

# Inteligência Artificial: Uma Abordagem Simplificada

Bernardo Favoreto

Fevereiro de 2018

## Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>O que é IA?</b>	<b>2</b>
2.1	Componentes de uma IA . . . . .	3
2.1.1	Percebendo o ambiente . . . . .	4
2.1.2	Raciocinando sobre o que foi observado . . . . .	4
2.1.3	Agindo com base no raciocínio . . . . .	5
2.2	Tipos de IA . . . . .	5
2.2.1	IA Fraca . . . . .	6
2.2.2	IA Forte . . . . .	7
2.3	Alguns dos campos de IA . . . . .	8
2.3.1	Sistemas Especialistas . . . . .	8
2.3.2	Entendendo linguagem humana . . . . .	10
2.3.3	Máquinas aprendizes . . . . .	12
<b>3</b>	<b>História da IA</b>	<b>13</b>
3.1	Precusores . . . . .	14
3.2	Surgimento do termo “Inteligência Artificial” . . . . .	15
3.3	Os anos de ouro (1956-1974) . . . . .	15
3.4	O inverno da IA . . . . .	17
3.5	A volta da IA . . . . .	17
<b>4</b>	<b>Por que IA agora?</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>Os impactos e o futuro da IA</b>	<b>22</b>
5.1	No trabalho e na sociedade . . . . .	22
5.2	Singularidade está próxima? . . . . .	24
5.3	Superinteligência . . . . .	26
<b>6</b>	<b>Como aplicar IA?</b>	<b>27</b>
<b>7</b>	<b>Conclusão</b>	<b>30</b>

## 1 Introdução

Nós humanos nos diferenciamos dos animais, principalmente, pela nossa inteligência. O fato de nos chamarmos *Homo sapiens*, que significa “homem sábio” deixa isso explícito. Durante anos tentamos entender como nosso pensamento funciona: como nós humanos conseguimos perceber, interpretar, raciocinar e agir em um mundo tão maior e mais complexo do que nós? O campo de **Inteligência Artificial (IA)** vai ainda mais longe: não queremos apenas entender como pensamos, mas também sermos capazes de reproduzir esse pensamento em máquinas.

É indiscutível o aumento no uso e a pesquisa acerca de inteligência artificial atualmente. As notícias se espalham por todos os meios: jornais, revistas e principalmente na internet. Desta forma, até quem nunca se interessou pelo assunto se depara com certas informações e se espanta com os avanços que estão ocorrendo no campo de IA, mas ainda, sem entender muito bem como ou porque de tudo isso. O curso foi pensado tendo isto em mente e a expectativa é de diminuir a barreira que existe atualmente entre nós e a inteligência artificial. Com uma abordagem simplificada e exemplos ao longo do texto, o objetivo é fazer com que qualquer um entenda os principais conceitos e o que compõe uma IA, de forma a se tornar mais crítico e por dentro do assunto, podendo até enxergar oportunidades para o uso da tecnologia.

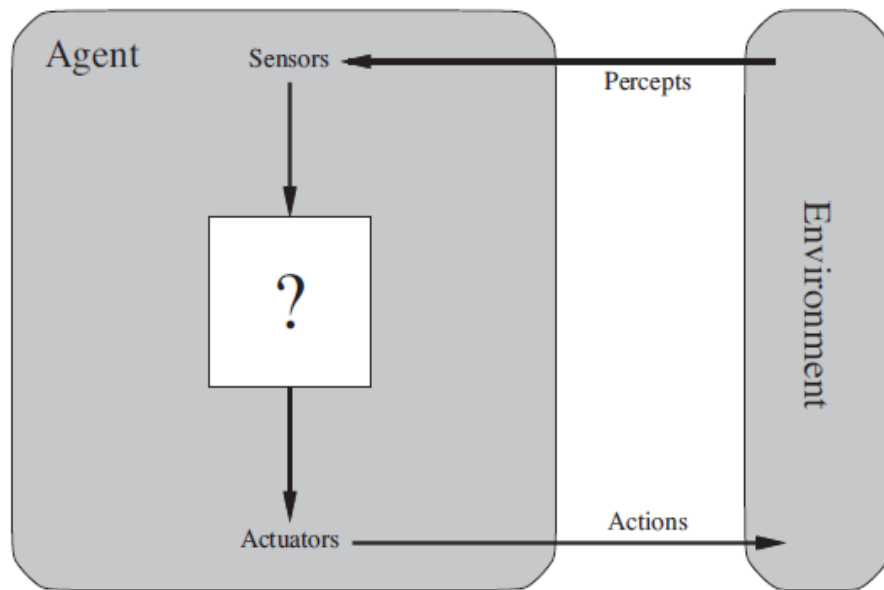
## 2 O que é IA?

Para seguirmos em frente precisamos entender o que é e o que compõe uma IA. Antes disso, esteja familiarizado com o conceito de *agentes*. Agente é qualquer coisa que tem a capacidade de perceber o **ambiente** através de **sensores** e agir neste ambiente através de **atuadores**. É importante não se restringir ao sentido físico de ambientes e sensores e ainda, devemos enfatizar que agentes são **ferramentas para analisar sistemas**. Agentes artificiais na maior parte das vezes estão presente apenas no mundo digital (robótica sendo uma exceção, por exemplo).

A grosso modo, podemos dizer que inteligência artificial é a capacidade de um agente inteligente realizar tarefas associadas ao processo de pensamento (e tomada de decisão) do humano. Tarefas estas que incluem *perceber* (obter e armazenar **informações**), *raciocinar* (usar regras para tirar **conclusões** — aproximadas ou definitivas — com base nas informações obtidas) e por fim, *agir* (de forma a maximizar a realização de um **objetivo**).

É esta capacidade de um agente artificial receber e interpretar informações, para então tomar uma decisão, que torna o uso de IA tão atraente para os mais diversos setores no mundo dos negócios. Seria extremamente exaustivo para um ser humano analisar os dados de uma empresa, para então tentar entender e obter correlações para propor futuras mudanças. Para um agente artificial isso não leva mais que alguns minutos. Devido a vasta capacidade computacional disponível hoje, os computadores nos ultrapassaram em velocidade de proces-

Figura 1: Visualizando agentes que interagem com o ambiente



Fonte: RUSSEL, NORVIG, 2009, p.35, [1]

samento há muito tempo e ainda, nós humanos não funcionamos em máxima eficiência o tempo todo, enquanto um computador sim (24 horas por dia sem queda de performance é bastante incrível). Aqui já começamos a entender melhor o porquê da escolha pelas máquinas.

No entanto, ainda é obscuro como tudo isso funciona. Com o objetivo de fornecer uma visão mais concreta acerca de IA, iremos decompor o seu funcionamento, dando foco no que é considerado essencial para o entendimento. Mais à frente serão apresentados os tipos de inteligência artificial e alguns campos onde a atuação de agentes inteligentes é bastante presente.

## 2.1 Componentes de uma IA

Para nos dar uma melhor perspectiva dos componentes de uma IA, vamos ter em mente o exemplo de agentes inteligentes utilizados em sistemas de recomendação, que estão presente em empresas como Amazon e Netflix. Este tipo de agente, através da análise dos dados gerados, consegue “criar perfis” com base em compras ou itens que você viu anteriormente, para então encontrar pessoas com gostos semelhantes e por fim, sugerir para você itens que essas pessoas gostaram mas que você ainda não viu. Resumindo, esse agente recebeu dados (*percepting*), estudou e entendeu estes dados (*reasoning*) e por fim fez uma previsão (*acting*): “talvez esse livro te interesse.” A forma como é rea-

lizada essas tarefas depende do campo de IA em que estamos (mais detalhes e explicação adiante no capítulo).

### 2.1.1 Percebendo o ambiente

Nós humanos fazemos o uso de nossos sentidos para qualquer tipo de informação recebida. Se tocamos algo, um impulso é transmitido para o nosso cérebro e instantaneamente sentimos o efeito disso em nossos dedos. Similarmente quando alguém nos diz algo, a informação “entra” no nosso cérebro rapidamente através da audição. De forma análoga, um agente artificial deve estar apto a perceber o ambiente em que se encontra para poder começar a pensar no que deve ser feito. Mas o que é “perceber o ambiente” para um agente artificial? A ideia principal é que este seja capaz de interagir com informações representadas na forma de dados (algo que faça sentido para a máquina) e adicionar essas informações ao seu “banco de conhecimento” (todo o conhecimento que o agente tem até o presente momento). De forma mais simples, é a capacidade de um sistema receber e armazenar dados.

No nosso exemplo de agentes inteligentes programados para sistemas de recomendação, este passo consiste em coletar o histórico de navegação do cliente no site da empresa. Isso é feito pois desta forma o agente adiciona ao seu banco de conhecimento informações relevantes acerca do perfil daquele cliente. É com o uso dessas informações que o sistema irá fazer associações e perceber semelhanças com outros clientes, entre outras funções. Vamos nos ater apenas ao fato de que o sistema nesse caso coletou os dados do cliente e os armazenou para futuramente usá-los de forma inteligente.

Até aqui, o que nosso sistema tem é basicamente um conjunto de dados que, a não ser que o agente seja programado para fazer algo com estes dados, não serve para basicamente nada. É aqui, então, que entra a parte do *raciocínio*. Como usar esses dados de forma inteligente, útil?

### 2.1.2 Raciocinando sobre o que foi observado

Em seu artigo intitulado “Sistemas de recomendação: Princípios, métodos e avaliação” (traduzido do Inglês), F.O. Isinkaye et al. (2015) [2] definiu sistemas de recomendação da seguinte forma:

*“Mecanismos/Sistemas de recomendação são aqueles que lidam com o problema de sobrecarga de informação, filtrando informações vitais de uma extensa quantidade de dados gerados dinamicamente de acordo com as preferências, interesses ou comportamento observado do usuário acerca de um item. Mecanismos/Sistemas de recomendação têm a habilidade de prever se um usuário irá preferir ou não um item com base no perfil deste.”*

Como já foi dito, o que temos até aqui é um sistema que recebe informações. A parte relacionada a filtragem de dados se encontra no mecanismo de raciocínio do agente. Para obter informações úteis, o sistema deve usar lógica e inferência

(assim como nós humanos) a fim de filtrar o conteúdo. As regras que cercam o raciocínio do agente devem ser pré-definidas na programação deste (não vem ao caso aqui como isso é feito, apenas entenda que isso deve ser manualmente programado por um humano) de forma que o resultado obtido seja consistente com o esperado. No nosso exemplo, o agente deve “transformar” os acessos do usuário em informações relevantes para o sistema de forma a utilizá-las futuramente no último passo da sequência — *agir*.

Embora pareça vaga a ideia apresentada acerca do raciocínio do agente, é aqui que se encontra a maior dificuldade dos programadores e é nesse passo que a maioria dos sistemas se diferenciam. Aquele que consegue melhor programar a forma para um agente artificial raciocinar tem a vantagem de um sistema mais inteligente. Mais à frente será falado sobre sistemas que *aprendem* sozinhos, com base nos dados e em objetivos pré-definidos. Vamos deixar esta discussão para a sessão de “Máquinas que aprendem” e terminar de apresentar a forma mais geral de uma inteligência artificial.

### 2.1.3 Agindo com base no raciocínio

Por fim, nosso agente após raciocinar chegou a certa conclusão. Essa conclusão, no entanto, deve ser convertida em uma ação que se comunique com o usuário. Este passo, novamente, depende do *objetivo* do sistema em questão. Para o nosso caso, queremos que nosso agente recomende itens que façam sentido com base no perfil do usuário. Desta forma, o sistema com todo seu banco de conhecimento, é capaz de reconhecer clientes com perfil semelhante ao presente usuário para, portanto, recomendar produtos que estejam de acordo com aquele perfil. Mais uma vez, a *ação* muda de acordo com cada tipo de sistemas que temos.

Então, para resumir os componentes de uma inteligência artificial, podemos dividir em três passos:

1. **Percepção:** capacidade do agente receber e armazenar dados em seu banco de conhecimento;
2. **Raciocínio:** habilidade de filtrar e organizar os dados relevantes para o sistema;
3. **Ação:** com os dados filtrados e uma decisão tomada, realizar uma ação (com base em um objetivo — recomendar potenciais compras, por exemplo) que se comunique com o usuário.

## 2.2 Tipos de IA

Por diversas vezes, quando lemos algo sobre inteligência artificial nos questionamos: “será mesmo que isso é *inteligência* artificial?”. Isso é bastante comum e acredito que o maior incômodo é a palavra “inteligência”. Para rebater a dúvida, uso as palavras de John McCarthy:

*“A partir do momento que funciona, ninguém mais chama de IA.”*

O programa de computador da IBM, Deep Blue, que venceu em 1997 o campeão mundial de Xadrez, Garry Kasparov [3], pode ser considerado inteligente? Ou este simplesmente, devido a sua capacidade, conseguia analisar todos os possíveis movimentos (tarefa impossível para um humano) e decidir o melhor? Vamos observar mais a fundo dois tipos de IA e entender melhor o que se passa.

### 2.2.1 IA Fraca

O programa de computador da IBM citado acima fazia uso de “algoritmo de força bruta”, um tipo de algoritmo que verifica *todas* as possibilidades e decide a melhor entre elas. Em outras palavras, o sistema fez o uso da *percepção* do tabuleiro, *raciocinou* sobre todas as possíveis posições e, por fim, *agiu* com base naquela opção que maximiza seu objetivo: ganhar o jogo. É estimado que o Deep Blue conseguia simular *200 milhões* de posições no tabuleiro *por segundo* [4]. Agora proponho outra questão: você acredita que se este mesmo programa fosse usado para jogar, por exemplo, jogo da velha, teria o mesmo desempenho? A resposta é não, e o por que é simples! Estamos falando de *inteligência artificial fraca*, que de forma mais geral, são sistemas programados para tarefas *específicas*. Isso mostra, portanto, que o Deep Blue com certeza era um excelente jogador de xadrez, mas funciona completamente diferente de um ser humano e é totalmente inútil para tarefas que não sejam jogar xadrez.

Chegou a hora de responder a dúvida, enfim: é ou não inteligência artificial? Se tivermos em mente uma definição de IA como **agentes que simulam o processo de tomada de decisão de humanos**, sim. Pois, se levarmos em conta o que o computador está realizando é exatamente isso (a decisão de qual movimento realizar e com qual peça). No entanto, *a forma* como este realiza, é totalmente diferente da inteligência cognitiva que esperamos de um humano. Então quer dizer que o sistema se comportou de forma inteligente, mas não da forma que nós estamos habituados. De fato, por este motivo, acredito que fica claro por que é considerado uma inteligência *artificial*: estamos reproduzindo funções cognitivas de formas totalmente distintas daquelas com que estamos acostumados.

Desta forma, é importante se familiarizar com este conceito de inteligência artificial, pois é o único que existe atualmente (IA Fraca). Pense nos mais diversos casos que você já se deparou acerca de IA; todos eles realizam tarefas *específicas*. Claro que atualmente algumas IA's realizam tarefas surpreendentes (por exemplo, carros autônomos), no entanto, estão restrito a essas tarefas. Isso não precisa ser visto como um problema, uma vez que estes sistemas são extremamente capazes de alcançar os objetivos desejados e ainda, com muito mais eficiência que nós seres humanos. Ainda assim, precisamos caminhar em direção a inteligências artificiais mais fortes, ou seja, sistemas mais *genéricos*. Grandes pesquisadores trabalham em projetos que buscam inteligência artificial genérica (IAG), destacando-se Ray Kurzweil (Google Brain) e o brasileiro Ben Goertzel (OpenCog). A sessão a seguir trata isso mais a fundo.

### 2.2.2 IA Forte

Antes de iniciarmos esta sessão, deve ser feita uma ressalva: *ainda não há exemplos de inteligências artificiais forte*. No entanto, considero importante ser citado aqui, uma vez que os esforços objetivando alcançar tal inteligência artificial tem se intensificado bastante nos últimos tempos, principalmente com o aumento da capacidade computacional e o número de dados disponíveis. Vamos pensar, portanto, o que seria uma IA genérica e que tipo de impactos essa traria, se alcançada.

Uma inteligência artificial genérica é aquela que consegue simular *toda e qualquer* processo intelectual dos seres humanos. Não para uma tarefa específica e não para um objetivo pré-definido — geral. O famoso matemático Alan Turing, propôs, em 1950, um teste [5] para classificar se uma máquina possui de fato inteligência geral. O teste, que ficou famoso como “Jogo da Imitação” consiste em um agente artificial que seja capaz de se passar, indistinguívelmente, por um humano em uma conversa qualquer (a máquina se comunica através de telas, portanto o humano não sabe se é máquina ou outro humano). Dessa forma, a simples capacidade de conduzir uma conversa arbitrária, é capaz de classificar tal inteligência. Isso é verdade pois apesar de parecer uma tarefa trivial, a complexidade dos processos que ocorrem no nosso cérebro para cumprirem tal tarefa é enorme (veremos mais sobre isso à frente).

Para dar um sentido mais palpável, imagine da seguinte forma: quão poderoso seríamos se tivéssemos a velocidade, memória e capacidade de processamento dos mais potentes computadores? É basicamente esta a ideia de uma inteligência artificial genérica. Um cérebro humano funcionando em outro substrato — as máquinas. Concluimos, portanto, que tais máquinas seriam extremamente inteligentes e mais rápidas que qualquer ser humano. Os impactos disso são os mais diversos. Pense nas inúmeras descobertas que uma máquina com tal capacidade pode alcançar: curas para doenças, alternativas sustentáveis, planos para redução de desigualdade, entre outras tarefas que, a princípio, só parecem possíveis para seres humanos. Ainda assim, anos de pesquisas envolvendo grupos de humanos não trazem resposta para grande parte dos problemas que enfrentamos na nossa sociedade atualmente. Por isso, o esforço para alcançar IAG é extremamente valioso. O impacto positivo que esta pode trazer para nossas vidas é muito atrativo para ser deixado de lado.

No entanto, aqui deve ser um feito uma observação: o que é extremamente simples de nós humanos executarmos pode ser extremamente difícil de implementar em uma máquina. Pense no exemplo de classificar imagens. Um algoritmo que utiliza aprendizado de máquina pode aprender sozinho a classificar imagens. Este algoritmo, no entanto, deve ser programado por um ser humano e consiste de passos relativamente complexos (ver seção 2.3.3) se compararmos com o que fazemos, que é simplesmente observar e concluir: é um cachorro. Por isso o teste de Turing se “contenta” com uma simples conversa. Essa capacidade de se adaptar em uma conversa de conteúdo arbitrário é muito fácil para nós humanos, mas demasiadamente difícil para uma máquina.

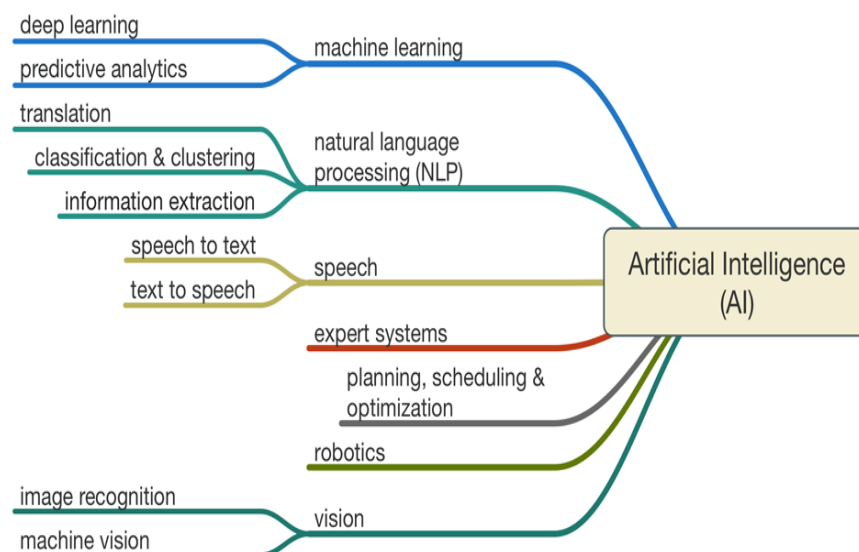
Portanto, deve ficar claro que essa busca é muito complexa e já começou

faz tempo. De qualquer forma, os impactos são tantos que acredito ser uma das buscas mais nobres da humanidade. Por enquanto ficamos apenas com a imaginação, mas nada indica que exista algo que torne impossível alcançarmos tal objetivo — ou seja, é uma questão de tempo.

## 2.3 Alguns dos campos de IA

Até agora, falamos de inteligência artificial de modo geral, sem nos preocupar nos mais diversos mecanismos subjacentes que proporcionam a capacidade de simular inteligência humana. Agora, no entanto, acredito que já estejamos com conhecimento suficiente para ampliarmos essa nossa visão. Vamos apresentar *alguns* dos diferentes campos que existem “abaixo” de IA. Por motivos de conveniência, não serão discutidos todos.

Figura 2: Inteligência Artificial e seus sub-campos



Fonte: [Link para acesso na referência \[6\]](#)

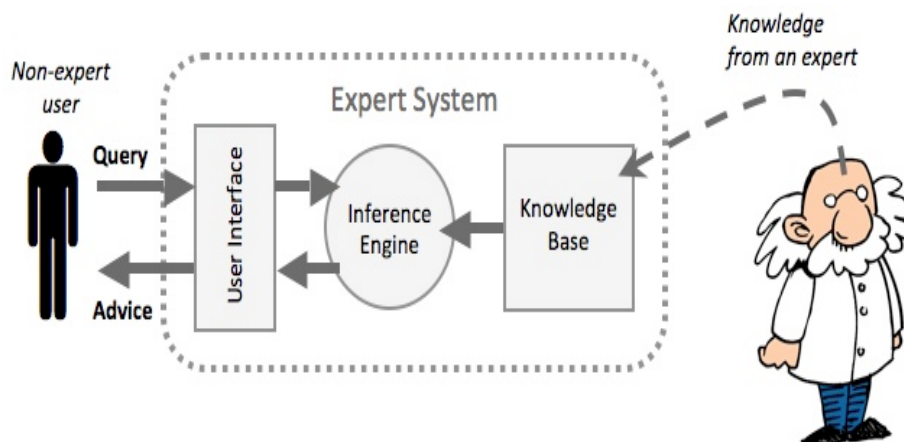
### 2.3.1 Sistemas Especialistas

Um dos primeiros sucessos no campo de IA se deu graças aos Sistemas Especialistas (Expert Systems). Como o nome sugere, consiste na programação de sistemas que são extremamente eficientes em realizar uma tarefa pré-definida. O caso do computador da IBM que citamos anteriormente se enquadra aqui: Deep Blue é um sistema especialista em xadrez.



Na seção 2, foi definido o que é IA e agentes inteligentes. Quero deixar claro que os mecanismos de funcionamento de IA apresentam pequenas e sutis diferenças dependendo do sub-campo em que estamos. Aqui, o caso é bastante semelhante àquele da seção 2, com algumas nuances. Sistemas Especialistas consistem em um conjunto de regras pré-programadas (por humanos<sup>1</sup>) e na interação com o ambiente (estado atual de um tabuleiro de xadrez, por exemplo) para, por fim, tomar uma ação com base em um objetivo pré-definido. Como você deve ter percebido, essa é basicamente a definição de IA. De fato, podemos generalizar desta forma, no entanto, o modo como os sistemas raciocinam e chegam a suas conclusões sobre qual ação tomar é que variam bastante nos sub-campos de inteligência artificial.

Figura 3: Componentes de um sistema especialista



Fonte: Link para acesso na referência [7]

No caso de sistemas especialistas, temos três sub-sistemas principais:

- **Base de conhecimento:** onde é armazenado o conhecimento específico do domínio no qual tal sistema é especialista (xadrez, por exemplo). É uma coleção de dados, informações e experiências passadas. Quanto maior a base de conhecimento, melhor e mais preciso o sistema.
- **Mecanismo de inferência:** é o que possibilita o sistema utilizar sua base de conhecimento. Consiste basicamente em aplicar uma série de regras e procedimentos previamente definidos (por humanos) e adicionar mais conhecimento à base, se requerido.

<sup>1</sup>Estes são chamados de “engenheiros de conhecimento”. Isso é porque a tarefa dessas pessoas é *implementar*, manualmente, todo o conhecimento necessário para tal sistema especialista. Essa necessidade de programar explicitamente todas as funções de uma IA é um fator limitante para sistemas especialistas.

- **Interface de usuário:** é o que permite um leigo utilizar o sistema especialista, recebendo “conselhos” acerca de um conhecimento específico. Deve ser o mais simples possível.

Portanto, no caso de sistemas especialistas, o raciocínio consiste em seguir as regras que foram pré-definidas pelo programador. Para o caso de xadrez, algumas delas podem ser, por exemplo: manter o rei protegido, fazer sempre a jogada que aumenta a probabilidade de vitória e, além disso, devem ser manualmente programadas *todas as regras acerca do jogo*. Isso é o que mais limita esse tipo de sistema. Pode ser extremamente difícil, ou até impossível, escrever todas as regras que envolvem um sistema específico, por este motivo, o sistema pode se deparar com uma situação desconhecida e simplesmente não saber o que fazer.

Algumas das aplicações atualmente desses sistemas são na realização de diagnósticos (a base de conhecimento deve conter informações médicas, os sintomas do paciente seriam utilizados no mecanismo de inferência e, por fim, o conselho seria o diagnóstico), conselho para investimentos (o conhecimento consiste de informações sobre o passado do mercado, a situação atual é passada para o mecanismo de inferência e o conselho seria em qual empresa investir).

### 2.3.2 Entendendo linguagem humana

A forma como nos comunicamos com as máquinas é crucial: como traduzir o que queremos ou pensamos para uma linguagem compreensível para máquinas e ainda, como esta pode nos dar respostas que tenham sentido? É isso que o campo de Processamento de Linguagem Natural (PLN) se preocupa em estudar e realizar. Dois são os principais motivos pelos quais é interessante que nossos sistemas sejam capaz de interpretar e gerar linguagem: comunicar-se com nós humanos e obter informação a partir de textos.

Sem PLN seria impossível a comunicação com os computadores, uma vez que estes utilizam linguagens artificiais (de programação). Por este motivo, esses sistemas devem ser capazes de *compreender* uma língua natural falada por qualquer pessoa, *entender o significado* do que foi dito e por fim, caso haja necessidade, *gerar texto* (ou fala) para se comunicar com o usuário final. Claro que os passos que estão envolvidos na realização dessas tarefas não são triviais. De qualquer forma, é possível compreender como esses modelos funcionam sem se aprofundar nos processos subjacentes. Para isso, vamos “quebrar” os componentes de um sistema de PLN em dois principais: *compreensão* e *geração* de linguagem natural.

Começando pelo mais difícil, compreensão de linguagem natural (CLN). Esse mecanismo se encarrega de entender e atribuir sentido ao que foi ouvido ou lido em linguagem natural. Para um melhor acompanhamento, vamos usar o exemplo da assistente pessoal Siri (Apple). Esta recebe informações na forma de áudio, por este motivo, o primeiro passo é converter o áudio para texto. Isso é feito utilizando-se *reconhecimento automático de voz* que traduz as frequências sonoras captadas para texto (caso tenha curiosidade, pesquisar por Modelo

oculto de Markov). Uma vez que a informação esteja em forma de texto, o sistema pode começar a tentar dar significado ao conteúdo.

Diferentes sistemas podem usar diferentes técnicas para compreensão de textos mas, de forma geral, estes processos são sempre semelhantes. Todo sistema de PLN tem na sua base de conhecimento um extenso vocabulário e também um conjunto de regras gramaticais (ambos programados por humanos e implementado ao sistema). O processo de compreensão se divide em alguns passos: primeiro, o sistema tenta entender o que é cada palavra, um substantivo, verbo; além disso, qual o tempo, passado, presente, etc. Com isso, utilizando uma análise de dependência e seguindo as regras gramaticais, ele deve ser capaz de separar o texto em sentenças menores, com significado interligado. Ao fim desse processo, tem-se o que é chamado de “texto analisado”, ou seja, um texto já compreensível para máquina. Isso conclui o passo número um de um sistema de PLN.

Tendo um texto compreensível, Siri faz uma *análise de intenção* para tentar interpretar exatamente o que o autor do áudio precisa, uma vez que a mesma frase ou palavras pode ter significados distintos (polissemia e sinônimos são pedras no sapato de sistemas de PLN). Utilizando uma análise de sentimento e dando atributos as palavras (por exemplo, se trata de esporte, política, alimentação, etc) o sistema chega em uma decisão definitiva sobre o que o usuário precisa. O passo seguinte não se trata de PLN: é a busca que a Siri faz para retornar a resposta ao usuário.

No entanto, é a forma como é gerada essa resposta que nos interessa. Para geração de linguagem natural (GLN) o sistema deve agora traduzir de linguagem de máquina para linguagem natural. Para isso, ele deve primeiro decidir o que traduzir. Vamos imaginar que sua pergunta à Siri foi: “como está o clima hoje?” Tendo entendido isto (primeiro passo) ela acessa alguma fonte de informação e a interpreta. Dentro de um corpo extenso de texto, ela decide por fim que o essencial é fornecer dados referentes a temperatura, vento e umidade. Utilizando um processo semelhante a CLN, mas reverso, ela estrutura o que será falado (utilizando as regras e o vocabulário conhecidos). Desta forma, o que o sistema tem agora é um texto em linguagem natural. Por fim, Siri faz uma análise utilizando modelos de prosódia (padrão de ritmos e sons utilizados na linguagem) e decide as pausas, duração e tom do áudio a ser gerado. Então, utilizando sua base de dados (com gravações de vozes) ela gera o áudio e devolve ao usuário.

Não sintam-se mal caso haja dificuldade de compreensão, realmente é muita informação a ser absorvida. O importante aqui é compreender que atualmente já existem sistemas que compreendem e geram linguagem natural (aquela falada por humanos). Isso é de extrema importância pelos motivos citados no primeiro parágrafo da seção. Além disso, imagine aquela inteligência artificial genérica que comentamos na seção 2.2.2 sendo capaz de analisar milhares de texto na internet e absorver o que foi lido. Rapidamente, esta seria um *expert* em qualquer área. Por esses e outros motivos, até hoje são pesquisadas e desenvolvidas diversas técnicas para melhorar a compreensão de linguagem natural pelas máquinas.

### 2.3.3 Máquinas aprendizes

Essa seção trata de — provavelmente — o assunto mais quente acerca de inteligência artificial no momento. Aprendizado de Máquina (AM) é o ramo que mais cresce atualmente. Com vastas aplicações, desde mecanismos de busca (Google) até carros autônomos, esse tipo de algoritmo (diversas vezes chamados de “aprendizes”) se mostra muito eficiente para as mais diversas tarefas. Além disso, existem diversas abordagens para esse tipo de algoritmo aprendiz (uma delas, Aprendizagem Profunda, será introduzida na seção 4).

O conceito chave acerca de AM é que, tradicionalmente, quando desejávamos que nosso computador fizesse algo, devíamos explicitamente programá-los para tal (isso é basicamente os casos que vimos até agora em Agentes Especialistas e sistemas de PLN). No entanto, com esses aprendizes, eles são capazes de captar padrões nos dados e, desta forma, prever padrões semelhantes em dados nunca vistos antes. Os objetivos mais comuns de algoritmos de aprendizado de máquina são *classificar* e *prever* dados novos. Neste ponto, é importante citar a necessidade dos dados. Como esses algoritmos aprendem com exemplos, devemos ter um elevado número destes para aumentar a eficácia do nosso aprendiz. Por isso, é essencial que tenhamos dados disponíveis e o fato de estarmos na era dos dados<sup>2</sup> é uma das justificativas do por que o aprendizado de máquina tem feito sucesso ultimamente.

Vamos entender melhor agora os objetivos e por que algoritmos de aprendizado de máquina estão chamando tanta atenção. Para tal fim, usaremos o exemplo de algoritmos que preveem preço de casas. Uma característica essencial de Aprendizado de Máquina é que devemos ter bem definido um conjunto de características que descrevem nossos dados (chamadas *features*). Por exemplo, num conjunto de dados da Kaggle<sup>3</sup> que contém os valores de diferentes casas, são utilizadas *82 características* para descrever as casas; o conjunto de dados tem um total de 2930 amostras [9]. Como veremos mais à frente, essa é uma das limitações de Aprendizado de Máquina — a necessidade de uma precisa descrição dos dados.

Com esses dados em mão, o algoritmo precisa “estudá-los” para entender como as *features* se relacionam com os preços finais da casa. É nesse momento que o aprendizado ocorre. A cada previsão feita pelo algoritmo, o código recebe um *feedback* dizendo quanto seu palpite foi errado. Com o tempo, como o objetivo do algoritmo é minimizar o erro (chegar o mais próximo dos preços corretos), ele vai aprendendo a capturar as características e os padrões nos dados, de forma que ao fim do processo de treino, temos um algoritmo com uma elevada precisão<sup>4</sup>, capaz de prever preço de casas nunca vistas antes, contanto

<sup>2</sup>Estima-se que atualmente, 2,5 quintilhões de bytes de dados são gerados *diariamente*. [8]

<sup>3</sup>Kaggle é uma plataforma voltada para competições de Aprendizado de Máquina. Seus desafios envolvem os mais diferentes tipos de modelagem preditiva, onde os competidores devem escrever um algoritmo que melhor prevê e descreve um conjunto de dados, fornecido pelos próprios usuários ou empresas.

<sup>4</sup>Das competições da Kaggle citada, este conjunto de dados foi usado em uma delas. Nesta, o vencedor (Dark Yoshi) obteve ao final do processo de treino 100% das previsões corretas. [10]

que tenhamos as 82 características que descrevam a casa.

Esse tipo de aprendizado — no qual temos os dados rotulados e o código é capaz de fornecer um *feedback* instantâneo para o agente — é chamado de aprendizado supervisionado. Existem outros tipos de aprendizado que não dependem de dados com rótulos<sup>5</sup>, no entanto, estes são muito mais complexos e até hoje se mostram eficientes para uma pequena gama de tarefas; não quer dizer, no entanto, que nunca serão eficientes. Há muito estudo acerca disso e ouviremos falar mais ainda nos próximos anos.

Como essa seção trata de um assunto de extrema importância, vou apontar os principais conceitos que devem ser absorvidos aqui:

- Algoritmos de aprendizado de máquina são mutáveis: eles alteram seus parâmetros durante o processo de treino a fim de melhorar sua performance — diminuir o erro.
- Ter dados é indispensável para esse tipo de algoritmo. Estes dados podem ser rotulados ou não. É preferível que sim, pois torna o aprendizado muito menos exaustivo.
- São capazes de captar padrões em dados e generalizar para dados similares não vistos antes, de forma a conseguir classificar e prever dados novos.
- Esse não é um ramo novo, mas se tornou muito popular com o aumento no volume de dados recentemente.
- Suas aplicações são diversas: sistemas de recomendação, carros autônomos, identificação de tumores, finanças computacional, entre muitas outras.
- Necessidade de uma descrição precisa dos dados: Como vimos no conjunto de dados da Kaggle, 82 características são usadas para descrever as casas. Isso é um tanto quanto inconveniente, uma vez que caso desejássemos prever o valor de uma nova casa, devemos fornecer estas 82 características para que o algoritmo seja capaz de estimar seu valor — essa é uma grande limitação de AM.

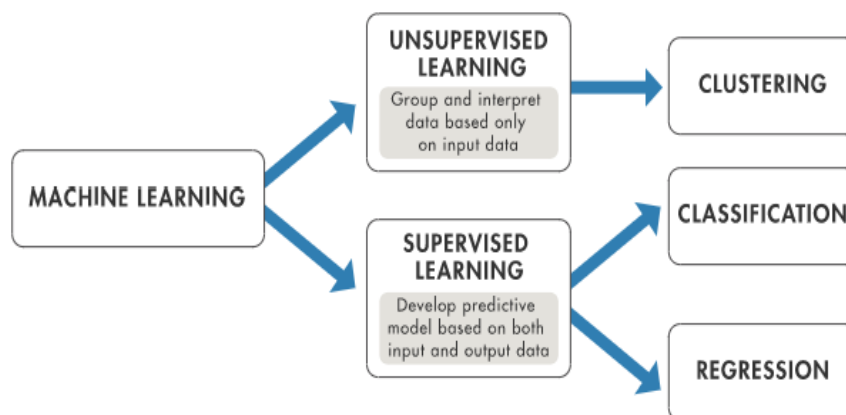
### 3 História da IA

Embora inteligência artificial tenha se tornado mais vastamente conhecida apenas nos últimos tempos, o ramo existe muito antes da era digital que vivemos atualmente. Vamos dar uma olhada na história da IA e tentar entender como esta possibilitou os futuros avanços, que hoje são tantos.

---

<sup>5</sup>Aprendizado não supervisionado. Trata-se de algoritmos que o agente não tem informação sobre os dados, ou seja, estes não estão rotulados, o que dificulta o processo de aprendizado pois o algoritmo não sabe a resposta certa esperada.

Figura 4: As técnicas de aprendizado de máquina — aprendizado supervisionado ou não.



Fonte: Link para acesso na referência [11]

### 3.1 Precursores

Como não podia ser diferente, os primórdios de inteligência artificial tem base na tentativa de entender inteligência humana (o melhor *benchmarking* para IA). Leibniz, Hobbes e Descartes, filósofos do século 17, sugeriam e exploravam a possibilidade de que todo pensamento racional pode ser sistematicamente elaborado, assim como álgebra e geometria, por exemplo. Isso abre portas para interpretar, portanto, que o processo de pensamento humano pode ser sistematicamente descrito e, conseqüentemente, reproduzido.

Mais à frente, na década de 1920, um matemático alemão chamado David Hilbert, “provocou” famosos matemáticos com a seguinte pergunta: “toda forma de raciocínio matemático pode ser formalizada?” A resposta dos matemáticos surpreendeu de duas diferentes maneiras. Primeiro, havia de fato limites do que a lógica matemática podia realizar. Segundo, e o mais importante para o ramo de IA, eles mostraram que *qualquer* forma de raciocínio matemático pode ser mecanicamente reproduzido. Isso implicou em uma teoria, que ficou conhecida como “Church-Turing thesis”. Nesta, o famoso matemático e pai da computação, Alan Turing, juntamente com Alonzo Church, teorizaram uma máquina que é capaz de realizar toda e qualquer operação apenas através da manipulação de símbolos tão simples quanto 0 e 1. Essa máquina teórica ficou conhecido como Máquina de Turing, ou Máquina Universal e é a base dos computadores modernos.

O que é importante tirar de tudo isso é que, se o pensamento humano pode ser reproduzido mecanicamente, através de operações matemáticas e lógica e ainda, se existe uma máquina capaz de realizar qualquer operação, isso implica

que uma máquina é totalmente capaz de reproduzir o raciocínio humano. Os filósofos do século 17 estavam certos. Este foi um grande passo para o surgimento do ramo de inteligência artificial e provavelmente o mais importante.

### 3.2 Surgimento do termo “Inteligência Artificial”

Como vimos, filósofos e matemáticos já tinham, pelo menos em mente, o conceito de inteligência artificial. No entanto, o termo surgiu apenas em 1956, quando na época o jovem professor de matemática, John McCarthy, propôs uma oficina intitulada “Projeto de pesquisa de verão de Dartmouth sobre Inteligência Artificial”. McCarthy descreveu o que seria essa oficina da seguinte maneira:

*“Propomos um estudo de 2 meses, com 10 pessoas, acerca de Inteligência Artificial. O estudo deve prosseguir com base na conjectura de que todos os aspectos do aprendizado ou qualquer outra característica da inteligência humana pode, em princípio, ser precisamente descrita, de forma que uma máquina pode ser feita para simular isso. Será feita uma tentativa de encontrar formas para possibilitar que máquinas utilizem linguagem, formem abstrações e conceitos, e resolvam problemas que atualmente são reservados para humanos.”*

Ou seja, eles se basearam na conclusão que Turing e Church haviam chegado anos antes. Após isso, IA se tornou definitivamente um ramo de estudo. Havia um certo otimismo, no entanto, de forma que os cientistas julgaram que seria possível construir tal máquina dentro de 2 meses. Cá estamos em 2018 e ainda não chegamos em uma máquina com inteligência *genérica*. De qualquer forma, isso não impediu o avanço do ramo, que ganhou forças quando alguns problemas começaram a ser resolvidos por máquinas programadas para tarefas *específicas*.

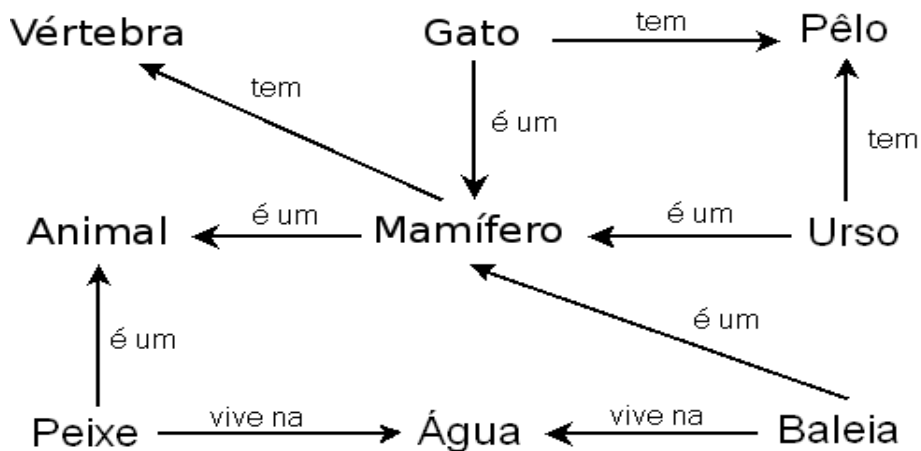
### 3.3 Os anos de ouro (1956-1974)

O período depois da primeira conferência sobre IA ficou conhecido como “anos de ouro da IA”. Período este que durou de 1956 até 1974, foi marcado por um grande entusiasmo por parte dos pesquisadores por se tratar de um ramo tão novo e desconhecido. As possibilidades eram diversas e a criatividade estava à flor da pele, motivos que impulsionaram bastante o desenvolvimento dos primeiros sistemas inteligentes que viemos a conhecer.

Parte desse sucesso, se deve aos sistemas que utilizam um método que ficou conhecido como “procura como raciocínio”. Esse nome se deve ao fato de que esses sistemas seguiam um conjunto de regras, passo a passo, como se estivessem procurando a resposta dentro de um labirinto, voltando a passos anteriores caso atingissem pontos onde não era mais possível progredir. Tais sistemas eram usados, por exemplo, para provar teoremas matemáticos ou ganhar alguns jogos simples (jogo da velha, por exemplo). Na época isso foi surpreendente para todos do ramo; a inteligência artificial começava a se mostrar mais real e possível.

Além disso, os primeiros passos em direção a compreensão de linguagem natural (sistemas PLN) foram dados nessa época. Em 1964, o cientista da computação Daniel Bobrow desenvolveu um *software* chamado STUDENT que era capaz de resolver problemas básicos de álgebra colegial. Tais problemas<sup>6</sup> eram apresentados na forma de texto e o programa, através do que ficou conhecido como “rede semântica”, faz diversas relações para chegar às soluções.

Figura 5: Exemplo de uma rede semântica.



Fonte: Link para acesso na referência [13]

Ainda, essa época aflorou o interesse dos investidores. Agências governamentais como a agência de pesquisa em defesa dos EUA (DARPA — Defense Advanced Research Projects Agency) fez investimentos de milhões de dólares para projetos que tinham interesse em pesquisar e desenvolver sistemas de IA (não qualquer projeto, claro).

Era um período magnífico para os pesquisadores: o ramo vinha dando certo e mostrava cada vez mais seu potencial, os investimentos em pesquisa chegavam e tornavam possível que estes pesquisadores entusiasmados fizessem mais e mais avanços. Isso, no entanto, abriu espaço para uma inevitável onda de otimismo e expectativas exacerbadas. Como aquela de construir uma IA genérica em 2 meses, proposta na conferência de Dartmouth, diversos outros cientistas faziam previsões ousadas, para um curto período de tempo. Com tantas expectativas e um otimismo elevado, quando sistemas de IA começaram a encontrar barreiras, o “tombo” foi alto e inesperado. Se aproximavam os piores anos do ramo.

<sup>6</sup>Problemas do tipo: Se o número de clientes de Tom é o dobro do quadrado de 20% do número de propagandas que ele faz, e este número é 45, quantos clientes Tom tem? [12]



### 3.4 O inverno da IA

De 1974 à 1980, a comunidade de pesquisadores de inteligência artificial passou pelo período que ficou conhecido como “O inverno da inteligência artificial”. O elevado otimismo dos pesquisadores criou expectativas superestimadas acerca do ramo e quando as promessas falharam em se tornar real, vieram os cortes nos investimentos.

Tudo parecia mais simples e quando os pesquisadores se depararam com os problemas, estes se decepcionaram intensamente, de forma que o ramo foi praticamente deixado de lado (ainda sim foram realizados avanços no ramo, mas com pouco ou nenhum investimento). Nesse período, a capacidade dos sistemas de IA se mostrava muito limitada, falhando em resolver diversos problemas ou apenas resolvendo versões simples de problemas complexos. Dentre os motivos para o inverno, os principais podem ser considerados:

- **Capacidade computacional:** Naquela época, o *hardware* computacional era pouco desenvolvido ainda. Com limitações de memória e velocidade de processamento, os computadores não eram capazes de resolver basicamente nada que fosse realmente útil.
- **Senso comum e raciocínio:** Importantes aplicações de IA como compreensão de linguagem natural e visão requerem um enorme número de informações sobre o mundo para entender um texto ou identificar um objeto, o que nos leva para o próximo ponto.
- **Paradoxo de Moravec:**<sup>7</sup> Provar teoremas e resolver problemas de geometria são tarefas relativamente fáceis para computadores. No entanto, para algumas das tarefas mais triviais do nosso dia-a-dia como, por exemplo, reconhecer um objeto ou se locomover em um sala sem bater em nenhum obstáculo, eram tarefas extremamente complexas para computadores.

Assim, esse foi um período que evidenciou as deficiências do ramo. Alvo de muitas críticas e questionamentos para os quais os pesquisadores não tinham respostas, o problema era de fato muito sério. Isso não impediu, no entanto, que entusiastas continuassem acreditando no ramo e pesquisando novas possibilidades para contornar os contratempos.

### 3.5 A volta da IA

O ramo de IA conseguiu dar a volta por cima das críticas com o surgimento dos conhecidos “Sistemas Especialistas” (seção 2.3.1). Como já vimos, estes sistemas mostram-se muito capazes para tarefas específicas, fato que contornava a crítica do senso comum. Era a revolução do conhecimento, no sentido que o grande poder dos sistemas era o conhecimento, manualmente implementado pelos “engenheiros de conhecimento”.

---

<sup>7</sup>Hans Moravec foi um dos primeiros pesquisadores de robótica e IA.

Uma das primeiras aplicações de sucesso destes sistemas foi no diagnóstico de doenças sanguíneas. Isso foi muito importante pois, pela primeira vez, IA estava resolvendo problemas reais, ou seja, finalmente era algo de fato *útil*. Ainda, em 1980, um desses sistemas, batizado XCON, desenvolvido para Digital Equipment Corporation<sup>8</sup>, era capaz de selecionar os componentes dos computadores com base na necessidade do cliente. Isso gerou resultados maravilhosos para a empresa. Com aproximadamente 2500 regras, esse sistema tinha uma acurácia em torno de 95-98% e estima-se que em 1986 a empresa vinha economizando 40 milhões de dólares [14], apenas reduzindo os custos com a reposição gratuita de peças devido a erros dos técnicos, aumentando a velocidade de montagem e também a satisfação do cliente.

Esses foram os primeiros indícios que sistemas inteligentes podiam substituir humanos em certas tarefas e alcançar níveis excelentes de performance. Mais à frente, em 1987, o ramo sofreu outro impacto — mais um inverno com cortes nos financiamentos e descrenças acerca da capacidade dos sistemas. Basicamente pelos mesmos motivos do primeiro, o ramo se viu mais uma vez em baixa, retomando no caminho certo por volta de 1993. Para evitar repetições, essa parte será omitida e chegaremos, finalmente, no ponto onde estamos atualmente com inteligência artificial. Temos todo um capítulo apenas para isso.

## 4 Por que IA agora?

Como vimos na seção anterior, o ramo de inteligência artificial não é recente. No entanto, foi apenas nos últimos anos que IA começou a ganhar forças. Quando penso onde estamos exatamente na história do ramo, gosto de fazer uma analogia com o que foi as revoluções industriais dos séculos 17 e 18 ou ainda, mais recentemente, a internet. Estes marcos são o que alguns autores gostam de chamar de “mudança de paradigma” pois de fato acarretaram em mudanças que revolucionaram a forma como as coisas eram feitas e pensadas. Andrew Ng<sup>9</sup> coloca da seguinte maneira:

*“Nos primórdios da eletricidade, grande parte da inovação centrou-se em pequenas melhoras na iluminação. Embora isso fosse uma função importante, as aplicações de fato transformadoras — nas quais energia elétrica acarretou em massivas mudanças em múltiplas indústrias — demorou mais a serem percebidas. IA é a nova eletricidade, e atualmente está em um ponto de inflexão semelhante.”*

E vou além disso: por estarmos em uma época muito mais desenvolvida, com diversas tecnologias aprimoradas, a mudança de paradigma vai ser incomparavelmente mais drástica — isso é evolução. O próximo paradigma tem seus

---

<sup>8</sup>Corporação de equipamentos digitais — era uma empresa de manufatura de computadores americana que existiu dos anos 50 até os 90.

<sup>9</sup>Andrew Ng é um professor adjunto na faculdade de Stanford (EUA) e cofundador da plataforma online de cursos, Coursera. Além disso, é vice-presidente e cientista chefe de IA na empresa Baidu (China)

fundamentos no anterior, e no nosso caso este é a internet. O “boom” da internet não demorou dois séculos como as revoluções industriais. Não há porque acreditar que com IA será diferente, ou seja, mais rápido e intenso. Você deve estar se questionando agora, com razão, “mas se o ramo já é antigo, como falar de mudanças rápidas?” no entanto, embora os estudos realizados no século passado sejam a fundação e a base de toda a IA que conhecemos, só os avanços tecnológicos recentes possibilitaram que a inteligência artificial mostrasse seu verdadeiro poder, em uma vasta gama de atividades.

Há diversos motivos para o “ressurgimento” da IA, alguns deles (acredito que os mais importantes) são:

- **Número de dados disponíveis:** Indiscutivelmente, estamos na era dos dados. A todo momento estamos gerando dados, seja com um clique na internet ou uma compra realizada com um cartão. E hoje em dia, para os algoritmos que aprendem a captar padrões e tendências analisando dados, estes são a base fundamental.
- **Capacidade computacional:** Diversos avanços em *hardware* tornaram os computadores mais potentes e velozes do que nunca. A Lei de Moore<sup>10</sup> possibilitou processadores cada vez menores, mais baratos e mais rápidos. Além disso, a criação dos chamados supercomputadores, que têm uma capacidade de processamento e velocidade astronômicas, fizeram com que a limitação devido ao *hardware* se tornasse praticamente inexistente. Com o vasto número de dados que precisam ser processados hoje, isso é essencial.
- **Sistemas aprendizes:** Como já vimos na seção de aprendizado de máquina, hoje em dia existem sistemas com os mais diversos objetivos que, com um número de dados suficientes, conseguem se modificar a fim de atingir melhor tal objetivo. Isso vem em contraste com os famosos sistemas de antigamente que eram baseados em regras, onde manualmente o programador devia especificar passo-a-passo do funcionamento, implementando o conhecimento no sistema. Atualmente, o sistema aprende sozinho tal conhecimento, sem a necessidade de “inserir” manualmente toda a sabedoria de um *expert*.
- **Modelos alternativos de raciocínio:** Apenas mais recentemente começamos a pensar “fora da caixa”. Para um sistema ser inteligente, não quer dizer inteligente da maneira que nós somos. Desde que ele tenha o comportamento adequado, pouco importa o raciocínio que o sistema utilizou “por trás das câmeras”.

Neste ponto, é interessante apresentar um outro modelo de aprendizado: *Deep Learning* (Aprendizagem Profunda — ou, simplesmente, AP). Além dos

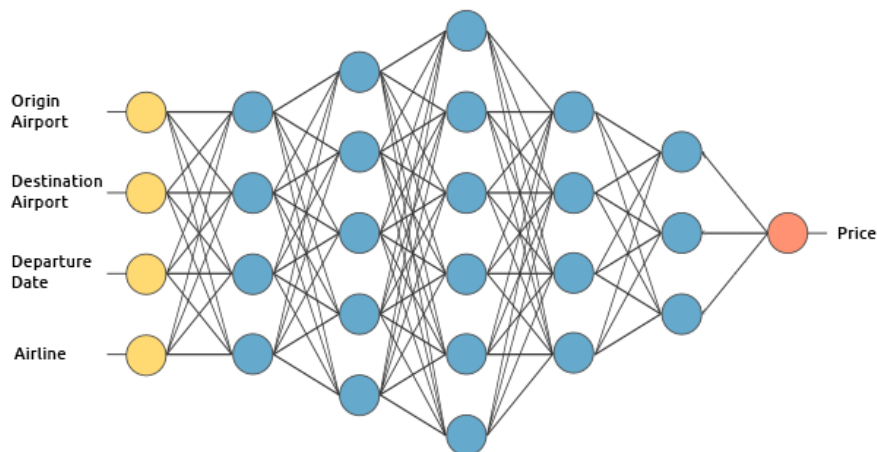
---

<sup>10</sup>Não bem uma lei, mas mais uma teoria proposta pelo cofundador da Intel, Gordon Moore, que previa que a capacidade de processamento dos computadores dobrava a cada 18 meses, enquanto o custo permaneceria o mesmo. Isto ignifica computadores menores, mais velozes e baratos, até que atinja-se um limite físico (estimado para 2021).

motivos citados acima, esse modelo, que ganhou muita popularidade nos últimos anos, é de extrema importância para a revolução de IA que estamos observando, tanto que preferi deixá-lo de fora da lista para irmos mais a fundo neste assunto.

Esse modelo, que conforme a Figura 2 mostra, é um subconjunto de Aprendizado de Máquina. Aprendizagem Profunda leva o ramo de AM para outro nível, com modelos que se baseiam no funcionamento do nosso cérebro, AP utiliza *redes neurais artificiais*, que são, de forma muito simplificada, uma rede de neurônios artificiais conectados através de sinapses artificiais, que realizam operações matemáticas a fim de mapear um conjunto de dados de entrada (input) para dados de saída (output). A ideia é que a estas sinapses são associados *pesos* que conectam os neurônios. Pesos estes que representam quanto um dado é relevante ou não para a resposta final (similarmente, pense na importância que damos para certas coisas e outras não — isso é um peso). O objetivo, portanto, dessa rede neural é dar os pesos certos para cada informação contida nos dados, de forma a captar padrões e tendências que muitas vezes seriam impossíveis de ser captados por um humano.

Figura 6: Uma rede neural artificial de múltiplas camadas utilizada para prever preço de passagens aéreas.



Fonte: [Link para acesso na referência \[15\]](#)

Para uma melhor ilustração, pensemos em um caso que queremos prever o preço de passagens de avião. Para isso, precisamos fornecer os dados de entrada que caracterizam a passagem que queremos comprar. Estas podem incluir a origem e o destino, a data de partida e também, a companhia aérea. Com isso, tendo os dados do histórico de preço (dados rotulados), podemos começar a *treinar* nossa rede neural. Faço aqui uma analogia com o nosso processo de aprendizado: quando queremos aprender uma habilidade, precisamos repeti-la diversas vezes a fim de fortalecer as conexões (sinapses) do nosso cérebro que estão associadas a tal atividade. Similarmente, a rede de neurônios artificiais

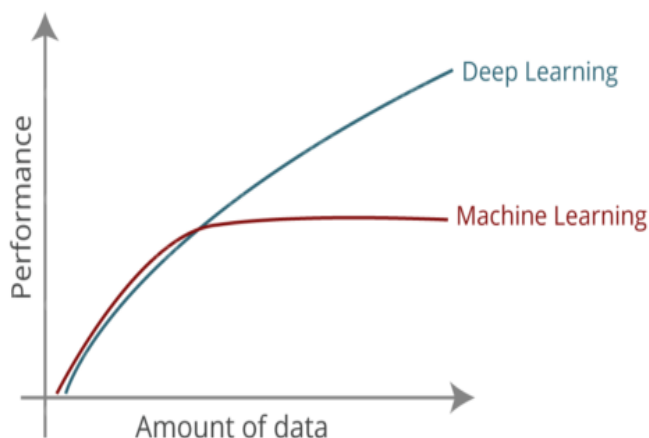
precisa aprender a atribuir os pesos de forma correta a cada uma das ligações. E, como vimos em aprendizado de máquina, esse tipo de algoritmo que aprende sozinho é capaz de se alterar com base no objetivo. Desta forma, o próprio algoritmo vai mudando os pesos associados a cada ligação. A grande diferença entre AM e AP é que no último, o próprio algoritmo aprende o que são características relevantes para o objetivo. No primeiro, como vimos, nós devemos definir (ou utilizar métodos para encontrar) as características relevantes para a previsão. Com isso, aprendizagem profunda se dá muito melhor com um elevado número de dados, pois pode cada vez mais profundamente entender como os dados estão associados a previsão e assim, dar o devido peso a cada uma das características.

Retomando a ideia do processo de treino. Neste, iniciamos com pesos aleatórios e conforme a rede vai chegando a respostas e obtendo *feedback*, ela vai “refinando” os pesos, de forma a minimizar o erro. Para o nosso caso, o que mais influência no preço de uma passagem aérea é a data de partida, portanto, nossa rede neural atribui a esta característica um peso maior. Ao fim do processo de treino, temos um algoritmo que prevê os preços com uma acurácia considerável. Isso tudo mostra o poder da Aprendizagem Profunda: a capacidade dessas redes aprenderem o que é mais ou menos relevante para um determinado objetivo e se alterarem em prol de uma melhor performance, sem precisarmos especificar as características que achamos relevantes. Para o caso de passagens aéreas é relativamente simples pensar no que influencia o preço. No entanto, para dados mais robustos, com diversas informações interligadas, isso fica muito mais difícil. Desta forma, com aprendizagem profunda nós não precisamos ter um conhecimento, bem, profundo, acerca dos nossos dados — o algoritmo toma conta disso pra nós, *desde que tenhamos um número suficiente de dados*<sup>11</sup>. No entanto, vale ressaltar aqui que esse assunto não é trivial e nem funciona como mágica. Por isso, é necessário ter conhecimento e experiência para uma implementação correta desse tipo de algoritmo, caso contrário, as repostas e previsões do algoritmo são insignificantes e não representativas. Do pouco que tenho de experiência, posso dizer que esse é um ramo que vai crescer ainda mais. Vale a pena acompanhar de perto.

---

<sup>11</sup>Fazendo uma comparação com nosso exemplo de AM onde definimos 82 características e utilizamos 2930 dados, algoritmos de AP precisariam de um número muito maior de dados, por outro lado, não há necessidade de especificar as 82 características relevantes.

Figura 7: Gráfico que mostra a performance de algoritmos de AM e AP com o número de dados.



Fonte: Link para acesso na referência [16]

## 5 Os impactos e o futuro da IA

Até aqui, muito foi falado sobre inteligência artificial e seus mais diversos modos de funcionamento; resta agora pensarmos no que tudo isso implica.

### 5.1 No trabalho e na sociedade

Você provavelmente consegue pensar em algum exemplo de emprego que foi substituído por uma IA. Caso não consiga, aqui vai um: caixas de supermercado. Embora estes ainda existam, é questão de tempo até que as máquinas dominem toda essa profissão. Isso é porque, no geral, se trata de um trabalho repetitivo e, conseqüentemente, fácil de automatizar. No entanto, a capacidade da inteligência artificial não se restringe a esse tipo de trabalho “físico”<sup>12</sup>. Atualmente, IA’s já são capazes de revisar documentos legais mais precisamente e — incomparavelmente — mais rápido que advogados humanos<sup>13</sup>. Desta forma, percebemos que não é apenas a robótica que está crescendo para substituir humanos — tarefas intelectuais também serão amplamente substituídas.

Para pensarmos mais sobre os impactos, devemos olhar para o futuro da inteligência artificial. Como o crescimento do ramo é recente, ainda está um

<sup>12</sup>O que eu quero dizer com “físico” é que o trabalho envolve ações que devem ser realizadas no mundo real. No nosso exemplo: passar os produtos no leitor, receber dinheiro, tirar dinheiro do caixa, devolver o troco; nada disso é feito em um computador pois o cliente tem que sair com o troco e os produtos na mão, ou seja, no mundo real.

<sup>13</sup>Neste experimento, humanos atingiram uma média de 85% de precisão com tempo médio de 92 minutos para terminar de revisar os documentos. A máquina alcançou 94% de precisão e levou, em média,  *vinte e seis segundos* [17].

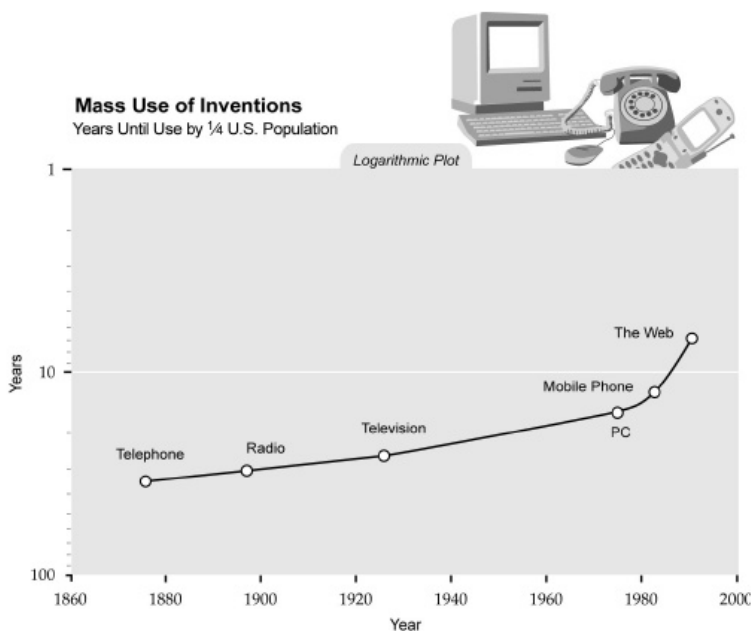
pouco cedo para perceber os impactos mais relevantes desta tecnologia. Por este motivo, convido vocês a irem comigo até, digamos, 2030. Primeiramente, pense em todas as tecnologias que envolvem IA e já existem hoje em dia — carros (e drones) autônomos, assistentes pessoais (como a Siri), diagnóstico de doenças, robótica, entre outros: *tudo isso vai se tornar melhor e mais desenvolvido com o tempo*. Não há por que acreditar que será diferente; esse é o passo que caminha a tecnologia, sempre para o desenvolvimento. Além disso, a Internet das Coisas (IoT) tornará tudo mais conectado, de forma que toda informação será processada por uma IA, podendo, assim, auxiliar-nos em diversas tarefas com decisões inteligentes e em tempo real; isso só pra falar do começo.

Avanços em robótica e automação irão dizimar dezenas de empregos: trabalhadores de fast-food, faxineiros, porteiros, motoristas (de caminhão, Taxi, Uber, etc), soldados (robôs e drones militares são grande parte do investimento de organizações militares governamentais), bombeiros, para nomear alguns. Isso tudo é porque a inteligência artificial, assim como toda tecnologia, tem a intenção não de competir com nós humanos — mas sim complementar-nos. Desta forma, o principal impacto de IA é que, realmente, ela trará muito desemprego, mas acredito que estaremos numa época onde poderemos viver muito mais de forma livre e criativa, ao invés de viver no modo sobrevivência, onde só pensamos em trabalhar e ganhar dinheiro para nos mantermos vivos.

Como é possível observar em várias outras tecnologias, com o desenvolvimento, elas ficam melhores e mais acessíveis (Figura 8). Acredito que os avanços em IA irão diminuir a desigualdade, pois como estaremos contando com máquinas inteligentes, elas tornarão muitas coisas mais fáceis e baratas de fazer; uma vez construída uma máquina, basta reproduzi-la. Desta forma, o valor dos produtos estarão cada vez menos no *hardware* e muito mais na *informação* que tal produto tem (o iPhone, da Apple, não é caro devido às peças; ele é caro pois o *software* e o design são extremamente sofisticados).

Acredito que seja importante olharmos para tecnologia não como inimiga, mas sim como uma ferramenta que nós humanos devemos utilizar a nosso favor. No presente, já é possível pensar em diversas tecnologias que melhoraram consideravelmente nossas vidas. É razoável pensar que com desenvolvimento de mais sistemas inteligentes isso continuará sendo verdade. Desta forma, meu conselho é que não sejam resistentes ao desenvolvimento — caso contrário, ficarão para trás. Tudo irá mudar cada vez mais, viver no passado e querer que as coisas sejam como eram antes não faz sentido; os benefícios sociais, econômicos e militares sempre aceleram o desenvolvimento de novas tecnologias e a adoção destas é sempre questão de tempo, por isso, não perca o seu — adentre neste mundo o quanto antes!

Figura 8: Gráfico que mostra o número de anos até a adoção em massa (1/4 da população estadunidense) de diversas tecnologias como: telefone, rádio, televisão, PC, celular e, por fim, a Internet. Perceba que o tempo é sempre menor quanto mais recente a tecnologia.



Fonte: KURZWEIL, 2005, p.50 [18]

## 5.2 Singularidade está próxima?

Vamos pensar ainda mais adiante. Singularidade é um termo usado na matemática para descrever um ponto onde uma função assume valores infinitos; aqui, usaremos o sentido de “singularidade tecnológica”, um termo adotado pelo autor Ray Kurzweil (inventor e futurista) que, nas palavras dele [19]:

*“É um período futuro durante o qual a velocidade das mudanças tecnológicas será tão rápida, seus impactos tão profundos, que a vida humana vai ser irreversivelmente transformada.”*

No seu livro, “A Singularidade Está Próxima” (que já foi citado aqui), o autor fala sobre tal período como “quando humanos transcenderem a biologia”. Para ele, o desenvolvimento tecnológico é exponencial e inevitável, desta forma, ele acredita (e me convenceu) de que caminhamos para um período onde três diferentes áreas — Genética, Nanotecnologia e Robótica — irão se sobrepor e modificar a vida na terra como conhecemos. Para mim isso faz bastante sentido: primeiramente, se entendermos os princípios de genética, entendemos o



que rege a vida na terra; estaremos cientes de todos os processos que causam envelhecimento, doenças, entre outros tipos de coisas que nós, frágeis humanos, estamos sujeitos. Com o avanço da nanotecnologia, por sua vez, teremos acesso e conseguiremos manipular matéria em níveis atômicos. Se nós humanos somos feitos de moléculas que juntas compõe células, células estas que formam nossos órgãos e realizam diversas tarefas que nos mantêm vivo, a capacidade de manipular matéria nesse nível nos permite alterar qualquer tipo de deficiência que se encontre no nosso corpo. Com o conhecimento de genética, portanto, poderemos reverter o envelhecimento, remover doenças e diversas outras tarefas que poderão ser realizadas por nanomáquinas, ao invés de células biológicas. Nas palavras de Eric Drexler, conhecido como o “pai da nanotecnologia” [20]:

*“Aqueles que sobreviverem tempo suficiente chegarão numa época em que o envelhecimento se tornará completamente reversível: o tempo das nanomáquinas avançadas que reparam células. Então, se não antes, as pessoas crescerão mais saudáveis à medida que envelhecem, melhorando como o vinho ao contrário de estragar como leite. Por fim, se eles escolherem, recuperar uma vida excelente e viver muito, muito tempo.”*

Por fim, a mais impactante e profunda de todas: robótica. Com ela, estamos falando da criação de seres não biológicos com inteligência que excedem àquela de humanos. (Caso já tenhamos alcançado IA Forte, que para o autor é razoável estimá-la por volta de 2030.) O motivo para enfatizar a robótica é que a inteligência deve ter uma presença física para afetar o mundo real. No entanto, o autor acredita que não necessariamente uma inteligência precisa de tal presença física para influenciar o mundo, o que faz sentido, se pensarmos no número de *softwares* hoje em dia que tomam decisões e impactam no mundo real (por exemplo, agentes financeiros, que fazem diversas transações diariamente). De qualquer forma, vamos pensar mais no impacto dessas três áreas que se sobrepõe.

Com nanotecnologia e genética, poderemos fazer modificações nos níveis mais primordiais de tudo que compõe a vida na terra. Isso significa que seremos cada vez menos seres biológicos. Robôs inteligentes dominarão, a princípio, a maioria dos empregos que oferecem risco à vida humana. Mais à frente, estaremos contando com robôs para nos auxiliar — ou assumir completamente — diversas tarefas como: cozinhar, limpar a casa, cuidar de crianças, entre outras. Poderia citar diversas outras perspectivas e possíveis impactos, no entanto, seria exaustivo.

O que estou tentando fazer aqui é abrir o campo de visão acerca de novas tecnologias. Não podemos pensar que tudo ficará igual o presente — nunca foi assim. Por este motivo, por mais que ainda pareça distante e seja difícil de “engolir”, os avanços acerca de inteligência artificial não irão parar, e em conjunto teremos consideráveis avanços em outras áreas que juntas irão transformar a vida humana como conhecemos. Estamos falando do período de 2030, 12 anos a frente de quando este texto foi escrito. Pense em como eram as coisas 12 anos

atrás: chocante? Agora, tente imaginar mais 12 anos de avanço para frente, se já contamos com: a internet, computadores extremamente velozes, elevado número de dados, *hardwares* bem desenvolvidos (coisas que não existiam ou não eram vastamente usadas 12 anos atrás), o que esperar do avanço que está por vir? É esse o impacto da evolução. Nosso próximo período é construído com base no presente. E o presente que vivemos já é bastante desenvolvido e um *pouco* assustador (por enquanto).

### 5.3 Superinteligência

Se a sessão anterior já te deixou um pouco cético e assustado, nesta vamos extrapolar esse limite. Superinteligência é um conceito que descreve uma inteligência que supera todos os humanos juntos, tanto em velocidade quanto capacidade. Mas como chegaríamos em tal inteligência? O termo “explosão de inteligência” é comumente usado. O cenário é o seguinte: imagine que tenhamos chego em uma IA forte, capaz de passar no Teste de Turing. Tal IA, portanto, já teria nosso nível de inteligência mas seria muito mais rápida, como esperado por uma máquina. O próximo passo é quando esta começa a entrar em um processo recursivo de auto-aperfeiçoamento, ou seja, cada vez que ela adquirir informações, irá se reprogramar com base no novo conhecimento, se tornando cada vez mais inteligente. Esse passo pode se repetir em um *looping* quantas vezes necessárias. O que é um pouco obscuro é exatamente quanto tempo demoraria até uma IA forte tornar-se uma superinteligência, no entanto, isso não é o foco aqui; se atenha ao fato dela ser capaz de se auto-aperfeiçoar.

O famoso matemático I.J. Good, que trabalhou na segunda guerra com Alan Turing, foi um dos primeiros a citar tal cenário de uma superinteligência, ainda em 1965:

*“Definimos uma máquina superinteligente como uma que supera todas as atividades intelectuais de qualquer humano, independente de quão inteligente este seja. Como a criação de máquinas é uma dessas atividades intelectuais, uma máquina superinteligente poderia criar máquinas melhores ainda; desta forma, aconteceria, sem dúvida, uma ‘explosão de inteligência’, e a inteligência do homem seria deixada para trás. Portanto, a primeira máquina superinteligente é a última invenção que o homem precisará fazer, desde que a máquina seja dócil o suficiente para nos dizer como mantê-la sob controle.”*

Agora, venho com uma questão que o autor, filósofo e professor da Universidade de Oxford, Nick Bostrom, aborda amplamente no seu livro intitulado “Superinteligência: caminhos, perigos e estratégias”. Como saber o resultado da criação de tal inteligência? Como ter certeza que esta não será uma ameaça a nós? De fato, é quase impossível saber de ante-mão. Estamos falando de uma inteligência que supera a de qualquer humano, ou seja, por mais esperto que sejamos, não conseguiríamos sequer pensar no tipo de estratégia que tal

inteligência irá adotar. O que fez nós humanos sermos os seres dominantes na terra foi nossa inteligência; observe tudo que fazemos com as outras espécies. Por que imaginar que seria diferente quando uma inteligência extremamente superior existir?

Este problema, no entanto, é muito falado e a preocupação é realmente real — estamos falando de um cenário de extinção humana. Por este motivo, diversos pesquisadores, cientistas e empresários, já estão adotando medidas para anteceder tal cenário, tentando de várias formas pensar em estratégias para nós estarmos no controle da situação<sup>14</sup>. De qualquer forma, como você pode imaginar, essa tarefa não é nada simples, e deve envolver as melhores mentes do nosso século.

Mais à frente, se pensarmos nos benefícios que tal inteligência pode nos trazer, é difícil acreditar que a humanidade irá parar o desenvolvimento desta. Como sempre foi, pressões políticas, econômicas e militares são combustíveis para o avanço tecnológico. Portanto, devemos nos preparar e pensar nas melhores formas de continuar o desenvolvimento de forma benéfica e que não ameace nossa vida na terra e sim, aumente nossas fronteiras (colonização do espaço, por exemplo).

Para finalizar esta seção, deixo uma citação de Nick Bostrom [22]:

*“Antes da perspectiva de uma explosão de inteligência, nós humanos somos como crianças brincando com uma bomba. Tal é a discrepância entre o poder do nosso brinquedo e a imaturidade de nossas condutas. Superinteligência é um desafio para o qual não estamos preparados agora e não estaremos por um bom tempo. Temos pouca ideia de quando a detonação irá ocorrer, mas se colocarmos o dispositivo perto da orelha, conseguimos ouvir o barulho de tic-tac.”*

E aí, deu pra se assustar um pouco mais? (De qualquer forma, vamos ser otimistas!)

## 6 Como aplicar IA?

Antes de concluir o texto, acredito que seja interessante pelo menos tentar orientar um pouco sobre possíveis oportunidades para aplicação de IA. Se você chegou até aqui, deve ter percebido que o ramo de IA é muito mais vasto do que parece e sua aplicação não se resume a um tipo específico. Por este motivo, não há como eu apontar algo direto e sim, norteá-los e ajudar a entender o que são possíveis aplicações para inteligência artificial.

Caso ainda não tenha vos convencido, inteligência artificial — assim como diversas outras tecnologias — serve muito mais para nos auxiliar ao invés de substituir. Claro, automação com robótica é uma grande frente de IA e com

---

<sup>14</sup>O instituto “futuro da vida”, que debate tais assuntos, tem uma carta aberta referente ao desenvolvimento de IA. Nesta, eles propõe que a humanidade deve desenvolver IA de forma segura e benéfica. Tal carta foi assinada por nomes como: Elon Musk, Nick Bostrom, Stephen Hawking, Francesca Rossi, Steve Wozniak, Ben Goertzel, entre outros(as).[21]

certeza irá dizimar empregos nos próximos anos, no entanto, isto é evidente, então, não será o foco aqui, uma vez que estamos tentando pensar em soluções inteligentes e de mais fácil acesso (construir robôs para automação envolve diversos processos; o desenvolvimento de um *software* com IA é muito mais acessível).

Primeiramente, é importante notar que todo evento tem suas características. E por que isso importa? Pois, como vimos, algoritmos de aprendizado de máquinas são excelentes para captar padrões e fazer previsões. Então, caso haja uma anomalia em algum tipo de evento ou operação da empresa, é facilmente detectável por um algoritmo de AM. Inclusive, a empresa espacial SpaceX, utiliza algoritmos inteligentes nos seus lançamentos: um minuto antes da decolagem, as máquinas assumem total controle do lançamento, de forma que se houver qualquer tipo de anomalia, o sistema percebe instantaneamente e a missão é abortada. Desta forma, o que é interessante perceber disso é que dados/comportamentos têm padrões e, quando estes fogem dos padrões, é relativamente fácil para uma máquina perceber.

Como os comportamentos geralmente apresentam padrões, tire vantagem disso com o uso de análises preditivas. Utilize o seu histórico de dados para tentar prever futuras ações, possíveis mudanças. Algoritmos aprendizes são excepcionais nessa tarefa. É possível perceber quando um cliente está prestes a abandonar sua empresa: seu comportamento (seus dados) deixará isso evidente. Imagine que você seja um empresa que presta serviços. Se seu cliente começa a evitar ligações e não procurar fazer contato, é provável que você esteja perto de perdê-lo, por isso, é bom antecipar-se e tentar reverter a situação. Note, no entanto, que algoritmos não são capazes de fazer tudo; sempre há uma troca entre amplitude (gama de tarefas que o algoritmo atende) e precisão (quão bom o algoritmo é em cada tarefa). Não tente resolver tudo de maneira igual, pois os problemas são diferentes.

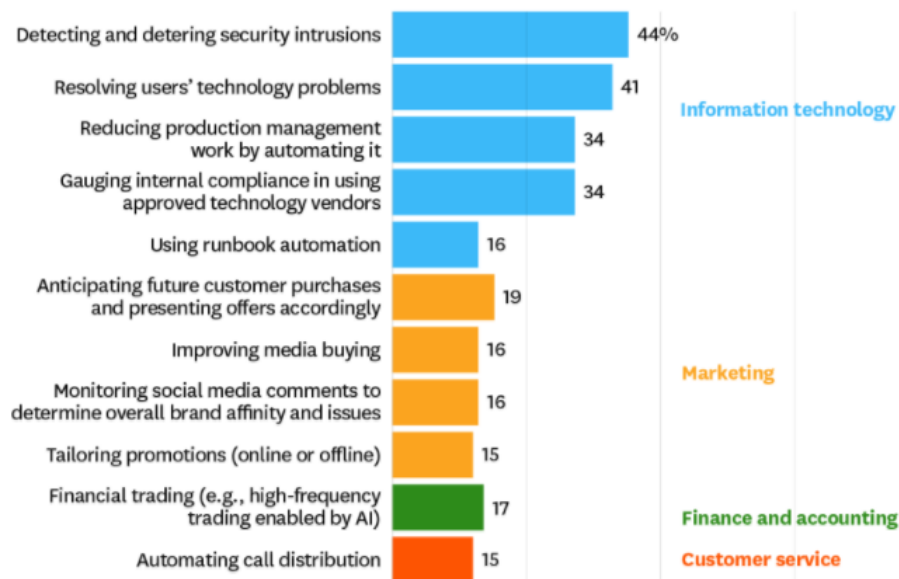
Uma das ferramentas que vem fazendo muito sucesso são os chatbots. Estes são sistemas inteligentes que interagem, através de textos, com clientes humanos. Diversas empresas já adotaram chatbots para prover um atendimento ao cliente 24 horas por dia. Isso é algo excelente, pois na sociedade atual queremos informações na hora. Ter que esperar um atendente humano poder sanar nossas dúvidas, que muitas vezes são básicas, é extremamente frustrante. Por este motivo, diversas empresas já perceberam que chatbots trazem um aumento considerável na satisfação do cliente. Fazendo uso de processamento de linguagem natural (PLN), chatbots já são capazes de conduzir conversas com seres humanos de maneira bastante satisfatória (claro que cada chatbot é programado para entender um contexto dependendo da sua necessidade, caso contrário, já teríamos passado pelo Teste de Turing). A tradicional empresa de consultoria, Gartner, prevê que “em 2020, os clientes administrarão 85% da sua relação com uma empresa sem qualquer tipo de interação com humanos” [23].

Por fim, alguns conselhos mais gerais. *Saiba usar seus dados*. Entenda como você pode tirar vantagem do uso deles. Pense nas tarefas que são realizadas diariamente e imagine o que seus dados podem dizer sobre elas. Mais importante: a princípio, *foque nas tarefas internas*. Pense nos processos dentro da sua empresa que podem ser melhorados com IA antes de tentar atingir o seu

consumidor. Para isso, é importante que você tenha conhecimento de como seus processos funcionam, de forma a ficar claro como uma IA poderia auxiliar nessas atividades. Entender seus procedimentos e como os dados podem descrevê-los, é um grande passo para aplicação de IA. Ainda, é claro que você pode e deve contar com especialistas para implementação, uma vez que essa parte não é trivial e exige conhecimento. No entanto, com o auxílio de alguém que entende dos processos da empresa, esta pessoa pode facilmente ajudá-lo a encontrar brechas para melhorar certos processos com aplicações de IA. Por isso, reconheça que esta é uma profissão e contrate profissionais para auxiliá-lo. De qualquer forma, certifique-se de que você entende o que está acontecendo, pois se não, o sistema se torna uma caixa preta, e assim, caso este venha falhar, você sequer sabe o porque, quem dirá como resolver.

Um gráfico publicado pela Harvard Business Review mostra como as empresas ao redor do mundo estão aplicando inteligência artificial nos seus processos. O setor de tecnologia da informação lidera o número de aplicações. Ainda: marketing, finanças e serviço ao cliente estão entre as maiores utilizações.

Figura 9: Aplicações de IA distribuídas por setores. Defesa Cibernética lidera, com 44% das empresas de TI utilizando IA nesse processo. Dentre outras aplicações temos: sistemas de recomendação para potenciais clientes, monitoramento de comentários em redes sociais para avaliar afinidade da empresa, mercado de ações (trocas em alta frequência feitas por IA's) e mais.



Fonte: [Link para acesso na referência \[24\]](#)

## 7 Conclusão

O texto foi escrito com o intuito de dar uma noção básica sobre os princípios de funcionamento dos sistemas que fazem o uso de inteligência artificial e, ainda, entender o porquê dessa tecnologia ter avançado tanto nos últimos anos. Com esse propósito, começamos o texto introduzindo o conceito de IA. Para isso, vimos uma definição e mais à frente separamos os componentes que aparecem geralmente em sistemas com IA. Três são os principais: percepção, raciocínio e ação. O importante aqui é entender que esses componentes são uma forma geral de abordar inteligência artificial, pois, como vimos, o ramo é vasto e suas aplicações e abordagem variam dependendo do objetivo. De qualquer forma, esse é o modelo apresentado por ser um bastante completo e abrange a maior parte dos sistemas, com pequenas nuances entre eles.

Em seguida, já com alguns conceitos introduzidos, falamos sobre dois tipos de inteligência artificial: Fraca e Forte. A primeira tem esse nome pois se trata de sistemas que são programados para realizar tarefas *específicas*, ou seja, realizam muito bem a tarefa para qual são programados mas são completamente inúteis para outras. O último — que ainda não existe — se trata de uma inteligência artificial genérica, isto é, que abrange uma gama de tarefas muito maior. É basicamente o mesmo tipo de inteligência que nós temos mas funcionando em outro substrato: as máquinas. A expectativa é que alcancemos tal IA por volta de 2030.

Mais à frente, demos uma pincelada em alguns dos subdomínios de IA: Sistemas Especialistas, Processamento de Linguagem Natural e Aprendizado de Máquina. Os dois primeiros se tratam de sistemas que muitas vezes são chamados de “*rule-based system*”, isto é, sistemas que são baseados em regras. São chamados assim porque em tais sistemas, devemos ter um ser humano (engenheiro de conhecimento) que implemente uma *base de conhecimento* e as regras para *utilizar* e *atualizar* tal conhecimento. O último, aprendizado de máquina, é grande parte da razão do recente sucesso do ramo de inteligência artificial. Vimos que nesse tipo de algoritmo, muitas vezes chamado de “aprendiz”, podemos fazer com que o próprio sistema aprenda as regras que regem um conjunto de dados e conseguem, ao fim do processo de treino, fazer *previsões* e *categorizar* dados nunca vistos antes.

Tendo se familiarizado com conceitos, modelos e tipos de IA, podemos olhar a história do ramo e tentar entender como começou e porque chegamos onde estamos. Primeiramente, falamos dos filósofos do século 17 que já diziam sobre formas de “mecanizar” o pensamento humano, através de lógica e operações matemáticas. Alan Turing e Alonzo Church concluíram, séculos depois, que existia uma máquina que podia realizar toda e qualquer operação a partir da simples manipulação de símbolos. Portanto, concluímos que é de fato possível simular o raciocínio humano em máquinas — eis o surgimento da inteligência artificial (embora ainda não utilizassem esse nome). O termo foi usado pela primeira vez na conferência de Dartmouth, quando 10 pessoas se reuniram, por 2 meses, em um projeto para tentar criar uma IA genérica. Eles falharam em atingir tal marco, inevitavelmente (visto que já estamos em 2018 e ainda

não chegamos lá). O ramo teve seu momento de sucesso nos anos iniciais, de 1956 a 1974. Foi um período de muita empolgação e expectativa devido ao grande número de descobertas ainda a serem feitas, que por fim calhou em uma “depressão” do ramo. De 1974 à 1980 a IA se viu em queda: sem financiamentos, diversas barreiras devido aos *hardwares* e falta de motivação. Por fim, finalizamos a sessão falando da volta e mais uma fria no ramo, bastante semelhante a primeira; em seguida vimos como os Sistemas Especialistas trouxeram esperança novamente para o ramo.

No entanto, o grande sucesso e “a volta da IA” se deu apenas no começo do século 21. O aumento no número de dados disponíveis, *hardwares* sofisticados e velozes e, ainda, avanços no ramo de Aprendizado de Máquina fizeram com que o ramo de IA mostrasse a verdadeira razão do seu sucesso. Apenas com a capacidade computacional do presente foi possível perceber, de fato, os diversos ramos em que inteligência artificial pode ser uma excelente ferramenta. Vimos que Aprendizagem Profunda, um subdomínio de AM nos proporcionou novos modelos de aprendizado para algoritmos, abrindo vastas possibilidades de aplicação. Simulando os processos que ocorrem no nosso cérebro, AP utiliza redes neurais artificiais para encontrar os pesos adequados para cada informação no conjunto de dados. Isso é uma grande vantagem quando comparado com AM, onde temos que especificar as características relevantes de acordo. No entanto, aprendizagem profunda necessita de um maior número de dados (o que não é tão problemático hoje em dia). Ainda, por ser um domínio novo, há muito a ser desenvolvido, portanto, é interessante acompanhar o crescimento das aplicações nos anos que estão por vir.

Com isso, a seção 5 trata de falar sobre os impactos e futuro da IA — o que esperar? Primeiramente, vimos que IA tem aplicações em diversas áreas, portanto, é difícil restringir que tipo de profissão e pessoas serão atingidas pelos avanços do ramo. Acredito que todos devem se conscientizar e entender que esse tipo de tecnologia tem como principal objetivo tornar nossas vidas melhores. Apesar do número de empregos que a automação vai “roubar”, muitos outros surgirão. Ainda, acredito que o avanço dessa tecnologia e outras em conjunto, irão tornar nossa vida muito mais simples, as coisas mais acessíveis e a desigualdade de acesso à informação e tecnologia irá diminuir consideravelmente. Vivemos numa era digital, todo conhecimento espalhado pela internet deve ser acessível para o mundo todo. Imagine um mundo com 7 bilhões de pessoas educadas e conectadas — há muito potencial.

Ainda na mesma seção, tratamos de olhar um pouco mais para o futuro e exploramos algumas teorias famosas sobre o que pode estar por vir. Ray Kurzweil fala da conhecida “singularidade tecnológica”, um momento onde humanos irão transcender a biologia. Nessa linha de pensamento, ele cita três áreas que irão se sobrepor (Robótica, Genética e Nanotecnologia) para mudar completamente a vida na terra como conhecemos. Vimos que com a nanotecnologia, conseguimos manipular matéria em níveis atômicos e, como nós humanos somos compostos de trilhões de pequenas células, a manipulação destas faz com que sejamos capazes de reverter diversos processos a qual estamos sujeitos, como por exemplo, doenças e envelhecimento. Por este motivo, é muito importante que nanotec-

nologia e genética estejam lado a lado. Ainda, robótica avançada irá trazer IA para o mundo real, acarretando em mudanças significativas nos empregos e na sociedade como um todo. Mais à frente, falamos sobre outro cenário teórico: Superinteligência. Este trata de uma inteligência que seria mais rápida e inteligente que todos os seres humanos juntos. O cenário para chegarmos em tal IA é quando uma IA genérica tiver capacidade de entrar em um processo recursivo de auto-aperfeiçoamento (vai se alterando cada vez que adquirir novas informações, incessantemente, até qualquer que seja o limite). Desta forma, por se tratar de uma inteligência tão capaz, devemos tomar muito cuidado, pois as implicações de tal IA são extremamente severas como, por exemplo, extinção da raça humana.

Por fim, tentamos entender maneiras de enxergar possíveis aplicações de IA para qualquer ramo. Falamos sobre detecção de anomalias, análise preditiva e também dos chatbots. Deve ficar claro que cada aplicação é diferente, mas que é possível tirar vantagem dos seus dados com o uso de IA quase sempre. Isso também foi apontado: a importância dos dados. Estes são essenciais para análises sofisticadas que fazem uso de AM e AP, por isso, é importante que você entenda e faça bom uso de seus dados. Ainda, foque nos processos internos da sua empresa antes de tentar atingir o cliente com uso de IA. Isso trará melhorias significativas nos seus processos, podendo acarretar em um considerável aumento de produtividade.

Apenas uma ressalva aqui: não seja resistente ao avanço tecnológico. Você pode até achar ruim ou não gostar das mudanças que certas tecnologias trazem, no entanto, isso não fará com que estas parem de ser desenvolvidas. Inteligência artificial é uma delas. Por diversas vezes vejo pessoas dizendo sobre os malefícios dessa tecnologia, e como outras tecnologias impactam negativamente nossas vidas. Eu, na maior parte das vezes, discordo de tudo isso, no entanto, entendo o porquê desse pensamento. O que eu quero dizer, portanto, é que IA está crescendo e vai continuar crescendo, gostemos ou não. Isso é porque a tecnologia está se mostrando cada vez mais capaz e — finalmente — temos o que é necessário para esse avanço: capacidade computacional, dados e excelentes modelos de aprendizado (e tudo só vai continuar avançando). Mais uma vez: não seja resistente, procure entender o que está acontecendo e porquê, caso contrário, quando você se der conta pode ser tarde demais.

## Referências

- [1] Stuart Russel and Peter Norvig. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall, 2009.
- [2] F.O. Isinkaye et al. “Recommendation systems: Principles, methods and evaluation.” In: *Egyptian Informatics Journal* (2015).
- [3] IBM. *Deep Blue*. URL: <http://www-03.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/deepblue/>. (Acessado em: 19.02.2018).
- [4] Ray Kurzweil. *The Singularity is Near*. Penguin Books, 2005. (p. 276).



- [5] Alan Turing. “Computing Machinery and Intelligence”. In: (1950).
- [6] Eyerys. *Paving The Roads To Artificial Intelligence: It’s Either Us, Or Them*. URL: <https://www.eyerys.com/articles/paving-roads-artificial-intelligence-its-either-us-or-them>. (Acessado em: 19.02.2018).
- [7] Steve Copley. *Expert Systems*. URL: [https://www.igcseict.info/theory/7\\_2/expert/](https://www.igcseict.info/theory/7_2/expert/). (Acessado em: 19.02.2018).
- [8] Ralph Jacobson. *2.5 quintillion bytes of data created every day. How does CPG and Retail manage it?* URL: <https://www.ibm.com/blogs/insights-on-business/consumer-products/2-5-quintillion-bytes-of-data-created-every-day-how-does-cpg-retail-manage-it/>. (Acessado em: 22.02.2018).
- [9] Dean De Cock. “Alternative to the Boston Housing Data as an End of Semester Regression Project”. In: *Journal of Statistics Education* 19.3 (2011).
- [10] Kaggle. *House Prices: Advanced Regression Techniques - Leaderboard*. URL: <https://www.kaggle.com/c/house-prices-advanced-regression-techniques/leaderboard>. (Acessado em: 01.03.2018).
- [11] Mathworks ®. *What is Machine Learning?* URL: <https://www.mathworks.com/discovery/machine-learning.html>. (Acessado em: 23.02.2018).
- [12] Stuart Russel and Peter Norvig. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall, 2009. (p. 19).
- [13] Émerson Jean da Silva. *Rede semântica*. URL: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rede\\_Semantica.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rede_Semantica.png). (Acessado em: 26.02.2018).
- [14] Daniel Crevier. *AI: The Tumultuous Search for Artificial Intelligence*. Basic Books, 1993.
- [15] Radu Raicea. *Want to know how Deep Learning works? Here’s a quick guide for everyone*. URL: <https://medium.freecodecamp.org/want-to-know-how-deep-learning-works-heres-a-quick-guide-for-everyone-1aedeca88076>. (Acessado em: 28.02.2018).
- [16] Ashish Bakshi. *What is Deep Learning*. URL: <https://www.edureka.co/blog/what-is-deep-learning>. (Acessado em: 28.02.2018).
- [17] Kyree Leary. *The Verdict Is In: AI Outperforms Human Lawyers in Reviewing Legal Documents*. URL: <https://futurism.com/ai-contracts-lawyers-lawgeex/>. (Acessado em: 06.03.2018).
- [18] Ray Kurzweil. *The Singularity is Near*. Penguin Books, 2005.
- [19] Ray Kurzweil. *The Singularity is Near*. Penguin Books, 2005. (p. 7).
- [20] Eric Drexler. *Engines of Creation*. Doubleday, 1986. (p. 127).
- [21] Future of Life Institute. *RESEARCH PRIORITIES FOR ROBUST AND BENEFICIAL ARTIFICIAL INTELLIGENCE*. URL: <https://futureoflife.org/ai-open-letter/>. (Acessado em: 08.03.2018).

- [22] Nick Bostrom. *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford, 2014. (p. 319).
- [23] Gartner. “CRM Strategies and Technologies to Understand, Grow and Manage Customer Experiences”. In: (2011).
- [24] Satya Ramaswamy. *How Companies Are Already Using AI*. URL: <https://hbr.org/2017/04/how-companies-are-already-using-ai>. (Acessado em: 11.03.2018).