- “Bom senso”: tomada de decisão contextual e generalização.
- Memória associativa: ligação flexível entre conceitos e experiências.
- Reconhecimento de padrões: variabilidade e ruído nos dados.
- Controle motor: coordenação precisa em ambientes complexos.
- Navegação: adaptação dinâmica em espaços desconhecidos.
- Moral e ética: julgamento e decisões baseadas em valores humanos.

Um exemplo de classificação (Richard O. Duda)

- Em um tanque temos dois tipos de peixe: Salmão e Badejo;
- Queremos projetar um classificador que separe os dois tipos de peixes;
- Tiramos algumas fotografias dos peixes e começamos a notar algumas diferenças físicas entre os dois tipos de peixes:
 - Comprimento;
 - Peso;
 - Largura;
 - Brilho;
 - Número e formato das nadadeiras;
 - Posição da boca.
- Podemos utilizar essas informações em nosso classificador;
- Também notamos ruídos ou variações nas imagens – variações na iluminação, posição dos peixes na esteira, até mesmo “estática” devido à eletrônica da própria câmera.

Um exemplo de classificação (Richard O. Duda)

- **Modelo:** Dado que existem realmente diferenças entre a população de badejo e de salmão, consideramos que esses peixes seguem modelos diferentes, ou seja, descrições diferentes, que em geral são traduzidas de forma matemática;
- A ideia por trás do classificador é atenuar o ruído das amostras e escolher o **modelo que melhor** se encaixa para amostra.

Um exemplo de classificação (Richard O. Duda)

- **Pré-processamento:** O próximo passo, é um pré-processamento para simplificar as operações subsequentes sem perder os dados relevantes;
- **Segmentação:** Um exemplo de pré-processamento é a segmentação, operação em que as imagens de peixes diferentes são, isoladas umas das outras e do fundo;

Um exemplo de classificação (Richard O. Duda)

- **Extração de características:** A imagem segmentada de um único peixe é então enviada para um extrator de características, cujo objetivo é medir certas propriedades do peixe;
- **Classificador:** Os valores das características extraídas são então passadas para um classificador, que avalia as informações recebidas e toma uma decisão final sobre a qual é a espécie mais provável a qual aquele peixe pertence (Salmão ou Badejo);

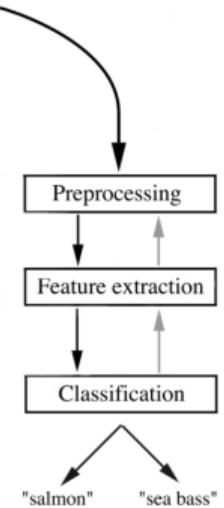
Um exemplo de classificação (Richard O. Duda)

- Para entender melhor como o classificador funciona, vamos partir do princípio de que um badejo é um peixe maior do que o salmão. O classificador pode comparar cada peixe com um valor crítico L e classificar o peixe como badejo caso ele tenha um comprimento maior que L e como salmão se ele tiver um tamanho menor que L ;
- Para obtermos esse tamanho L podemos usar uma amostra de peixes para o treinamento de nosso classificador;
- Esse processo pode ser usado para vários parâmetros.

Um exemplo de classificação (Richard O. Duda)

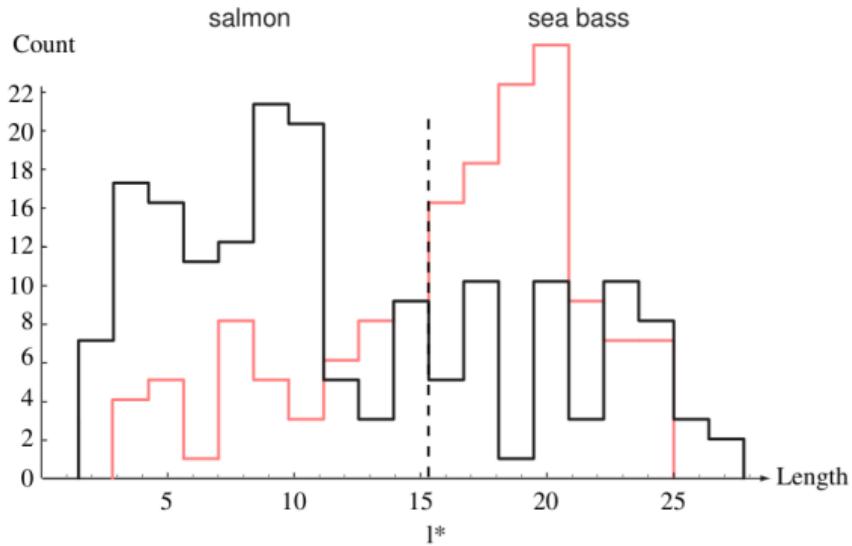
- **Custo:** Para a tomada de decisão, devemos pesar também o custo de um erro de classificação;
- Em nosso exemplo, vamos considerar que o Salmão é um peixe mais caro que o Badejo;
- Se um cliente encontrar pedaços de salmão em uma lata de Badejo, ele não irá reclamar com a mesma frequência que um cliente que encontrar um pedaço de Badejo em uma lata de salmão.

Um exemplo de classificação (Richard O. Duda)

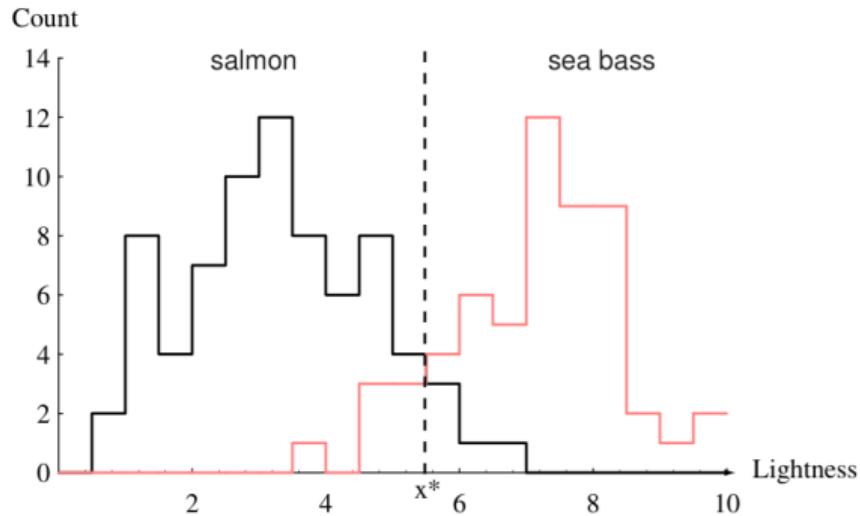


Um exemplo de classificação (Richard O. Duda)

- Vamos verificar alguns histogramas com características desses peixes:



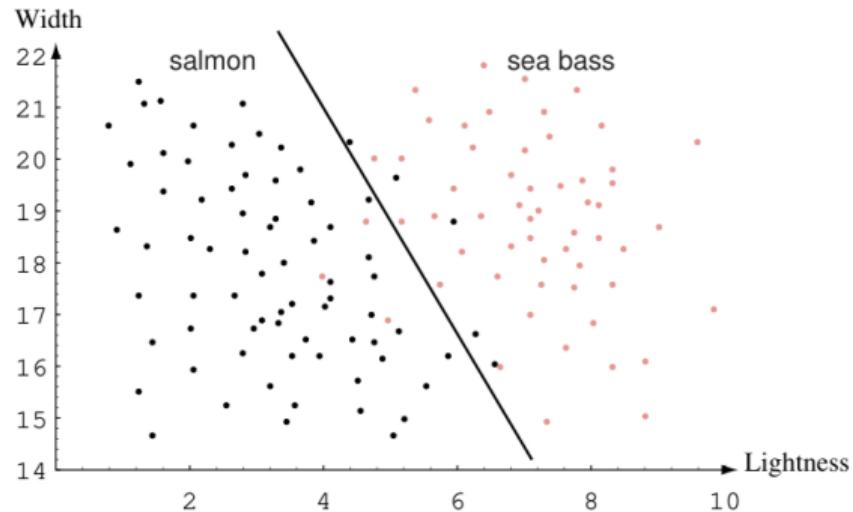
Um exemplo de classificação (Richard O. Duda)



Um exemplo de classificação (Richard O. Duda)

- O **tamanho** não é uma medida confiável para classificação;
- O **brilho** do peixe na luz é uma medida mais confiável;
- Podemos usar uma **combinação** de ambas as medidas para ter uma tomada de decisão mais confiável;

Um exemplo de classificação (Richard O. Duda)

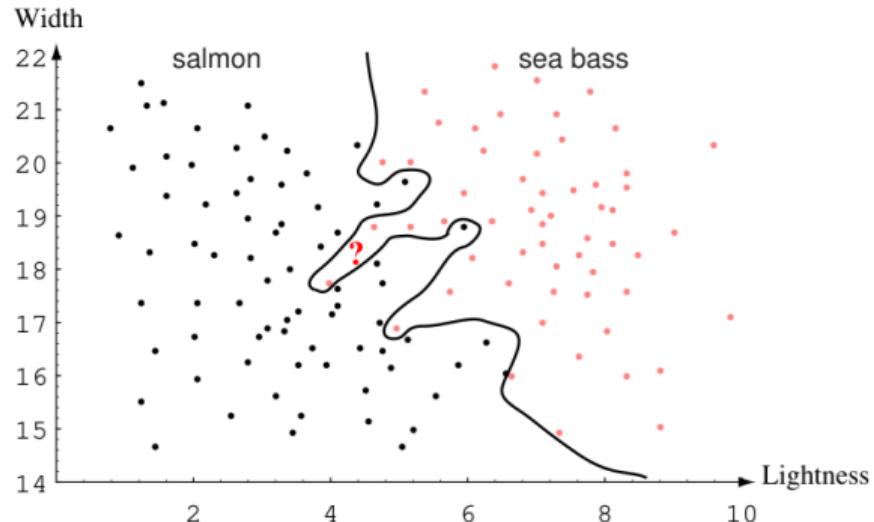


Um exemplo de classificação (Richard O. Duda)

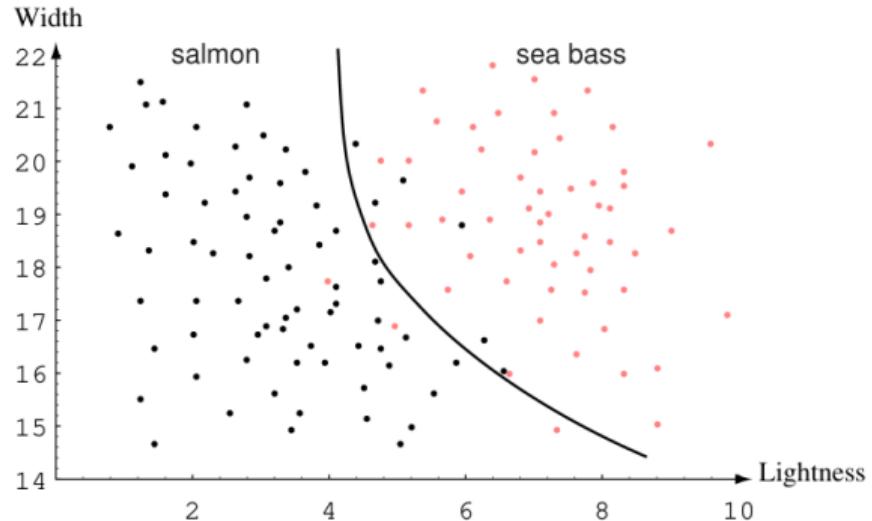
- **Problemas adicionais:**

- Mais características?
- Modelo muito complexo;
- Generalização;
- Dificuldade de extração de características;

Um exemplo de classificação (Richard O. Duda)



Um exemplo de classificação (Richard O. Duda)



Problemas da classificação de padrões

- **Extração de características:** Algoritmos complexos e específicos;
- **Ruído:** Todo processo possui ruído inerente; Como distinguir ruído de processos complexos inerentes ao problema estudado?
- **Overfitting:** Modelos altamente complexos podem oferecer classificação perfeita da amostra de treinamento, mas é pouco provável que classifiquem bem para novas amostras;
- **Seleção de Modelos:** Como saber quando um modelo hipotético difere significativamente do modelo real e, portanto, um novo modelo é necessário?

Problemas da classificação de padrões

- **Informação a priori:** Incorporar conhecimento prévio pode ser muito sutil e difícil;
- **Características ausentes:** As vezes uma das características estudadas está faltando em uma amostra, seja por que ela está coberta por um obstáculo, ruído, etc. O que fazer para compensar essa medida para o classificador?
- **Mereologia:** Parte e Inteiro, subgrupo e supergrupo como diferenciar?

Problemas da classificação de padrões

- **Segmentação:** Segmentar um objeto que está isolado é muito mais fácil do que segmentar um objeto que está superposto por outros, etc.
- **Contexto:** Digamos que durante a análise dos peixes no nosso exemplo, percebemos que quando recebemos um salmão o mais provável é que venha um grupo de salmão junto. Se após um grupo de salmão aparece um peixe com medidas no limite do classificador, é aceitável classificarmos o peixe como salmão pelo contexto;

Problemas da classificação de padrões

- **Invariância:** É importante que o classificador seja imune a transformações como rotação, etc.
- **Pescando evidências (Evidence Pooling):** Quando o classificador encontrar duas características conflitantes, o que deve fazer?
- **Custo e Risco:** Qual o custo e o risco de uma classificação errada?
- **Complexidade Computacional:** O quanto complexo é computacionalmente uma classificação?

Conclusão: Aprendizado de Máquina

- Aprendizado de Máquina é uma ferramenta poderosa para que agentes computacionais se adaptem e tomem decisões inteligentes.
- Vimos os fundamentos, tipos e desafios dessa área essencial da Inteligência Artificial.
- A próxima aula vai aprofundar o **Aprendizado Supervisionado**, fundamental para muitos problemas práticos de classificação e regressão.
- Prepare-se para explorar algoritmos, modelos e técnicas que permitem a aprendizagem a partir de dados rotulados.

Convite à Próxima Aula

Prepare-se para mergulhar no **Aprendizado Supervisionado** e aprimorar suas habilidades na construção de modelos que aprendem com exemplos do mundo real!



Referências

- Russell, S., Norvig, P., "Artificial Intelligence: A Modern Approach", 4th ed., Person, 2022.
- Duda, Richard O., "Pattern Classification", 2nd ed., Wiley, 2000.
- Muller, A. C., Guido, S., "Introduction to Machine Learning with Python A Guide for Data Scientists", O'Reilly, 2017.

Obrigado!

E-mail: fabianosoares@unb.br

LinkedIn: <https://www.linkedin.com/in/fabiano-soares-06b6a821a/>

Site do curso: <https://www.fabianosoares.eng.br/fga0221-inteligencia-artificial>

