

Pós-Graduação Lato Sensu  
Curso de Especialização em Inteligência Artificial

# Introdução a Inteligência Artificial

Prof. Dr. Lucas Dias Hiera Sampaio

## PARTE 01

As partes não podem ser compiladas integralmente.  
Para uso exclusivo do curso de Pós Graduação da Universidade.



# Introdução

## 1. Apresentação

Sejam muito bem vindos à Especialização em Inteligência Artificial e à disciplina de Introdução à Inteligência Artificial. Eu sou o Prof. Lucas Dias Hiera Sampaio e serei responsável pela disciplina. Espero que estejam animados para seguir nesta jornada que se inicia.

O primeiro módulo da especialização conta com duas disciplinas: a de introdução à inteligência artificial e a disciplina de linguagem de programação em Python. Enquanto esta última é uma disciplina prática, a nossa disciplina oferecerá a vocês os fundamentos necessários para compreender os assuntos relacionados à inteligência artificial (IA) além de tratar de aplicações atuais, os fundamentos de ética em IA e também como os assuntos tratados aqui se relacionam com programação.

Nesta primeira semana vamos discutir os conceitos fundamentais a respeito de Inteligência Artificial e apresentar a sua história.

## 2. Etimologia

A **Inteligência artificial** enquanto ciência é um campo de estudo multidisciplinar. Durante o curso de introdução a IA vocês serão apresentados a diferentes problemas, situações, técnicas e metodologias de diferentes áreas do conhecimento que estão inseridas no contexto de IA.

Todavia, é fundamental compreender de forma simples e pontual o que se trata o nome de uma área tão grande e tão importante para o avanço da tecnologia. O termo IA é constituído de duas palavras: inteligência e artificial. Esta última tem uma etimologia e definição mais clara que a primeira: a palavra artificial vem do Latim, de *artificialis* que pode ser traduzido como **relativo à arte ou ofício**, de *artifex* que significa **artesão ou artista** e *ars* - **arte**. A etimologia de artificial deixa claro que artificial designa **aquilo que é feito pela humanidade**.

Mas e inteligência? A palavra vem do Latim, também, *Intelligentia*, que por sua vez vem de *Intelligere*, onde *Inter* significa “entre” e *Legere* “colher, escolher, ler”. Logo, **pode-se definir inteligência como a capacidade de compreender, perceber, conhecer**. Reunindo as duas definições, se a inteligência é uma propriedade de algo, **a inteligência artificial é a propriedade de algo criado pela humanidade**.

Embora a etimologia destas palavras sejam claras, a definição de inteligência é um assunto que é discutido há muito tempo e foi se adaptando e aperfeiçoando. Na

filosofia, a definição de inteligência (O que é inteligência e como um agente externo prova que algo/alguem é inteligente) é considerado um problema não solucionado.

Em 1994, Richard Herrnstein e Charles Murray publicaram o controverso livro intitulado *The Bell Curve: Intelligence and Class Structure in American Life* no qual os autores apontavam uma correlação entre raça e inteligência. O livro é recheado de inferências racistas, falhas metodológicas e boa parte das referências utilizadas e fontes foram financiadas por entidades supremacistas brancas.

Diante disso, cientistas ao redor do mundo assinaram um manifesto publicado no *Wall Street Journal* que definia a inteligência como:

*“Uma capacidade mental bastante geral que, entre outras coisas, envolve a habilidade de raciocinar, planejar, resolver problemas, pensar de forma abstrata, compreender ideias complexas, aprender rápido e aprender com experiência. Não é uma mera aprendizagem literária, uma habilidade estritamente acadêmica ou um talento para sair-se bem em provas. Ao contrário disso, o conceito refere-se a uma capacidade mais ampla e mais profunda de compreensão do mundo à sua volta - ‘pegar no ar’, ‘pegar’ o sentido das coisas ou ‘perceber’ uma coisa” (Linda S Gottfredson, 1994)*

Em 1995 a Associação Americana de Psicologia publicou no relatório *Intelligence: Knowns and Unknowns* a seguinte definição:

*“Indivíduos diferem-se uns dos outros na sua habilidade de compreender ideias complexas, de adaptar efetivamente ao ambiente, de aprender a partir da experiência, de participar em diferentes formas de raciocínio, de superar obstáculos por meio do raciocínio. Embora estes indivíduos possam ter diferenças substanciais, eles nunca são inteiramente consistentes: o desempenho intelectual de uma pessoa irá variar ao longo de diferentes ocasiões, em diferentes domínios e ao ser julgado por diferentes critérios. Conceitos de ‘inteligência’ são tentativas de compreender e organizar este conjunto complexo de fenômenos.” (Neisser, Ulrich et al., 1995)*

Fica evidente assim que múltiplas definições de inteligência existem hoje e este fato tem impacto direto quando vamos responder a pergunta: **o que é inteligência artificial?**

### 3. O que é inteligência artificial?

De acordo com a literatura atual, quando nos referimos a inteligência artificial podemos defini-la utilizando 4 classes distintas de raciocínio: **IAs que pensam como um humano**, **IAs que pensam racionalmente**, **IAs que agem como humanos** e **IAs que agem racionalmente**. A Tabela 1<sup>1</sup> apresenta diferentes definições de IA por diferentes autores seguindo a seguinte lógica: as definições na parte superior da tabela se relacionam com **processos de pensamento e raciocínio** já as da parte inferior com o **comportamento**. Por outro lado, as definições da esquerda medem seu sucesso com base na **fidelidade ao comportamento humano** e na direita medem sua efetividade comparando-se a um conceito **ideal de inteligência denominado racionalidade**. Um sistema é racional se “faz a coisa certa” com aquilo que conhece.

Pensando como um humano	Pensando racionalmente
<p><i>“O novo e interessante esforço para fazer os computadores pensarem (...) máquinas com mentes, no sentido total e literal.” (Haugeland, 1985)</i></p> <p><i>“[Automatização de] atividades que associamos ao pensamento humano, atividades como a tomada de decisões, a resolução de problemas, o aprendizado...” (Bellman, 1978)</i></p>	<p><i>“O estudo das faculdades mentais pelo uso de modelos computacionais.” (Charniak e McDermott, 1985)</i></p> <p><i>“O estudo das computações que tornam possível perceber, raciocinar e agir.” (Winston, 1992)</i></p>
Agindo como seres humanos	Agindo racionalmente
<p><i>“A arte de criar máquinas que executam funções que exigem inteligência quando executadas por pessoas.” (Kurzweil, 1990)</i></p> <p><i>“O estudo de como os computadores podem fazer tarefas que hoje são melhor desempenhadas pelas pessoas.” (Rich and Knight, 1991)</i></p>	<p><i>“Inteligência Computacional é o estudo do projeto de agentes inteligentes.” (Poole et al., 1998)</i></p> <p><i>“Al... está relacionada a um desempenho inteligente de artefatos.” (Nilsson, 1998)</i></p>

Logo, a definição de **inteligência artificial** tem uma dependência direta do problema que queremos resolver utilizando-a: quando criamos um programa de computador capaz de observar uma imagem de uma tomografia e inferir se há uma determinada

<sup>1</sup> Russell, Stuart Jonathan., Norvig, Peter. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Índia: Prentice Hall, 2002.

doença na mesma estamos lidando com uma **inteligência artificial que age como ser humano**, isto é, ela imitará o comportamento de um profissional da medicina (ou junta médica) realizando um diagnóstico.

Por outro lado, quando um sistema é capaz de realizar a **tomada de decisão com base nas informações disponíveis, sem conhecimento prévio se está correto ou errado**, estamos diante de um sistema capaz de pensar racionalmente.

Ao longo da disciplina iremos conhecer diferentes ferramentas, métodos, técnicas e algoritmos capazes de resolver os mais diferentes problemas da atualidade por **pensarem como humanos e/ou pensarem racionalmente e/ou agir como seres humanos e/ou agir racionalmente**.

## 4. O Teste de Turing

A fim de determinar se um sistema/máquina era operacionalmente inteligente, em 1950, Alan Turing propôs um teste, posteriormente denominado de Teste de Turing: **o computador passará no teste se um interrogador humano, depois de propor algumas perguntas por escrito, não conseguir descobrir se as respostas escritas vêm de uma pessoa ou de um computador**. A Figura 1 ilustra graficamente o funcionamento do Teste de Turing.

Fica evidente que para um computador passar neste teste é necessário muito esforço pois o mesmo precisaria ter diferentes capacidades:

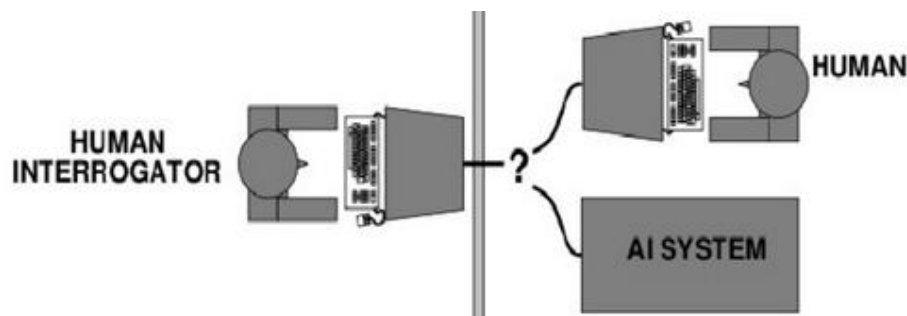
- **Processamento de Linguagem Natural:** para se comunicar utilizando um idioma natural com sucesso o computador deve ser capaz de compreender o idioma e responder adequadamente e respeitando a gramática da linguagem natural.
- **Representação do Conhecimento:** para armazenar o que o computador sabe ou lê é fundamental um formato de representação do conhecimento de tal forma que ele possa atualizar o que sabe e utilizar as informações gravadas.
- **Raciocínio Automatizado:** para responder às perguntas do interrogador humano e tirar novas conclusões a partir das informações concedidas pelo interrogador humano.
- **Aprendizado de Máquina:** para se adaptar a novas circunstâncias, detectar padrões (por exemplo - ironia, sarcasmo, etc.) e extrapolar estes padrões (criar texto com figuras de linguagem, por exemplo).

No teste de Turing não há interação física entre o interrogador e o computador, pois a simulação física de uma pessoa (robô humanóide) é desnecessária para constatar a inteligência. Por outro lado, o teste **de Turing total** inclui um sinal de vídeo para

testar a percepção e uma interface para verificar as capacidades de manipulação física do computador. Logo, para passar no teste de Turing total, o computador ainda precisará:

- **Visão computacional:** perceber objetos, formas e formatos.
- **Robótica:** para manipular fisicamente objetos e se movimentar.

Estes seis pontos destacados acima como necessários para a passagem com sucesso no teste de Turing são disciplinas que compõem a maior parte do campo de conhecimento da **Inteligência Artificial**.



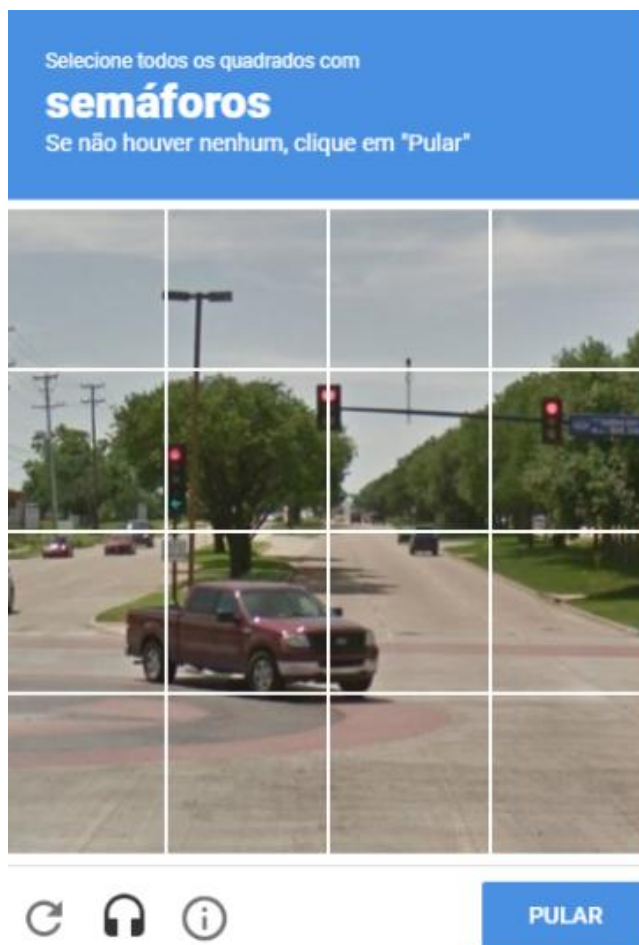
**Figura 1:** O teste de Turing consiste em verificar se um interrogador humano é capaz de verificar se está se comunicando com outro humano ou um sistema de **Inteligência Artificial**. O sistema passa no teste quando o interrogador é incapaz de distinguir.

O teste de Turing é aplicado hoje (de forma reversa) nos sistema de CAPTCHA (acrônimo para *Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart*, **teste de Turing público completamente automatizado para diferenciar computadores de humanos**). Neste teste, o computador precisa verificar se está lidando com um ser humano ou com outro computador (ou **bot**, versão reduzida da palavra *robot* que significa robô em inglês). A Figura 2 apresenta um exemplo de CAPTCHA muito utilizado atualmente.

É importante ressaltar que embora o teste seja utilizado e tenha sua importância da perspectiva operacional e do próprio desenvolvimento de tecnologia, existem autores na filosofia, como John Searle, que afirma que nenhum programa de computador, por mais complexo que seja, permitiria um computador pensar. Para demonstrar isso, Searle montou um experimento mental conhecido como “Quarto Chinês”.

No experimento de Searle, uma pessoa que não entende nada de chinês está dentro de um quarto fechado. Neste quarto existem caixas com ideogramas chineses e um manual de instruções escrito em português que ensina de forma completa como manipular os ideogramas. No lado de fora do quarto, uma pessoa que fala chinês

escreve perguntas ou frases em um papel utilizando os ideogramas e passa esse papel para dentro do quarto por meio de uma pequena abertura.



**Figura 2:** Exemplo de CAPTCHA.

A pessoa dentro do quarto, ao receber o papel, utiliza o manual para responder adequadamente e de forma coerente (em chinês) às questões recebidas. A conclusão da pessoa do lado de fora é que o computador (dentro do quarto) fala perfeitamente chinês, todavia, dentro do quarto há uma **pessoa que não entende nada de chinês**.

Como este assunto é mais filosófico do que técnico, voltaremos nele durante as WebConfs da disciplina e também no módulo da última semana.

## 5. História da Inteligência Artificial

O primeiro trabalho reconhecido como de **inteligência artificial** foi publicado por Warren McCulloch e Walter Pitts em 1943<sup>2</sup>. Os autores propuseram um modelo de neurônio artificial onde cada neurônio possui dois estados possíveis: ligado ou

<sup>2</sup> Artigo Original disponível em: [McCulloch, Pitts; 1943](#)



desligado, com a troca para ligado acontecendo quando há estímulo o suficiente de neurônios vizinhos. Em seu trabalho os autores demonstram que qualquer função computável poderia ser calculada por uma certa rede de neurônios conectados e sugerem que redes definidas de forma adequada poderiam aprender.

O **nascimento da Inteligência Artificial** veio pouco tempo depois em 1956 quando **John McCarthy** no Dartmouth College em Hanover, New Hampshire, convenceu **Marvin Minsky, Claude Shannon e Nathaniel Rochester** a reunir pesquisadores dos Estados Unidos para discutir autômatos, redes neurais e estudos da inteligência. No verão de 1956 organizaram um seminário de 2 meses em Dartmouth - 10 cientistas no total, incluindo **Trenchard More, Arthur Samuel, Ray Solomonoff e Oliver Selfridge** além de **Allen Newell e Hebert Simon**.

Durante o seminário, enquanto os demais discutiam ideias e até possuíam programas para aplicações específicas como jogo de damas, Allen Newell e Hebert Simon haviam desenvolvido um programa de raciocínio denominado *Logic Theorist*. Embora o seminário ao final não tenha trazido uma grande novidade, ele serviu para que estes dez cientistas passassem a colaborar e se tornassem os personagens mais importantes da história da IA na época. Nos próximos 20 anos (1956 a 1976) o campo da IA foi dominado por estas figuras e seus estudantes.

É importante lembrar que nos anos 50, 60 e 70 os computadores tinham características muito diferentes dos computadores que temos hoje. Os primeiros computadores pessoais, o Kenbak-1 e o Datapoint 2200, surgiram no início dos anos 70 e eram extremamente limitados, vide a Figura 3.

Nos anos 50 e 60, boa parte dos cientistas ainda eram céticos em relação às capacidades da **inteligência artificial** e optava por esbravejar que “Um computador jamais irá realizar X” enquanto os que trabalhavam com IA focavam em adaptar as máquinas para realizar a tarefa X. Muitas dessas tarefas, na época, estavam relacionadas a capacidade dos sistemas de resolver problemas (numérica e simbolicamente).

Em 1958, John McCarthy criou a segunda mais antiga linguagem de programação ainda em uso: a **LISP**. Essa criação foi fundamental para o desenvolvimento da IA até o final da década de 80.

Se desde o início a inteligência artificial avançava em razão da ousadia dos cientistas que atuavam no campo, por outro lado, dificuldades foram surgindo ao longo dos anos: um exemplo disso foram os trabalhos para criar tradutores automáticos, principalmente após o lançamento do Sputnik em 1957 pelos soviéticos. O objetivo era traduzir documentos em russo a fim de auxiliar na pesquisa aeroespacial. Todavia, os esforços serviram para observar que o trabalho de tradução é muito mais

complexo que estabelecer uma relação entre os vocábulos e as regras gramaticais dos dois idiomas.



**Figura 3:** Kenbak-1 (acima) e Datapoint 2200 (abaixo) são considerados os primeiros computadores pessoais lançados no início da década de 70.

No final dos anos 50, o programa de tradução inglês-russo de Anthony Oettinger ficou famoso pelo erro: a frase “o espírito está disposto mas a carne é fraca” foi traduzido como “a vodca é boa mas a carne é podre”.

Outra dificuldade encontrada ao longo do tempo, era o fato da maioria dos problemas iniciais solucionados pela IA possuírem poucas combinações possíveis de solução.

Vale ressaltar que isto antecedeu a criação da teoria da complexidade computacional que foi criada em meados da década de 1970. Portanto, problemas de otimização combinatória, por exemplo, eram extremamente difíceis de serem resolvidos.

Ainda na década de 1960, no trabalho de Minsky e Papert denominado Perceptrons, uma forma simples de rede neural, os autores afirmavam que a rede poderia aprender tudo que ela pudesse representar. Todavia, mais tarde, ficou claro que uma rede deste tipo mesmo com apenas duas entradas não poderia ser treinada para verificar que suas entradas eram diferentes uma da outra (**problema não-separável linearmente**).

Em 1969 cientistas de Stanford desenvolveram o DENDRAL, um programa criado para inferir a estrutura molecular a partir de um espectrômetro de massa. A entrada do programa era fórmula elementar da molécula analisada e o espectro de massa da mesma obtido por meio de um instrumento externo. A destas informações o DENDRAL deveria inferir quais grupos/fragmentos faziam parte da fórmula. A princípio, algumas soluções acabavam testando quase todas as possibilidades em alguns casos. Após consultarem especialistas em química e entender como eles realizavam a aferição manualmente, eles foram capaz de introduzir no programa o raciocínio utilizado pelos químicos. Isso foi um passo importante para a IA pois era o primeiro sistema de conhecimento intensivo, isto é, sua habilidade derivava de um grande número de regras de propósito específico.

A partir do DENDRAL se intensificaram a criação e desenvolvimento de **sistemas especialistas**. Por exemplo, o MYCIN era um programa desenvolvido em Stanford que diagnosticava infecções sanguíneas. Ele possuía cerca de 450 regras e tinha acurácia tão boa quanto um especialista da área, e uma acurácia muito maior que profissionais em início de carreira.

A partir da década de 1980 muitas empresas começaram a investir em sistemas especialistas. O primeiro deles foi o R1 na Digital Equipment Corporation. Já em 1988 a indústria de IA nos Estados Unidos tinha saído de milhões de dólares para uma marca bilionária. A partir de 1987 a **Inteligência Artificial** passa a ser considerada uma **ciência** e passa a cada vez mais possuir aplicações comerciais e científicas importantes e também a fazer parte do cotidiano de empresas e pessoas.

Durante praticamente 60 anos desde a sua criação, a IA sempre teve foco na criação de novos algoritmos, métodos e técnicas. A partir de 2001 há uma mudança importante: graças ao desenvolvimento de novas tecnologias principalmente de *hardware* (processadores e memórias) o foco passa a ser os dados, uma vez que seu volume passa a ser maior a cada ano. Um dado que evidencia a importância e o volume dos dados que são coletados atualmente ao redor do mundo é o tráfego anual de dados no mundo: aproximadamente 4,7 Yottabytes (ou **4 700 000 000 000 000 000**

**000** bytes)<sup>3</sup>. Essa quantidade anual de dados é uma quantidade maior que toda a informação produzida pela humanidade desde a pré-história até o ano de 2010.

Na próxima semana, iremos estudar os diferentes tipos de sistemas, algoritmos e técnicas relacionadas à Inteligência Artificial, como elas são classificadas e quais tipos de problemas resolvem.

---

<sup>3</sup> Fonte: Banco Mundial (2023)