

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FILOSOFIA  
NÍVEL MESTRADO**

**WELTON DIAS DE LIMA**

**COMPUTADORES E MENTES:  
Uma Analogia Filosófica**

**SÃO LEOPOLDO**

**2017**

Welton Dias de Lima

COMPUTADORES E MENTE:  
Uma Analogia Filosófica

Dissertação apresentada como requisito parcial  
para obtenção do título de Mestre em Filosofia,  
pelo Programa de Pós-Graduação em Filosofia  
da Universidade do Vale do Rio dos Sinos –  
UNISINOS

Orientadora: Dr.<sup>a</sup> Sofia Inês Albornoz Stein

São Leopoldo  
2017

L732c Lima, Welton Dias de.  
Computadores e mentes: uma analogia filosófica / Welton  
Dias de Lima. – 2017.  
91 f. : il. color. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos  
Sinos, Programa de Pós-Graduação em Filosofia, São Leopoldo,  
2017.  
“Orientadora: Dr.<sup>a</sup> Sofia Inês Albornoz Stein.”

1. Inteligência artificial. 2. Filosofia da mente. 3.  
Computadores. 4. Pensamento. I. Título.

CDU 004.8

Welton Dias De Lima

COMPUTADORES E MENTE:  
Uma Analogia Filosófica

Dissertação apresentada como requisito parcial  
para a obtenção do título de Mestre em  
Filosofia, pelo Programa de Pós-Graduação em  
Filosofia da Universidade do Vale do Rio dos  
Sinos - UNISINOS

Aprovado em 12 de julho de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Dr.<sup>a</sup> Sofia Inês Albornoz Stein (Orientadora) - UNISINOS

Dr. Adriano Naves de Brito – UNISINOS

Dr. Juliano Santos do Carmo - UFPel

Dedico esse trabalho, especialmente, a  
minha mãe, Dona Maria Rosária Lima,  
que sempre esteve ao meu lado.  
Um exemplo de vida.

## AGRADECIMENTOS

“Certamente Deus é o meu auxílio; é o Senhor que me sustém.”

A presente dissertação de mestrado não teria sido possível sem a paciência, compreensão e o carinho de colegas e familiares.

Inicio os meus agradecimentos à minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sofia Stein, que com seu gesto afável e com muita sabedoria me ajudou a construir mais um capítulo da minha vida acadêmica.

Agradeço ao Prof. Dr. Adriano Naves de Brito pelas instruções na qualificação e ao Prof. Dr. Denis Coitinho, notório intelectual, que com presteza e generosidade me fez despertar a atenção a temas de relevância para as minhas pesquisas.

Agradeço igualmente a todos os colegas da 1<sup>a</sup> turma do programa de pós-graduação *stricto sensu* – UniProjeção, vocês foram peças importantes para a conclusão deste trabalho.

Agradeço também aos colaboradores da Escola de Tecnologia (ETEC) – UniProjeção que de alguma forma me incentivaram e apoiaram no desenvolvimento da pesquisa.

E por último, não posso deixar de agradecer à minha família. Primeiramente a minha filha Monalisa pelo seu carinho e a Wivian, minha amada imortal. Aos meus pais José Dias e Maria Rosária pelo incentivo, aos meus irmãos Sidney, Gisele e Mônica que acreditaram em mim. Aos meus queridos cunhados David e Gustavo pelos momentos de descontração e aos meus sobrinhos Esdras, Leonardo, Maria Eduarda e Ana Julia por me ensinarem que todo sonho é possível.

LIMA, Welton Dias De. COMPUTADORES E MENTES: UMA ANALOGIA FILOSÓFICA. 99 F. Dissertação De Mestrado Em Filosofia. Unisinos, São Leopoldo, 2017.

## RESUMO

O presente estudo teve o propósito de desenvolver uma revisão bibliográfica em um dos artigos mais importantes e polêmicos no campo da Ciência da Computação, “Computadores e Inteligência” (nome original: *Computing Machinery and Intelligence*). O texto foi escrito em 1950 por um dos maiores gênios da matemática, que mais tarde revolucionou o mundo, Alan Mathison Turing (1912-1954). A partir de sua percepção crítica, esse excelente trabalho científico contribuiu significativamente para o desenvolvimento do computador digital e também deu início aos primeiros passos para os estudos sobre Inteligência Artificial. A pesquisa teve como objetivos investigar os motivos que levaram Turing a escrever o artigo, destacar as principais contribuições do artigo aos diversos campos do conhecimento, fazer um estudo pormenorizado sobre a pergunta áurea do artigo “Pode uma máquina pensar?” e compreender as principais objeções filosóficas a sua posição. Após análise, constata-se que o artigo escrito por Turing está em dividido em três partes: (i) o jogo da Imitação e o computador digital; (ii) objeções filosóficas à inteligência artificial e, por último, (iii) máquinas que aprendem. Destarte, justifica-se o desenvolvimento da pesquisa na sistematização e compreensão do tema escolhido a partir da Filosofia da Mente. A importância do tema se mostra no interesse significativo da área da filosofia pelos questionamentos realizados, oriundos da área da inteligência artificial. Essas indagações refletem os interesses antagônicos dos pesquisadores em IA. As respostas a essas questões dependem de como é definido "inteligência" ou "consciência" e exatamente que ‘máquinas’ estão sob discussão. Para melhor compreensão do assunto, serão analisados os argumentos de John Turing, John Searle, entre outros pensadores.

Palavras Chaves: O jogo da Imitação, Máquina de Turing, Objeções Filosóficas à IA, Aprendizado de Máquina, Inteligência Artificial.

## **ABSTRACT**

The present paper offers a bibliographic review of one of the most important and controversial articles in the field of Computer Science, "Computers and Intelligence" (original title: Computing Machinery and Intelligence). The text was written in 1950 by one of the greatest mathematical geniuses who later revolutionized the world, Alan Mathison Turing (1912-1954). Turing's excellent scientific work contributed significantly to the development of the digital computer and also gave rise to the first steps in the studies on Artificial Intelligence. The paper investigates the reasons that led Turing to write the article, highlights the main contributions of the article to various fields of knowledge, and provides a critical analysis of Turing's answer to the question "Can a machine think?". My analysis reveals that Turing's article can be divided into three parts: (i) the game of Imitation and the digital computer; (ii) philosophical objections and finally (iii) learning machines. Inquiries on these questions justified the development of the research in the uniformization and understanding of key issues in the Philosophy of the Mind. These inquiries reflect the opposing interests of AI researchers, as the answers to these questions depend on how "intelligence" or "consciousness" is defined and what exactly are the "machines" under discussion. For a better understanding of the subject, the arguments of Turing, John Searle, and other thinkers will be used.

**Key-words:** The Imitation Game; Turing Machine; Philosophical Objections; Machine Learning; Artificial intelligence.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do Artigo "Computadores e Inteligência" .....	14
Figura 2 - Teste de Turing .....	16
Figura 3 - O Vale da Estranheza.....	18
Figura 4 - Nova Versão do Teste de Turing .....	18
Figura 5 - Valores Inseridos na Fita .....	24
Figura 6 - Marcação da Célula .....	25
Figura 7 - Substituição do Sinal Pelo Valor 1 .....	25
Figura 8 - Resultado do Processamento .....	25
Figura 9 - Processo de Tomadas de Decisão .....	54
Figura 10 - Tipos de Aprendizagem de Máquina .....	56
Figura 11 - Estrutura do Neurônio.....	58
Figura 12 - Algoritmo Para Reconhecimento de Face .....	60
Figura 13 - Árvore de Decisão .....	67
Figura 14 - Aplicação da Árvore de Decisão .....	68
Figura 15 - Valores da Árvore de Decisão .....	69
Figura 16 - Primeiro Exemplo: Aplicação de Regra Gramatical .....	73
Figura 17 - Segundo Exemplo: Aplicação de Regra Gramatical .....	74
Figura 18 - Árvore de Parser.....	80
Figura 19 - Os Componentes da IA .....	83

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela da Árvore de Decisão .....	69
Tabela 2- Possibilidades de Valores Lógicos Para p e q .....	75
Tabela 3 - Operadores Lógicos.....	75
Tabela 4: Etapas do Processamento da Linguagem Natural.....	78
Tabela 5 - Etiquetagem Sintática.....	79

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - ElectroGaiaGraph - 11/09 .....	40
--	----

## LISTA DE SIGLAS

ENIAC	Electronic Numerical Integrator and Computer
ETEC	Escola de Tecnologia
EUA	Estados Unidos da América
IA	Inteligência Artificial
IBM	International Business Machines
LA	Luz Artificial
LISP	List Processing
LN	Luz Natural
NASA	National Aeronautics and Space Administration
PLN	Processo de Linguagem Natural
QI	Quociente de Inteligência
REGs	Random Event Generators
RNA	Rede Neural Artificial
TAS	Teoria da Aprendizagem Social
UC	Unidade de Controle
UCP	Unidade Central de Processamento
ULA	Unidade Lógica Aritmética

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO I - UMA VISÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) SEGUNDO A CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1– O Artigo: Computadores e Inteligência .....	12
1.1.1– O Jogo da Imitação .....	15
1.1.2 – A Crítica do Novo Problema.....	17
1.1.3 – Pessoas e Máquinas Envolvidas no Jogo .....	19
1.1.4 – Computadores Digitais e a sua Universalidade .....	22
1.1.4.1 – A máquina Universal de Turing.....	23
1.1.4.2 – O Problema da Parada da Máquina de Turing.....	26
1.1.4.3 – O Legado de Turing na Computação .....	27
<b>CAPÍTULO II - UMA VISÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) E AS OBJEÇÕES FILOSÓFICAS À REPLICABILIDADE DA MENTE HUMANA .....</b>	<b>29</b>
2.1 – As objeções de Turing.....	30
2.2 – Controvérsias relacionadas ao Teste de Turing.....	41
2.2.1 – O Quarto Chinês .....	43
2.2.2 - As Objeções de Searle .....	45
2.3 – O Argumento da Consciência .....	46
<b>CAPÍTULO III - UMA VISÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) SEGUNDO A CIÊNCIA COGNITIVA.....</b>	<b>49</b>
3.1 – Máquinas que Aprendem .....	50
3.1.1 –O Aprendizado das Máquinas.....	51
3.1.1.1 –Aprendizagem.....	52
3.1.1.1.1 – Os Processo de Aprendizagem .....	53
3.1.1.1.2 – Os Tipos de Aprendizagem .....	55
3.1.1.2 – Inteligência .....	60
3.1.2 – Raciocínio Automatizado .....	62
3.1.2.1 – Método Indutivo.....	65
3.1.2.2 – Tomada de Decisão Artificial .....	66
3.1.3 – A Linguagem .....	70
3.1.3.1 – O Processo de Linguagem Natural (PLN) .....	73
3.1.3.2– Conectores Lógicos Aplicados à Linguística .....	74
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>82</b>
<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>87</b>

## INTRODUÇÃO

Tem se discutido muito acerca da Inteligência Artificial (AI), assunto bem presente na ficção científica, mas cogita-se com uma certa frequência a relação entre homem e máquina, a forma como a mente humana computa e se esta mente realiza o processo semelhantemente ao de um computador. No meio acadêmico, o assunto ganha força e surgem discussões intermináveis, fala-se que em um futuro não muito distante os computadores vão superar a capacidade de examinar uma situação além do óbvio e avaliar as consequências ou o julgamento do indivíduo e até mesmo ter uma consciência artificial, chega-se a prever que para as próximas décadas os computadores se tornarão mais inteligentes que os seres humanos. Um dos futuristas que defende esta concepção é o físico teórico Michio Kaku no seu livro “O Futuro da Mente” (KAKU, 2014, p. 22-25).

No entanto, como tudo isso começou? Os filósofos da antiga Grécia acreditavam que o cérebro era o centro dos processos mentais e com esta ideia o homem se colocou à disposição para a busca e o aprofundamento do entendimento do sistema nervoso. Para Aristóteles o coração era o órgão do pensamento, das percepções, do sentimento, a sede das emoções, enquanto o cérebro seria importante para a manutenção da temperatura corporal, agindo como um agente refrigerador, até hoje as pessoas são influenciadas por essa noção, referindo-se ao coração como o símbolo do amor. Hipócrates (460 a.C.-370 a.C) acreditava que o cérebro era a sede da mente:

Deveria ser sabido que ele é a fonte do nosso prazer, alegria, riso e diversão, assim como nosso pesar, dor, ansiedade e lágrimas, e nenhum outro que não o cérebro. É especificamente o órgão que nos habilita a pensar, ver e ouvir, a distinguir o feio do belo, o mau do bom, o prazer do desprazer. É o cérebro também que é a sede da loucura e do delírio, dos medos e sustos que nos tomam, muitas vezes à noite, mas às vezes também de dia; é onde jaz a causa da insônia e do sonambulismo, dos pensamentos que não ocorrerão, deveres esquecidos e excentricidades. (COSENZA, 2002)

A partir deste órgão, o cérebro foi usado como referência para o desenvolvimento dos estudos sobre a inteligência não humana. Na verdade, o homem sempre buscou utilizar máquinas e outros recursos para simular processos naturais atribuídos a inteligência humana.

Pesquisas comprovam que a mais de 30 mil anos o homem primitivo já tinha necessidade de contar, a prova disso eram os riscos e marcas descobertas em cavernas e

a técnica de contar nos dedos que foi utilizada durante muito tempo. Diversos povos adotaram os instrumentos de contagem (pedras, conchas, pauzinhos, terços de contas, bastões entalhados, nós de cordas e etc.), o progresso na linguagem numérica está associado à necessidade de contar quantidades cada vez maiores de maneira rápida. A palavra cálculo vem do latim *calculus*, que originalmente era o nome de um conjunto de pedrinhas que eram usadas para fazer contas e ensinar as crianças a contar. Estas pequenas pedras eram as ferramentas conhecidas como as primeiras calculadoras, provavelmente o ábaco surgiu dentro desse princípio, onde, esse sistema de pedrinhas pode ser considerado como uma extensão do ato natural de se contar nos dedos (MENDES, 2006, p. 2).

Imagine um pastor de ovelhas que saia com seus animais e todos os dias no retorno, precisa conferir a quantidade de ovelhas que recolhe, como fazer tal contagem, sem papel nem lápis ou calculadora? Usando uma pedrinha para cada ovelha? Porém, sendo muitas ovelhas, onde guardar tantas pedrinhas? Foi pensando nisso que os seres humanos começaram a fazer agrupamentos e a partir daí criaram os conjuntos. Por exemplo: uma pedrinha preta corresponde a cinco pedrinhas brancas, uma pedra amarela corresponde a dez pedrinhas brancas ou duas pretas. Mas chegou um tempo em que as pedras e dedos já não eram mais suficientes, a quantidade e variedade das coisas aumentou e alguns povos inventaram novas formas de contar. Com a descoberta de placas de barro na mesopotâmia, comprovou-se que os sumérios faziam suas contas, com símbolos agrupados em um sistema com base sessenta, todas as quantidades maiores que sessenta eram agrupadas e representadas por um sinal, as posições desses sinais também modificavam os seus valores. Os Egípcios e os Maias também criaram seus sistemas numéricos utilizando símbolos e figuras. Os gregos são famosos pelas artes, política e filosofia, mas também criaram um sistema numérico muito eficiente. Uma diferença importante nos sistemas grego foi a utilização de letras para representar números. Além dos Gregos e dos Hebreus surgia mais um povo, os Romanos, com suas táticas de guerra, dominaram rapidamente as terras e aos poucos a civilização Grega deu lugar ao seu império (BICUDO, 2010, p. 13).

Com o avanço da ciência do raciocínio lógico e abstrato, vários matemáticos e filósofos desenvolveram teorias e técnicas para o entendimento do raciocínio automatizado. Arquimedes por exemplo, ficou muito conhecido pelas suas invenções engenhosas, a máquina Anticítera é uma delas; trata-se de uma calculadora astronômica altamente complexa, provavelmente construída em 87 a.C.

O matemático e filósofo francês Blaise Pascal criou uma calculadora mecânica para diminuir a labuta de seu pai no trabalho como supervisor de impostos (ISAACSON, 2014, p. 15). A máquina tinha rodas metálicas raiadas com os algarismos de 0 a 9 em sua circunferência, cada número era representado por meio de determinadas posições das engrenagens. Nesta época a eletricidade ainda não tinha sido descoberta e eram necessárias muitas engrenagens para realizar cálculos simples, como soma e subtração.

O alemão Gottfried Von Leibniz aperfeiçoou a calculadora de Pascal, ele construiu uma máquina mecânica capaz de realizar as quatro operações básicas (soma, subtração, divisão e multiplicação). Este filósofo procurou aplicar à lógica o modelo de cálculo algébrico da sua época. Concebido como um conjunto de operações dedutivas de natureza mecânica onde são utilizados símbolos técnicos. Era sua intenção submeter a estes cálculos algébricos a totalidade do conhecimento científico. Na sua obra *Dissertação da Arte Combinatória*, são apresentados os princípios desta nova lógica:

- ✓ Criação de uma nova língua, com notação universal e artificial;
- ✓ Fazer o inventário das ideias simples e simbolizá-las de modo a obter um "alfabeto dos pensamentos" simples expressos em caracteres elementares;
- ✓ Produzir ideias compostas combinando estes caracteres elementares;
- ✓ Estabelecer técnicas de raciocínio automatizáveis, de modo a substituir o pensamento e a intuição, por um cálculo de signos (ARTOSI, 2013, p. 71-132).

O raciocínio torna-se, neste projeto de Leibniz, um cálculo susceptível de ser efetuado por uma máquina organizada para o efeito. Esta ideia irá inspirar até aos nossos dias, não apenas o desenvolvimento da lógica, mas a criação de máquinas inteligentes.

René Descartes (1596-1650), revolucionário filosófico e cientista, obteve reconhecimento matemático por sugerir a fusão da álgebra com a geometria, fato que gerou a geometria analítica e o sistema de coordenadas. Para Descartes o corpo podia ser comparado como uma máquina, que poderia apresentar o seu perfeito funcionamento de forma sistemática ou não, uma máquina feita da terra a qual Deus criou, com isso, Descartes apresenta uma concepção do corpo formado por dois elementos (MARQUES, 1993, p. 135). A substância pensante (em latim *res cogitans*, “coisa que pensa”) de natureza espiritual: o pensamento e a substância extensa (*res extensa*), de natureza material: o corpo. Aqui está o dualismo psicofísico cartesiano. Segundo Descartes (2005):

As emoções nos remetem ao erro e quando cometemos algum erro, nunca é culpa do entendimento, mas sim porque houve a influência da vontade ou das paixões sobre ele. As paixões não resultam da luta que se trava entre os apetites de uma alma sensitiva e as volições de uma alma racional. O ser humano comete erros porque, entre outras razões, seus estados emocionais afetam a sua capacidade racional. Uma vez que esses fabulosos programas de IA são isentos de emoções, poderíamos supor que eles sejam, portanto, superiores à nossa sofisticadíssima inteligência natural tão absolutamente predisposta às influências “maléficas” dos estados emocionais? (BRAGA; GUERRA; REIS, 2005, p. 45-50).

No século XIX é realizada uma verdadeira revolução na área da lógica matemática. Diversos investigadores de formação matemática, irão conceber, não apenas uma nova linguagem simbólica, mas também uma forma de transformar a lógica numa álgebra. A lógica passou a ser vista como um cálculo, tal como a álgebra, visto que ambas se fundam nas leis do pensamento humano. Dos matemáticos destaca-se o George Boole (1815-1864) com a criação da lógica matemática; Ernest Schroder (1890-1895), nas suas "Lições sobre a álgebra lógica"; Frege (1848-1925) trabalhou da álgebra da lógica (matematização do pensamento) à logística (logicização das matemáticas) e ao logicismo (redução das matemáticas à lógica); Giuseppe Peano (1858-1932) ensinava que os enunciados matemáticos não são obtidos por intuição, mas sim deduzidos a partir de premissas (SILVEIRA, 2007, p. 33-37).

A lógica matemática caracteriza-se por ter construído uma linguagem artificial, simbólica, para representar o pensamento de uma forma unívoca. Cada signo possui apenas um único significado.

Esta linguagem possui as seguintes propriedades:

- Não exige qualquer tradução numa linguagem natural;
- A escrita é ideográfica (não fonética). As ideias são representadas por sinais;
- A forma gramatical é substituída pela forma lógica (SILVEIRA, 2007, p. 46).

Joseph Marie Jacquard (1752-1834), introduziu o conceito de armazenamento de informações em placas perfuradas, não para o processamento de dados, mas sim para a tecelagem. As ações humanas eram codificadas e convertidas em marcas nesses cartões de modo a serem, depois, interpretados e repetidos pela máquina. Pode ser considerada a primeira máquina mecânica programável da história, pois os cartões forneciam os comandos necessários para a tecelagem de padrões complicados em tecidos e o conjunto de cartões poderia ser trocado sem alterar a estrutura da máquina têxtil. Muito tempo

depois, os cartões foram usados pelos primeiros computadores eletrônicos na década de 40 até o desenvolvimento de métodos de armazenamento mais confiáveis. Um dos últimos e mais importantes trabalhos pioneiros em computação por processos mecânicos foi realizado por Charles Babbage. Em seu trabalho, Babbage projetou dois tipos de máquinas: A máquina de diferenças e a máquina analítica (SILVEIRA, 2007, p. 47-49).

Sem sombra de dúvida, as duas grandes guerras (1914-1945) foi período marcante para a história da humanidade. A segunda guerra mundial registrou um número significativo de ataques contra civis, incluindo o Holocausto e a única vez em que armas nucleares foram utilizadas em combate, foi no conflito mais letal da história da humanidade, resultando entre 50 a 70 milhões de mortes. Por outro lado, o homem presenciou a maior revolução científica jamais vista, o homem fez nesse período o que não havia feito em dezenove séculos. Do mesmo modo que causaram uma enorme destruição no mundo, as duas grandes guerras trouxeram consigo o avanço científico e tecnológico, foram feitas inúmeras invenções que até hoje as pessoas utilizam, como vacinas, remédios, internet, computador, carros, avião e entre outras coisas.

Nesta mesma época, o auge da segunda guerra mundial, antes mesmo das máquinas pensantes serem chamadas de IA, o computador era chamado de cérebro eletrônico. A primeira geração computacional tinha como características a utilização das válvulas, a programação era aplicada diretamente na linguagem de máquina, baixo poder de processamento, aplicados na previsão climática, cálculos de energia atômica [...]. O precursor do termo Inteligência Artificial, John McCarthy, desenvolveu uma família de linguagens de programação conhecida como *List Processing* (LISP), esta linguagem serviu como base para os estudos da IA e foi a primeira utilização da tecnologia na criação de programas capazes de enfrentar a inteligência dos seres humanos em partidas de xadrez. (NOYES, 1992, p. 9-25).

Voltando para a década de 50, um jovem matemático inglês escreveu um artigo denominado “Computadores e Inteligência” (nome original: *Computing Machinery and Intelligence*). Alan Mathison Turing foi um matemático, lógico, criptoanalista e cientista da computação britânico. Pioneiro nos estudos sobre IA, influente no desenvolvimento da ciência da computação e na formalização do conceito de algoritmo, desempenhou um papel importante na criação do computador moderno.

Turing nasceu no dia 12 de junho de 1912, na Inglaterra. Filho de um oficial britânico, Alan viveu sua vida inteira em uma família muito rígida. Com 15 anos já era



um garoto prodígio na área da matemática. Na Escola, era um tímido adolescente e por muitas vezes sofreu *bullying* dos colegas, mas em 1930, Alan graduou-se em Matemática pela Universidade de Cambridge, 5 anos depois, concluiu o mestrado no Kings College e no ano seguinte recebeu o importante prêmio *Smith's Prize*, pelo trabalho sobre a teoria das probabilidades e em 1936, o jovem Turing publicou um artigo no qual introduzia o conceito de uma computação teórica, um aparelho computacional que hoje é conhecido como a máquina de Turing. Em 1938, Alan foi voluntário para atuar no serviço de inteligência britânica, no setor de decodificação e de criptoanálise. Após o Reino Unido declarar guerra à Alemanha Nazista, Alan foi direcionado para Bletchley Park, o Quartel General de Comunicações Governamentais (HODGES, 2001, p. 10).

No início do maior conflito armado da história, a Alemanha Nazista dominava os céus e os mares, enquanto os soldados se enfrentavam nos campos de batalha, Alan Turing e sua equipe estavam tentando quebrar o inquebrável Código Enigma. Os maiores matemáticos da antiga União Soviética, dos Estados Unidos e da França tinham tentado sem sucesso quebrar o novo código. Houve muitos desentendimentos entre Alan e os outros membros da equipe, mas com o tempo, uma grande amizade reinou sobre eles. Alan bateu de frente com o alto comando da inteligência britânica ao apresentar um projeto ambicioso e desacreditado por muitos. O matemático explicou ao comandante de Bletchley Park que homens não eram capazes de vencer uma máquina, mas ele poderia criar uma máquina que era capaz de vencer o Enigma. Essa máquina precisava de um investimento muito grande e os britânicos não tinham muito dinheiro, pois estavam em guerra, Alan acabou não tendo autorização e nem o apoio do comandante de Bletchley Park. Turing procurou o primeiro ministro Winston Churchill e conseguiu o apoio e a verba necessária para construir uma máquina eletromecânica, então, em 1940, Alan Turing construiu uma máquina eletromecânica equivalente aos rotores de dez máquinas Enigma, esse equipamento seria capaz de verificar as mensagens interceptadas, em alta velocidade, com diversos modos de codificação, o projeto só foi concluído definitivamente, depois de terem encontrado um livro de código, esse pequeno livro foi essencial para que Alan Turing pudesse finalmente descriptografar o Enigma. Os matemáticos passaram a influenciar quase todos os aspectos da guerra, eles chegaram a decodificar cerca de 90 mil mensagens por mês (HODGES, 2001, p. 32-33).

Os trabalhos de Turing fundaram uma nova área na lógica matemática. Por outro lado, a motivação estava na filosofia da mente, que usava termos da psicologia e da

filosofia. Filosofia da mente é uma doutrina responsável por estudar o homem na capacidade de atribuir pensamentos, sentimentos e intenções a si próprio e às outras pessoas. Esta doutrina começa como um *background* do saber humano, ganhando autonomia com mais ênfase devido aos trabalhos de Turing.

Uma das interfaces da filosofia da mente que promove uma investigação científica sobre o assunto Inteligência Artificial é a ciência computacional, essa é a ciência que faz as máquinas realizarem coisas que os homens julgam inteligentes quando realizadas por eles. A ciência da computação, associada aos estudos específicos da inteligência artificial, utilizados como instrumento de simulação da mente humana, consegue obter maior e melhor compreensão da natureza do pensamento humano. “A Neurofilosofia faz uma pesquisa comparada sistemática do sistema nervoso humano, ela tenta desvendar os mistérios da inteligência consciente, aliada a outras ciências como a neurociência e a inteligência artificial” (TRIPICCHIO, 2004, p. 4).

Já a ciência cognitiva, segundo Teixeira, 1997:

É o estudo do funcionamento mental, seja humano ou não, é a ciência essencialmente interdisciplinar, reunindo, na tentativa de fazer uma ciência da mente, isso tudo com o intuito de comparar as saídas de modelos com aspectos do comportamento humano. Na chamada inteligência artificial, o efeito da operação computacional, por meio de regras e de símbolos mentais, devidamente traduzidos em algoritmos, terá como resultado a idiossincrasia artificial humana (p. 166).

Cercado por histórias, ideias de ficção científica, polêmicas filosóficas e científicos, no momento presente, a Inteligência Artificial já é uma realidade e que já faz parte do cotidiano de muitas pessoas. Mas, o que significa uma máquina pensante? É possível uma máquina realizar um pensamento sistemático como o ser humano? Qual o respaldo da Filosofia da mente para explicar a Inteligência Artificial? O principal objetivo da pesquisa é compreender o conceito da Inteligência Artificial segundo Alan Turing, dentro do contexto da Filosofia da Mente, além disso, fazer uma revisão literária sobre o artigo de Turing denominado “Computadores e Inteligência”, entender como o modelo da cognição humana pode influenciar no aprendizado de uma máquina pensante, comparar o sistema nervoso e os seus elementos com uma estrutura computacional.

Para tornar as máquinas cada vez mais inteligentes é necessário entender o processo de aprendizagem do ser humano. Um computador não pode fazer nada que não tenha sido previamente programado por meio de uma sequência de registros pré-

determinados, o computador realiza uma ação conforme o que foi codificado. Logo, nossa hipótese é de que o homem se comporta de modo diferente. Tudo o que faz provoca novas experiências, ele assimila e usa na resolução de novos problemas. É o que os pesquisadores chamam de aprendizado pela experiência.

# **CAPÍTULO I - Uma Visão da Inteligência Artificial (IA) segundo a Ciência da Computação.**

Para a compreensão da IA, dentro do campo da ciência da computação, será utilizado como instrumento de estudo o artigo do matemático Alan Turing, que ficou denominado como “Computadores e Inteligência” escrito em 1950 e serviu de referência aos estudos sobre IA.

## **1.1– O Artigo: Computadores e Inteligência**

Em 1837, apenas vinte e três anos após a derrota de Napoleão em Waterloo, deu-se início o período no qual o império britânico ficou conhecido como a maior potência mundial graças a revolução industrial, um processo de mecanização dos sistemas de produção. O progresso tecnológico e econômico ganhava cada vez mais força e a palavra “máquina” estava em alta, seja ela aplicada em barcos a vapor, navios, ferrovias ou fábricas que utilizavam a energia a vapor.

Foi exatamente dentro deste cenário que um dos últimos e mais importantes trabalhos pioneiros em computação por processos mecânicos, do Charles Babbage, foi projetado. Babbage projetou dois tipos de máquinas: A máquina de diferenças e a máquina analítica.

A idéia de um computador digital é antiga. Charles Babbage, professor de Matemática em Cambridge, de 1828 a 1839, planejou tal máquina, a chamada Máquina Analítica, que nunca foi completada. Embora Babbage tivesse todas as idéias essenciais, sua máquina, na época, não apresentava perspectivas atraentes. A velocidade então disponível seria certamente maior que a do computador humano, mas era cem vezes mais vagarosa que a Máquina de Manchester; esta por sua vez, é uma das mais vagarosas das máquinas modernas. A memória teria de ser puramente mecânica, por meio de rodas dentadas e cartões (TURING, 1996, p. 23).

Em 1823, Babbage foi contratado pela Royal Astronomical Society of Great Britain para produzir uma máquina calculadora programável, com a finalidade de gerar tabelas de navegação para a marinha britânica. Na época, as tabelas de navegação eram escritas manualmente por diversos funcionários, contratados para:

- 1) Realizar sucessivas e repetitivas operações de adição e multiplicação;
- 2) Imprimir os resultados, escrevendo-os.

Foi constatado que, devido à natureza permanente e repetitiva do processo realizado por humanos, sempre ocorreria erros, tanto nos cálculos quanto na ocasião de registrar por escrito os resultados. O que Babbage se propunha era projetar uma máquina que realizasse de forma constante e sem erros o tedioso trabalho de cálculos e registrasse, de forma também confiável, os resultados.

Babbage passou a se dedicar a um projeto de um novo tipo de computador. A Máquina Analítica, na verdade, era um computador mecânico capaz de armazenar 1000 números de 20 algarismos e que possuía um programa que podia modificar o funcionamento da máquina, fazendo-a realizar diferentes cálculos. O fato de se tornar de uso mais geral por possuir a capacidade de modificar suas operações, realizar diferentes cálculos e aplicar métodos de instruções por cartões perfurados é o que faz a grande diferença entre as máquinas anteriores.

Embora inteiramente mecânica, a máquina analítica de Charles Babbage essencialmente possuía os mesmos componentes que um computador atual:

- ✓ **Memória:** constituída de rodas dentadas de contagem;
- ✓ **Processador:** com uma unidade capaz de realizar as quatro operações aritméticas e unidade de controle, constituída de cartões perfurados convenientemente para realizar esta ou aquela operação;
- ✓ **Saída:** para uma impressa ou para um dispositivo perfurado de cartões (DALLE, 2011, p 42).

A condessa de Lovelace, mas conhecida como Ada Lovelace, é considerada a primeira mulher a ter escrito um algoritmo para ser processado por uma máquina. Formada em matemática, a escritora inglesa, Lovelace participou dos projetos de computação de Charles Babbage, desenvolveu os algoritmos que permitiriam à máquina de Babbage computar os valores de funções matemáticas. Ada Lovelace estava tão envolvida nos trabalhos de Babbage que começou a desenvolver algumas reflexões filosóficas, Ada fez o seguinte questionamento: A máquina de Babbage pode pensar? Esta máquina tem capacidade de aprendizado? Ela chegou à conclusão de que a máquina jamais seria inteligente, para Lovelace, a máquina faria apenas o que foi programado, pode realizar análises, mas não tem o poder de antecipar quaisquer relações analíticas ou verdades. Sua competência é ajudar-nos a tornar disponível o que já está familiarizado com a execução de alguma tarefa.

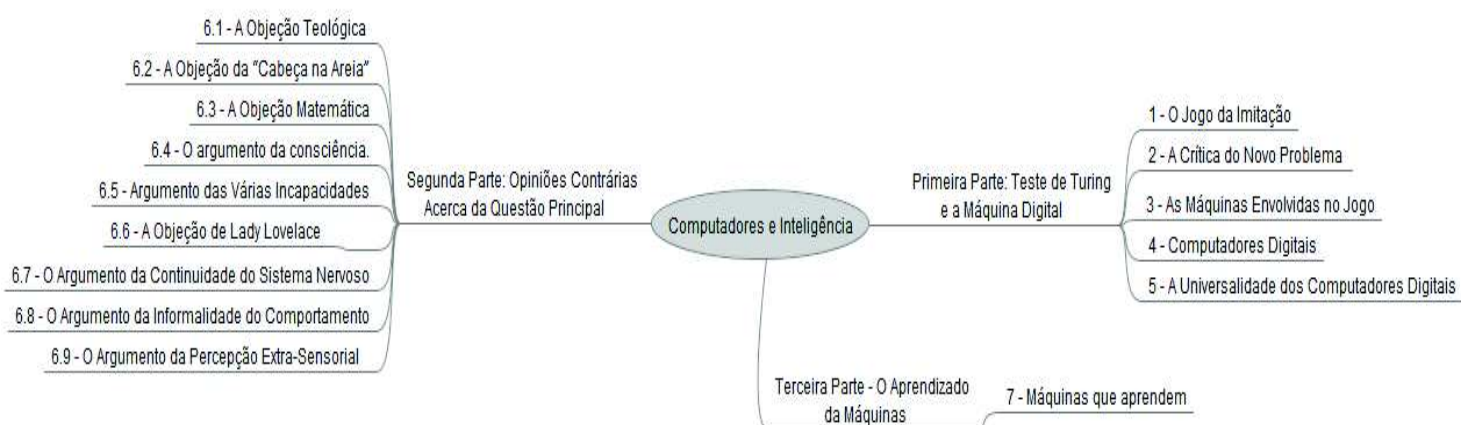
A conclusão da condessa tem um certo envolvimento teológico e filosófico, se a inteligência é capacidade de compreender, resolver novos problemas e conflitos, adaptar-se a novas situações, então, o pensar entra como um elemento fundamental para o processo de raciocínio lógico, então, pode-se dizer que o pensar é uma função da alma imortal do Homem. Deus deu uma alma imortal para cada homem e mulher, mas não a nenhum outro animal ou máquina, portanto, nenhum animal ou máquina pode pensar.

Para Douglas Hartree:

A concepção da condessa não implica que não seja possível construir equipamento eletrônico que pense por si mesmo, ou no qual, em termos biológicos, alguém possa estabelecer um reflexo condicionado, que serviria de base para a aprendizagem, a princípio, a condessa poderia até ter razão, pois as máquinas para aquela época eram bastante limitadas, a tal ponto que impediria ela conjecturar o cenário tecnológico que temos hoje. (TURING, 1996, p. 45)

O questionamento e as conclusões da Lovelace foram objeções disputadas por Alan Turing em sua influente dissertação publicada pela revista *Mind* com o título “Computadores e Inteligência” (nome original: *Computing Machinery and Intelligence*). O objetivo desse trabalho era responder à questão se as máquinas podem pensar. O artigo está dividido em sete argumentações e mais nove objeções (Figura 1), que são dúvidas putativas, as quais incluíam todos os principais argumentos com a inteligência artificial que foram levantados desde a publicação do artigo.

**Figura 1 - Estrutura do Artigo "Computadores e Inteligência"**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

### 1.1.1– O Jogo da Imitação

Ao evitar discussões filosóficas sobre a consciências, alma e livre arbítrio, Turing desenvolveu um teste prático para determinar se o computador poderia ser considerado inteligente, em outras palavras, uma forma de medir a inteligência da máquina. O teste ficou conhecido como “O Jogo da Imitação” (nome original: *The Imitation Game*), também intitulado como o Teste de Turing, no qual o principal objetivo é testar a capacidade de uma máquina exibir comportamento inteligente equivalente a um ser humano.

Proponho a seguinte questão: “Podem as máquinas pensar?” A reflexão sobre esta questão deveria ser iniciada com definições do significado dos termos “máquinas” e “pensar”. As definições poderiam ser esquematizadas de modo a refletir, na medida do possível, o uso comum das palavras, mas tal atitude é perigosa. (TURING, 1996, p. 21).

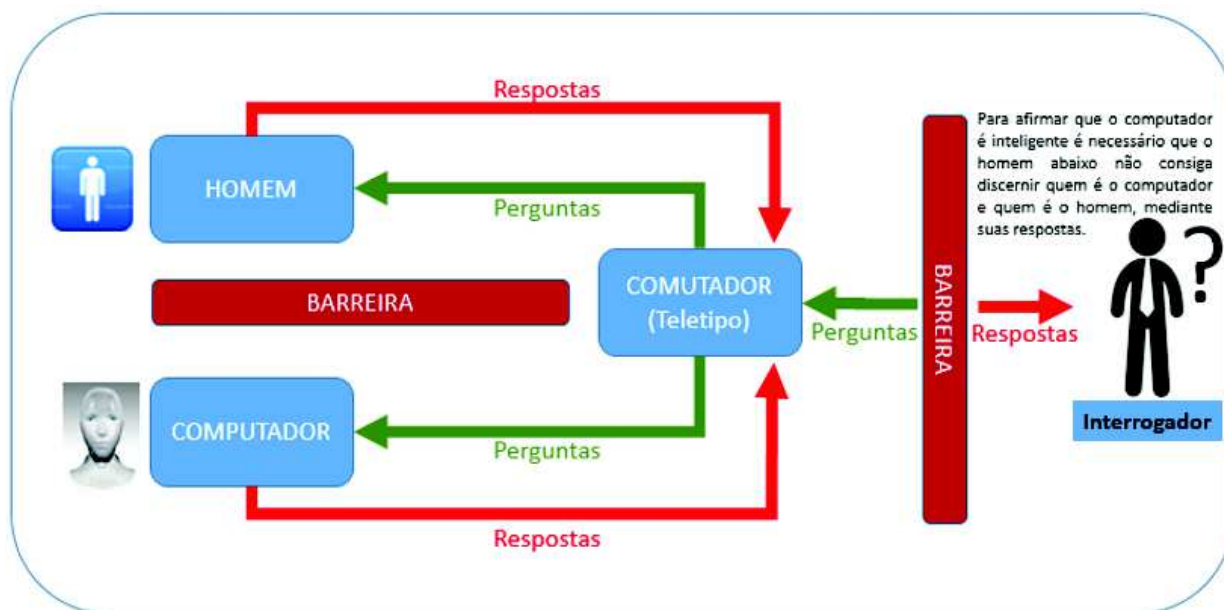
A questão formulada por Turing, traz vários desafios no sentido de apresentar uma dissolução do problema. É natural que a resposta pode ser dada em função do que se entende por máquina e por pensar, mas o tema do pensamento por si só já é bastante complexo, o que significa exatamente pensar? Uma pessoa pode ter certeza daquilo que ele pensa, pois ela mesma tem acesso aos seus estados mentais, mas como pode este mesmo indivíduo ter a certeza se a outra pessoa pensa, já que ela não tem acesso direto aos estados mentais da outra pessoa? Uma resposta plausível seria a observação do comportamento daquele indivíduo fazendo uma inferência do que ele pensa. Esta é a ideia central que Turing propôs no seu teste.

O jogo funciona da seguinte forma (Figura 2). Ele envolve três participantes em salas isoladas: Um homem, uma mulher e um terceiro que vai ser o interrogador, que pode ser de qualquer sexo, e ele fica em um quarto separado das outras duas pessoas. O objetivo do jogo é fazer com que o interrogador determine corretamente quem é homem e quem é mulher, o interrogador tem que tomar essa decisão se baseando apenas nas perguntas que ele pode fazer. Essas perguntas são respondidas apenas por meio de texto através de uma espécie de um terminal (telegravador), eles podem falar a verdade, podem mentir ou dar uma resposta evasiva, isto com a finalidade de iludir o interrogador (HODGES, 2001, p. 40). No jogo, o interrogador não pode ter nenhum tipo de contato com os participantes, ouvir suas vozes, conexão visual.

“Para que tons de vozes não ajudem o interrogador, as respostas deveriam ser escritas, ou ainda melhor, datilografadas. O arranjo ideal é um telegravador com comunicação entre os dois quartos” (TURING, 1996, p. 22).

Agora tente imaginar que um dos interrogados foi trocado por uma máquina, será que o interrogado consegue distinguir quem é a pessoa e quem é a máquina? Caso o interrogador não puder dizer consistentemente quem é quem, então o computador ganha o jogo.

Figura 2 - Teste de Turing



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

A pergunta que fica é: O que ocorre com a máquina quando ela toma o lugar de um dos participantes no jogo? Será que o interrogador teria o mesmo resultado se tivesse jogando com as duas pessoas? A máquina que passou no Teste de Turing pensa? E se pensa, a máquina pensa semelhante a um ser humano?

O teste não tem o propósito de apurar a predisposição de apresentar respostas certas para as perguntas, mas sim o quão próximas as respostas são dadas por um ser humano. O jogo é realizado por um canal de comunicação utilizando um teclado e uma tela para gerar o resultado. Turing sugeriu o uso de um teletipo, um dos poucos sistemas de comunicação restritos a texto existentes em 1950, para os dias de hoje seria uma ferramenta de mensagem instantânea. O resultado do teste era fundamentado nas respostas dos entrevistados: a fluidez das palavras, a montagem das frases certas e se as respostas estavam fazendo sentido. Uma peça crucial de qualquer laboratório de testes deve



ser a sala de controle. Turing nunca deixou claro em seus testes se o interrogador estava ciente que um dos participantes é um computador.

### 1.1.2 – A Crítica do Novo Problema.

Para falar sobre o dilema de Turing, é necessário adentrar na área da robótica e uma referência para desenvolver um estudo sobre o assunto são as obras do escritor de Ficção Científica Isaac Asimov.

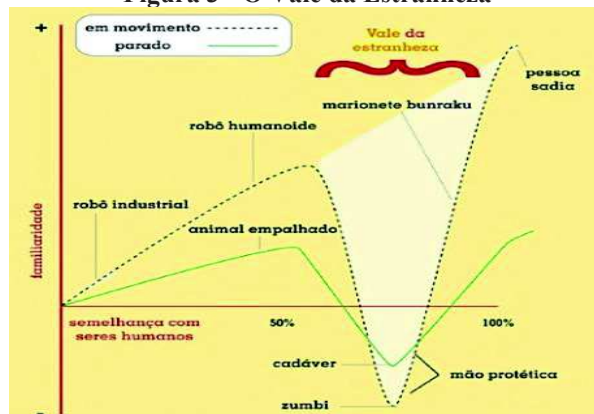
No mesmo ano que Turing publicou o seu artigo, Asimov lançou na Rússia a sua obra ficcional nomeada como “Eu, robô” (nome original: *I, Robot*). O livro é formado por nove contos que retratam a evolução dos autômatos através do tempo. A parte áurea da coletânea é à apresentação das três leis da robótica, que na verdade são princípios idealizados com a finalidade de permitir o controle e limitar os comportamentos dos robôs que este trazia à existência em seus livros de ficção científica.

O novo problema tem a vantagem de traçar uma linha bastante nítida entre as capacidades físicas e intelectuais de um homem. Nenhum engenheiro ou químico pode alegar ser capaz de produzir um material que seja indistinguível da pele humana. É possível que algum dia isso possa ser feito, mas mesmo supondo que tal invenção esteja disponível deveríamos perceber que há pouca vantagem em tentar tornar uma “máquina pensante” humana vestindo-a com tal carne artificial. A forma na qual propusemos o problema reflete esse fato na condição que impede o interrogador de ver ou tocar os outros competidores, ou ouvir-lhes as vozes (TURING, 1996, p. 23).

O problema de Turing passou a ser explorado por vários pesquisadores e, no ano de 1970, um professor de robótica chamado Masahiro Mori (1927) conseguiu construir os primeiros autômatos com aparência humana. É claro que o trabalho de Mori não chegou a replicar a natureza humana, mas o professor observou uma situação interessante nas pessoas. Seus robôs, à medida que deixavam de parecer meras máquinas e adquiriam feições humanas, chamavam muito mais atenção e atraíam a simpatia de todos.

Mori, diante da situação, criou um conceito denominado o “Vale da Estranheza” (Figura 3). Este conceito não trata de um lugar que se possa visitar, mas sim de uma hipótese no campo da robótica e da animação 3D que diz que quando réplicas humanas se comportam de forma muito parecida, mas não idêntica, a seres humanos reais, provocam repulsa entre observadores humanos. O termo apresentado é o resultado da análise de um gráfico da reação positiva ou negativa das pessoas, este comportamento é em função daquilo que parece intuitivamente verdadeiro entre um ser humano e um robô.

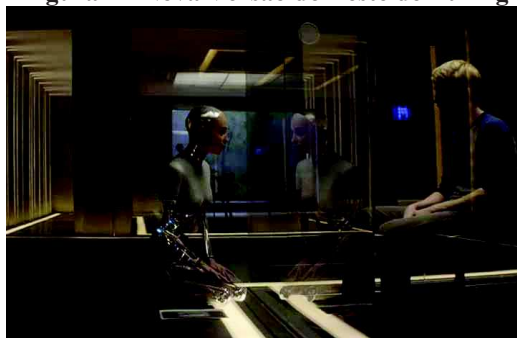
**Figura 3 - O Vale da Estranheza**



Fonte: MEADOWS, M. (2011)

À medida em que a aparência do robô vai ficando mais humana, as perguntas e respostas do interrogador vão se tornando mais emocionais, o diálogo com o robô vai se tornando mais positivo e empático, até um dado ponto no qual se torna uma forte repulsa, pois ao olhar para um robô é violada a crença de normalidade, tanto cognitivo quanto culturalmente (MEADOWS, 2011, p. 49-55).

**Figura 4 - Nova Versão do Teste de Turing**



Fonte: Filme Ex Machina, 2015.

Hoje é possível observar uma nova versão do Teste de Turing (Figura 4), principalmente nos filmes de ficção. O interrogador realiza o teste com a máquina de fato frente a frente, o interrogador sabe e tem consciência que aquilo que está a sua frente é uma máquina acoplada a um software de inteligência artificial. A questão do teste é: Mesmo sabendo que é um robô, o interrogador consegue ver na máquina a consciência? Algo que seja humano? É possível que o interrogador venha a se envolver emocionalmente? Perceber na máquina sentimentos, como, raiva, medo, alegria, amor?

O método de pergunta e resposta parece ser adequado para uso em quase todos os campos de atividade humana que desejemos abarcar. Não queremos punir a máquina por sua inabilidade de brilhar em concursos de beleza, nem punir o homem por perder uma corrida contra um aeroplano. As condições de nosso jogo tornam essas inaptidões descabidas. As “testemunhas” podem vangloriar-se, se acharem conveniente, do seu fascínio, força ou heroísmo, mas o interrogador não pode pedir demonstrações práticas (TURING, 1996, p. 23).

Para Turing, se o homem fosse imitar uma máquina, seria um triste espetáculo, iria trair-se imediatamente pela sua indolência e imprecisão em aritmética. A máquina não se cansa de trabalhar, executa quadrilhões de cálculos por segundos e realiza as tarefas com perfeição de forma detalhada. Turing chegou a declarar que para vencer o Enigma seria necessário criar um outro dispositivo, que não fosse o ser humano. Por si só não teria condições de vencer esse equipamento. Por este motivo, a partir de uma máquina decodificadora de origem polonesa, Turing projetou a bomba eletromecânica, um equipamento eletromecânico que ajudaria a descriptografar as mensagens do Enigma (FONSECA, 2007, p. 77-78).

Por outro lado, Turing coloca a máquina na posição de ter habilidades humanas: realizar uma dança, elaborar uma poesia, expressar uma emoção ao ouvir ou tocar uma música e jogar o “Jogo da Imitação”. A melhor estratégia para a máquina será possivelmente algo que não seja a imitação do comportamento do homem de fato, mas sim tentar dar as respostas que seriam naturalmente dadas por um homem.

### **1.1.3 – Pessoas e Máquinas Envolvidas no Jogo**

Na época na qual o artigo foi escrito, a concepção de Turing em relação aos computadores digitais pode ser explicada afirmando que essas máquinas são planejadas para realizar quaisquer operações possíveis de serem feitas por um computador humano. Quando Turing pergunta se “Podem as máquinas pensar?”, ele instiga o leitor a fazer uma reflexão crítica sobre o termo “Máquina”. Assim, segundo Turing (1996, p. 24): “A pergunta que fizemos [...] não será totalmente definida antes que especifiquemos o que pretendemos dizer com a palavra ‘máquina’ ”.

Na física, máquina é todo e qualquer dispositivo que muda o sentido ou a intensidade de uma força com a utilização do trabalho, portanto as máquinas podem ser divididas em automáticas e não-automáticas (ou manuais). As máquinas automáticas são aquelas nas quais a energia provém de uma fonte externa, como energia elétrica, térmica

e entre outras; esses dispositivos executam sempre o mesmo trabalho ao receber energia e tem como característica o fato de que o seu trabalho depende de instruções dadas pelo operador. As máquinas não-automáticas são aqueles dispositivos que precisam da ação permanente do operador para executar o trabalho. As máquinas às quais Turing se refere são o computador eletrônico ou computador digital, desenvolvidos para o processamento de dados.

Turing (1996, p. 24) apresenta três condições para que os elementos envolvidos possam tomar parte do jogo: (i) Que todas as técnicas apresentadas pelos engenheiros sejam aplicadas para construir uma máquina. (ii) Permitir a possibilidade de um engenheiro ou equipe de engenheiros construírem uma máquina que funcione, mas cujo modo de funcionamento não pode ser satisfatoriamente descrito pelos seus construtores, por terem aplicado um método em grande medida experimental. E por último (iii) excluir das máquinas todos os homens de carne e osso.

Chamo a atenção do terceiro ponto: Turing denomina um dos elementos do jogo de “Computador Humano”. Não há nada tão familiar, misterioso ou impressionante no seu modo de agir, nada cuja mecânica seja tão maravilhosa, cujo os sentidos sejam tão apurados quanto o corpo humano. Existem mais de 6 bilhões de seres humanos vivendo na Terra e cada um é o resultado de um processo de 100 trilhões de células microscópicas. Apesar de todos os seres humanos serem 99,9% idênticos, não existem dois seres humanos exatamente iguais. Células, tecidos, músculos, ossos, coração, cérebro, todos esses componentes, dentro de uma visão sistemática, têm que unir forças para realizar as atividades básicas do dia a dia.

Já há um certo número de computadores digitais em funcionamento, e pode-se perguntar “Por que não tentar a experiência imediatamente? Seria fácil satisfazer as condições do jogo. Certo número de interrogadores poderia ser usado e uma estatística compilada para mostrar a frequência com que a identificação certa fosse dada”. A resposta imediata é que não estamos perguntando se todos os computadores digitais fariam boa figura no jogo nem se os computadores presentemente disponíveis teriam bom desempenho, e sim se existem computadores imagináveis capazes de tanto. Mas isso é unicamente a resposta imediata. Veremos a questão mais tarde, sob um aspecto diferente (TURING, 1996, p. 25).

Turing (1996, p. 34) “conjecturava que, por volta de 2000, as máquinas com 100Mb de memória passariam facilmente no teste”, porém, talvez ele tenha se precipitado na sua previsão. Embora os computadores de hoje tenham uma memória muito superior aos computadores da primeira geração, poucos projetos tiveram êxito e os que

funcionaram bem concentraram-se mais em encontrar formas astuciosas de enganar os interrogadores do que em utilizar a sua impressionante capacidade de cálculo.

O primeiro programa para simulação de diálogos, os chamados "robôs de conversação", chamava-se Eliza e foi desenvolvido no Instituto de Tecnologia de Massachusetts pelo professor Joseph Weizenbaum. O programa não era complexo, possuía apenas 204 linhas de código fonte. O software utiliza as frases para formular novas perguntas aos pacientes e conseguia enganar muitas pessoas ao imitar um psicólogo, o software encoraja as pessoas a falar mais e devolvendo-lhes as perguntas que elas mesmas faziam.

Outro precursor foi o software denominado Parry, desenvolvido em 1972 pelo psiquiatra Kenneth Colby. Diferente da Eliza, Parry foi testado no início dos anos 1970 usando uma variação do Teste de Turing. O aplicativo tentou simular uma pessoa com esquizofrenia paranóica. Um grupo de psiquiatras experientes analisou uma combinação de pacientes reais e computadores executando o aplicativo Parry através de teleimpressores. Esses grupos foram então convidados a identificar quais dos "pacientes" eram humanos e quais eram programas de computador. O seu êxito de enganar as pessoas realçou uma fraqueza do teste, os seres humanos classificam de inteligência toda uma série de coisas que não são realmente inteligentes.

Não obstante, competições anuais, como o Prêmio Loebner, tornaram os testes mais formais, com os juízes sabendo antecipadamente que alguns de seus parceiros de conversa eram máquinas. Mas apesar da qualidade ter melhorado, muitos programadores utilizaram as estratégias semelhantes às de Eliza e Parry (MOOR, 2003, p. 40-46).

Catherine, vencedor em 1997, conseguiu manter uma conversão inteligente e focada no tema, principalmente se o interrogador quisesse conversar sobre o Bill Clinton.

Na Universidade de Reading, na Grã-Bretanha, acadêmicos de várias universidades se reuniram para a realização de um Teste de Turing. O teste foi aplicado conforme as regras apresentadas na primeira versão e a partir de questões não predefinidas. O evento contou com a participação de cinco programadores de diferentes partes do mundo, que submeteram ao teste de softwares desenvolvidos por eles.

Neste evento, um grupo de cientistas russo criou um programa, cujo o software conseguiu simular um adolescente ucraniano chamado Eugene Goostman. Neste exame, um júri tentou distinguir a criança de máquinas durante cinco minutos de conversa por

escrito, e o teste foi realizado com êxito. Os jurados conversaram por cinco minutos com um programa de computador e acreditaram tratar-se de um adolescente ucraniano de 13 anos. Considera-se bem-sucedida a rotina que conseguiu enganar pelo menos 30% dos jurados e a rotina criada pelos russos convenceu 33% da comissão de avaliadores de que estavam conversando (WARWICK, 2016, p. 76).

Mas a grande estrela da Inteligência Artificial é o software da *International Business Machines* (IBM), Watson. A Yorktown é uma região localizada no estado norte-americano de Virginia e onde está localizado um dos maiores centros de pesquisa computacional desenvolvido pela IBM. Um supercomputador com aproximadamente 15 trilhões de bytes de memória, foi desenvolvido para responder qualquer tipo de pergunta em até três segundos, tempo suficiente para pesquisar 6 milhões de livros, enciclopédias e dicionários. O supercomputador foi colocado à prova em um programa de *reality show*, desafiando os dois maiores campeões de conhecimentos gerais dos Estados Unidos da América (EUA). Para que isso fosse possível, Watson recebeu as perguntas eletronicamente, através de mensagem de texto, selecionou grupo de palavras e com elas fez as pesquisas. A máquina tem um índice de 75% de acerto, enquanto o de um ser humano é de 45%. Ao contrário dos seres humanos o computador não fica nervoso ou intimidado com o erro. O ponto forte de Watson é calcular a probabilidade de suas respostas estarem corretas, por isso, quanto maiores eram suas chances de acertar, mas alto era a sua aposta (DIETRICH, PLACHY, NORTON, 2014, p. 93).

Na medicina, os médicos trabalham com muitas respostas para pensar no melhor tratamento a ser aplicado em um paciente. Watson pode ter uma solução ideal para identificar qualquer tipo de doença e pesquisar as descobertas mais recentes no assunto. Em um futuro próximo, médicos e paciente poderão recorrer a esse supercomputador para tirar dúvidas, em tempo recorde. O computador dará todas as possibilidades de diagnósticos e tratamentos por ordem de probabilidade, contudo o médico é que dará a palavra final. Este supercomputador está sendo testado em dois hospitais norte-americanos.

#### **1.1.4 – Computadores Digitais e a sua Universalidade**

Turing teorizou uma máquina que fosse capaz de resolver qualquer problema. O dispositivo não realizaria apenas um procedimento, mas vários. O equipamento não seria apenas programável, mas também reprogramável. A ideia do Turing era construir

algo que fosse mais rápido que o cérebro, que fosse capaz de fazer cálculos e que depois determinasse qual o próximo passo a seguir, semelhantemente a um ser humano. Turing sustenta que este modelo teórico possa imitar o efeito de qualquer atividade da mente, mas o objetivo de Turing não é desprezar ou desvalorizar o poder natural do cérebro, pelo contrário, o argumento de Turing é simplesmente o de que o cérebro deve também ser considerado como uma máquina de estado discreto. “No sistema nervoso, os fenômenos químicos são tão importantes quanto os elétricos” (TURING, 1996, p. 30).

Pensando nas semelhanças de operações entre o computador humano e um computador digital, o matemático descreve algumas das semelhanças entre os dois elementos. Turing destaca a memória (a) como uma reserva de informação que corresponderá a um papel utilizado pelo computador humano para a realização de seus cálculos. A Unidade Executiva (b) é a parte que realiza as várias operações individuais envolvidas num cálculo. Quais sejam tais operações individuais é coisa que poderá variar de máquina para máquina, e por último, o Controle (c) pode ser responsável pelo controle das atividades de todos os componentes do computador através da emissão de pulsos elétricos (sinais de controle). O sistema nervoso biológico trabalha de forma semelhante, através dos impulsos nervosos as conexões são estabelecidas entre um neurônio e outros, então o cérebro tem o controle de todas funções vitais do corpo humano. O controle normalmente tomará as instruções a serem obedecidas na ordem das posições nas quais elas estão memorizadas.

#### **1.1.4.1 – A máquina Universal de Turing**

A Máquina de Turing (HODGES, 2001, p. 23) é um modelo matemático usado para representar programas de computadores ou circuitos lógicos. O conceito é concebido como uma máquina abstrata que deve estar em um número finito de estados. A máquina está em apenas um estado por vez, este estado é chamado de estado atual. Um estado armazena informações sobre o passado, isto é, ele reflete as mudanças desde a entrada num estado, no início do sistema, até o momento presente. Uma transição indica uma mudança de estado e é descrita por uma condição que precisa ser realizada para que a transição ocorra. Uma ação é a descrição de uma atividade que deve ser realizada num determinado momento.

Segundo, Turing, 1936:



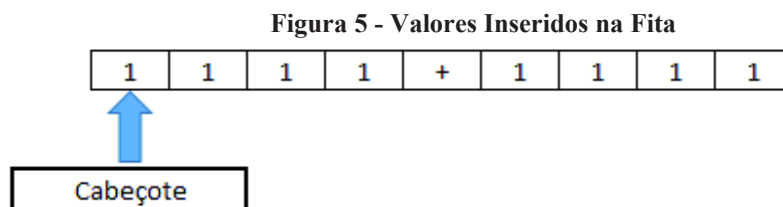
A máquina defende um princípio semelhante, que um computador digital pode ser usualmente construído em três partes: (i) memória, (ii) unidade executiva e (iii) controle. A Máquina de Turing vai funcionar conforme os dados são inseridos no dispositivo. Através de uma fita, dividida em várias partes, os dados são inseridos para serem lidos e processados através de um cabeçote. Esse cabeçote ou *scanner* vai determinar o que será feita com a fita, ela aponta para a posição atual na qual o mecanismo irá fazer a leitura, escrever ou apagar um determinado dados da fita (TURING, 1996, p. 26).

O comportamento realizado pela Máquina de Turing é determinado por um algoritmo, ou seja, um bloco de regras com sequência finita de instruções bem definidas, que tem o objetivo de regulamentar a atuação do dispositivo. A sequência de instruções da Máquina de Turing pode ser descrita da seguinte forma:

- 1 – IMPRIMA 0 NO QUADRADO QUE PASSA PELO SCANNER;
- 2 – IMPRIMA 1 NO QUADRADO QUE PASSA PELO SCANNER;
- 3 – VÁ UM QUADRADO PARA A ESQUERDA;
- 4 – VÁ UM QUADRADO PARA A DIREITA;
- 5 - VÁ PARA O PASSO  $i$  SE O QUADRADO QUE PASSA PELO SCANNER CONTÉM 0;
- 6 - VÁ PARA O PASSO  $j$  SE O QUADRADO QUE PASSA PELO SCANNER CONTÉM 1;
- 7 – PARA (TEIXEIRA, 1998, p. 23).

Aplicado as instruções apresentadas acima, é criado o Programa de *Post-Turing*, no qual é informado à máquina o tipo de computação que o dispositivo deverá realizar.

Será apresentado um exemplo didático de como funciona a mecanismo. A soma de dois valores,  $4 + 4$ . Neste exemplo, temos os valores numéricos mais as operações que já foram inseridas na fita. Os símbolos serão representados pelo valor “1” e o sinal de soma “+” separando os dois valores (figura 5).

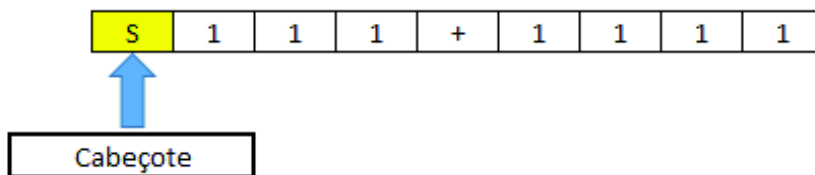


**Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.**

O cabeçote já está apontado no início da fita, célula com a cor amarela, o cabeçote vai apagar o valor 1 e marcar a célula (S) para saber da onde o ponteiro vai começar a contagem na fita até o sinal da operação (figura 6).



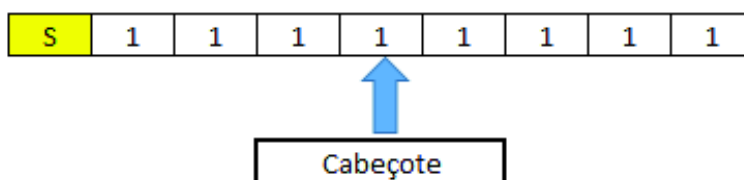
Figura 6 - Marcação da Célula



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Uma vez que o ponteiro avançou até o sinal da operação, o cabeçote vai substituir o sinal “+” pelo valor “1”, esse valor é referente àquele valor que foi apagado no início da fita (figura 7).

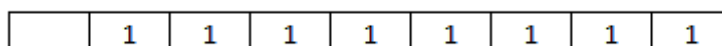
Figura 7 - Substituição do Sinal Pelo Valor 1



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Feito a substituição do sinal pelo valor 1, cabeçote vai voltar até a posição inicial da fita, na qual o mecanismo vai remover o ponteiro apresentando o valor da soma que é igual a 8, oito dígitos representados por 1 de forma sequencial (figura 8).

Figura 8 - Resultado do Processamento



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

O resultado final é consequência de ações sucessivas, como foi observado. O ponto principal é o conjunto de instruções que previamente são apresentadas à máquina. Todavia essas ações são rudimentares em relação às máquinas mais recentes, mas a lógica pode-se dizer que é a mesma.

Turing criou nessa máquina o princípio geral para a construção dos computadores. A ideia por trás da sua invenção é a de dar instruções para a máquina que devem ser seguidas passo a passo. Cada vez que uma instrução é executada, a máquina passa de um estado para outro, o que corresponde à mudança de uma configuração, como

se fosse uma receita a ser seguida exatamente, para que se chegue no resultado final. Turing mostrou, com a sua máquina, que toda e qualquer tarefa capaz de ser representada por meio desse procedimento pode ser mecanizada, ou seja, pode ser realizada por um computador.

#### **1.1.4.2 – O Problema da Parada da Máquina de Turing**

Essa parada da máquina, provada por Alan Turing em 1936, foi de suma importância para a computação atual, sobretudo para a Teoria da Computação. Isso significa que essa “parada” provoca muitas reflexões acerca da linguagem lógica nos programas de computadores, uma vez que todo e qualquer problema pode ser transformado em uma linguagem de programação e que nem todos os problemas podem ser respondidos ou considerados como uma verdade (HODGES, 2001, p. 25).

Esse problema da “parada” reflete também uma questão de decisão a respeito das propriedades de programas de computadores em um modelo específico, o modelo de Turing-completo, visto que esse problema da parada é “indecidível” nas Máquinas de Turing.

Além disso, o problema da “parada” é uma das variações da lógica matemática que consiste em decidir quando ocorre uma parada dentro de um programa de computação com uma entrada (*input*) que é o suficiente para ser equivalente a uma Máquina de Turing. Nesse caso, o programa irá rodar ou parar. A formação equivalente é pegar um programa qualquer e uma entrada qualquer. Assim, consegue-se resolver outro programa que diga se esse programa irá ou não parar com uma certa entrada. Nesse caso, isso é possível ou não?

Alan Turing provou que um algoritmo ou método genérico para resolver o problema da parada para todos os pares (programa – entrada) possíveis não existiria. Por isso, o problema da parada da Máquina de Turing é “indecidível”, já que não há um algoritmo que possa ser aplicado a qualquer programa arbitrário. Para todos os possíveis pares (programa x entrada) não pode existir um algoritmo genérico que seja capaz de, ao receber os pares (entrada x programa), tenha a possibilidade de determinar com clareza e certeza se irá parar ou não com essa entrada.

Nesse sentido, um problema de decisão é um conjunto de números naturais e o problema é determinar se um número em particular pertence ao conjunto ou não.

Seria bom se fosse possível desenvolver um algoritmo que recebesse como entrada um outro algoritmo a ser testado e que, ao rodar, detectasse se existe ou não em

alguma parte do programa uma falha. Na verdade, um erro de lógica que desencadearia um *looping* (que significa acrobacias em plano vertical) que pudesse retornar ao ponto da falha, e o problema da “parada” estaria resolvido.

Entretanto, não é possível ser implementado, já que o próprio algoritmo de detecção de *looping* entraria novamente em *looping*, pois para verificar teria que testar a entrada executando-a, não sendo possível criar uma condição de parada para quando detectasse a falha.

Este é o problema da parada, e até hoje não foi possível desenvolver qualquer algoritmo. No processo de desenvolvimento de *softwares* confia-se na lógica e no conhecimento dos programadores que muitas das vezes se deparam com o problema da parada e a detectam de forma manual, utilizando seus conhecimentos empíricos.

#### **1.1.4.3 – O Legado de Turing na Computação**

Depois da Segunda Guerra Mundial, Alan Turing gozou de um certo prestígio, trabalhou no Laboratório Nacional onde criou um dos primeiros projetos para computadores e programas armazenados, o *Pilot ACE Computer*, colaborou com o primeiro computador norte americano, o famoso Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC). Segundo Turing, 1950: “Um computador digital pode ser usualmente visto como consistindo de três partes: a) Memória, b) Unidade executiva, e c) Controle” (TURING, 1996, p. 26).

Além de Turing, outros cientistas da computação ajudaram na construção dos computadores digitais. É importante destacar também um outro matemático chamado John Von Neumann. Em junho de 1948, Neumann aplicou os princípios de Turing e teve a primeira demonstração prática de um computador, criando assim uma arquitetura de computador que se caracterizava pela possibilidade de uma máquina digital armazenar seus programas no mesmo espaço de memória que os dados, podendo assim manipular tais programas. Esta arquitetura é um projeto modelo de um computador digital de programa armazenado que utiliza uma unidade central de processamento (UCP) e uma de armazenamento ("memória") para comportar, respectivamente, instruções e dados. A máquina proposta por Von Neumann reúne os seguintes componentes: (i) Uma memória; (ii) Uma unidade lógica aritmética (ULA); (iii) Uma unidade central de processamento (UCP), composta por diversos registradores, e (iv) Uma Unidade de Controle (UC), cuja função é a mesma da tabela de controle da Máquina de Turing universal: buscar um

programa na memória, instrução por instrução, e executá-lo sobre os dados de entrada (OXTOBY, PETTIS, PRICE, 1988, p. 23).

Os dois matemáticos ajudaram na construção do ENIAC. Ainda em 1948, Von Neumann, membro do Instituto de Estudos Avançados em Princeton, convidou Alan Turing para ser diretor do laboratório de computação da Universidade de Manchester, o qual aceitou o convite (OXTOBY, PETTIS, PRICE, 1988, p. 31).

A ideia que existe atrás de computadores digitais pode ser explicada, dizendo-se que essas máquinas são planejadas para realizar quaisquer operações passíveis de serem feitas por um computador humano. O computador humano deve seguir regras fixas; não tem autoridade para se desviar delas em nenhum detalhe. Podemos supor que essas regras sejam fornecidas por um livro, alterado sempre que ao operador se confie novo trabalho. O operador dispõe de um suprimento ilimitado de papéis onde fazer seus cálculos. Ele também pode fazer suas multiplicações e adições numa máquina de calcular de mesa, mas isto não é importante (TURING, 1996, p. 26).

Hoje os computadores modernos utilizam o mesmo princípio da Máquina de Turing, só que no lugar de fita, papel e marcador as novas máquinas utilizam tecnologia bem mais sofisticada com circuitos elétricos e uma série de interruptores, como os que usamos para acender e apagar a luz, algo como uma representação elétrica do pensamento. Os circuitos integrados de hoje estão cada vez mais complexos e de menor tamanho, possibilitando a existência de calculadoras do tamanho de um relógio de pulso e computadores do tamanho da palma da mão, isso sem contar com a velocidade cada vez mais rápida e com a capacidade de armazenamento bem maior.

Turing não tinha o propósito de construir um empreendimento de fabricação de computadores, mesmo porque naquela época não existiam os recursos necessários para que isto fosse possível. O que ele queria na verdade era resolver um problema levantado pelo matemático Kurt Gödel, o problema dos Números Indecidíveis. Esse problema tinha implicações de natureza mais abstrata, é um problema de decisão em que é impossível construir um algoritmo que sempre responde corretamente entre sim ou não. Para lidar com a complexidade desse problema, Turing imaginou máquinas complexas que pudessem ser programadas para funcionar como qualquer outro computador.

## CAPÍTULO II - Uma Visão da Inteligência Artificial (IA) e as Objeções Filosóficas à Replicabilidade da Mente Humana

Quando Alan Turing apresentou a proposta do Jogo da Imitação, estava preocupado estritamente com a forma como a máquina reagiria no teste, o comportamento externo da máquina diante das perguntas do interrogado, porém, está ideia fixa sobre a inteligência das máquinas vem bem antes dos trabalhos de Turing e da Condessa Lovelace. A concepção está firmemente enraizada na distinção entre as visões dualista e materialista da mente. René Descartes (1637) antecipa o seu ponto de vista, sobre o Teste de Turing, no seu famoso livro o *Discurso sobre o Método* (nome original: *Discourse on the Method*). Nesta obra, Descartes, 1996, afirma:

[...] Para que possamos entender facilmente a constituição do ser de uma máquina de modo que possa proferir palavras, e até emitir algumas respostas para ações de natureza corpórea infligidas sobre ela, o que traz uma mudança em seus órgãos; por exemplo, se tocada em uma parte em particular, pergunte-nos o que queremos dizer a ela; se tocada em outra parte, a máquina pode afirmar que está sendo machucada; e assim por diante. Mas ela nunca organiza seu discurso de diversas maneiras, a fim de responder apropriadamente a tudo que possa ser dito em sua presença, como até o homem mais simples pode fazer (p. 34-35).

Para Descartes, os autômatos são aptos na execução de rotinas e possuem qualidades necessárias para determinar certos resultados por meio de cálculos, como uma pessoa. Mas o matemático francês defende que os autômatos não possuem noção do que é moralmente certo ou errado em seus atos. Os autômatos não apreendem por meio dos sentidos ou da mente do modo que qualquer humano o faz (DESCARTES, 1996, p. 34-35).

A concepção de Descartes vem ao encontro das ideias de Lovelace na sua dissertação escrita em 1842, (nome original: *Sketch of The Analytical Engine Invented by Charles Babbage*) na qual ela declara que a máquina não tem nenhuma pretensão de criar o que quer que seja, e ela não pode fazer algo de realmente novo e também não pode suscitar surpresas.

Descartes prefigura o Teste de Turing quando identifica a insuficiência de respostas linguísticas apropriadas como as que separam humanos de autômatos. Portanto, seria correto deduzir que Descartes falhou em considerar a possibilidade de que a

insuficiência de respostas linguísticas apropriadas poderia ser superada por futuros autômatos? Seria correto deduzir esta mesma ideia da concepção da matemática Ada Lovelace?

Podemos agora considerar que o terreno foi limpo e que estamos prontos para prosseguir no debate de nossa questão “Podem as máquinas pensar?” e da variante dela citada no final da última seção. Não podemos abandonar totalmente a forma original do problema, porque as opiniões vão diferir quanto a adequação da substituição, e precisamos, pelo menos, ouvir o que tem a ser dito neste particular. As coisas se tornarão mais simples para o leitor se eu explicar primeiramente minhas próprias convicções a respeito (TURING, 1996, p. 34).

Turing escreveu no artigo nove objeções filosóficas e putativas à inteligência artificial que pressupõem e criticam a possibilidade de uma inteligência extra-humana e a validade do teste que o autor propunha.

## 2.1 – As objeções de Turing

**A primeira é a objeção teológica.** Pensar é uma função da alma humana imortal. Deus deu uma alma imortal a todo homem e a toda mulher, mas a nenhum outro animal ou máquina. Logo, nenhum animal ou máquina pode pensar. Turing sente-se incapaz de aceitar qualquer parte deste discurso, devido a três argumentos:

Os pensadores antigos tinham uma ideia acerca da posição da mulher e até a definição do papel dela na sociedade, essas ideias podiam variar conforme o tempo e o espaço. Para Pitágoras, (TERLINDEN, 2003, p. 85): “Há um princípio bom que criou a ordem, a luz e o homem e um princípio mau que criou o caos, as trevas e a mulher”.

Platão já possuía uma opinião diferente, ele dizia que as mulheres eram tão capazes de administrar, se utilizando da razão, da mesma forma como o homem. Durante o período da idade média, algumas visões dogmáticas não consideravam as mulheres possuidoras de alma. Para os muçulmanos, a mulher é um mamífero, concedendo a elas os mesmos direitos que outras espécies de mamíferos tais como camelos, dromedários e até cabras, e desprovida de alma, o que é um absurdo. A concepção deste tipo de argumento era comum em outras culturas, como por exemplo na Rússia, onde existe um ditado que diz “para cada dez mulheres existe apenas uma alma” (BORGES, 2004). Na verdade, estas ideias estão mais relacionadas com a questão cultural, moral e intelectual, nada tem a ver com a natureza do espírito que se manifesta naquele corpo feminino.

Turing, 1950, idealiza uma resposta afirmando a onipotência de Deus.

Parece-me que o argumento citado acima implica uma séria restrição à onipotência do Todo-poderoso. Admite-se que há certas coisas que Ele não pode fazer, tal como tornar um igual a dois, mas não deveríamos acreditar que tem a liberdade de conceber alma a um elefante, se quisesse? (TURING, 1996, p. 36).

Quando se trata sobre a natureza Divina, os teólogos defendem que essas características podem estar divididas em dois grupos de atributos, compartilháveis e não compartilháveis. Os atributos não compartilháveis, são características divinas que apenas Deus pode possuir, como: a onipotência, onipresença e onisciência. Turing questiona a manifestação da onipotência de Deus, que nada mais é a qualidade de um ser que tem a capacidade de fazer qualquer coisa existir.

Então Balaão levantou-se pela manhã, e albardou a sua jumenta, e foi com os príncipes de Moabe. E a ira de Deus acendeu-se, porque ele se ia; e o anjo do Senhor pôs-se-lhe no caminho por adversário; e ele ia caminhando, montado na sua jumenta, e dois de seus servos com ele. Viu, pois, a jumenta o anjo do Senhor, que estava no caminho, com a sua espada desembainhada na mão; pelo que se desviou a jumenta do caminho, indo pelo campo; então Balaão espancou a jumenta para fazê-la tornar ao caminho. Mas o anjo do Senhor pôs-se numa vereda entre as vinhas, havendo uma parede de um e de outro lado. Vendo, pois, a jumenta, o anjo do Senhor, encostou-se contra a parede, e apertou contra a parede o pé de Balaão; por isso tornou a espancá-la. Então o anjo do Senhor passou mais adiante, e pôs-se num lugar estreito, onde não havia caminho para se desviar nem para a direita nem para a esquerda. E, vendo a jumenta o anjo do Senhor, deitou-se debaixo de Balaão; e a ira de Balaão acendeu-se, e espancou a jumenta com o bordão. Então o Senhor abriu a boca da jumenta, a qual disse a Balaão: Que te fiz eu, que me espancaste estas três vezes? E Balaão disse à jumenta: Por que zombaste de mim; quem dera tivesse eu uma espada na mão, porque agora te mataria. E a jumenta disse a Balaão: Porventura não sou a tua jumenta, em que cavalgaste desde o tempo em que me tornei tua até hoje? Acaso tem sido o meu costume fazer assim contigo? E ele respondeu: Não. Então o Senhor abriu os olhos a Balaão, e ele viu o anjo do Senhor, que estava no caminho e a sua espada desembainhada na mão; pelo que inclinou a cabeça, e prostrou-se sobre a sua face. (BÍBLIA, NÚMEROS, 22, 21-31)

A narrativa acima, conta a história do Profeta Balaão a quem Balaque deu instrução para amaldiçoar o povo de Israel. O profeta não amaldiçoou o povo, mas foi corrompido pela riqueza apresentada pelo rei. Deus inconformado com a situação, usa uma jumenta para repreendê-lo.

Como pode um animal irracional, sem a capacidade de raciocínio lógico apurado desenvolver um diálogo com uma outra pessoa? Na verdade, todos os animais possuem um sistema complexo de comunicação, mas eles têm linguagem? Um cachorro, por exemplo, pode se comunicar com o dono apenas pelo olhar. Existem casos de gorilas que

utilizam língua de sinais para se comunicar. Este sistema de comunicação pode ser formado por quatro elementos fundamentais: (I) distinção. Significa que há um conjunto de unidades individuais, tais como, sons e palavras que podem ser combinados para transmitir novas ideias; (II) gramática. Fornece um sistema de regras que mostra como combinar aquelas unidades individuais. (III) produtividade. É a habilidade de usar a linguagem para criar um infinito número de mensagens; e por último (IV) deslocação. É a habilidade em falar sobre coisas que não estão exatamente sobre a sua frente, tais como passado, futuro ou eventos imaginários. Apesar da alta complexidade do sistema de comunicação que cada animal possui, a linguagem humana permanece única, devido a poderosa forma de combinação dos elementos apresentados (ZELDES, 2013, p. 17-45).

Voltando ao caso da narrativa, de fato a jumenta não só se expressou com a fala inicial, mas também apresentou uma resposta a afirmação de Balaão; em outras palavras, teria desenvolvido a inteligência de tal forma que Balaão havia interagido verbalmente com o animal. Se for Deus quem confere a capacidade de pensar, dotando um ser com uma alma imortal, nada impediria que Deus a conferisse às máquinas o poder de se comunicar, pensar e ser inteligente. Para os mais céticos, a passagem não deixa de ser uma fábula, mas isso não quer dizer que dela não se possa tirar lições importantes.

Turing salienta que, historicamente, os argumentos teológicos costumam se revelar insatisfatórios com o avanço do conhecimento e cita como exemplo as objeções teológicas em relação à teoria heliocêntrica. A teoria do geocentrismo é o modelo cosmológico que se baseia na hipótese de que o planeta Terra estaria fixo no centro do Universo com os corpos celestes, inclusive o Sol, girando ao seu redor. O Sol como o centro do universo era uma doutrina inaceitável pela Igreja Católica. Galileu Galilei, ao ser considerado culpado por crimes abomináveis, fez um juramento de que sempre acreditaria nos ensinamentos da Igreja, abandonaria a ideia do movimento da Terra ao redor do Sol e jamais diria tais coisas novamente (LIBÂNIO, 1992. 346). Para Turing, isto é um outro absurdo. O conhecimento revelado pela fé divina ou crença religiosa vai depender da formação moral e das crenças de cada indivíduo, mas isso não anula os atributos básicos da ciência, que são: racional, sistemático, exato e verificável da realidade. A sua origem está nos procedimentos de verificação baseados na metodologia científica (TURING, 1996, p.36).

**A segunda é a objeção da “cabeça na areia”.** Em qualquer tecnologia que se apresente como novidade, existe a possibilidade da disrupção, trazendo como efeito o receio, a preocupação e as incertezas de um grupo social. Foi isso que houve no passado,



em 1589, quando um revolucionário chamado William Lee (1563 – 1614) inventou a primeira máquina de tricô. Hoje existe uma série de aplicativos inovadores e muito polêmicos, como por exemplo os aplicativos *E-hailing*, que oferece um serviço semelhante ao táxi tradicional, conhecido popularmente como serviços de "carona remunerada". De acordo com Turing (1996, p. 36), “as consequências de máquinas pensantes seriam terríveis. Esperemos e confiemos que não possam fazer isso”. Turing vê este argumento popular entre os intelectuais, orgulhosos da sua "inteligência superior". Por outro lado, há o medo da tecnologia (Tecnofobia) que tem como sintomas a ansiedade e a inferioridade perante um grupo social. A forma como as pessoas encaram os seus medos, dilemas, preocupações e problemas muitas vezes está relacionada à falta de informação ou até mesmo a motivos religiosos.

Este fenômeno é muito observado na geração *baby boomer* (nascidos entre 1943 e 1960). As pessoas desta geração presenciaram situações consideradas desconfortáveis, como, por exemplo, a Revolução Industrial. Os trabalhadores começaram a se deparar com máquinas capazes de realizar o trabalho humano e com isso temiam perder seus empregos. Existia também o poder da tecnologia usada como arma de destruição em massa, em especial depois das bombas atômicas lançadas sobre Hiroshima e Nagasaki e o uso da tecnologia da informação no período da Guerra Fria. Existem talvez centenas de motivos justificáveis de temores tecnológicos, no entanto, há uma parcela de pessoas que tem medos reais por motivos irracionais.

Em uma conferência realizada no ano de 2016 nos Estados Unidos, o filósofo Sam Harris (1967) chegou a comentar que a evolução das máquinas pensantes é uma realidade inevitável. Porém, a explosão da “bolha Inteligência Artificial” ainda não aconteceu e muitas pessoas temem isto. Segundo o filósofo, na verdade existem outros tipos de problemas pontuais aos quais o homem deveria dar mais atenção, “como a fome mundial, o aquecimento global, o problema dos refugiados, a corrupção, a cura do câncer e entre outros tipos de problemas considerados como patologias sociais”. Harris (2016) defende a ideia de que a inteligência artificial pode ser uma excelente ferramenta para resolver estas questões, basta o homem querer deixar de lado o preconceito, a intolerância, o radicalismo e colocar em prática a sabedoria.

**A terceira objeção é a matemática.** Há certos resultados da lógica matemática que podem ser usados para mostrar que há limitações aos poderes das máquinas de estado discreto. Turing (1950) afirma que:

Apesar das limitações existentes nas máquinas, não se pode afirmar que o intelecto humano não tenha limitações. Humanos erram e isso não abala a confiança que são inteligentes. Mesmo que o intelecto humano seja superior ao da máquina, não está claro se isso significa que a máquina não é inteligente. O mais conhecido desses resultados é o teorema de Gödel (1931); mostra que em qualquer sistema lógico suficientemente poderoso podem-se formular enunciados que não são passíveis de prova ou refutação dentro do sistema, a menos que possivelmente o próprio sistema seja inconsistente. Há outros resultados semelhantes devidos a Church (1936), Kleene (1935), Rosser e Turing (1937) (TURING, 1996, p. 37).

Kurt Friedrich Gödel (1906 – 1978), um matemático austríaco, naturalizado norte-americano, conseguiu mostrar, em seu teorema de incompletude, que existem sentenças aritméticas verdadeiras que não podem ser provadas. Turing e Alonzo Church mostraram simultaneamente, utilizando provas muito diferentes, que a validade em lógica de primeira ordem não era decidível e esses resultados podiam ser usados para mostrar que existem limitações nas máquinas de estados discretos (tais como os computadores digitais modernos).

**A quarta objeção é o argumento da consciência.** Será que é costume ou com certa frequência encontrar crianças com seus cinco anos de idade que toquem piano e componham músicas de forma extraordinária?

Segundo Turing (1996, p. 39): “Somente quando uma máquina puder escrever sonetos ou compor concertos como resultado de pensamentos ou emoções sentidas, e não por via de ocorrência casual de símbolos, é que concordaríamos em que a máquina se iguala ao cérebro”.

Partindo deste princípio, muita gente não poderia ser considerada como uma pessoa que possui inteligência. A única maneira da pessoa estar segura de que a máquina pensa é ser ela a própria máquina e sentir-se pensando. Turing não refuta este argumento, mas denuncia o seu caráter solipsista e, conseqüentemente, a sua esterilidade. Se é de fato necessário ser e sentir para saber, então cada um de nós está absolutamente inseguro a respeito da inteligência alheia, pois obviamente nós não somos o outro e não experimentamos o que o outro experimenta.

**A quinta objeção é o argumento das várias incapacidades.** Esse argumento assume a forma de “Concordo que você é capaz de construir máquinas que façam todas as coisas mencionadas, mas você nunca conseguirá construir uma máquina que faça X” (TURING, 1996, p. 41). Esta objeção nos coloca uma questão em torno do qual há muita discussão, o que significa ser humano? E o que significa ser um Robô ou uma máquina? Quando Turing descreve algumas das incapacidades de um robô — como ser gentil,

bonito, simpático, ter iniciativa, ter senso de humor, distinguir o certo do errado, cometer erros, apaixonar-se, gostar de morangos com creme e etc.— na verdade ele está fazendo uma investigação filosófica acerca da natureza, constituição e estruturas básicas da realidade humana; isto com o objetivo de conjecturar a possibilidade da máquina possuir essas mesmas características. Mas, normalmente quando se fala de robôs, muitas vezes as pessoas lembram de máquinas feias, com forma quadrada, movimentos limitados e andar desengonçado. Para Turing, essas pessoas estão fundamentadas no princípio da indução científica, ou seja, estão generalizando sobre as propriedades dessas máquinas. Hoje a realidade é bem diferente de quando o artigo foi escrito, a ciência tem apresentado máquinas com inteligência igual, ou muitas vezes até superior, a dos seres humanos, não apenas com a capacidade extraordinária de interpretar dados, mas também na aparência humana. Para Turing, algumas coisas são consideradas inúteis. Por exemplo, qual seria a vantagem de construir um robô com o objetivo de saborear morangos? O que é importante, no que se refere a essas capacidades humanas? A natureza e comportamento dos seres humanos nem sempre são contínuos e racionais. Às vezes as emoções levam ao homem tomar decisões que não eram as mais adequadas, o que o leva a cometer erros, muitas das vezes inaceitáveis. Seria interessante as máquinas terem essas mesmas características? Excluída a questão da emoção, existe uma semelhança bem próxima entre os humanos e as máquinas: a capacidade de adaptação, adequação e modificação frente às adversidades. O cérebro tem uma capacidade muito grande de se adaptar a uma situação, a um ambiente. Hoje, já existe algoritmo de aprendizagem com capacidade de fazer uma máquina se adaptar semelhantemente a um ser humano. Para Turing, essa objeção está relacionada às limitações tecnológicas de tempo e espaço. Pensando em tecnologia, tudo é possível, o limite é o céu e o futuro nos guarda grandes surpresas (TURING, 1996, p.41).

**A sexta é a objeção de Lady Lovelace.** Esta objeção vem de uma dissertação de Lady Lovelace. De acordo com Turing (1950):

Nossa informação mais pormenorizada sobre a máquina analítica de Babbage vem de uma dissertação de Lady Lovelace (1842). Nela, declara-se que “a Máquina Analítica não tem nenhuma pretensão de criar o que quer que seja. Pode fazer tudo quanto saibamos ordenar-lhe que faça (o grifo é de Lady Lovelace).” Esse enunciado é citado de Hartree (1949), que acrescenta: “Isso não implica que não seja possível construir equipamento eletrônico que “pense por si mesmo”, ou no qual, em termos biológicos, alguém possa estabelecer um reflexo condicionado, que serviria de base para a “aprendizagem”. A questão, muito estimulante, de se isso é ou não possível em princípio, foi

sugerida por algum desses recentes desenvolvimentos. Mas não parece que as máquinas construídas ou projetadas naquela época tivessem essa propriedade” (TURING, 1996, p. 45).

Entre 1842 e 1843, a Condessa Lovelace trabalhou na tradução de um artigo do engenheiro militar Luigi Federico, no qual o conteúdo do texto tratava sobre a máquina analítica inventada por Charles Babbage que realizava cálculos aritméticos. Para aquela época, este motor oferecia várias vantagens, como (MENABREA, 2017):

**Primeiro, a precisão rígida.** É sabido que os cálculos numéricos são geralmente um obstáculo para a solução dos problemas, uma vez que os erros fluem facilmente e nem sempre é fácil detectar esses erros. O motor pela própria natureza de seu modo de agir não requer intervenção humana no curso de suas operações, além disso, carrega consigo seu próprio controle, pois no final de cada operação imprime, não só os resultados, mas também os dados numéricos da questão.

**Segundo, economia de tempo.** Para nos convencer disso basta lembrar que a multiplicação de dois números requer no máximo três minutos. Do mesmo modo, quando se pretende realizar uma longa série de cálculos idênticos, tais como para a formação de tabelas numéricas, a máquina pode ser posta em jogo de modo a dar vários resultados ao mesmo tempo, o que abrandará grandemente a quantidade total dos processos.

**Terceiro, economia da inteligência.** Um simples cálculo aritmético exige ser realizado por uma pessoa com alguma capacidade, mas quando é passado para cálculos mais complexos e almeja-se usar fórmulas algébricas em casos particulares, o conhecimento deve ser possuído, o que pressupõe estudos matemáticos preliminares de alguma extensão. Agora, o motor, por sua capacidade de realizar por si só todas essas operações puramente materiais, poupa o trabalho intelectual que pode ser mais lucrativo ao empregador. Assim, o motor pode ser considerado como uma verdadeira máquina que prestará ajuda às ciências e às artes úteis, que dependem de números. Portanto, a ideia de construir uma engenhoca capaz de auxiliar a fraqueza humana nessas pesquisas é uma concepção que marcou uma época gloriosa na história das ciências.

A Máquina Analítica não é apenas um adaptado para tabular os resultados de uma função particular, pelo contrário, ela tem capacidade de desenvolver funções indefinidas de qualquer grau de generalidade e complexidade. Tudo isto era feito através de cartões perfurados, tecnologia retirada do aparelho Jacquard, utilizado para a fabricação de produtos de brocado.

Nesta objeção, Turing (1996, p. 46) apresenta duas discordâncias aos argumentos da condessa. Primeiro: Uma variante da objeção de Lady Lovelace afirma que a máquina não pode nunca ‘fazer algo de realmente novo’.

Turing sustenta o princípio de que tudo já foi visto antes, de que não há nada de novo ou original nos dias de hoje. Muitos músicos defendem que não existem acordes musicais virgem. Quando um instrumentista escuta uma música, é possível lembrar de outra música bem semelhante, pois os acordes são análogos um ao outro; isto acontece quando um compositor, ao fazer uma música, sofre influência de outros artistas.

Turing (1996, p. 46) afirma “Quem pode ter certeza de que a ‘obra original’ que fez não foi simplesmente o crescimento de uma semente em si plantada pelo ensino ou o efeito de seguir princípios gerais conhecidos?”

Uma outra discordância de Turing é em relação à afirmação de que a máquina jamais “pode nos pegar de surpresa” (TURING, 1996, p. 47). As máquinas, de modo geral, estão o tempo todo nos surpreendendo, não apenas os computadores atuais, mas também os computadores antigos como, por exemplo, a Máquina de Anticítera. Hoje já se fala dos Supercomputadores, que são máquinas com grande capacidade de processamento de dados e de memória, construídos com uma alta complexidade de *hardware* e normalmente são utilizados para fins de pesquisas científicas e militares aplicadas em diversas áreas do conhecimento (química, física quântica, biologia, meteorologia, mecânica e muito mais). Uma máquina desta natureza consegue realizar em média 150.000 processos por segundos. Até o momento, o Supercomputador mais rápido do mundo é o chinês Taiane 2, desenvolvido pela Universidade Nacional de Tecnologia de Defesa China. Sua capacidade de processamento alcançou 33,26 petaflops/s, ou seja, quadrilhões de cálculos por segundos. Este supercomputador é formado por diversas máquinas conectadas a uma mesma rede, empregando todos os seus esforços para solucionar problemas.

Esta é uma condição que o homem por si só jamais vai alcançar, por mais inteligente que ele seja. Por este motivo, Turing declara que as máquinas o pegam de surpresa com muita frequência, pois ele não faz cálculos suficientes para decidir o que deve esperar que se faça. Naturalmente, o equívoco acontece com muita frequência e o resultado não é nada atraente (TURING, 1996, p. 46).

**A sétima objeção é o argumento da continuidade do sistema nervoso.** O argumento consiste em concluir que uma máquina jamais poderia se igualar ao sistema nervoso, visto que a complexidade do sistema nervoso permite que uma onda cerebral

que percorra o sistema através dos neurônios, dependendo de sua intensidade, possa gerar um desastre na saída de informação. Um erro mínimo no sistema nervoso poderá se tornar um tremendo agravante, diferentemente de uma máquina, a qual pode ser programada de forma fechada e completa e na qual não ocorreria este tipo de erro. No entanto, isto não interferiria na produção de uma máquina inteligente, visto que já existem máquinas contínuas, como, por exemplo, o analisador diferencial, que trabalha com cálculos complexos, contínuos e que traz diversas etapas diferentes, que levam a um mesmo resultado.

Turing acha que o cérebro humano deve ser considerado uma máquina de estado discreto, diferente do sistema nervoso, pois qualquer falha de informação relacionada a um impulso nervoso pode intervir no resultado final. Uma característica entre os computadores digitais e o sistema nervoso é que ambos são elétricos, a eletricidade sempre aparece quando se necessita de uma informação rápida, por isso não espanta ser uma característica em comum entre dois meios diferentes. Mas essa semelhança é muito superficial. Semelhanças mais relevantes entre o cérebro e o computador envolvem analogias matemáticas de função (TURING, 1996, p. 47).

**A oitava objeção é o argumento da informalidade do comportamento.**

Imprevisibilidade – impossível saber o comportamento do homem a cada circunstância. Para Turing (1950):

Não é possível produzir um conjunto de regras que pretenda descrever o que um homem deveria fazer em cada circunstância imaginável. Alguém pode ter como regra parar quando vê a luz vermelha do semáforo, e prosseguir quando vê o sinal verde, mas o que aconteceria se, por alguma falha, ambos os sinais aparecessem conjuntamente? Pode-se talvez decidir que é mais seguro parar. Mas alguma dificuldade posterior talvez resulte dessa decisão. Tentar oferecer regras de conduta para abarcar todas as eventualidades, mesmo as oriundas de semáforos, parece impossível. Com tudo isso eu concordo (TURING, 1996, p. 48-49).

Este fato sustenta a ideia que não somos máquinas. O homem não possui regras para todas as coisas e, mesmo se tivesse, ainda assim haveria pessoas que não as obedeceriam. O computador, por outro lado, está preso às suas regras de programação. Regras de conduta são diferentes de regras de comportamento. Regras de conduta regem o agir conforme a consciência, já as leis de comportamento são as leis de natureza aplicadas ao corpo humano.

O ser humano também é governado por leis da natureza, então pode-se afirmar que somos uma espécie de máquina. O homem tampouco consegue facilmente liberar-se

de leis e regras de conduta. Ele tenta encontrar leis pela ciência e não se sabe quando elas serão suficientes. Possui a capacidade de afirmar sem saber ou sem argumento lógico. Se o homem conhecesse e obedecesse a todas as leis, seria considerado uma máquina, pois seu comportamento seria previsível.

Turing (1950) explica que a máquina não tem uma espécie de sentimento ou indecisão e fará o que for comandado ou previamente programado. A observação científica normalmente capta comportamentos e as manias do elemento específico, porém é totalmente ineficaz com uma máquina. O próprio Turing diz que essa experiência não seria bem-sucedida, pois é impossível saber em que nível as máquinas estarão daqui nos próximos 500 anos. Nas décadas de 40 ou 50, as máquinas faziam apenas cálculos e hoje já estão quase autossuficientes, como, por exemplo, os ônibus sem motoristas em Las Vegas nos Estados Unidos da América.

Embora a consciência seja um assunto importante, o ponto fundamental é a forma como os fatos, ou seja, o comportamento da máquina é descrito. Para ser semelhante à experiência de um humano, a experiência de um robô teria de ser uma experiência direta do mundo real, a máquina precisaria realmente sentir emoções. Veja o conceito de intencionalidade da fenomenologia:

“Esta intencionalidade é da consciência que sempre está dirigida a um objeto. Isto tende a reconhecer o princípio que não existe objeto sem sujeito” (TRIVIÑOS, 1987, p. 45).

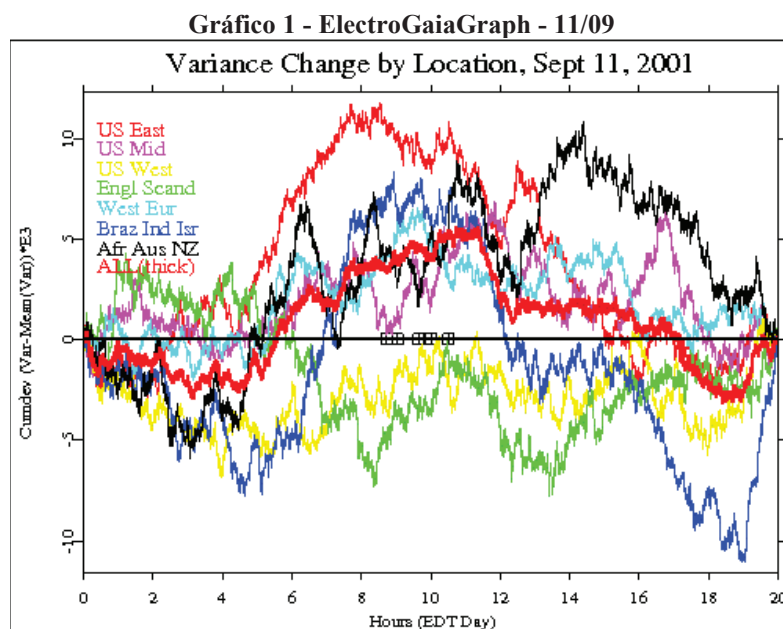
John Searle (1980, p. 450-455) entende a "intencionalidade" como: “O poder da mente de representar, acerca de, ou em se colocar diante de propriedades e estados das coisas no mundo, ou seja, a questão é saber se as crenças, os desejos e outras representações da máquina são realmente algo que existe no mundo real”. O termo é bastante explorado no livro “Mentes, cérebro e máquinas” (nome original: *Minds, Brains, and Programs*).

**A nona objeção é o argumento da percepção extrassensorial.** Em 1950, a área de percepção extrassensorial (telepatia, clarividência, precognição, psicocinese e etc.) era uma área de pesquisa consideravelmente ativa. Esta argumentação vem ao encontro das pesquisas da Universidade de Princeton. Cientistas afirmam que as atividades psíquicas podem influenciar o modo das máquinas operarem, no entanto, os seus experimentos continuam a provocar grande controvérsia. E, dentre os experimentos, vale ressaltar o Projeto Consciência Global. Este projeto tem o objetivo de responder a seguinte pergunta: “É possível medir, a nível global, o estado emocional do mundo?” O propósito do projeto



é apresentar um relatório logo depois de um ou muitos desastres globais, isto tudo por meio de máquinas. Os cientistas responsáveis pelo projeto espalharam um dispositivo denominado de gerador de eventos aleatórios (REGs – Random Event Generators) em mais de 50 locais, do Alaska a Fiji, em todos os continentes e em quase todos os fusos horários. Os REGs geram uma sequência de bits de informação, fazem amostragens de ruído eletrônico com origens a nível quântico, tal como o ruído estático de um rádio mal sintonizado e convertem-no numa sequência imprevisível de uns e zeros. Em cada um dos locais onde será recolhida a informação, existe um computador com um software que lê os dados gerados pelo REG, guardando-os na memória do computador e em intervalos de 5 minutos envia esses dados através da Internet para serem arquivados num servidor em Princeton; pode-se dizer que este instrumento científico funciona de forma similar a um sismógrafo durante um abalo sísmico (WALACH, SCHMIDT, JONAS, 2001, p. 269).

A primeira anomalia apareceu em 1997, na morte da princesa Diana. Outros eventos, como a queda do Concorde, o atentado terrorista em Madri, o funeral do Papa João Paulo II e o 11 de setembro foram todos registrados pelos geradores randômicos do projeto. O Gráfico 1 apresenta as variações de picos em relação ao ataque 11/09 distribuídos em vários países, os EUA foi o que apresentou o maior desvio em relação aleatória, visto abaixo como a linha vermelha (ANANDA, 2012).



Fonte: activistpost.com

O fluxo contínuo de dados gerado por estes instrumentos tende a divergir do esperado quando 'eventos globais' de grande relevo estimulam a coerência de



pensamentos e emoções numa grande quantidade de pessoas. Os dados aleatórios normalmente oscilam em torno da linha horizontal de zero, enquanto que um desvio consistente originando uma clara tendência indica que algo mudou nos dados gerados pelos instrumentos.

J. Cardell, um astrofísico da agência de Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (*National Aeronautics and Space Administration* - NASA), admira o método científico do grupo, mas questiona seu resultado. Afirma que os sinais podem aparecer por acaso. Mas as chances de acaso são de uma para um milhão, sem contar que os próprios responsáveis pelo projeto ainda enfrentam dificuldades para explicar o significado dos resultados. Essas implicações vão além da ciência, chegam à religião e até à filosofia.

Aparentemente, Turing (1996, p. 50) aceita o argumento da percepção extrassensorial como uma hipótese a ser considerada e afirma que essas habilidades poderiam dar vantagens no teste de Turing.

Se a telepatia for admitida, será necessário “apertar” a nossa prova. Poder-se-ia encarar a situação como análoga à que ocorreria se o interrogador falasse consigo próprio e um dos competidores estivesse à escuta, o ouvido colado à parede. Colocar os competidores numa “sala à prova de telepatia” satisfaria todos os requisitos (TURING, 1996, p. 50).

Turing discute possibilidades de contornar isto. Uma saída seria uma possível máquina sensível à telepatia que anularia esta vantagem. Outra possibilidade seria o isolamento do interlocutor em uma possível sala à prova de telepatia.

## **2.2 – Controvérsias relacionadas ao Teste de Turing**

Depois 50 anos da publicação, “Computadores e Inteligência” é objeto de intensa crítica, que tem hoje se concentrado em torno de três pontos principais (MARTINS; SANTOS, 2012 p. 76): (I) o fato de que o teste não permite diferenciar entre "inteligência real" e "inteligência simulada", ou seja, entre "ser inteligente" e "parecer inteligente"; (II) o fato de que os resultados do teste possuem validade muito limitada, porque dependem também da “inteligência” do interrogador, que é muito variável; (III) e, por último, o fato de que o teste não avalia efetivamente a "inteligência" de uma máquina, mas apenas sua capacidade de parecer humana.

Observa-se, no entanto, que todas essas novas objeções reeditam o problema terminológico que desde o início Turing quis deliberadamente evitar ao propor a ideia de um "teste de imitação" para a avaliação da inteligência artificial. Poderia se crer que a discussão seria imediatamente interrompida se fosse afirmado que o computador não tem nenhuma "mente" e não é efetivamente "inteligente", no sentido que estes termos podem alcançar no estudo da psicologia humana. Isso não impede, contudo, a constatação de que este computador – que não tem nenhuma "mente" e que não é "inteligente" – possa ser confundido, em um teste como o proposto, com alguém que está equipado com uma “mente” e a quem pode ser atribuído o adjetivo “inteligente”. E este, em última análise, é todo o objetivo: desenvolver máquinas que possam provocar este tipo de equívoco. Em que medida esta “inteligência computacional” seria ainda uma inteligência? Em que medida esta “mente computacional” estaria relacionada aos estados mentais do homem? Embora possam ser questões extremamente pertinentes para os que investigam a psicologia humana, são absolutamente irrelevantes do ponto de vista do desenvolvedor e do usuário de sistemas computacionais (MARTINS; SANTOS, 2012 p. 77).

O fato, porém, é que o Teste de Turing, mais de 50 anos após sua idealização, representa ainda o principal ponto de partida para a discussão e a avaliação de sistemas computacionais ditos "inteligentes". Embora esses sistemas tenham abdicado, pelo menos por enquanto, da pretensão de uma inteligência mais geral e venham se concentrando no desenvolvimento de máquinas que trabalham com objetivos mais modestos e específicos.

Hoje, alguns filósofos de grande influência no meio acadêmico, como o filósofo da Universidade de Berkeley, John Searle, defende que a consciência é um fenômeno biológico humano. A doutrina naturalista de Searle sustenta tanto a presunção ontológica de que os eventos e os processos mentais são parte da nossa história natural, assim como a digestão, a mitose, a meiose ou a secreção de enzimas, quanto a convicção metodológica segundo a qual as questões relativas à mente podem ser resolvidas no âmbito das ciências naturais (SEARLE, 1994, p. 1).

Por este motivo, Searle questiona o Teste de Turing. Enquanto Alan Turing está focado na questão da inteligência da máquina, Searle está preocupado com a intencionalidade, que nada mais é do que a forma como o poder da mente representa, é acerca de, ou se coloca diante de propriedades e estados das coisas do mundo.

Em 1980, Searle escreveu um artigo com o título “Mentes, Cérebro e Máquinas” (nome original: *Minds, Brains, and Programs.*), no qual esclarece que “não é possível

replicar a mente por meio de processos meramente formais, a saber, por meio da manipulação em um programa de computador com um hardware capacitado para executar esse tipo de programa. Searle propôs um experimento que ficou conhecido como “Quarto Chinês”, que tem o objetivo de desafiar o conceito da Inteligência Artificial Forte (IA Forte) e do Funcionalismo.

Distingo entre Inteligência Artificial no sentido forte e no sentido fraco. De acordo com a IA no sentido forte, computadores adequadamente programados literalmente têm estados cognitivos, e, assim sendo, programas são teorias psicológicas. Argumento que a IA no sentido forte deve ser falsa, uma vez que um agente humano poderia instanciar um programa e, mesmo assim, não ter estados mentais. Examinarei alguns argumentos contra esta afirmação e explorarei algumas conseqüências do fato de que o cérebro de seres humanos e de animais são a base causal da existência de fenômenos mentais (SEARLE, 1996, p.63).

O termo de IA Forte está relacionado à forma de inteligência baseada em como um computador que consegue raciocinar, resolver problemas e que envolve assuntos polêmicos como consciência em máquinas e fortes problemas éticos. Pode-se dizer que a IA Forte representa a hipótese de que tais máquinas contariam com mentes reais, ou seja, representa a possibilidade de replicar o pensamento, não apenas simulá-lo. Além da IA Forte, existe também a Inteligência Artificial Fraca (IA Fraca) que tem como objetivo lidar com problemas não determinísticos. Ao contrário da IA Forte, a IA Fraca centra a sua investigação na criação de inteligência artificial que não é capaz de verdadeiramente raciocinar e resolver problemas, ou seja, ela representa a hipótese de as máquinas talvez possam se comportar de *forma* inteligente sem serem de fato inteligentes (RUSSELL; NORVIG, 2013. p. 915-920).

### **2.2.1 – O Quarto Chinês**

John Searle descreve um sistema computacional hipotético que está sendo executado. O programa foi aprovado pelo Teste de Turing, e, para Searle, fica evidente que o programa não tem o entendimento dos *inputs* e *outputs* que foram processados. Desta forma, a conclusão de Searle é a de que “o programa não tem uma condição

suficiente de ser uma mente”, portanto, o experimento tem o objetivo de confrontar duas concepções centrais da Inteligência Artificial (SEARLE, 1996, p. 66-72):

1) Que a máquina consegue realmente compreender uma história e fornecer respostas adequada às perguntas que lhe são feitas.

2) Que a máquina, com seus programas devidamente instalados, é capaz de explicar a capacidade humana de entender uma história e responder às perguntas sobre a mesma.

O experimento funciona da seguinte forma. Um ser humano está preso dentro de um quarto. Por uma fresta, a pessoa recebe símbolos impressos em papéis e segue um conjunto de atividades, como: executar algumas regras, consultar alguns livros e organizar as fichas. Eventualmente é devolvido pela mesma fresta outro papel, também com símbolos. Este conjunto de regras que a pessoa recebe (*inputs*) está escrito em chinês e pessoa só entende o português. O mesmo acontece quando a pessoa devolve o papel pela fresta (*outputs*), o resultado também está em chinês.

Agora, de acordo com Turing (1950), se um programa de computador puder convencer um humano que ele está se comunicando com outro humano, então poderia se dizer que ele pensa. O que Searle propõe neste experimento é que os computadores nunca passarão de algoritmos que seguem regras. Na verdade, a pessoa dentro do quarto não tem conhecimento da língua chinesa. Mas a pessoa do lado de fora do quarto, enviando e recebendo as mensagens, vai entender que a pessoa que está dentro do quarto fala chinês, enquanto, de fato, ela está apenas seguindo regras, *simulando* o conhecimento. A suposta inteligência do computador é apenas uma simulação da verdadeira inteligência humana.

Existem vários argumentos a favor e contra o experimento do “Quarto Chinês”. O fato de o computador não possuir inteligência pode ser examinado somente desde o estado atual da IA, portanto, não é sabido como a IA vai evoluir nas próximas décadas. A pessoa alocada dentro do quarto, recebendo e enviando os papéis com os símbolos é apenas uma parte do todo. Para o melhor entendimento desta explicação é necessário imaginar o sistema nervoso. Os nossos neurônios sozinhos não “falam” chinês, todavia são capazes em conjunto de entender e falar o idioma (SEARLE, 1996, p. 73-74).

## 2.2.2 - As Objeções de Searle

Depois desse experimento, Searle (1980) apresenta seis objeções sobre a “Sala Chinesa”, são elas (SEARLE, 1996, p. 72-83): “ (I) - A objeção dos Sistemas; (II) - A objeção do robô; (III) - A objeção do Simulador Cerebral; (IV) - A objeção da combinação; (V) - A objeção das outras mentes; (VI) - A objeção das várias casas”.

Primeiro: **A objeção dos Sistemas**. Diante de todos os elementos envolvidos no sistema, por mais que haja uma ação em conjunto entre esses elementos, a forma como o indivíduo memoriza as regras da tabela e o banco de dados com símbolos chineses, se ele fizer os cálculos de cabeça, o sistema continuará não compreendendo nada de chinês. Portanto, se ele não compreende, então o sistema não poderá compreender, pois o sistema é somente uma parte dele (SEARLE, 1996, p. 72).

Segundo: **A objeção do robô**. O conjunto de regras tem como objetivo fornecer e/ou enviar informações para diversos dispositivos, fazendo com que o robô venha a se deslocar de um lugar para outro, mexer os braços ou transmita imagens através de uma câmera. O experimento busca demonstrar que as capacidades motoras de um robô não são o suficiente, sendo o seu ponto chave a simples manipulação formal de símbolos (SEARLE, 1996, p. 77).

Terceiro: **A objeção do Simulador Cerebral**. Turing pergunta se uma máquina pode pensar? Pegando o resultado do experimento, Searle responde: “Sim”, as máquinas podem pensar, entender histórias e outras maravilhas. Entretanto, apenas um tipo bastante particular de máquina, o cérebro humano, ou pelo menos alguma máquina que possua os mesmos poderes causais que ele, pode intencional, representar e pensar. A palavra chave para esta conclusão é “intencionalidade”. A intencionalidade pode ser vista como uma característica possuída exclusivamente por certos sistemas biológicos, como por exemplo o cérebro humano, diferentemente do computador. Inspirada neste sistema biológico, as redes neurais artificiais funcionam de forma similar ao sistema biológico, fazendo o papel de simuladores cerebrais. O problema com esses simuladores é que eles reproduzem coisas equivocadas acerca do cérebro. Na medida em que eles simulam unicamente a estrutura formal das sequências de atividades neuronais nas sinapses, eles não estão simulando o aspecto mais importante do cérebro, ou seja, suas propriedades causais e sua habilidade para produzir estados intencionais (SEARLE, 1996, p. 78).

Quarto: **A objeção da combinação**. O autor parte do princípio de que as outras objeções tenham falhado. Por este motivo, foi realizada a combinação das três objeções,

para fazer com que a resposta seja mais convincente. Searle (1980) apresenta dois princípios: (I) de acordo com o conceito da IA Forte, o conjunto de programas e o seu processamento já seria o suficiente para haver a aplicação da intencionalidade nas máquinas, entretanto, ao assimilar o robô descrito a um humano com a intencionalidade genuína, esses processos formais não seriam levados em consideração, apenas a semelhança motora do artefato; (II) se fosse para imaginar uma pessoa dentro do robô, realizando toda e qualquer atividade que um computador poderia realizar, ainda assim não seria possível encontrar compreensão e nem intencionalidade (SEARLE, 1996, p. 80).

Quinto: **A objeção das outras mentes**. Nesta objeção, Searle (1980), é bem breve na resposta: “só há como saber se alguém entende chinês pelo seu comportamento, então, se o computador passar pelo teste com o mesmo comportamento, ele teria compreensão”. Porém Searle fala que a compreensão não é feita só de processos computacionais (SEARLE, 1996, p. 83).

Sexto - **A objeção das "várias casas"**. Por último, é apresentada a objeção que fala da época na qual o experimento de pensamento foi realizado, pois este estaria baseado na tecnologia que existe atualmente. A objeção afirma que futuramente haverá dispositivos que terão as propriedades causais que Searle (1980) defende. No exemplo original, a pessoa, que representa o software dentro do quarto, compreende inglês e não chinês. Mas, segundo o raciocínio de Searle, a máquina não compreende nem inglês nem chinês. Portanto, para o exemplo ser aceito, deve haver algo que faça o inglês ser compreendido e algo que faça com que o chinês não seja. (SEARLE, 1996, p. 83).

## 2.3 – O Argumento da Consciência

Mas o que é consciência? Por que o ser humano é consciente? Por que não se é apenas robô? Que processa *inputs*, produz *outputs*, experimenta sentimentos ou conhecimentos, e permite ao ser humano vivenciar ou compreender aspectos ou a totalidade de seu mundo interior? Pode uma máquina possuir estados mentais e uma consciência da mesma maneira que os seres humanos? O que significam essas vozes do interior ou da mente? Em uma conferência denominada "*TED Talks*", Searle (2013) afirma que até este momento ninguém descobriu as respostas para estas questões, este sentido ou percepção que o ser humano possui para distinguir o que é moralmente certo

ou errado em atos é um dos fatos fundamentais da existência humana, é a consciência que torna a vida digna de ser vivida. Se não fosse assim, nada na vida teria sentido ou valor, é o mais misterioso fenômeno do universo.

Acerca das ideias de Searle, é possível entender que a consciência é um assunto ainda bastante negligenciado, tanto em nossa cultura científica quanto na filosófica, entretanto, este é o aspecto mais importante de nossas vidas, por uma razão bem simples e lógica, a saber, ser consciente é uma condição necessária para que qualquer coisa tenha sentido. Do contrário, o ser humano seria como um *zumbi*, ou seja, uma pessoa que vive a perambular e a agir de forma estranha e instintiva, privada de vontade própria e sem personalidade.

John Searle (2013) também afirma que ciência da consciência é praticamente impossível. A justificativa se dá pelo simples fato da ciência, por natureza, ser objetiva e a consciência, por natureza, ser subjetiva. Portanto, para Searle, jamais poderá existir uma ciência da consciência. A trinta anos atrás, existiam pouquíssimos trabalhos científicos sobre a consciência. Os psicólogos estudavam o comportamento objetivamente e os neurocientistas estudavam o cérebro objetivamente, e poucos mencionavam a consciência. Nos últimos vinte anos tudo isso começou a mudar. Neurocientistas como Francis Crick e físicos como Roger Penrose afirmaram que “agora é a hora para a ciência atacar a consciência”. Assim, houve uma verdadeira explosão de trabalhos científicos sobre a consciência. No entanto, esses trabalhos também apresentaram limitações fundamentais até o presente momento.

O foco central da ciência da consciência nos dias atuais tem sido a busca de correlações entre certas áreas do cérebro e certos estados de consciência. Hoje, é possível entender melhor, por exemplo, os tipos de áreas do cérebro que estão relacionados com a experiência consciente de visualizar rostos, de sentir dor, ou de sentir-se feliz (KANWISHER, 2014). Entretanto, isto ainda é uma ciência de correlações e não uma ciência de explicações. É sabido que essas áreas do cérebro acompanham certos tipos de experiência conscientes, mas não se sabe o porquê delas fazerem isto.

Quando se trata do conhecimento científico, é possível observar um grande impasse com respeito à consciência. Existe uma cadeia enorme de explicações das coisas: a física explica a química, a química explica a biologia e a biologia explica partes da psicologia. Todavia, a consciência parece não se encaixar neste cenário. Por um lado, sabe-se que o ser humano é um ser consciente. Por outro lado, os cientistas não sabem

como acomodar essas ideias em uma visão científica. Será que a consciência neste momento pode ser considerada um tipo de anomalia?

Para Searle (SNIDER, 2017, p. 71-72), a consciência é um fenômeno biológico, como a fotossíntese e a digestão. Logo, ele se opõe à tradição do dualismo religioso, no qual duas posições ou duas realidades são contrárias entre si, como o espírito e a matéria, o corpo e a alma, o bem e o mal, que estão em eterno conflito. Segundo o dualismo ontológico, a consciência não faz parte do mundo físico, mas sim do mundo espiritual, pertence à alma e a alma não faz parte do mundo físico. A outra característica da consciência, segundo Searle, é que ela é real e irreduzível. O ser humano não tem como se livrar dela dizendo que é uma ilusão, da mesma forma que é possível fazer com simples ilusões. A terceira característica tem sido um grande problema para os filósofos da mente, pois não há dúvida de que todos os nossos estados de consciência têm um caráter qualitativo. Há algo que dá a sensação de beber cerveja, que não é a mesma sensação de declarar seu imposto de renda, ou ouvir música. E essa sensação qualitativa automaticamente gera uma quarta característica, a saber, os estados de consciência são, por definição, subjetivos, no sentido de que só existem quando experimentados por um humano ou animal, um ser que os experimenta.

Portanto, uma vez que não se sabe como o cérebro faz isso, deduzo que, ainda não é possível construir uma máquina consciente, essa é a chave para compreender o enorme poder da consciência, mas ainda não foi possível fazer isso em um robô. A decepção da robótica vem do fato de não saber como criar um robô consciente. Não há uma máquina capaz de fazer esse tipo de coisa.



## **CAPÍTULO III - Uma Visão da Inteligência Artificial (IA) segundo a Ciência Cognitiva.**

O último tópico do artigo “Computadores e Inteligência” Turing trata sobre o aprendizado da máquina. Para isso, o matemático retorna à objeção de Lady Lovelace, na qual ela sustenta que a máquina é capaz de fazer apenas aquilo que foi programado. Como Turing mesmo coloca nesta seção, ele não dispõe de muitos argumentos convincentes para sustentar a sua opinião, principalmente para replicar as ideias da Lady Lovelace.

Turing reafirma o entendimento sobre o aprendizado da máquina. Apresenta várias analogias sobre o assunto. Sobre uma dessas analogias cabe uma reflexão crítica. Aquela na qual o matemático faz a comparação do aprendizado da máquina com o aprendizado de uma criança. Turing denominou a sua concepção de “máquina-criança”. Mas até que ponto essa analogia pode ser aplicada para o entendimento da IA?

No processo de tentar imitar a mente humana adulta, temos de refletir bastante sobre o processo que a levou até o ponto onde se encontra. Cumpre atentar para três componentes: (a) O estado inicial da mente, isto é, ao nascer; (b) A educação que recebeu; (c) Outras experiências, que não são as descritas como educação, a que foi submetida; Em vez de tentar produzir um programa que simule a mente adulta, por que não tentar produzir um que simule a mente infantil? Se ele fosse então submetido à educação apropriada, ter-se-ia um cérebro adulto (TURING, 1996, p.54).

Pode-se dizer que as primeiras máquinas tinham o objetivo de apenas contar, depois surgiram as máquinas programáveis, hoje já é possível observar máquinas com capacidade de entender e aprender de forma similar a seres humanos, sem que seja preciso serem programadas com as técnicas convencionais. Para isso entra em cena a ciência cognitiva. As ciências cognitivas são um desdobramento da IA, por isso, no início, tinham um teor quase exclusivamente computacional. Esta área tem o objetivo de estudar de forma empírica a mente e o comportamento inteligente em humanos, animais e em máquinas. No que se refere à ciência cognitiva dentro do prisma computacional, pode-se dizer que este é o maior avanço da IA, que marca uma nova era da computação. Seus esforços vão além de tratar de dados e informação, o seu objeto central é o conhecimento humano.

### 3.1 – Máquinas que Aprendem

Turing apresenta a proposta de não produzir um programa que simule a mente adulta, mas sim, um que simule a mente infantil. Na verdade, é possível encontrar vários artigos que tratam das diferenças no aprendizado entre crianças e adultos. A superdotada Adora Svitak (2010) acredita que os adultos podem aprender com as crianças e o que o mundo precisa do pensamento infantil. Um exemplo clássico de comparação é relativo à linguagem. Por que uma criança aprende um segundo idioma com mais facilidade do que um adulto? Para o doutor Paul Thompson da Universidade da Califórnia em Los Angeles, o processo de aprendizagem do segundo idioma em uma criança é natural, enquanto o adulto processa a língua em uma parte mais ativa do cérebro, o que significa que eles pensam conscientemente sobre a língua ao invés de processá-la intuitivamente.

Para alcançar esta conclusão, Dr. Paul Thompson (1971) utilizou o recurso tecnológico de ressonância magnética, para constatar quais partes dos cérebros dos adultos e das crianças são usados quando estão aprendendo uma segunda língua (SOUZA, 2014, p. 49). O que foi descoberto é que as crianças usam uma parte do cérebro chamada de "área motora profunda". Esta área cerebral é responsável por processos que não são conscientemente pensados, como escovar os dentes ou se vestir. Uma outra razão pela qual as crianças parecem adquirir uma segunda língua mais rápido do que os adultos se deve aos diferentes modelos de proficiência entre elas. As crianças têm um vocabulário menor e é mais fácil aprender o suficiente para comunicarem suas necessidades em uma segunda língua.

Presumivelmente, o cérebro da criança é algo assim como um desses cadernos que se compram em papelaria. Pouco mecanismo e muitas folha em branco. Nossa esperança é a de que haja tão pouco mecanismo no cérebro da criança que algo que se lhe assemelhe possa ser programado [...] (TURING, 1996, p.54).

A concepção do Turing poderia até fazer mais sentido em meados do século XVII, quando John Locke (1632-1704) defendeu que, para o ser humano, não existem ideias inatas (como Deus, perfeição, infinito etc.). Sustentou a concepção empirista de que as impressões sensoriais deixam marcas nas nossas mentes. Para Locke, a experiência é fator crucial no desenvolvimento do conhecimento. Por este motivo, ele afirma que a nossa mente é inicialmente uma folha em branco, ou uma tábula rasa, na qual as impressões da experiência vão formando as nossas percepções, e assim o indivíduo vai

mais e mais tendo condições de interpretar o ambiente no qual está inserido (KENNETH, 1996. 33–36).

A concepção de Turing, onde ele deduz que o recém-nascido é como uma folha de papel em branco pronta para ser preenchida como os pais bem entenderem, faz sentido em algumas situações da computação. Esta analogia é muito comum entre profissionais que trabalham e pesquisam os sistemas cognitivos artificiais. Para a neurociência, no entanto, é uma ideia ultrapassada, a inteligência passou a ser considerada cada vez mais como algo inato, como um mero produto do que está escrito nos genes.

Como afirma o neurocientista Paul MacLean (1970), cada vez mais a neurociência tem mostrado que o processo de amadurecimento do cérebro é extremamente complexo e este processo se inicia quando o bebê ainda está em formação na barriga da mãe. O cérebro de um recém-nascido pode chegar aproximadamente a 250 bilhões de sinapses. A sinapse nada mais é que a comunicação entre as células nervosas e apenas aos 8 meses o recém-nascido pode chegar a 600 bilhões de sinapses; essa quantidade de ligações no início da vida é uma forma natural do desenvolvimento cerebral da criança. O que faz alavancar o desenvolvimento do cérebro é o uso dele, quanto mais o órgão é colocado em prática, treinado e empregado, mais ele tende a definir as suas conexões neurais; as ociosas acabam ficando desativadas. Em outras palavras, o cérebro precisa ser motivado, funciona como um músculo, quanto mais estímulos mais ele progride.

Dentro da concepção da IA Forte, as máquinas com plataforma de desenvolvimento para sistemas cognitivos se diferenciam das máquinas tradicionais por se basear em três capacidades: (I) o aprendizado das máquinas; (II) raciocínio automatizado e, por último, (III) processamento de linguagem natural.

### **3.1.1 –O Aprendizado das Máquinas**

Muitos relacionam a inteligência artificial com o software de programas de computadores que fazem alguns trabalhos ou tarefas automatizadas. Do ponto de vista da máquina, os especialistas da área não consideram essas soluções como Inteligência Artificial. Talvez possa ser considerado do ponto de vista do programador que escreveu a peça de código. Por este motivo, percebeu-se algumas deficiências na analogia da

inteligência humana com a artificial e o termo Inteligência Artificial passou a ser cada vez mais aperfeiçoado. O aprendizado das máquinas é uma subdisciplina da ciência da computação que evoluiu do estudo de reconhecimento de padrões e da teoria da aprendizagem computacional em inteligência artificial (RUSSELL, NORVIG, 1995, p. 4). Para melhor entendimento do conceito, é necessário entender o significado e a relação entre aprendizagem e inteligência.

### 3.1.1.1 –Aprendizagem

Aprendizado é um conceito complexo de ser definido, mas também de grande importância para que possa ser possível a construção de um sistema inteligente dotado da capacidade de aprendizado. Como afirma Russell (2013, p. 38), com base em um paradigma cognitivista, pode-se dizer que a aprendizagem é a capacidade de se adaptar, modificar e melhorar seu comportamento e suas respostas, sendo, portanto, uma das propriedades mais importantes dos seres ditos inteligentes, sejam eles humanos ou não.

Uma característica importante da máquina que aprende é a de que seu professor freqüentemente ignorará a maior parte do que está se passando no interior da máquina, embora possa até certo ponto predizer o comportamento de sua aluna. Isto se aplicaria muito mais à educação ulterior de uma máquina-originada de projeto (ou programa) bem experimentado, e contrasta claramente com o procedimento normal quando se usa uma máquina em operações de computação: o objetivo é então ter um nítido quadro mental do estado da máquina a cada momento da computação. Tal objetivo só pode ser alcançado com luta [...] (TURING, 1996, p. 58).

Quando um professor está com a responsabilidade de ensinar uma criança, *a priori* ele não está preocupado com o funcionamento encapsulado do cérebro, ou como o sistema nervoso processa; a sua preocupação primária é com o processo de aprendizagem do indivíduo. Turing parte deste princípio, ele defende que umas das características importantes no aprendizado da máquina é que o seu professor (o programador) não precisa saber o que está se passando no interior da máquina, mas a forma como o algoritmo está sendo desenvolvido.

Em contrapartida, nos projetos ou programas bem experimentados, Turing destaca a necessidade de uma visão de baixo nível sobre o projeto e ter um nítido quadro mental do estado da máquina. Esse objetivo só pode ser alcançado com luta. Em uma época na qual as máquinas possuíam características bem rudimentares, grandes, complexas, caras e de difícil execução, o programador tinha que ter habilidades especiais

para preparar a máquina, muitas vezes chamados de escovadores de bits, termo usado com referência às pessoas que se dedicam a alterar o modo de funcionamento de um sistema de computação por meio de alterações diretas no hardware. Na prática, esses algoritmos aprendem da mesma forma que uma criança, a diferença é que todo o processo de aprendizado das máquinas foi concebido com base em formulações matemáticas e tecnologias. A concepção de que “a máquina pode fazer somente aquilo que saibamos como ordenar-lhe que faça” (TURING, 1996, p. 58) parece estranha em face da analogia com a criança, mas é o que acontece.

Turing não se contenta com ideia de uma máquina executar apenas aquilo que lhe foi programado, pois ele entende que os algoritmos de aprendizado de máquina podem usar o poder computacional e uma ampla disponibilidade de dados sob os mais diversos tipos de fenômenos para revolver um grande número de problemas.

A capacidade de um sistema que aprende está relacionada a cinco aspectos: adaptação, correção, otimização, interação e representação. A adaptação é uma característica importante para um ser dotado de inteligência, pois é através desta capacidade que um sistema biológico ou artificial consegue passar por um processo de evolução e se adaptar a um ambiente. Mas se o agente vai passar por um processo de adaptação, então o sistema é passível a correção. O sistema precisa analisar os erros cometidos no passado, de modo a não os repetir no futuro e assim o mesmo se tornará flexível para conseguir adaptar-se. Uma vez que esse sistema engenhoso consegue se adaptar ao ambiente e corrigir seus erros, o sistema estará interagindo com o ambiente. É através do contato, das trocas de experiências e/ou da realização das experiências, que será possível adquirir novos conhecimentos. Se o sistema adquirir novos conhecimentos, então é necessário armazenar uma massa muito grande de conhecimentos e isto requer uma forma de representar esses conhecimentos que permita ao sistema explorá-los de maneira conveniente. Por este motivo, há a necessidade de otimizar o sistema para evitar desperdício de recursos e melhorar a performance do mesmo como um todo (BARCA; SILVEIRA; MAGINI, 2005, p. 46).

#### ***3.1.1.1.1 – Os Processo de Aprendizagem***

Os processos de aprendizagem são uma sequência de passos ou etapas que precisam ser seguidas, normalmente em uma ordem específica. Cada etapa tem a sua importância e uma série de técnicas e ferramentas que podem ser utilizadas. À medida que se trabalha com o aprendizado de máquinas, fica cada vez mais fácil de identificar as

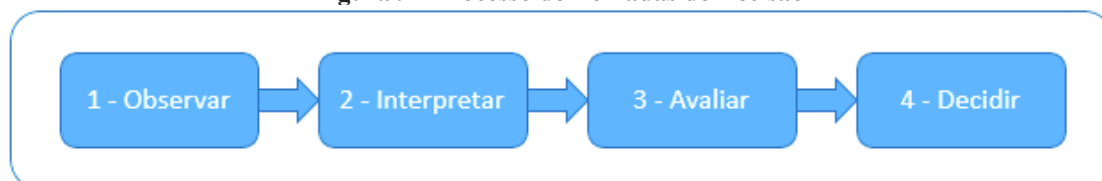
ferramentas ideais para cada etapa. Todavia, seja qual a for a técnica ou a ferramenta do algoritmo, o seu processo de aprendizagem supostamente começa pelo fato a ser analisado ou pelo problema a ser resolvido. Turing (1996, p.59) apresenta o processo de aprendizagem como busca de uma forma de comportamento ou procedimento para resolver a um problema: “O processo de aprendizagem pode ser considerado como busca de uma forma de comportamento que satisfaça ao processo”.

Para melhor entendimento sobre o aprendizado da máquina, faço uma comparação deste processo de análise de dados com a Teoria da Aprendizagem Social. O Dr. Albert Bandura (1929) ficou muito conhecido pelas suas experiências e teorias no campo da aprendizagem de crianças e adultos. Na Teoria da Aprendizagem Social (TAS), o psicólogo cognitivo da Universidade de Stanford percebeu que muito dos comportamentos das crianças eram oriundos da observação, em particular, o comportamento agressivo. Para comprovar essa conduta, Albert Bandura propôs um experimento com um boneco João-bobo.

No início dos anos de 1960: uma criança era deixada numa sala cheia de brinquedos, depois, observava, enquanto um adulto ficava no outro canto da sala, com um boneco João-Bobo, e começava a tacar o boneco, socando, batendo com um martelo, etc. Então, o adulto saía, deixando a criança sozinha, para brincar com os brinquedos da sala. As crianças que viam o adulto batendo no boneco agressivamente, eram muito mais propensas a atacar o boneco. E as que viam um adulto do mesmo sexo que elas sendo agressivos com o boneco, eram particularmente inclinados a repetir o comportamento (EVANS, 2013, p. 254).

A TAS tem sido muito utilizada para explicar como as pessoas podem aprender coisas novas e desenvolver novos comportamentos através da observação de outras pessoas. Quando uma pessoa é inserida em um ambiente, para entender algo e assim tomar decisões, ela busca analisar elementos que estão à sua disposição. Foram constatados quatro passos (Figura 9) fundamentais nesta tomada de decisão (CRANE, 2003, p. 86):

**Figura 9 - Processo de Tomadas de Decisão**



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2017.

Na observação, é realizada uma busca de informações sobre o problema ou o fato a ser analisado. Ela pode ser realizada em várias fontes, sendo uma delas a Internet. O próximo passo é a interpretação, que tem como objetivo gerar hipóteses sobre o fato em análise, ou seja, nesta fase é realizado um exame dos fatos e evidências que foram coletadas. Na terceira fase, são avaliadas quais hipóteses estão certas ou erradas e, por último, é selecionada a melhor opção e a ação com base na melhor hipótese escolhida. Da mesma forma que humanos se tornam especialistas, passando pelo processo da observação, avaliação e tomada de decisão, o sistema cognitivo artificial usa processo similar para racionalizar a respeito da informação que é lida, e, é claro, a velocidade e o volume de informação é muito superior à máquina biológica.

Apresento um desafio ao leitor. Imagine uma criança aprendendo a distinguir laranjas de outros objetos (FISHER, 2016). Antes que a criança aprenda a fazer de forma independente, um professor apresenta à criança um certo número de imagens de laranjas e todos os fatos que fazem uma laranja distinguível de outros objetos do mundo. Esses fatos poderiam ser características da laranja, tais como: sua coloração, tamanho ou aparência da casca. A criança produz uma ideia do que a laranja se parece fazendo contraste entre a exibição de retratos da laranja com as imagens de outros objetos diferentes, maçãs ou melões, que embora sejam redondos, não compartilham outras características com as laranjas.

Acredito que o algoritmo de aprendizagem de uma máquina funciona da mesma forma, ele constrói suas capacidades cognitivas por meio da formulação matemática, que permite concluir quais são as características de um determinado fenômeno. O algoritmo cria, a partir dos dados, uma formulação matemática também chamada de função alvo para exprimir as características de uma laranja. Desta forma, à medida que o algoritmo é exposto a novos dados, pode determinar se aquela formulação matemática é o suficiente para explicar os dados e definir se os dados são de uma laranja ou não (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 630-631).

### ***3.1.1.1.2 – Os Tipos de Aprendizagem***

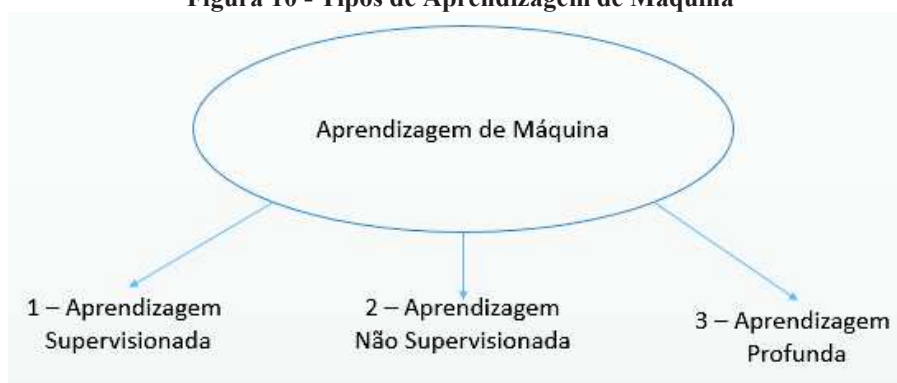
O algoritmo de aprendizagem de máquinas contém o código capaz de programar computadores para que possam realizar ações. Essas ações são realizadas usando o poder computacional e a ampla disponibilidade de dados sob os mais diversos tipos de fenômenos para resolver um grande número de problemas, sem a necessidade de ter acesso a todos os dados.

A máquina deve ser construída de tal forma que tão logo um imperativo seja classificado com “bem estabelecido”, a ação apropriada ocorra automaticamente. Para ilustrar isso, suponhamos que o professor diga à máquina: “Faça agora seus deveres de casa”. Isto pode resultar em que “O professor disse: faça agora seus deveres de casa” seja incluído entre os fatos bem estabelecidos (TURING, 1996, p. 56).

O professor, segundo Paulo Freire (1998, p. 126), não precisa saber apenas o conteúdo, mas também como ensinar aquele conteúdo. É o educador que tem a capacidade, enquanto articula, de conduzir o estudante até a intimidade do movimento do seu pensar, o seu ensinamento em sala de aula é um estímulo para o processo de aprendizagem do estudante. Pode-se comparar o papel do professor com o do programador, que ensina o computador a executar o que ele quer e, a partir daí o computador passa a repetir, de forma ininterrupta e automática, o comportamento desejado.

Hoje existem técnicas inovadoras de aprendizado da máquina, que vão além de simplesmente desenvolver código de programação; o sistema rede neural artificial seria um exemplo, esta técnica funciona baseada no funcionamento do cérebro humano. Esse tipo de aprendizagem permite à máquina observar fatos, analisar, aprender e começar a agir, sempre com base nos dados levantados. Os três tipos de algoritmo de aprendizagem de máquinas mais comuns são (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 630-631):

**Figura 10 - Tipos de Aprendizagem de Máquina**



Fonte: Figura elaborada pelo autor, 2017.

**a) A aprendizagem Supervisionada** - Este é o método mais utilizado, ele ocorre quando um algoritmo aprende a partir de dados de exemplo (dados de entrada) e possíveis



resultados (dados de saída), que podem consistir em valores quantitativos e qualitativos com o objetivo de prever a resposta correta quando recebe novos dados.

A abordagem supervisionada é de fato semelhante à aprendizagem humana com a supervisão de um professor. O professor fornece bons exemplos para o aluno memorizar e em seguida o aluno procede segundo as regras gerais desses exemplos específicos (TURING, 1996, p. 56). Os algoritmos de aprendizado supervisionados são treinados utilizando exemplos padronizados, sendo um conjunto de dados de entradas e as possíveis saídas desejáveis.

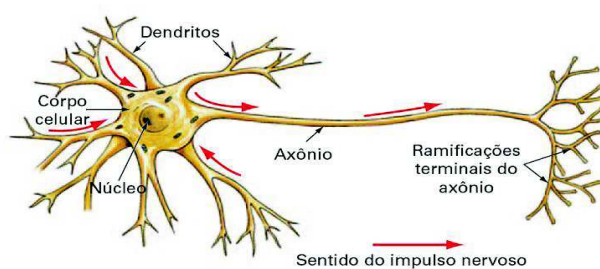
A aprendizagem supervisionada pode ser dividida em duas classes (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 856): (I) Classificação: A aprendizagem supervisionada irá trabalhar com variáveis qualitativas, categóricas ou valores discretos, e este processo vai tomar algum tipo de entrada e atribuir um rótulo a ela. Geralmente são usados quando as previsões são de naturezas distintas, ou seja, um simples verdadeiro (V) ou falso (F). Por exemplo, a classificação de uma pessoa, verificar se é masculino (M) ou feminino (F). Este tipo de classe é denominado de binária; (II) Regressão: Este algoritmo é uma outra subcategoria do aprendizado de máquina. É usado quando um valor que está sendo previsto difere de um simples falso ou verdadeiro e seu objetivo é gerar uma saída de dados em valores contínuos. Este tipo de aprendizado de máquina é usada, por exemplo, para responder perguntas, tais como: “Quanto custa?” ou “Quanto existem?” ou ainda quando um valor que estiver sendo previsto é composto de variáveis contínuas. A detecção de anomalias nos dados seria um exemplo de aprendizagem supervisionada de regressão, o algoritmo é usado para identificar pontos de dados que são incomuns em transações fraudulentas.

**b) A aprendizagem Não Supervisionada** - Neste tipo de aprendizagem não existe professor, a máquina se torna uma autodidata, ou seja, o computador vai se instruir por esforço próprio. Não é passada ao algoritmo a resposta correta, ele descobre por si mesmo. Isto ocorre quando o algoritmo aprende com exemplos simples sem qualquer resposta associada, deixando a cargo do algoritmo explorar, organizar os dados e encontrar uma possível estrutura nos mesmos (SEARLE, 1996, p. 64). É bem semelhante aos métodos da máquina biológica, aplicando técnicas específicas para descobrir se certos objetos ou eventos são da mesma classe apenas observando o grau de semelhança entre os objetos (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 630).

**c) Aprendizagem aprofundada ou *Deep Learning*** - O cérebro humano é um dispositivo biológico com um alto poder de processamento, com capacidade de computar

uma grande quantidade de informações em um tempo mínimo. Normalmente, o sistema nervoso é formado por dois tipos de células nervosas, neurônios e células da glia (THIBODEAU; PATTON, 2002, p. 170-171). As células da glia dão suporte, proteção, nutrição e ajudam os neurônios a se comunicarem através de conduções de impulsos nervosos, mas são os neurônios que estão diretamente envolvidos nas partes mais complexas do cérebro.

**Figura 11 - Estrutura do Neurônio**



Fonte: Data Science Academy, 2017.

Um neurônio (Figura 11) é formado por um corpo celular, no qual se encontra o núcleo, uma ramificação maior, o axônio e diversas ramificações menores, os dendritos. O axônio conduz os impulsos elétricos, a partir do corpo celular, para outro neurônio e os dendritos trazem o impulso até o corpo celular. Denomina-se sinapse o contato funcional (não físico) entre as ramificações do axônio e os dendritos do neurônio seguinte (KANDEL; SCHWARTS; JESSEL, 1997, p. 17-19).

As tarefas realizadas pelo cérebro intrigam os pesquisadores. Ações consideradas simples, como pegar um objeto, fazer a leitura de um texto, dialogar com uma outra pessoa e reconhecer um rosto, envolvem ações de vários componentes do cérebro e do corpo, tais como, memória, capacidade de raciocínio e coordenação motora. A complexidade dessas ações, consideradas simples, é evidenciada pela dificuldade encontrada em ensinar máquinas a executar as mesmas ações. A partir da motivação de replicar essas ações, ocorreu o desenvolvimento de redes neurais artificiais e a construção de robôs. Os hardware e software de robôs tiveram como inspiração a estrutura e o funcionamento do cérebro humano na aquisição de conhecimento, mas também quando este se relaciona com o corpo e auxilia em seu movimento.

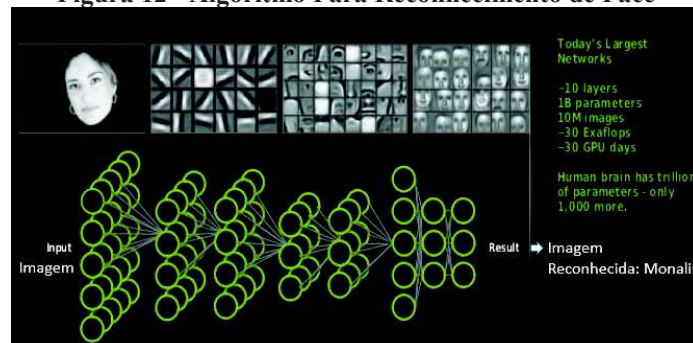
A Rede Neural Artificial (RNA) representa uma tecnologia que tem raiz em muitas disciplinas (neurociências, matemática, estatística, física, ciência da computação, engenharia etc.) e é um modelo computacional inspirado pelo principal órgão do sistema

nervoso, o cérebro, ou seja, a RNA tem o objetivo de investigar a simulação de comportamento inteligente por meio de modelos baseados na estrutura do cérebro humano (MCCULLOCH; PITTS, 1943, p. 115-137). Geralmente é apresentado como sistemas de "neurônios interconectados que podem computar valores contínuos ou discretos, sendo a sua maior característica a habilidade de aprender a partir dos dados de entrada com ou sem revisão" (ABERSEK; BORSTNER; BREGANT, 2014, p. 86).

Os cientistas Warren McCulloch e Walter Pitts foram os pioneiros nos estudos sobre RNA, dando origem ao conexionismo, um conjunto de técnicas que modelam fenômenos mentais e de comportamentos que se preocupam primariamente com todo o processo de aquisição do conhecimento e, por isso, têm uma proposta para esclarecer a aprendizagem e explicar a memória. No plano teórico e metodológico, o paradigma conexionista apresenta-se como alternativa ao funcionalista e a sua concepção simbólica-computacional dos processos cognitivos, representando uma superação da concepção linguística da mente. Em outras palavras, pode-se dizer que o conexionismo tenta entender a cognição humana por meio de simulações da atividade neuronal, no ramo computacional, e essa doutrina se apresenta como um modelo inspirado na estrutura neural em que se adquire conhecimento por meio da experiência, para isso, cria sistemas baseados em nós e redes. Os nós são conectados para formar uma rede de interconexões e o conhecimento é armazenado justamente nessas interconexões. Os sistemas conexionistas aprendem através do processamento estatísticos do *input*, construindo, assim, suas próprias regras implícitas no funcionamento das redes (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 713).

Como enfatizam McCulloch e Pitts, muitos são os algoritmos que aprendem interativamente a partir de dados, mas dentro do estudo da RNA, a utilização do algoritmo *Deep Learning* ou aprendizado aprofundado tem se destacado bastante. Este algoritmo representa uma sub-área de aprendizado de máquina, que permitirá ao computador realizar ações humanas, o que é um pouco diferente de outras técnicas de aprendizado de máquina. A ideia básica da utilização do algoritmo *Deep Learning* é poder simular um grande arranjo de neurônios em uma rede neural artificial. Por meio desta tecnologia as máquinas poderão observar atos, analisá-los, aprender com eles e realizar uma ação sempre com base em estudo dos dados levantados.

**Figura 12 - Algoritmo Para Reconhecimento de Face**



Fonte: Data Science Academy, 2017.

Como é realizado o armazenamento das informações no cérebro e ainda o reconhecimento de um rosto familiar dentre uma multidão em apenas milésimo de segundos? Os neurocientistas acreditam que o armazenamento da memória depende das conexões entre as sinapses e da força das associações. Uma arquitetura multicamada profunda (Figura 12) pode ser usada para mapear as relações entre as entradas e as características observadas. Essa arquitetura profunda torna a aprendizagem particularmente adequada para lidar com grande número de variáveis e revelou-se particularmente eficaz no domínio de reconhecimento de imagens, incluindo a escrita manual, bem como a classificação de fotografias de objetos e processamento de linguagem natural, além do reconhecimento da fala (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 720-721).

### 3.1.1.2 – Inteligência

Na Segunda Guerra Mundial, o Enigma se tornou o principal meio de comunicação secreto dos alemães. Os nazistas usavam nos rotores de suas máquinas, que eram os discos que formavam as combinações secretas, um conjunto de plugues internos diferentes das versões comerciais. Essa máquina, que enviava as mensagens secretas embaralhadas, podia gerar mais de um sextilhão de combinações possíveis. Por este motivo, quebrar o código do Enigma havia se tornado algo impossível.

Alan Turing sugeriu o jogo de palavras cruzadas para fazer o recrutamento de especialistas em criptoanálise. Essa equipe estaria com a responsabilidade de tentar decifrar códigos do Enigma. Esse teste tinha a duração de seis minutos. Alan Turing não se preocupava com o jogo em si, mas como as pessoas se comportariam ao resolver problemas considerados impossíveis. Os indivíduos diferem na habilidade de entender

ideias complexas, de se adaptarem com eficácia ao ambiente, de aprenderem com a experiência, de se engajarem nas várias formas de raciocínio, de superarem obstáculos mediante o pensamento. Embora tais diferenças individuais possam ser substanciais, nunca são completamente consistentes: o desempenho intelectual de uma dada pessoa vai variar em ocasiões distintas, em domínios distintos, a se julgar por critérios distintos. Os conceitos de 'inteligência' são tentativas de aclarar e organizar esse conjunto complexo de fenômenos (KANDEL; SCHWARTS; JESSEL, 1997, p. 32-33).

A inteligência está relacionada à capacidade do indivíduo de resolver problemas, adaptar-se a novas situações e adquirir habilidades práticas, em outras palavras, é a faculdade de conhecer, compreender, raciocinar, pensar, aprender e interpretar um problema (KHALFA, 1996, p. 56-70). Pode-se dizer também que “a inteligência é um conjunto que forma todas as características intelectuais do ser humano, sendo uma das principais distinções entre o ser humano e outros animais” (FLYNN, 2007, p. 1-3). Mesmo dizendo que essas tarefas realizadas por animais são tipicamente tarefas consideradas na atualidade como “tarefas inteligentes”, se os computadores realizassem essas mesmas tarefas, não a realizariam com um desempenho satisfatório.

A inteligência humana tem evoluído com uma velocidade incrível. Vários enfoques distintos já foram adotados para definir, caracterizar e medir a inteligência humana. O Quociente de Inteligência (QI) é um dos tipos de medidas utilizadas, por meio de testes, para avaliar as capacidades cognitivas (inteligência) de um sujeito. Com o passar do tempo, o teste de QI foi caindo em descrédito, surgindo então, outras metodologias e outros tipos de inteligência (MUNIZ, 1959, p. 38).

Quando o assunto “inteligência” é levado para a esfera do aprendizado da máquina, a temática leva à seguinte pergunta: Se as máquinas estão aprendendo a aprender, isso significa que elas estão ficando inteligentes? Para John McCarthy (1956), a Inteligência Artificial é uma área de estudos da computação que se interessa pelo estudo e criação de sistemas que possam exibir um comportamento inteligente e realizar tarefas complexas com um nível de competência equivalente ou superior ao de um ser humano (TRENT; WRIGHT, 2000, p. 397). “Haverá talvez homens mais inteligentes do que qualquer máquina dada, mas mesmo então poderão existir outras máquinas mais inteligentes, e assim por diante” (TURING, 1996, p.38). A Inteligência Artificial ainda não se aproximou da poderosa habilidade de aprender e planejar de um ser humano. O córtex cerebral ainda guarda segredos de algoritmos que ainda não são possíveis de

reproduzir em máquinas, então a questão é: estas habilidades humanas estão longe de serem reproduzidas em máquinas?

Em média, cada neurônio admite cerca de 5.000 ligações através de impulsos elétricos, as chamadas sinapses. Nessas sinapses recebidas, um neurônio obtém sinais de outros neurônios, esses sinais dizem a um neurônio quando deve disparar ou não, isso depende principalmente da combinação de sinais que recebe. Por sua vez, quando um neurônio dispara, envia sinais para outros neurônios por meio de suas sinapses transmissoras, mandando-os disparar ou não. Exemplo, num indivíduo no seu estado acordado e a sua mente concentrada, pronto para trabalhos que requerem a atenção total, um neurônio típico pode disparar de cinco a cinquenta vezes por segundos em uma frequência de até 30 a 200 hz. (KANDEL; SCHWARTS; JESSEL, 1997, p. 19-20).

Na área da computação, um simples transistor opera a uma frequência de gigahertz. Os neurônios biológicos se propagam mais lentamente nos axônios. A velocidade média de propagação dos impulsos nervosos é de cerca de 100 m/s (360km/h), que é um terço da velocidade do som. Os computadores podem enviar sinais a centenas de quilômetros de distância na velocidade da luz. A velocidade de processamento do cérebro artificial é de nanossegundos, quando uma memória transfere um dado para a CPU ela pode chegar a 60 nanossegundos. A máquina tem um índice de 75% de acerto, enquanto, a de um ser humano é de 45% (ACHUTTI, 2011). Ao contrário dos seres humanos, o computador não fica nervoso ou intimidado com o erro.

É claro que as evidências aqui apresentadas em relação à Inteligência Artificial mostram que o poder extraordinário da inteligência biológica e que, perto desse, a capacidade de aprendizado da IA ainda continua sendo ínfimo. Da mesma forma que o átomo passou por várias gerações de estudos, séculos de pesquisas e diversas propostas de modelos atômicos, este mesmo ritmo pode ser visto na evolução da modelagem do aprendizado da máquina. Para o cientista Bostrom (2014, p. 183), “a máquina inteligente será a última invenção que a humanidade precisará fazer”.

### **3.1.2 – Raciocínio Automatizado**

Imagine um dilema ético. Em um acidente, dois carros caem num rio. Um dos carros está ocupado por um pai, com sua filha de sete anos e o outro carro está com um adulto. Ao presenciar a cena, um robô pula na água e salva o adulto. Apesar dos apelos

do adulto para salvar a criança, o robô desenvolve um cálculo probabilístico de risco e conclui que o adulto teria 45% de chances, enquanto a criança teria apenas 11%, de sobreviver. Por este motivo a máquina dá prioridade a salvar o adulto. O texto apresentado foi uma adaptação do autor tirado do filme “Eu, o robô”.

Conforme informações que utilizo em minha prática diária, é possível observar que o ser humano é flexível nas decisões e pode ser facilmente influenciado em juízo. Este comportamento pode acontecer por vários motivos, mas o fator principal é o aspecto emocional. A influência das emoções na tomada de decisão pode causar mudanças nas decisões do dia-a-dia. A máquina não possui esta característica, no seu processamento é usado um algoritmo de aprendizado que usa uma árvore de decisão como um modelo de previsão, o qual mapeia as observações sobre um item a conclusões sobre o valor do objetivo.

Este comportamento da máquina está relacionado com a doutrina utilitarista. Um dos traços importantes do utilitarismo é o seu racionalismo. A moralidade de um ato é calculada, ela não é determinada a partir de princípios diante de um valor intrínseco. Este cálculo leva em conta as consequências do ato sobre o bem-estar do maior número de pessoas. A máquina supõe então a possibilidade de se calcular as consequências de um ato e avaliar seu impacto sobre o bem-estar dos indivíduos.

O raciocínio é o exercício da razão pelo qual se procura alcançar o entendimento de atos e fatos. Para isso, é necessário a formulação de ideias, elaborar juízos e deduzir algo a partir de uma ou mais premissas. Uma das operações intelectuais importantes para discutir a execução do raciocínio em uma atividade é a lógica.

Um elemento de grande relevância para o entendimento da lógica é a compreensão da proposição, pode-se dizer que a proposição nada mais é do que o juízo formulado pelo pensamento. A proposição é usada na lógica com o objetivo de descrever o conteúdo de asserções, esse conteúdo que pode ser tomado como verdadeiro (V) ou falso (F) pode ser encontrado com uma ou várias asserções. Inferência podem ser feitas de proposições para proposições, ou seja, pode-se concluir uma proposição de outras proposições.

O juízo pode ser encontrado nas seguintes modalidades: universais, particulares, singulares e indefinidos. Para apresentar qualquer aspecto argumentativo, ou procedimento de operações puramente lógicas, ou discursivas ou mentais, entra em cena o raciocínio lógico.



Assim, considero a lógica um instrumento de pensamento, é o pensar sobre o próprio pensar, é como o homem estrutura a linguagem dentro do pensamento. Ela pode indicar os procedimentos, métodos, raciocínios e demonstrações que se deve empregar para cada modalidade de conhecimento. A lógica fornece princípios, leis, regras e normas que todo pensamento deve seguir, estabelece as condições e os fundamentos necessários de todas as demonstrações, permite verificar as consequências necessárias que dela decorrem. Dada uma conclusão, permite verificar se é verdadeira ou falsa. As leis da lógica não dependem do tempo e do lugar, nem das pessoas e circunstâncias, mas são universais, necessárias e imutáveis como a própria razão.

Um outro aspecto importante, que vincula o pensamento racional com a computação, é que a lógica do pensamento racional humano é o ponto de partida para o estudo da computação. A lógica é utilizada no sentido de dar funcionamento à máquina, ensiná-la a realizar cálculos e também a tomar decisões semelhantemente a um ser humano. Sendo o raciocínio automatizado uma subárea da Inteligência Artificial, que estuda formas de simular o raciocínio lógico por meio de métodos computacionais.

É de esperar que as máquinas acabem por competir com o homem em todos os campos puramente intelectuais. Quais, porém, os melhores para começar? Mesmo esta é uma decisão difícil. Muitas pessoas acham que uma atividade bastante abstrata, como o jogo de xadrez, seria o melhor (Turing, 1996, p. 60).

O xadrez foi um dos jogos mais estudados pelos cientistas da computação com vistas a construir uma máquina que pudesse jogá-lo, isso porque, além de ser considerado um jogo estratégico, o xadrez auxilia na capacidade de raciocínio, na lógica, tomada de decisões e aquece a discussão sobre a inteligência biológica versus a inteligência artificial. Até a década de 90, o xadrez era dominado pela inteligência humana, mas a partir de maio do ano de 1997, um supercomputador desenvolvido pela IBM começou a trilhar um novo rumo das máquinas inteligentes, Deep Blue, pois conseguiu superar um campeão mundial do xadrez, Garry Kasparov.

O confronto foi realizado com seis partidas, duas vitórias, três empates e uma derrota. O jogo entrou na história. Deep Blue foi o primeiro computador a vencer um campeão mundial de xadrez num match com regras de tempo oficiais. Esta partida histórica foi uma façanha extraordinária, a comunidade científica presenciou um marco



importante na área da Inteligência Artificial, no entanto, a Inteligência Artificial da década de 90 ainda estava na sua infância (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 174).

### 3.1.2.1 – Método Indutivo

A indução é a forma de inferência lógica que permite que conclusões gerais sejam obtidas de exemplos particulares. É caracterizada pelo raciocínio que parte do específico para o geral, do particular para o universal. No aprendizado por indução, o aprendiz adquire o conceito fazendo inferências indutivas sobre os fatos apresentados, hipóteses geradas por inferências indutivas podem ou não preservar a verdade (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 668).

Este tipo de raciocínio é indispensável ao ser humano, pois é um meio que o homem utiliza para desenvolver novos conhecimentos e prever eventos futuros. Foi através do método indutivo que vários cientistas chegaram a realizar diversos tipos de experimentos e a finalizar as suas conclusões, portanto, é plausível afirmar que a indução é o recurso mais utilizado pelos seres humanos para obter novos conhecimentos. Apesar disso, este recurso deve ser utilizado com os devidos cuidados, pois se o número de observações for insuficiente, se os dados relevantes forem mal escolhidos, as regras obtidas podem ser de pouco ou nenhum valor (PUBLIESI; BRANDÃO, 2001. p. 453 - 482).

A indução de uma máquina que aprende talvez pareça paradoxal a alguns leitores. Como podem as regras de operação da máquina mudar? Elas deveriam descrever completamente como a máquina irá reagir, qualquer que possa ser sua história, quaisquer que sejam as mudanças que sofra. As regras são, pois, deveras invariantes no tempo. Isto é bem verdade. A explicação do paradoxo está em que as regras que mudam nos processos de aprendizagem são de caráter menos pretensioso, aspiram apenas a uma validade efêmera (TURING, 1996, p.58).

Existem duas formas de aprendizado por indução. No Aprendizado por Exemplos, o aprendiz induz a descrição de um conceito formulando uma regra geral a partir dos exemplos e dos contra-exemplos fornecidos pelo professor ou pelo ambiente. O professor já tem o conhecimento do conceito e, assim, pode ajudar o aprendiz selecionando exemplos relevantes para o aprendizado de um determinado conceito. A tarefa do aprendiz é determinar a descrição geral de um conceito analisando exemplos individuais a ele fornecidos. Essa estratégia também é conhecida como aprendizado supervisionado. No Aprendizado por Observação, o aprendiz analisa entidades fornecidas

ou observadas e tenta determinar se alguns subconjuntos dessas entidades podem ser agrupados em certas classes de maneira útil. Como não há um professor que já tenha o conhecimento do conceito para fornecer exemplos significativos ao conceito a ser aprendido, essa estratégia é também chamada de aprendizado não supervisionado (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 668).

O método de indução é utilizado com muita frequência na IA, mais especificamente, na área de Redes Neurais Artificiais (RNA). Não se trata de um programa com uma lista de instrução (Programa), o sistema RNA não admite este tipo de procedimento, pode até implementar algumas funções, mas tem poucas semelhanças com a programação tradicional. O seu uso acontece para desenvolver o aprendizado da máquina e para isso as regras de indução são implementadas. O conexionismo nada mais é do que um modelo computacional inspirado na estrutura neural que adquire conhecimento por meio da experiência.

### **3.1.2.2 – Tomada de Decisão Artificial**

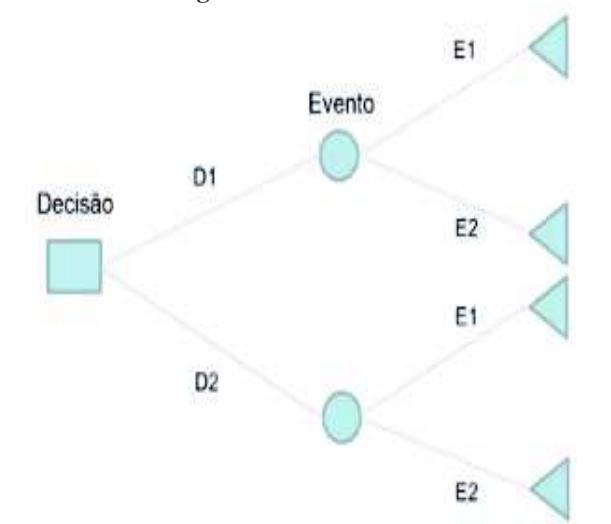
O modelo de decisão parte do princípio de que o ser humano tem que escolher entre situações possíveis por meio da observação de um contexto (Figura 13). Essas decisões são colocadas em prática para resolver problemas ou aproveitar oportunidades (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 584).

Não é possível produzir um conjunto de regras que pretenda descrever o que um homem deveria fazer em cada circunstância imaginável. Alguém pode ter como regra parar quando vê a luz vermelha do semáforo, e prosseguir quando vê o sinal verde, mas o que aconteceria se, por alguma falha, ambos os sinais aparecessem conjuntamente? Pode-se talvez decidir que é mais seguro parar. Mas alguma dificuldade posterior talvez resulte dessa decisão. Tentar oferecer regras de conduta para abarcar todas as eventualidades, mesmo as oriundas de semáforos, parece impossível. Com tudo isso eu concordo (TURING, 1996, p.48).

No texto acima, Turing monta um argumento de comparação sobre uma das características do comportamento do ser humano, que é a imprevisibilidade, com o modo de se comportar da máquina, que é algo previsível. A resposta de Turing se dá em duas direções: há leis de comportamento que, diferentemente de leis de conduta, são fortemente previsíveis e a previsibilidade do comportamento da máquina somente pode ser afirmada, em muitos casos, pelo seu próprio programador. Em vista disso, qual deve

ser a técnica mais apropriada para uma máquina tomar decisões diante a um estímulo social?

**Figura 13 - Árvore de Decisão**



**Fonte: Figuras elaboradas pelo autor, 2017.**

As árvores de decisão (Figura 13) são conhecidas como uma das técnicas mais poderosas e amplamente utilizadas na modelagem e aprendizado de máquinas. É uma representação esquemática, muito útil para apresentar o processo de decisão com múltiplas variáveis, múltiplos objetivos e múltiplas etapas de decisão.

Graficamente, esta técnica apresenta a forma de uma árvore invertida e o seu conceito segue exatamente a sua estrutura alinhada com um conjunto de regras, em que, para cada regra, há uma decisão que precisa ser tomada (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 633).

**Figura 14 - Aplicação da Árvore de Decisão**



Fonte: Figuras elaboradas pelo autor, 2017.

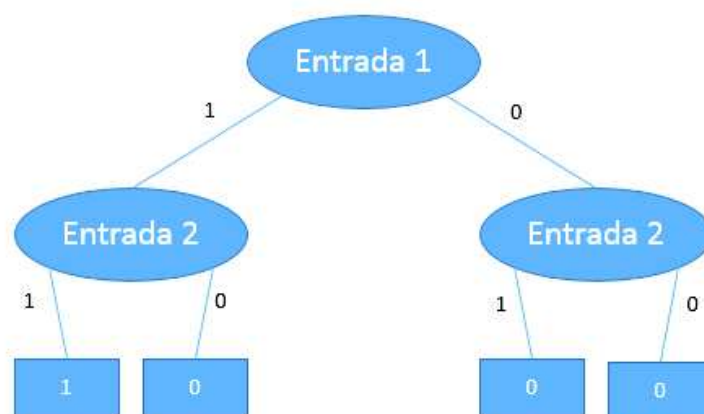
O grande desafio, como todo programador sabe e que eu enfrento no dia-a-dia profissional, está em fazer o computador compreender todas essas regras e automaticamente decidir qual o caminho a ser escolhido. Esta técnica classifica as instâncias de dados representando uma estrutura de árvore, começando da raiz para as folhas. Para que uma decisão ocorra, o fluxo deve se iniciar na raiz, que é o ponto de partida. As condições de checagem vão determinar o próximo passo do fluxo, também conhecidos como Nós e, por último, a decisão de fato ocorre nas Folhas. Traduzindo, nesse processo, na linguagem do algoritmo, a Raiz (Atributos) e os Nós (Checagem do Valor Atribuído) são as variáveis que precisam ser avaliadas, os Ramos (Valores Atribuídos) que ligam os Nós são os valores admissíveis ou caminhos a serem seguidos no processo de decisão, e as Folhas (Decisão) são as saídas (Figura 14). A árvore de decisão pode ser usada para problemas de classificação, e é criada para gerar resultados de classificação de uma variável binária ou categórica, enquanto a regressão vai gerar como resultado valores de variável quantitativos.

**Tabela 1 - Tabela da Árvore de Decisão**

Entrada 1	Entrada 2	Saída
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Fonte: Figuras e tabela elaboradas pelo autor, 2017.

A tabela de decisão (Tabela 1) é uma maneira de expressar, em forma de tabela, qual o conjunto de condições que são necessárias ocorrer para que um determinado conjunto de ações possam ser executadas. Nesta tabela se encontram as variáveis de entrada e de saída; uma porta de entrada lógica recebe dois sinais de entrada e devolve um valor de acordo com a entrada. Para construir uma árvore de decisão (Figura 15) que represente esta tabela, bastaria escolher qualquer uma das entradas como nó raiz e criar os ramos de acordo com os valores admissíveis. Ao final de cada ramo, haverá uma outra entrada e, finalmente, as folhas.

**Figura 15 - Valores da Árvore de Decisão**

Fonte: Figuras e tabela elaboradas pelo autor, 2017.

A tomada de decisão é o último estágio de um processo complexo que envolve diagnóstico, reconhecimento de padrões, análise causal, entre outras tarefas. Para construir uma árvore, é necessário um conjunto de casos, exemplos e observações, e, a partir de um conjunto de regras, a construção da árvore é praticamente realizada. Basta que se coloquem as regras de forma hierárquica, ou seja, na ordem em que elas devem ser aplicadas e, a partir daí, realizar-se-á a avaliação das variáveis envolvidas.

### 3.1.3 – A Linguagem

O que distingue os seres humanos dos outros animais é o complexo sistema de mensagens estruturadas conhecido como linguagem, que nos permite comunicar a maior parte daquilo que sabemos sobre o mundo (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 765). Pode-se dizer que os computadores são muito bons com números, mas ainda são muito dependentes no tratamento de texto, sendo necessário recursos de alto processamento para lidar com a comunicação e interpretação textual. Neste processo, é possível observar que, ainda que o texto apresente alguma anomalia textual, por exemplo, letras trocadas nas palavras, o cérebro humano consegue interpretar e dar sentido às frases, habilidade inexequível ao computador. Veja o texto abaixo.

35T3 P3QU3N0 T3XTO 53RV3 4P3N45 P4R4 M05TR4R COMO NO554 C4B3Ç4  
 CONS3GU3 F4Z3R CO1545 1MPR3551ON4ANT35! R3P4R3 N155O! NO COM3ÇO  
 35T4V4 M310 COMPL1C4DO, M45 N3ST4 L1NH4 SU4 M3NT3 V41 D3C1FR4NDO  
 O CÓD1GO QU453 4UTOM4T1C4M3NT3, S3M PR3C1S4R P3N54R MU1TO,  
 C3RTO? POD3 F1C4R B3M ORGULHO5O D155O! SU4 C4P4C1D4D3 M3R3C3!  
 P4R4BÉN5!

Quando Turing propôs o seu teste, ele o baseou na linguagem. Isto porque a linguagem está intimamente ligada ao pensamento e à aprendizagem e é exatamente esse processo que Turing buscou aplicar no seu teste: a comunicação entre todos os envolvidos. O interrogador entra em uma conversa utilizando uma linguagem natural com um humano e/ou uma máquina projetada para produzir respostas indistinguíveis de outro ser humano.

É importante a sinergia positiva de todos os elementos envolvidos na comunicação (emissor, receptor, mensagem, código, canal de comunicação). Esta visão sistemática só será realizada com sucesso se o receptor decodificar a mensagem transmitida pelo emissor de forma organizada e compreensível.

Diferente da abordagem apresentada pela computação tradicional, que pode apenas lidar com estruturas perfeitamente organizadas, tal como armazenadas num banco de dados, o sistema cognitivo pode compreender dados não estruturados que são 80% dos

dados hoje em dia. Inclui toda informação que é produzida primariamente por humanos para outros humanos consumirem, e isto inclui tudo, desde literatura, artigos, relatórios de pesquisas, blogs, posts. Enquanto dados estruturados obedecem a campos bem definidos, que contêm informação altamente especificada, o sistema cognitivo se baseia em uma linguagem natural que é governada por regras gramaticais, contexto e cultura (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 767). Além disso, contém informações implícitas, ambíguas e complexas, que são um desafio para processar.

Voltando para a ideia de Turing, a Máquina-Criança, é um tanto curioso quando ele coloca a questão da punição e da recompensa como linguagem de aprendizado de uma criança. E quando essa questão é levada para o aprendizado das máquinas? Turing deixa bem claro, no seu artigo, que “não é possível aplicar à máquina exatamente o mesmo processo de ensino que se aplica a uma criança normal” (TURING, 1996, p. 55).

A máquina, por exemplo, não disporá de pernas; assim, não se pode pedir-lhe que vá buscar um balde de carvão lá fora. Possivelmente não terá olhos. Todavia, ainda que estas deficiências sejam superadas por uma engenharia inteligente, não se poderia mandar a criatura à escola sem que as outras crianças a escarneassem. Melhor arranjar-lhe um professor particular (TURING, 1996, p. 55).

Imagine ensinar uma criança que não enxerga e não escuta. Para que isso possa ser possível, há a necessidade de um processo de educação diferenciada. Portanto, Turing cita o nome da Helen Keller para demonstrar que a educação, em situação adversa, é possível, desde que a comunicação em ambas as direções, entre professor e aluno, ocorra de alguma forma. Helen Keller (1880-1968) foi a primeira pessoa surda e cega a conquistar um bacharelado e se tornar uma filósofa e conferencista famosa pelo importante trabalho em favor das pessoas com deficiências.

O uso de punições e recompensas pode, no melhor dos casos, constituir uma parte do processo de ensino. Grosso modo, se o professor não dispõe de outro meio de comunicação com o aluno, a quantidade de informação que pode alcançá-lo não excede o número total de recompensas e punições aplicadas. Uma criança que tivesse de aprender a repetir “Casablanca” provavelmente ficaria muito dolorida se o texto só pudesse ser descoberto por uma técnica de “Vinte Perguntas” em que cada “Não” assumisse a forma de uma palmada. Por isso é necessário dispor de outros canais de comunicação “não-emotivos”. Se estiverem disponíveis, será possível ensinar uma máquina, através de punições e recompensas, a obedecer ordens dadas em alguma linguagem, por exemplo uma linguagem simbólica. Essas ordens deverão ser transmitidas através de canais “não-emocionais”. O uso desta linguagem diminuirá enormemente o

número de recompensas e punições necessárias (Turing, 1996, p. 56, grifo do autor).

O texto acima vem ao encontro da obra de Isaac Asimov, “Eu, o Robô”. Será que a tecnologia chegará ao ponto de o homem ter que punir ou recompensar uma máquina por um determinado comportamento? Para a ação de punir ou recompensar é necessário a criação de regras, pensando na questão do controle sobre as máquinas e um comportamento aceitável no meio social. Asimov (1969, p. 16-20) criou as três leis da robótica:

1ª Lei - Um robô não pode ferir um ser humano ou, por inação, permitir que um ser humano sofra algum mal;

2ª Lei - Um robô deve obedecer às ordens que lhe sejam dadas por seres humanos exceto nos casos em que tais ordens entrem em conflito com a Primeira Lei;

3ª Lei - Um robô deve proteger sua própria existência desde que tal proteção não entre em conflito com a Primeira ou Segunda Leis.

As leis apresentadas são diretrizes que podem ser vistas como linhas que definem e regulam uma determinada ordem ou comportamento dos robôs. Essas ordens deverão ser transmitidas por meio de canais “não-emocionais”. Dá mesma forma que um ser humano interpreta um texto ou normas jurídicas visando à resolução de um caso concreto, pode a máquina aplicar um conjunto de métodos de interpretação das três leis apresentadas? Se um robô recebe a ordem para matar, esta ordem entraria em conflito com a 1ª Lei, mas caso essas leis sejam burladas, a máquina poderia colocar em risco a vida de outra pessoa? O que falar sobre o senso moral ou da consciência que faz sentir o arrependimento de ter feito algo errado? Os robôs éticos pretendem desenvolver um conjunto de linhas de orientação que possam estabelecer quando punir um robô, decidir quem os regula e até mesmo criar uma “linguagem máquina legal”? Deixando de lado o aspecto ético e jurídico, o ponto central da pesquisa é a aplicabilidade da linguagem humana na inteligência artificial.

Toda linguagem humana é um desafio para a análise. Quando se trata de texto, o sistema cognitivo não procura apenas por palavras chaves ou sinônimos, ele de fato lê e interpreta textos, como uma pessoa. Ele faz isso quebrando uma sentença gramaticalmente, relativamente e estruturalmente, discernindo significado da semântica do material escrito (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 769-770). O sistema cognitivo tenta



entender a verdadeira intensão da linguagem do usuário e usa este entendimento para possivelmente extrair respostas lógicas e deduções de respostas em potencial, usando um amplo leque de modelos linguísticos e algoritmos.

### 3.1.3.1 – O Processo de Linguagem Natural (PLN)

O PLN é uma subárea da inteligência artificial e da linguística que estuda os problemas da geração e compreensão automática de línguas humanas naturais (MIGUENS, 2007). O processo possibilita a um modelo computacional a compreensão automática de linguagem humana, ou seja, é um sistema preparado para entender e interpretar uma linguagem falada ou escrita.

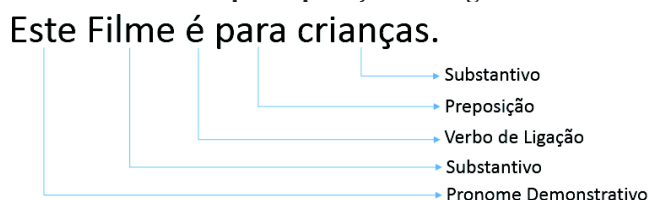
Na analogia de Turing, PLN é como ensinar uma linguagem a uma criança, à qual, primeiramente, são ensinadas palavras, depois sentenças, mais tarde a forma gramatical, sentenças gramaticalmente corretas e, dessa forma, a linguagem passa a ser natural para as crianças. Todas essas tarefas foram traduzidas para uma linguagem de computador, para que as mesmas atividades fossem ensinadas às máquinas.

Exemplo:

- I. Este filme é para crianças.
- II. Este filme é de uma criança.

Para uma máquina biológica ou uma inteligência humana, fica claro distinguir as diferenças entre as frases por meio das regras gramaticas. No que se refere à sintaxe, as duas orações têm a mesma classificação, oração subordinada substantiva predicativa, no entanto, morfologicamente elas são diferentes (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 771-784). No primeiro exemplo, pode-se dizer que a frase está relacionada a uma classificação de filmes.

**Figura 16 - Primeiro Exemplo: Aplicação de Regra Gramatical**

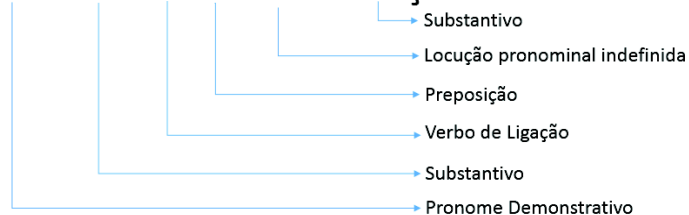


Fonte: Elaborado pelo Autor, 2017.

No segundo exemplo, a frase quer passar a ideia a quem aquele filme pertence, que no caso é a uma criança.

**Figura 17 - Segundo Exemplo: Aplicação de Regra Gramatical**

**Este Filme é de uma criança.**



**Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.**

Já um computador teria certa dificuldade de perceber as diferenças entre as frases, sem contar que ainda existem as palavras com escrita ou pronúncia iguais e com significados diferentes (homônimas). Como uma máquina, dentro de um contexto frasal, vai diferenciar a palavra *filme* (película de acetato de celulose) da palavra *filme* (obra de arte cinematográfico)? É importante deixar claro para o computador como classificar uma observação identificada na pesquisa. O PLN realiza as tarefas que dependem de informações expressas em alguma língua natural, buscando informações em documentos, repositório, ou em um grande conjunto de dados armazenados, e, assim, é realizado um processo de interface homem-máquina.

### **3.1.3.2– Conectores Lógicos Aplicados à Linguística**

A comunicação é uma necessidade básica do ser humano, seja uma comunicação verbal, escrita, não verbal e visual, ela é a essência da natureza humana. Por meio da comunicação, o homem manifesta desejos, emoções, desenvolve a sua personalidade, explora o seu mundo e também o dos indivíduos que estão à sua volta. É por meio da comunicação que são formadas as opiniões, seus conceitos e juízos, que poderão conduzir a uma boa relação entre as pessoas. Com a máquina, a comunicação acontece de forma diferenciada. “Se é que as máquinas dialogam”, suas proposições são categóricas, nessas não existe ambiguidade. Argumentos são apresentados com precisão e exatidão, e, para isso, entram em cena os conetivos (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 799).

Os conetivos são elementos linguísticos que expressam conexões entre os enunciados. Em outras palavras, pode-se dizer que os conetivos expressam operações lógicas e fundamentais da língua comum. Portanto, os conetivos são símbolos usados para formar novas proposições. Duas proposições vinculadas por um conetivo, como, por exemplo, o conetivo da conjunção, podem já terem sido, cada uma, formadas a partir de

outros conectivos usuais em lógica matemática (da disjunção, da implicação material, da equivalência material, da negação). No caso de uma proposição composta cujas proposições simples são  $p$  e  $q$ , as possíveis atribuições de valores lógicos a  $p$  e a  $q$  são:

**Tabela 2- Possibilidades de Valores Lógicos Para  $p$  e  $q$**

	$p$	$q$
1	V	V
2	V	F
3	F	V
4	F	F

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Os principais operadores lógicos são:

**Tabela 3 - Operadores Lógicos**

$\sim$	Não
$\wedge$	e
$\vee$	ou
$\rightarrow$	se .... então
$\leftrightarrow$	se e somente se
$ $	tal que
$\Rightarrow$	implica
$\Leftrightarrow$	equivalente
$\exists$	existe
$\exists  $	existe um e somente um
$\forall$	qualquer que seja

Autor: HAACK, Susan. (1978)

Os cinco primeiros operadores são os chamados conectivos lógicos (negação, conjunção, disjunção, implicação material, equivalência material). O sétimo e oitavo símbolos correspondem às chamadas implicação lógica e equivalência lógica, que são a implicação material tautológica e a equivalência material tautológica. O “tal que” corresponde a uma inferência lógica, isto é, à relação que existe entre premissas e conclusão de um argumento dedutivo válido. Os últimos três símbolos são os quantificadores lógicos, que falam da quantidade de coisas ou indivíduos acerca dos quais uma proposição versa, se fala de um, de alguns ou de todos as coisas ou indivíduos. O quantificador existencial não fala apenas da quantidade, mas também afirma a existência dos objetos (coisas ou indivíduos) sobre os quais opera. Para determinar as possibilidades de valores de verdade, quando seria verdadeiro e quando falso, de um enunciado, seja ele composto ou não, usa-se como instrumento a tabela verdade. O valor lógico verdadeiro

de uma proposição, isto é, que  $p$  é verdadeira, é expresso  $(p) = V$  e, analogamente, exprime-se que  $p$  é falsa escrevendo-se  $(p) = F$ .

Na lógica matemática, são utilizados os seguintes conectivos: (I) conjunção, (II) disjunção, (III) disjunção exclusiva, (IV) condicional (ou implicação material), (V) bicondicional (ou equivalência material), (VI) negação, sendo que escolhe-se, dependendo do contexto, entre a disjunção e a disjunção exclusiva.

A conjunção é representada pelo conectivo  $\wedge$ . Duas proposições,  $p$  e  $q$ , só poderão ter como saída o valor lógico verdadeiro (V) se  $p$  e  $q$  forem ambas verdadeiras.

Exemplos:

$p$ : Macacos são mamíferos (V)  
 $q$ : A capital do Acre é Rio Branco. (V)  
 $p \wedge q$ : (V)

$p$ :  $4 + 4 = 8$  (V)  
 $q$ :  $4 > 7$  (F)  
 $p \wedge q$ : (F)

Conjunção ( $\wedge$ )		
p	q	$p \wedge q$
V	V	V
V	F	F
F	V	F
F	F	F

A disjunção é representada pelo conectivo  $\vee$ . Duas proposições,  $p$  e  $q$ , só poderão ter como saída o valor lógico falso (F) se  $p$  e  $q$  forem ambas falsas. Exemplos:

$p$ : Macacos têm respiração branquial. (F)  
 $q$ : A capital do Acre é Brasília. (F)  
 $p \vee q$ : (F)

$p$ :  $4 + 4 = 8$  (V)  
 $q$ :  $4 > 7$  (F)  
 $p \vee q$ : (V)

Disjunção Inclusiva ( $\vee$ )		
p	q	$p \vee q$
V	V	V
V	F	V
F	V	V
F	F	F

A disjunção exclusiva é representada pelo conectivo  $\underline{\vee}$ . Será considerada verdadeira apenas quando uma das proposições for verdadeira, ou seja, “ou  $p$  ou  $q$ ” é verdadeira somente quando  $p$  e  $q$  têm valores lógicos contrários. Exemplos:

$(p) 4 + 4 = 8 \underline{\vee} (q) 4 > 7$  portanto  $V \underline{\vee} F = V$   
 $(p) 4 + 3 = 8 \underline{\vee} (q) 4 > 1$  portanto  $F \underline{\vee} V = V$

Disjunção Exclusiva ( $\underline{\vee}$ )		
p	q	$p \underline{\vee} q$
V	V	F
V	F	V
F	V	V
F	F	F

Na condicional (símbolo  $\rightarrow$ ; lê-se “se. então”): Inserindo este conectivo entre duas proposições  $p$  e  $q$  temos:  $p \rightarrow q$ , denominada condição de  $p$  e  $q$ , assim “ $p$ ” será condição suficiente para “ $q$ ” e “ $q$ ” condição necessária para “ $p$ ”.

O valor lógico da condição (V ou F), dependerá do critério básico que indica que uma condição  $p \rightarrow q$  só terá valor lógico falso (F) se a primeira proposição for verdadeira e a segunda for falsa.

$$A \rightarrow B \Leftrightarrow \sim A \vee B$$

$$A \rightarrow B \Leftrightarrow \sim B \rightarrow \sim A$$

Condicional ( $\rightarrow$ )		
p	q	$p \rightarrow q$
V	V	V
V	F	F
F	V	V
F	F	V

Na bicondicional, será inserido o conetivo “ $\leftrightarrow$ ” que significa “se e somente se”. Este conetivo estará entre as duas proposições  $p$  e  $q$ . Portanto:  $p \leftrightarrow q$ . Assim “p” será condição suficiente e necessária para “q”. O valor lógico da condição (V ou F) dependerá do critério básico que indica que uma condição  $p \leftrightarrow q$  só terá valor lógico verdadeiro (V) se as duas proposições tiverem o mesmo valor lógico (as duas verdadeiras ou as duas falsas). Exemplo:

$$p \leftrightarrow q \Leftrightarrow (\sim p \vee q) \wedge (p \vee \sim q)$$

Bicondicional ( $\leftrightarrow$ )				
p	q	$p \rightarrow q$	$q \rightarrow p$	$p (\leftrightarrow) q$
V	V	V	V	V
V	F	F	V	F
F	V	V	F	F
F	F	V	V	V

E por último, a operação lógica Negação. Esta operação utiliza a negação em uma proposição com o objetivo de alterar o valor lógico da sentença, portanto, se a afirmação de uma proposição for verdadeira, ela se tornará falsa e se for falsa, ela se tornará verdadeira. Exemplo:

p: O carro é preto  
 $\sim p$ : O carro não é preto

p	$\sim p$
V	F
F	V

### 3.1.1.3 – As Etapas do Processamento da Linguagem Natural

Como já foi apresentado, a PLN é utilizada para extrair informações úteis e relevantes de textos.

Em um mundo no qual as pessoas se comunicam cada vez mais entre si e agora com as máquinas, é possível observar a importância do estudo científico da linguagem para a área da inteligência artificial. Os linguistas defendem a ideia de que a gramática e a linguística são coisas totalmente diferentes, enquanto a gramática está preocupada com

a formalização da língua, descrevendo ou traçando normas para o seu uso, a linguística analisa os fatos da língua na sua situação de uso. Ambas tratam do mesmo assunto, mas sob ângulos diferentes (GALLI, 2013). Simon Dik (1940-1945), um importante linguista holandês, ficou famoso pelo desenvolvimento da Teoria da Gramática Funcional. Desde então, essa teoria tem sido utilizada em estudos linguísticos baseados nas mais variadas línguas.

Segundo Müller (2003), “existem basicamente quatro áreas principais de análise da linguagem de modo a compreender a sua estrutura, significado e interpretação”:

**Tabela 4: Etapas do Processamento da Linguagem Natural.**

<b>Análise</b>	<b>Descrição</b>
<b>Morfológica</b>	Estuda a construção das palavras, com seus radicais e afixos, que correspondem às partes estáticas e variantes da palavra, além das classes gramaticais, com suas inflexões verbais.
<b>Sintática</b>	Diz respeito ao estudo das relações formais entre as palavras em uma sentença.
<b>Semântica</b>	É um processo de mapeamento de sentenças de uma linguagem visando a representação de seu significado, baseado nas construções obtidas na análise sintática.
<b>Pragmática</b>	Diz respeito ao processamento da forma que a linguagem é utilizada para comunicar.

**Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.**

A análise morfológica, também conhecida como morfologia ou gramática (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 771), tem o objetivo de estudar as diversas palavras dentro do contexto frasal, visando determinar sua classe gramatical. Há dez classes gramaticais: substantivos, adjetivos, artigos, pronomes, numerais, verbos, advérbios, preposições, conjunções e interjeições. Este tipo de análise é utilizado para que o tamanho do dicionário não fique muito espaçoso, uma vez que fica mais simples o armazenamento do radical da palavra e de seus afixos. Afixos são os componentes que formam uma palavra juntamente com o radical, como o prefixo e o sufixo. O tratamento computacional deste tipo de análise é relativamente simples, baseia-se em regras que analisam as palavras e as classificam.

<b>Sufixo</b>	<b>Substantivo (radical)</b>	<b>Palavra derivada</b>
-zinho	Cão	Cãozinho

Por exemplo. A entrada **-zinho**, de uma tabela de sufixo, está associada a um diminutivo de um substantivo, portanto, a palavra **cãozinho** é o diminutivo da palavra **cão**, que é o seu radical. Dessa forma, são reconhecidas as palavras que não estão na sua forma padrão, já as adequando para a próxima fase, que é a análise sintática (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 772-783).

No contexto do processamento da linguagem, a gramática utilizada na análise sintática tem sido chamada de *modelo de linguagem*. Este modelo permite que o sujeito, ou o emissor, venha a interagir com o mundo na qual a linguagem vai representar as experiências do emissor, como: imagens, sons, palavras, sensações, sentimentos. Não há como pensar em algo sem usar pelo menos um dos elementos acima, portanto, o modelo de linguagem está associado a um amplo universo de frases possíveis, que podem ser modeladas para a representação de determinados domínios de análise.

O primeiro processamento que é efetuado na análise sintática é a identificação das classes das palavras, também conhecidas como classes morfológicas, etiquetas lexicais ou partes da fala. Veja a frase: “Eu estudei na escola”.

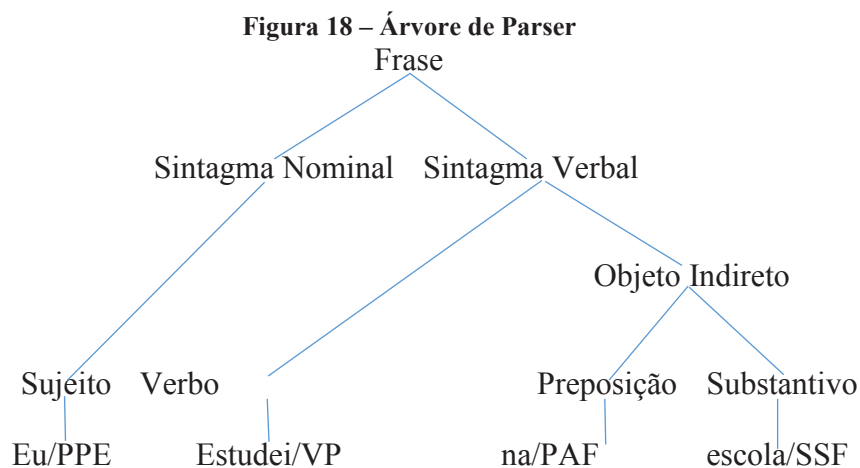
**Tabela 5 - Etiquetagem Sintática**

Etiqueta	Descrição	Palavra
<b>PPE</b>	<b>Pronome Pessoal</b>	Eu
<b>VP</b>	<b>Verbo no Passado</b>	Estudei
<b>PAF</b>	<b>Preposição + Artigo Feminino</b>	Na
<b>SSF</b>	<b>Sujeito Singular Feminino</b>	Escola

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Para a implementação de analisadores sintáticos é necessária a construção de um *parser*. Com este procedimento, é possível a verificação da posição das palavras. Pode-se dizer que a análise sintática transforma um texto na entrada em uma estrutura de dados, em geral uma árvore, o que é conveniente para o processamento posterior e captura a hierarquia implícita desta entrada (JURAFSKY; MARTIN, 2000). Para tanto, a linguagem é modelada por gramáticas livres de contexto, que divide as frases em árvores

de sintagmas nominal e verbal e, a partir daí, verifica que classe se enquadra em cada sintagma (veja figura 18).



**Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.**

Uma técnica bastante difundida que busca resolver os problemas de busca em árvore é o algoritmo de Earley. Este algoritmo é um tipo de programa que subdivide uma entrada (*input*) para que um outro possa atuar sobre ela. Ele é mais comumente usado em linguística computacional. É interessante porque pode analisar todas as linguagens livre de contexto.

Apesar da alta complexidade do processamento na análise morfológica e sintática, apenas com essas duas análises não é possível ajustar certas categorias de palavras. Portanto, são acrescentados, nas árvores de parser, os chamados anexos semânticos (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 784). Esse tipo de análise semântica tradicional pode ser construída ainda em tempo de análise sintática, à medida que a árvore de parser vai sendo completada.

Por exemplo, o anexo semântico apresentado na árvore da figura 18 é uma composição de uma rede semântica, na qual é definido o verbo “estudar”. A definição diz que este verbo necessita de um agente (aquele que estuda) e um paciente (algo em que o agente estuda).

E, por fim, existe a análise pragmática. Neste tipo de análise, estuda-se a linguagem no contexto de seu uso na comunicação. Ela foge da estrutura de apenas uma frase e busca nas demais frases a compreensão do contexto que falta na frase em análise.



A análise pragmática deve ser entendida como a capacidade de adquirir conhecimento cultural que os envolvidos na comunicação deverão usar em uma determinada língua. Este tipo de análise está além da construção da frase estudada na sintaxe ou do seu significado estudado pela semântica.

Um outro ponto importante na análise pragmática é a estratégia pragmática a ser implementada. Essas estratégias exigem o cumprimento de várias tarefas, como: saber quais atos de fala estão sendo executados por sentenças individuais ou orações do discurso; saber as relações pragmáticas que existem entre tais sentenças; qual ato de fala global está sendo executado por partes maiores ou pelo discurso como um todo; quais as relações entre atos de fala local ou global; que relações existem entre atos de fala globais em um dado discurso. Essas tarefas costumam ser complexas e requerem uma computação cognitiva bastante elaborada (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 790).

## Considerações Finais

Turing (1996, p. 60) finaliza o artigo com a seguinte frase: “Podemos avistar só um pequeno trecho do caminho à nossa frente, mas ali já vemos muito do que precisa ser feito”.

O matemático prevê um futuro com vários desafios. Muitos deles foram alcançados, outros não. A verdade é que quase 70 anos depois da publicação do artigo, no qual o principal objetivo era confrontar as ideias da condensa de Lovelace, este acabou virando uma espécie de bíblia da IA. A tecnologia utilizada naquela época é totalmente desproporcional ao que temos hoje, mas se pode dizer que boa parte das ideias trabalhadas no artigo foram concretizadas e ajudaram, de forma significativa, a alavancar os avanços tecnológicos existentes na época atual. Mas a tendência é que a IA continue a crescer de forma exponencial.

Ainda se mantêm muitos dos problemas teóricos da época de Turing, principalmente com relação à possibilidade de replicar a mente e a inteligência humana em máquinas, computadores e robôs. A filosofia continua debatendo acerca da verdade da tese da replicabilidade da mente, se esta pode ou não ser replicada em um ser não-vivo. Logo, as questões levantadas por Turing e debatidas por Searle ainda não têm respostas definitivas.

Ao longo da pesquisa ficaram evidentes os principais desafios para os dias atuais. Esses desafios são expressos hoje de formas diferenciadas dos tempos de Turing. Para o prof. Ernesto Costa, do departamento de Engenharia Informática da Universidade de Coimbra, o grande desafio do século XXI é descobrir o que é a consciência, e, sem sombra de dúvida, não termos ainda resposta unânime sobre a consciência humana, isto é, uma visão unificadora, é um grande obstáculo para a efetivação da Inteligência Artificial.

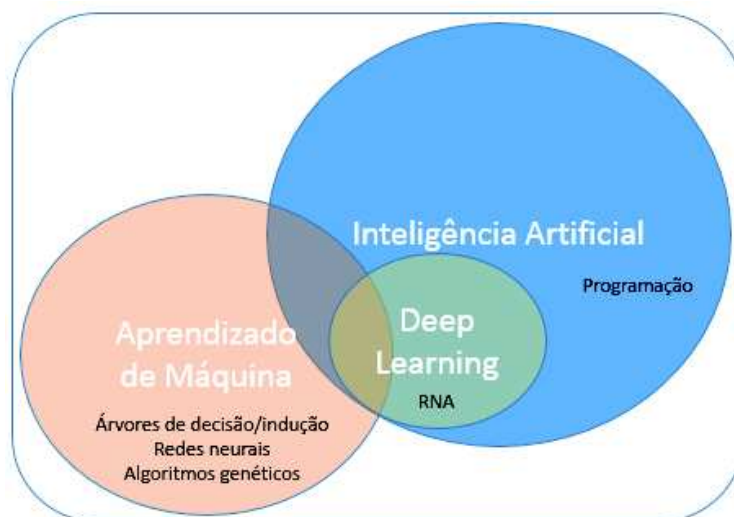
Mas o que falar das habilidades humanas aplicadas a robôs? Elas estão longe de serem reproduzidas em máquinas? Nick Bostrom (2012), filósofo sueco da Universidade de Oxford, entrevistou vários especialistas da área para fazer esta pergunta. A resposta obtida dos entrevistados foi em média, que entre 2040 a 2070 isso ocorrerá. Esta previsão poderá acontecer mais cedo ou mais tarde, todavia a verdade é que ninguém sabe quando isso vai acontecer. Mesmo assim, a tecnologia parece já apresentar evidências de atributos artificiais que vão bem além dos limites da máquina biológica. Um outro desafio para os estudos da IA é a questão da manipulação da informação por meio de um grande repositório chamando *big data*, que nada mais é do que a pesquisa e interpretação de

informações, prevendo tendências e ajudando na tomada de decisões estratégicas. Muitos processos cognitivos artificiais fluem através da Internet, ou seja, quando é feita uma pergunta, o sistema rastreia toda a Internet para apresentar a melhor resposta. Na prática, seria como se se estivesse lidando com uma inteligência quase infinita. Quanto mais você pergunta, mais ela aprende.

Em virtude dos fatos mencionados, ficou evidente que a IA não é simplesmente criar um programa (IA Fraca) para automatizar processos. Pois a IA tem a pretensão de não apenas simular a mente humana, mas, sim, tem o objetivo de replicá-la. Por isso, muitos profissionais da área não consideram este procedimento como Inteligência Artificial. Para o cientista da computação norte-americano John McCarthy (1969), o criador do termo Inteligência Artificial, a IA é um grande guarda-chuva que abriga várias ciências e programas e algoritmos que tornam máquinas capazes de realizar tarefas inteligentes e até mesmo aprender semelhantemente aos seres humanos (IA Forte). E a filosofia da mente busca respostas em diversas áreas do conhecimento, como: ciência cognitiva, computação, neurofilosofia, linguística, matemática, mecânica, entre outras áreas, para o melhor entendimento da IA.

No que tange ao contexto da produção de texto, a Inteligência Artificial, para a atualidade, pode ser vista e entendida de acordo com a imagem abaixo.

**Figura 19 - Os Componentes da IA**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

O fato é que o termo IA é um campo muito amplo (Figura 19), no qual é possível encontrar subdisciplinas que complementam a concepção de IA. Por exemplo, o Aprendizado de Máquina ou “*Machine Learning*”, para o Arthur Samuel (2013), é a

subdisciplina da IA que tenta dar aos computadores a capacidade de aprender, como já tentava Turing, sem que sejam explicitamente programados. Esta subdisciplina pode ser comparada com aquelas que tratam do aprendizado dos seres humanos, Psicologia, Linguística, Filosofia. Este aprendizado vem, nos humanos, com a experiência. Como vimos ao longo desta dissertação, em especial no capítulo 2, para replicar este aprendizado, ninguém pode dizer à máquina como chegar à solução, o próprio mecanismo tem de experimentar o problema várias vezes e criar o seu próprio modelo de solução. De forma genérica, seria uma forma de reconhecer padrões, quanto mais informações e experiência, melhor será o aprendizado da máquina.

Dentro do campo que investiga o aprendizado de máquinas, existe uma outra subdisciplina conhecida como *Deep Learning* que nada mais é, como vimos, do que um conjunto de algoritmos que tentam modelar abstrações de alto nível de dados usando a ideia do sistema nervoso humano. O conexionismo, também tratado por nós, é um dos assuntos abordado nesta subdisciplina. Esta doutrina unifica esforços para tentar entender e replicar a cognição humana. Ela apresenta uma proposta consistente para esclarecer a aprendizagem e explicar a memória, e a efetiva por meio de simulações da atividade neuronal.

Para responder à pergunta central do estudo “é possível uma máquina pensar? ”, tentamos, nesta dissertação responder o que pode ser entendido por “uma máquina pensar”. A máquina não possui alma, não existe a possibilidade de simular a alma. Além disso, a consciência é uma das características inatas do ser humano. O computador pode até simular sentimentos e emoções, mas não será algo real. Se for para analisar o ser humano na sua integralidade, ontologicamente, em suas três dimensões: físico, espiritual e mental, parece estarmos muito longe de simulá-lo.

Durante a investigação do assunto, foi constatado que a ação do pensar possibilita ao indivíduo a capacidade de julgamento. Para tanto, é necessário o uso do raciocínio lógico, que, permite, por exemplo, chegar a um denominador comum em relação à solução de um problema ou a uma deliberação razoável. Como ter certeza que uma máquina pensa desta forma? Não há uma resposta ainda bem definida a esta questão.

No decorrer do estudo, ficou muito claro a finalidade do Teste de Turing. Na tentativa de derrubar a teoria da Condensa Lovelace, Turing utilizou o experimento, também denominado “O Jogo da Imitação”, para decidir se uma máquina poderia pensar ou não, seria uma forma de testar ou medir a inteligência comportamental de uma

máquina. Com o passar do tempo, o experimento passou a ser questionado, criando assim, duas linhas de pensamentos. A primeira, como vimos, é a teoria do Funcionalismo Computacional, que diz que um estado mental é qualquer condição causal intermediária entre entrada e saída, ou seja, dois sistemas quaisquer com processos causais isomórficos teriam os mesmos estados mentais. Dessa forma, um programa de computador poderia ter os mesmos estados mentais de uma pessoa. Haveria, pois, a possibilidade de uma analogia entre mente e computador. A principal tese do funcionalismo afirma que a mente, na qualidade de instrumento de manipulação formal de símbolos, estaria para o cérebro assim como software está para o hardware. As ideias de Turing serviram de referência para o desenvolvimento desta doutrina. Em contraste com a teoria do funcionalismo, a segunda teoria, a qual também apresentamos, conhecida como Naturalismo Biológico, afirma que os estados mentais são características emergentes de alto nível, causadas por processos neurológicos de baixo nível, processos que ocorrem nos neurônios. Segundo o naturalismo, os estados mentais não podem ser reproduzidos apenas devido ao fato de alguns programas terem a mesma estrutura funcional que redes neuronais. Seria necessário que o programa estivesse em execução em uma arquitetura com o mesmo poder causal dos neurônios. Searle, um grande defensor da doutrina naturalista, como vimos, apresenta como exemplo o sistema computacional desenvolvido pela IBM denominado como Deep Blue. Ele argumenta que este programa não *sabe* que joga xadrez, não tem *consciência* de que está jogando xadrez e não entende nada a respeito xadrez. Na verdade, o que está acontecendo no computador é o funcionamento de um conjunto de algoritmos complexos para tomada de decisões. A conclusão de Searle é a de que a execução do programa apropriado não é uma condição suficiente para afirmarmos que ali, no computador, há uma mente.

Finalizo a pesquisa com a seguinte pergunta: Então o termo inteligência artificial estaria equivocado? Não necessariamente. Pode-se fazer uma analogia entre a Inteligência Artificial (IA) e a Luz Artificial (LA). A LA é uma onda eletromagnética desenvolvida por fontes alternadas. Quando comparada com a Luz Natural (LN - Sol), ambas atendem a pelo menos um critério, que é iluminar o ambiente. Apesar de toda limitação da LA comparada com o poder supremo da LN, seria incorreto utilizar o termo Luz Artificial?

A partir do momento em que a ciência passou a investigar o funcionamento do cérebro e compreender os fenômenos mentais, o homem começou não só a elaborar teorias e técnicas, mas também, passou a colocá-las em prática e, após uma série de

tentativas e erros, surgiu o termo Inteligência Artificial. Independentemente se a inteligência é artificial ou não, ambas atendem a um critério idêntico. Pode-se dizer que usar a palavra “artificial” é mais uma forma de rotular essa tecnologia, pois o pensar artificial é apenas uma simulação. É quase impossível uma máquina simular 100% a forma de funcionamento do cérebro, pelo menos nos dias atuais.

Mas por que é tão difícil os computadores reproduzirem o que o cérebro humano faz? A resposta em parte está no volume de conexão. O cérebro humano é composto por cerca de 200 bilhões de neurônios que estão ligados entre si por trilhões de conexões chamadas de sinapses. Ainda não existe uma tecnologia computacional que suporte esse número de conexões. Entretanto, como já dito acima, as muitas características do ser humano, enquanto ser vivo, impedem que se preveja com certeza a replicação de sua inteligência.

A evolução contínua do desenvolvimento científico e tecnológico da IA tende a provocar novos questionamentos acerca da relação entre as máquinas inteligentes e seres humanos. É correto também dizer que o assunto da IA é relativamente novo e pode ser foco de outros estudos nas mais diversas áreas. Tenho, pessoalmente, grande interesse pelo tema pesquisado e pensado em projetos futuros de investigação a respeito. Pretendo dar continuidade à investigação sobre o tema. Como já foi comentado no início da pesquisa, a Inteligência Artificial é um assunto de grande interesse da Filosofia. As explicações já fornecidas sobre o assunto ainda são incompletas.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ARTOSI, A. **Leibniz: Logico-Philosophical Puzzles in the Law**. Editora Springer, 2013.

BEE, H.; BOYD, D. **A criança em desenvolvimento**. 12<sup>a</sup> edição. Porto Alegre: Artmed, 2011.

BARCA, Maria; SILVEIRA, Tiago; MAGINI, Marcio. Treinamento De Redes Neurais Artificiais: O Algoritmo Backpropagation. *IX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica*, Universidade do Vale do Paraíba, 2005.

BARRETO, Vera, **Paulo Freire para educadores**. São Paulo: Arte & Ciências. 1998.

BÍBLIA A. T. Números. In: **BÍBLIA. Português. Bíblia Sagrada: Contendo o antigo e o novo testamento**. Tradução de João Ferreira de Almeida. Rio de Janeiro: Sociedade Bíblica Brasil, 1996.

BICUDO, M. A. V. **Filosofia da Educação Matemática: Fenomenologia, concepções, possibilidades didático-pedagógicas**. São Paulo: Editora UNESP, 2010.

BOSTROM, Nick. 2012. The Superintelligent Will: Motivation and Instrumental Rationality in Advanced Artificial Agents. In: MULLER, Vicente (Ed.). **Theory and Philosophy of AI**. Special issue, *Minds and Machines* 22 (2): 71-85.

BRAGA, Marco; GUERRA, Andreia; REIS, José. **Breve História da Ciência Moderna: Das luzes ao sonho do doutor Frankenstein**. Vol. 3. Rio de Janeiro. Jorge Zahar Ed., 2005.

BRIGGS, A; BURKE, P. **Uma História Social da Mídia. De Gutenberg à Internet**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2004.

CARBONEL, J. G.; HAYES, P. J. Robust Parsing Using Multiple Construction-Specific Strategies. In: BOLC, L. (ed.). **Natural Language Parsing Systems**. Berlin: Springer-Verlag, 1987.

CONNES, Alan; CHANGEUX, Jean-Pierre. **Matéria e Pensamento**. 1<sup>a</sup> Ed. São Paulo: Editora UNESP, 1995.

DALE, N. B.; LEWIS, J. **Ciência da computação**. Rio de Janeiro: LTC Ed., 2011.

DENNETT, Daniel C. **Tipos de mentes. Rumo a uma compreensão da consciência**. Rio de Janeiro: Rocco, 1997.

DESCARTES, René. **Discourse on Method and Meditations on First Philosophy**. New Haven & London: Yale University Press, 1996.

DIETRICH, Brenda; PLACHY, Emily; NORTON, Maureen. **Analytics Across the Enterprise: How IBM Realizes Business Value from Big**. IBM Press, 2014.

EVANS, J. **Filosofia para a vida: como os filósofos podem ajudar sua vida em questões práticas**. São Paulo: Editora Grupo LeYa, 2013.

FONSECA FILHO, Clézio. **História da Computação: o caminho do pensamento e da tecnologia**. Porto Alegre: Editora EDIPUC-RS, 2007. p. 77-78.

GUERRA, A.; BRAGA, M.; REIS, J. C. **Breve história da ciência moderna**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2003 (3 volumes).

HARRIS, Sam. **A morte da fé: Religião, terror e o futuro da razão**. São Paulo: Editora Companhia das Letras, 2009.

HERTZ, J.; KROGH, A.; PALMER, R. G. **Introduction to the Theory of Neural Computation**. Addison-Wesley Publ. Comp. cop., 1991.

HODGES, Andrew. **Turing: Um filósofo da natureza**. São Paulo: UNESP, 2001.

ISAACSON, Walter. **Os inovadores: Uma biografia da revolução digital**. 1ª edição. São Paulo: Companhia das Letras, 2014.

JURAFSKY, D.; MARTIN, J. H. **Speech and Language Processing - An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2000

KHALFA, Jean (org.). **A natureza da inteligência: uma visão interdisciplinar**. São Paulo: Editora UNESP & Cambridge University Press, 1996

KAKU, Michio. **O Futuro da Mente**. 1ª ed. Lisboa: Bizâncio, 2014

LUGER, G. F. **Inteligência Artificial - Estruturas e Estratégias para a Solução de Problemas Complexos**. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman.

MCCULLOCH, W. S.; PITTS, W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of mathematical Biophysics*, 1943, p. 115-137.

MAGEE, B. **História da Filosofia**. São Paulo: Edições Loyola, 2001.

MALONE, Michael. **A Guardiã de Todas As Coisas - Uma História Épica e Biográfica da Memória Humana**. 1ª Edição. Editora Cultrix, 2014

MARGONI, Lucas. **O Funcionalismo na Filosofia da Mente**. 2ª Ed. Porto Alegre: Editora fi, 2013.

MARQUES, Jordino. **Descartes e sua Concepção de homem**. São Paulo: Edições Loyola, 1993.

MARTINS, Ronaldo; SANTOS, Miriam. Podem as máquinas falar? In: DIAS, Cristiane. **Formas de mobilidade no espaço e-urbano: sentido e materialidade digital**. Série e-urbano, vol. 2, 2013.



McCARTHY, J.; HAYES, P. J. Some Philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence. In: **MACHINE INTELLIGENCE**, 4. Edinburgh: Edinburgh University Press, 1969. p. 463-502.

MEADOWS, M. **Nós, Robôs: Como a Ficção Científica se Torna Realidade**. São Paulo: Editora Cultrix, 2011.

MENDES, I. A. **Números o Simbólico e o Racional na História**. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MIGUENS, Sofia. **Filosofia da Linguagem – Uma Introdução**. Universidade do Porto, 2007.

MOOR, James. **The Turing Test: The Elusive Standard of Artificial Intelligence**. 1ª ed. Academic Publishers, 2003.

MUÑIZ, Sergio. **Delinqüência juvenil**. Livraria Agir Editora, 1959.

NOYES, James. **Artificial Intelligence with Common Lisp: Fundamentals of Symbolic and Numeric Processing**. D. C. Heath and Company, 1992. p. 9-25.

OXTOBY, J., PETTIS J., Price, B. John Von Neumann, 1903-1957. *American Mathematical Society*, 1988.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Inteligência Artificial**. Campus-Elsevier, 2013. Tradução da 3a. ed. americana.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. Prentice Hall Series in Artificial Intelligence, 1995.

SEARLE, J. **La riscoperta della mente**. 1992. Trad. It. Turim: Bollati Boringhieri, 1994.

SEARLE, J. R. Minds, brains, and programs. *Behavioral and Brain Sciences*, v. 3, n. 3, p. 417-457, 1980.

SILVEIRA, W. T. N. **Criando Ambientes Matemáticos Com Planilhas Eletrônica**. 2007. 93 f. Dissertação (Mestrado em Matemática) - Centro Federal De Educação Tecnológica Celso Suckow Da Fonseca - CEFET/RJ, Rio de Janeiro, 2007.

SNIDER, Pietro. **The Natural Problem of Consciousness, Printing and Binding**. Leck: CPI books GmbH, 2017.

SOUZA, João. **Lógica para ciência da computação: uma introdução concisa**. 2ª ed. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2008.

SOUZA, Leonardo. **GPS English: A maneira mais rápida e eficiente de falar Inglês**. 1ª Edição, 2014.

TEIXEIRA, João de Fernandes. **Cérebro, Máquina e Consciência: Uma Introdução à Filosofia da Mente**. São Carlos: Editora da UFSCar, 1996.

TEIXEIRA, João de Fernandes. **Filosofia da Mente e Inteligência Artificial**. 2ª ed. São Paulo: Editora Unicamp, 2009.

TEIXEIRA, João de Fernandes. **Mente e Máquina: Uma Introdução a Ciência Cognitiva**. 1ª ed. Porto Alegre: Editora Arte Médica, 1998.

TERLINDEN, Ulla. **City and Gender: Intercultural Discourse on Gender**. Terlinden: Urbanism and Architecture Editors, 2003.

TRIPICCHIO, Adalberto e Ana Cecília. **Teorias da Mente**. São Paulo: Tecmed, 2003.

TURAZZA, Jeni Silva. **Léxico e Criatividade**, São Paulo: Editora Annablume, 2005.

TURING, Alan Mathison. Computing machinery and intelligence. *Mind*, volume 59, nº 236, 1950.

TURING, Alan Mathison. On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem. *Proceedings of the London Mathematical Society*, série 2, n.42, 1936, p. 230-265.

WARWICK, Kevin; SHAH, Huma. **Turing's Imitation Game: Conversations with the Unknown**. Cambridge University Press. 2016. p. 76.

WEBER, L.; KLEIN, P. A. T. **Aplicação da Lógica Fuzzy em Software e Hardware**. ULBRA, 2003.

WINSBERG, Eric. **Science in the Age of Computer Simulation**. University of Chicago Press, 2010.

WITTMANN, L. H.; RIBEIRO, R. D. Recursos Lingüísticos e Processamento Morfológico do Português: o PALAVROSO e o projecto LEPAROLE. In: Lima, V. L. S. (ed.). **Anais do II Encontro para o Processamento Computacional do Português Escrito e Falado**. Porto Alegre: Todeschini, 1998.

ZELDES, Amir. **Productivity in Argument Selection: From Morphology to Syntax**. Walter de Gruyter, 2013.

### **Textos disponíveis exclusivamente na Web**

ACHUTTI, Camila. Watson – O mais inteligente dos computadores. 2011. Disponível em: <https://mulheresnacomputacao.com/2011/03/11/watson-o-mais-inteligente-dos-computadores/> Acesso em: 28/06/2017.

ANANDA, Rady. **9/11 Foreknowledge Caught On Computers That Measure Global Mind**. 2012. Disponível em: <http://www.activistpost.com/2012/02/911-foreknowledge-caught-on-computers.html>. Acesso em: 01/06/2017.

BORGES, J. P. A mulher tem alma? 2004. Disponível em: <http://www.gazetadigital.com.br/conteudo/show/secao/60/materia/23840/t/a-mulher-tem-alma>. Acesso em: 10/05/2017.

COSENZA, R. M. **Espíritos, Cérebros e Mentes. A Evolução Histórica dos Conceitos Sobre a Mente.** 2002. Disponível em: <http://www.cerebromente.org.br/n16/history/mind-history.html>. Acesso em: 03/04/2017.

DESCARTES, René (1996). **Discourse on Method and Meditations on First Philosophy.** New Haven & London: Yale University Press. pp. 34–5. Disponível em: <http://cogprints.org/7150/1/10.1.1.83.5248.pdf>. Acesso em: 10/05/2017.

FISHER, Josh. **Perceptron.** 2016. Disponível em: <http://guzintamath.com/blog/2016/05/perceptron/> Acesso em: 28/06/2017.

KANWISHER, N. **Um retrato neural da mente humana.** 2014. Disponível em: [https://www.ted.com/talks/nancy\\_kanwisher\\_the\\_brain\\_is\\_a\\_swiss\\_army\\_knife/transcript?language=pt-br](https://www.ted.com/talks/nancy_kanwisher_the_brain_is_a_swiss_army_knife/transcript?language=pt-br). Acesso em: 01/04/2017.

MENABREA, L. F. **Sketch of The Analytical Engine Invented by Charles Babbage.** Disponível em: <https://www.fourmilab.ch/babbage/sketch.html>. Acesso em: 02/05/2017.

NEISSER, U.; GWYNETH. **Intelligence: Knowns and unknowns.** Disponível em: <http://esse3.com.br/wp/o-que-e-inteligencia-artificial/>. Acesso em: 03/03/2017.

SVITAK, Adora. 2010. What adults can learn from children. Talk presented to TED Conference, Long Beach, California, February 13, [https://www.ted.com/talks/adora\\_svitak?language=pt-br](https://www.ted.com/talks/adora_svitak?language=pt-br).