

INTRODUÇÃO À INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Entre todas as criações tecnológicas e as incontáveis técnicas e ferramentas desenvolvidas pelo ser humano ao longo da história, a inteligência artificial (IA) é, sem dúvida, uma das conquistas mais emblemáticas já alcançadas pela humanidade. Dirigir um carro, empreender uma busca na internet, acionar um eletrodoméstico, conversar por meio de um celular ou controlar uma fábrica automatizada envolve uma diversidade de algoritmos e dispositivos criados para, em certa medida, simular o pensamento ou a ação humana, com o fito de facilitar operações específicas.

Em meados da década de 1950, quando surgiu a IA, havia uma grande expectativa de que em pouco tempo, com o avanço da tecnologia dos computadores, as máquinas chegariam ao mesmo patamar de inteligência humana. O que de fato aconteceu foram inúmeros fracassos, com muitas decepções em projetos de construção de IA, boa parte em função de subestimarmos os processos inteligentes que acontecem em nosso cérebro. Entretanto, em meio a tantas derrotas, criaram-se muitos produtos que levaram outros campos da ciência da computação a evoluir, propiciando o nascimento de áreas como a engenharia de *software*, os bancos de dados e o processamento compartilhado.

Podemos afirmar que a IA posiciona-se no ápice da história da tecnologia – iniciada com a manipulação das ferramentas em pedra pelos primeiros

hominídeos, passando pela Idade dos Metais e, posteriormente, pela criação dos primeiros dispositivos que utilizavam rodas dentadas, percorrendo um longo caminho até chegar ao advento da computação. O homem tem a capacidade de desenvolver ferramentas e realizar tarefas cognitivas a partir de seu intelecto, para, assim, adaptar-se melhor ao ambiente, podendo até mesmo alterá-lo conforme suas necessidades (Dennett, 1997). Com a invenção da IA, a tecnologia passou a contar com a simulação de processos inteligentes que auxiliam no reconhecimento de padrões, na tomada de decisão ou na execução de tarefas repetitivas.

São bastante diversificadas as pesquisas relacionadas à IA, diferenciando-se conforme o modo e a abordagem dos aspectos da inteligência. É possível, por exemplo, considerar a forma como os neurônios se comunicam, própria da fisiologia do cérebro. Mas também há possibilidade de focar a maneira como a mente lida com símbolos e abstrações.

Para analisar os diferentes vieses das pesquisas nessa área, precisamos primeiramente conceituar IA. Mas não sem antes conceituar *inteligência*. Como podemos defini-la? Todos os seres vivos que têm cérebro são, de certa forma, inteligentes? Ou seria a inteligência um privilégio do ser humano? Máquinas podem ser inteligentes? A que tipo de inteligência nos referimos?

Como você pode notar, definir inteligência não é tarefa simples nem trivial.

1.1 Definições de inteligência

Não há um consenso na comunidade científica quanto a uma definição de inteligência. Por exemplo, o psicólogo cognitivo Robert J. Sternberg (2010, p. 474, grifo nosso) a explica como “a capacidade que o ser humano tem para aprender com a experiência, usando **processos metacognitivos**¹ para incrementar a aprendizagem e a capacidade de adaptação ao ambiente que nos cerca”.

O teórico da aprendizagem Jean Piaget, por sua vez, conceitua *inteligência* com base nas interações do indivíduo com o **ambiente**, envolvendo um equilíbrio entre a assimilação (incorporação dos aspectos do ambiente à aprendizagem prévia) e a acomodação (mudança comportamental diante das demandas do ambiente). O resultado dessa interação, de acordo com Piaget, é o desenvolvimento de **estruturas cognitivas**, esquemas e operações que refletem no comportamento do indivíduo. Para Piaget, a inteligência é, antes de tudo, uma **inteligência em ação** (Lefrançois, 2013).

¹ Para o uso dos processos metacognitivos, é preciso estar a par de sua própria capacidade de aprender e saber refletir sobre como se aprende ou como se raciocina. De acordo com Sternberg (2010, p. 474), a inteligência envolve a “compreensão e o controle que as pessoas possuem de seus próprios processos de pensamento”.

Já o psicólogo Howard Gardner (1995) entende que a inteligência corresponde à capacidade de **resolver problemas** ou de **elaborar produtos** que sejam importantes em determinado ambiente ou em uma comunidade cultural específica. “A capacidade de resolver problemas permite à pessoa abordar uma situação em que um **objetivo** deve ser atingido e localizar a rota adequada para [alcançar] este objetivo.” (Gardner, 1995, p. 21, grifo nosso).

O matemático e cientista da computação Marvin Minsky (1989), um dos fundadores do campo da inteligência artificial, criticava a busca por uma definição de inteligência. Ele propunha que, em vez disso, nos concentrássemos em explicar o modo como usamos a inteligência. De acordo com Minsky (1989, p. 71, grifo nosso), “nossas mentes contêm processos efetuados por meio de agentes que nos capacitam a **resolver problemas** que consideramos difíceis. Inteligência é o nome que damos a qualquer um destes processos que ainda não compreendemos”.

Com base no exposto, é possível observar que alguns aspectos que caracterizam a inteligência se repetem:

- capacidade de resolução de problemas;
- aprendizado com o ambiente;
- desenvolvimento de estruturas cognitivas;
- orientação a metas.

Na análise dos conteúdos deste livro, tais itens também estarão presentes. O desenvolvimento das estruturas cognitivas – como as memórias que se formam a partir do aprendizado – são processos internos que acontecem na mente. Entretanto, cabe notar que uma das características mencionadas está relacionada à interação com o ambiente: é necessária a existência do ambiente para o desenvolvimento da própria inteligência. A partir da experiência, aprimoramos a capacidade para resolver problemas. Constatamos, assim, que há elementos internos, relacionados aos processos cognitivos, e externos, relacionados à ação no ambiente.

1.1.1 Definições de inteligência artificial

Na esteira da definição de inteligência, não há também uma forma única para conceituar *inteligência artificial* (IA). Existe uma série de elementos que se manifestam de maneiras diferenciadas e também em razão de interpretações distintas sobre como os processos de IA se correlacionam com os mecanismos do cérebro e da mente humana.

2 A palavra *framework* é usada com frequência na área de engenharia do conhecimento para denotar uma compilação de diferentes conceitos ou conhecimentos.

Stuart J. Russell e Peter Norvig (2004, p. 5, grifo nosso) compilam diferentes definições de IA a partir da categorização em “processos de **pensamento**, relativos aos mecanismos de raciocínio, e processos de **ação** ou **comportamento**, relativos ao comportamento do artefato”. Transversalmente a esses processos, os autores consideram também a similaridade com relação ao ser humano ou a alguma racionalidade envolvida, produzindo um *framework*² em categoria, nos quais as definições são classificadas conforme os Quadros 1.1 e 1.2.

Quadro 1.1 – Framework para definições de IA em categoria

	Ser humano	Racionalidade
Pensar	Sistemas que pensam como seres humanos.	Sistemas que pensam racionalmente.
Agir	Sistemas que agem como seres humanos.	Sistemas que agem racionalmente.

Fonte: Elaborado com base em Russell; Norvig, 2004.

Quadro 1.2 – Definições de IA conforme o *framework* de quatro categorias

Sistemas que pensam como seres humanos	Sistemas que pensam racionalmente
“O novo e interessante esforço para fazer os computadores pensarem ... máquinas com mentes , no sentido total e literal.” (Haugeland, 1985)	“O estudo das faculdades mentais pelo uso de modelos computacionais.” (Charniak; McDermott, 1985)
“[Automatização de] atividades que associamos ao pensamento humano, atividades como a tomada de decisões, a resolução de problemas, o aprendizado...” (Bellman, 1978)	“O estudo das computações que tornam possível perceber, raciocinar e agir.” (Winston, 1992)
Sistemas que atuam como seres humanos	Sistemas que atuam racionalmente
“A arte de criar máquinas que executam funções que exigem inteligência quando executadas por pessoas.” (Kurzweil, 1990)	“A Inteligência Computacional é o estudo do projeto de agentes inteligentes.” (Poole et al., 1998)

Fonte: Russell; Norvig, 2004, p. 5, grifo do original.

Ao passo que *pensar* se refere aos mecanismos implícitos existentes no cérebro (na mente), *agir* se refere à manifestação no mundo real de um comportamento inteligente. Podemos enquadrar na categoria *pensar como um ser humano*, por exemplo, um *software* inteligente que envolva tomada de decisões com base em conhecimentos adquiridos de um ser humano especialista. Na categoria *pensar racionalmente*, por sua vez, é possível incluir tanto um sistema inteligente que execute raciocínios de acordo com regras da lógica (como o uso da programação lógica, ou Prolog) quanto um sistema de jogo de xadrez que execute as regras predefinidas.

Para saber mais

O computador Deep Blue, desenvolvido pela IBM (International Business Machines) na década de 1990, tornou-se famoso por vencer Garry Kasparov, campeão mundial de xadrez. Você pode acessar um texto sobre essa história por meio do *link* referenciado a seguir ou do QR Code disponível ao lado.



ALTMAN, M. Hoje na história: 1996 – Kasparov derrota o computador Deep Blue da IBM. **Opera Mundi**, São Paulo, 17 fev. 2011. Disponível em: <<http://operamundi.uol.com.br/conteudo/noticias/9727/hoje-na-historia+1996++kasparov+derrota+o+computador+deep+blue+da+ibm.shtml>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

Como se pode observar, diferentes conceitos de IA podem ser enquadrados no *framework* de Russell e Norvig (2004). De acordo com Luger (2013, p. 1), a IA “pode ser definida como o ramo da ciência da computação que se ocupa da automação do comportamento inteligente”. As teorias e técnicas concernentes devem ser fundamentadas em princípios sólidos e aplicadas a partir dos estudos da ciência da computação, abrangendo as estruturas de dados e algoritmos implementados por meio de linguagens e técnicas de programação. Desse modo, a definição de Luger (2013) pode enquadrar-se também na categoria relacionada à ação. Quanto ao comportamento inteligente referido nessa citação, ele requer uma ação sobre o ambiente e é característico da automação e da robótica. É o caso, por exemplo, de um robô antropomórfico que execute movimentos similares aos do ser humano (tal como o robô Asimo, desenvolvido pela Honda, que caminha, corre, empurra carrinho de supermercado e serve cafezinho). Um robô como esse poderia ser classificado na categoria *agir como um ser humano*.

Para saber mais

Para conhecer o robô Asimo, cujo projeto foi desenvolvido pela empresa japonesa Honda, com a finalidade de executar diversas tarefas cotidianas do ser humano, acesse o *link* referenciado a seguir ou o QR Code disponível ao lado.



ASIMO: o robô humanoide da Honda. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Mp0Ijz78zEM>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

Na categoria *agir racionalmente*, por sua vez, podem ser incluídos robôs que executem alguma atividade no ambiente de maneira diferente da humana. É o

caso de um robô aspirador de pó que executa um algoritmo de limpeza desviando-se de obstáculos por meio de seu sensoriamento de proximidade. Um robô de solda que opera em uma fábrica também pode ser assim categorizado.

Para saber mais



O termo *robô* provém do inglês *robot*, que, por sua vez, resulta de uma tradução da palavra *robota*, cunhada por Karel Čapek (escritor nascido onde hoje se localiza a República Tcheca). O termo significa “trabalho compulsório ou escravo”. Čapek escreveu a peça de teatro *R.U.R.* (iniciais de Rosumovi Univerzální Roboti), que conta a história do cientista Rossum, desenvolvedor de uma substância utilizada para a fabricação de humanoides. Você pode conhecer um pouco mais sobre essa e outras histórias que envolvem robôs acessando o *post* “Robôs do Passado” pelo *link* indicado a seguir ou por meio do QR Code disponível ao lado.

GAZIRE, N. **Robôs do passado**. 19 abr. 2012. Disponível em: <<http://www.select.art.br/robos-do-passado/>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

1.2 Linhas de pesquisa

Os estudos na área de IA resultam da confluência de pesquisadores de diversas áreas do conhecimento: filosofia, matemática, engenharia de computação, ciências cognitivas, psicologia, cibernética e outras. Muitos desses cientistas começaram suas pesquisas em suas áreas de origem e, depois, adotaram objetos de investigação pertinentes à pesquisa de IA.

Uma indagação comum a esses especialistas em áreas tão diversificadas refere-se ao funcionamento do cérebro ou da mente, um campo de investigação que tem ramificações na filosofia e na psicologia cognitiva e exerce influência decisiva na maneira como se constroem dispositivos inteligentes.

A confluência de múltiplas disciplinas com abordagens variadas para o estudo e o desenvolvimento de AI levou à distinção de duas linhas fundamentais de pesquisa. Se assumirmos a perspectiva que prioriza o **cérebro** com seus elementos mais básicos, os neurônios e as sinapses que os conectam, nosso principal desejo é construir cérebros artificiais, com neurônios artificiais que simulem a maneira como os mecanismos eletroquímicos dos cérebros biológicos funcionam. Mas quando adotamos uma perspectiva centrada na **mente**, que atua com base no processamento de símbolos, como um *software*

executado sobre um *hardware* (cérebro fisiológico), então, nosso desejo mais decisivo é construir dispositivos que lidem com tais símbolos da mesma forma como a mente humana os processa.

O primeiro caso se enquadra na linha de pesquisa em IA que denominamos **conexionista**, voltada à arquitetura de dispositivos que simulem as células biológicas que interagem para que ocorram os processos responsáveis pela inteligência. Na linha conexionista, podemos exemplificar com as pesquisas que visam ao desenvolvimento de redes neurais artificiais e de sistemas imunológicos artificiais.

As **redes neurais artificiais** (RNA) constituem um campo de pesquisa que tem por preocupação lidar com tarefas como o reconhecimento de padrões, a previsão e a tomada de decisão mediante o uso de redes de unidades conectadas, treinadas por algoritmos que funcionam com base em amostras do mundo real e podem, assim, aprender a classificar padrões (Haykin, 2001). Os **sistemas imunológicos artificiais** tomam por referência o funcionamento do sistema imunológico dos seres vivos, que reconhece de forma muito rápida quaisquer elementos estranhos (antígenos) que entram em um organismo vivo e desencadeiam uma reação defensiva, a qual resulta na produção de anticorpos destinados a eliminar os antígenos invasores (Medeiros et al., 2008).

No segundo caso, há a linha de pesquisa denominada **simbólica**, que busca lidar com processos inteligentes utilizando linguagens baseadas em lógica e na construção de redes semânticas para solucionar problemas e simular conhecimento especialista para contextos de diagnóstico.

Os sistemas derivados dessa linha de pesquisa são os **sistemas baseados em conhecimento**, incluindo as pesquisas sobre a linguagem **Lisp** (Bittencourt, 1998), que trabalha com representação de conhecimento em forma de listas, e a linguagem de programação lógica **Prolog** (Palazzo, 1997, p. 2), que “permite a manipulação de símbolos através de representação de conhecimento na forma de fatos e regras”. Os **sistemas especialistas** constituem-se em uma das áreas mais relevantes da linha simbólica. O termo se refere a sistemas em que o conhecimento de um especialista humano em uma área bem-delimitada é representado por uma linguagem, de forma a permitir o diagnóstico de situações e a execução de ações como se um ser humano os fizesse (Russell; Norvig, 2004). Portanto, é importante salientar que, na linha simbólica, a preocupação é dirigida à forma como a mente pensa, e não ao funcionamento do cérebro, com suas partes e divisões.

Também na área simbólica, há pesquisas realizadas na área de **ontologias**, que se referem a representações do conhecimento obtidas por consenso,

em áreas de domínio específicas do conhecimento humano, podendo ser manipuladas tanto por pessoas quanto por agentes inteligentes. As ontologias permitem representação e procedimentos para inferência e raciocínio sobre tal representação, possibilitando o desenvolvimento da **web semântica** (Corcho; Fernández-López; Gómez-Pérez, 2008).

Outra linha de pesquisa que se soma à simbólica e à conexionista e que não se limita ao esquema mente-cérebro é a denominada **evolucionária**, na qual se fundamentam as pesquisas de IA relacionadas ao modo como se processa a evolução biológica sobre o planeta, que buscam simular processos evolucionários semelhantes em sistemas de computador com vistas à resolução de problemas.

Nessa linha de pesquisa enquadra-se uma das áreas mais exploradas no campo da IA: a dos **algoritmos genéticos**. Trata-se de uma classe de algoritmos de busca, que implementam conceitualmente uma solução inicial, a qual evolui ao longo da execução do próprio algoritmo. No decorrer dessa execução, aplicam-se operadores que simulam a seleção natural biológica, o cruzamento de cromossomos e a mutação genética, de modo que se produzem soluções melhores ao longo de várias gerações (Linden, 2012). Outra área bastante estudada é a da **programação genética**. Nesse caso, não há a preocupação em elaborar programas, pois o próprio algoritmo cria uma programação inicial, e os blocos de programas vão se combinando e evoluindo de acordo com o objetivo a ser alcançado, até que se obtenham programas capazes de executar a tarefa desejada. Também se aplicam à programação genética processos equivalentes à seleção natural biológica e à mutação genética (Koza, 1992).

Diante desse cenário, portanto, é possível reconhecer uma divisão das linhas de pesquisa em IA em três grandes áreas: 1) simbólica, 2) conexionista e 3) evolucionária.

1.3

Breve histórico

A primeira manifestação oficial como campo de pesquisas científicas em inteligência artificial foi registrada em 1956, por ocasião da Conferência de Dartmouth. Tratava-se de uma conferência de verão, com duração de dois meses, promovida pelo Dartmouth College (Hanover, New Hampshire), sobre temas como computação automática, computação com uso da linguagem natural, redes neurais, aleatoriedade e criatividade e abstrações. Os proponentes do evento foram os pesquisadores John McCarthy (Dartmouth College), Marvin

Minsky (Universidade de Harvard), Nathaniel Rochester (IBM) e Claude Shannon (Bell Laboratories). No Quadro 1.3, a seguir, podemos encontrar breves biografias desses proponentes e de alguns outros pesquisadores que viabilizaram a então nascente área de IA.

Quadro 1.3 – Principais pesquisadores que contribuíram para a criação do campo da IA

Pesquisador	Contribuição
John McCarthy (1927-2011)	Considerado um dos fundadores da disciplina, foi quem cunhou o termo <i>inteligência artificial</i> , além de ter sido um dos organizadores da Conferência de Dartmouth. Desenvolveu a família de linguagens de programação Lisp, que trabalha basicamente com listas de dados. Teve influência no desenvolvimento da linguagem Algol e popularizou a ideia de compartilhamento de tempo (<i>time sharing</i>).
Marvin Minsky (1927-2016)	Cientista cognitivo, é considerado cofundador da área de IA. Foi um dos organizadores da Conferência de Dartmouth e também cofundador do laboratório de IA do Massachusetts Institute of Technology (MIT). Sua principal contribuição foi ter construído o primeiro computador com base em redes neurais. Escreveu com Seymour Papert o livro <i>Perceptrons</i> , no qual descreveram a incapacidade do <i>perceptron</i> simples para resolver certos problemas, como o problema do XOR*. Desenvolveu uma teoria da mente como uma sociedade de agentes, em que a inteligência resulta da interação de partes não inteligentes.
Nathaniel Rochester (1919-2001)	Considerado cofundador da inteligência artificial, foi engenheiro e pesquisador da IBM. Liderou um grupo de estudos que empreendeu vários projetos nas áreas de reconhecimento de padrões e teoria da informação. Entre outros resultados bem-sucedidos, o grupo simulou o comportamento de redes neurais abstratas em um computador IBM 704.
Claude Shannon (1916-2001)	Matemático, engenheiro eletrônico e criptógrafo, é considerado o pai da teoria da informação, bem como um dos inventores do circuito digital e do computador digital. Propôs uma medida de incerteza de informação, que constitui o fundamento da teoria matemática da comunicação. Também foi participante e organizador da Conferência de Dartmouth.
Norbert Wiener (1894-1964)	Matemático que ficou conhecido como o fundador da cibernética. Foi o primeiro a constatar que a informação estava no mesmo nível de importância da matéria ou da energia. Trabalhou para o governo estadunidense no desenvolvimento de sistemas de mira automática. Desenvolveu o estudo dos sistemas autorregulados e formulou o conceito de <i>retroalimentação negativa</i> . Foi integrante das conferências Macy, contribuindo, assim, para a consolidação da teoria cibernética.
Frank Rosenblatt (1928-1971)	Psicólogo que foi considerado uma espécie de "homem da Renascença" em virtude de sua excelência em várias áreas, incluindo computação, matemática, neurofisiologia, astronomia e música. Em 1957, inventou o <i>perceptron</i> , um dispositivo eletrônico construído de acordo com princípios biológicos e que demonstrava capacidade de aprendizado. Desenvolveu e estendeu a ideia que deu origem ao <i>perceptron</i> em diversos artigos e em seu livro <i>Princípios de neurodinâmica</i> .

* XOR refere-se ao operador *ou-exclusivo* da lógica.

Fonte: Elaborado com base em Russell; Norvig, 2004; Haykin, 2001; Bittencourt, 1998.

Assim como podemos distinguir diferentes linhas de pesquisa em IA, também é possível reconhecer certos eventos que marcaram a história dessa disciplina. De modo geral, nos dias de hoje, as aplicações em mecatrônica e robótica não utilizam apenas elementos derivados de uma teoria ou de outra, mas abordagens híbridas, que buscam explorar o melhor que cada técnica ou algoritmo pode oferecer, de acordo com os problemas em questão.

Para saber mais

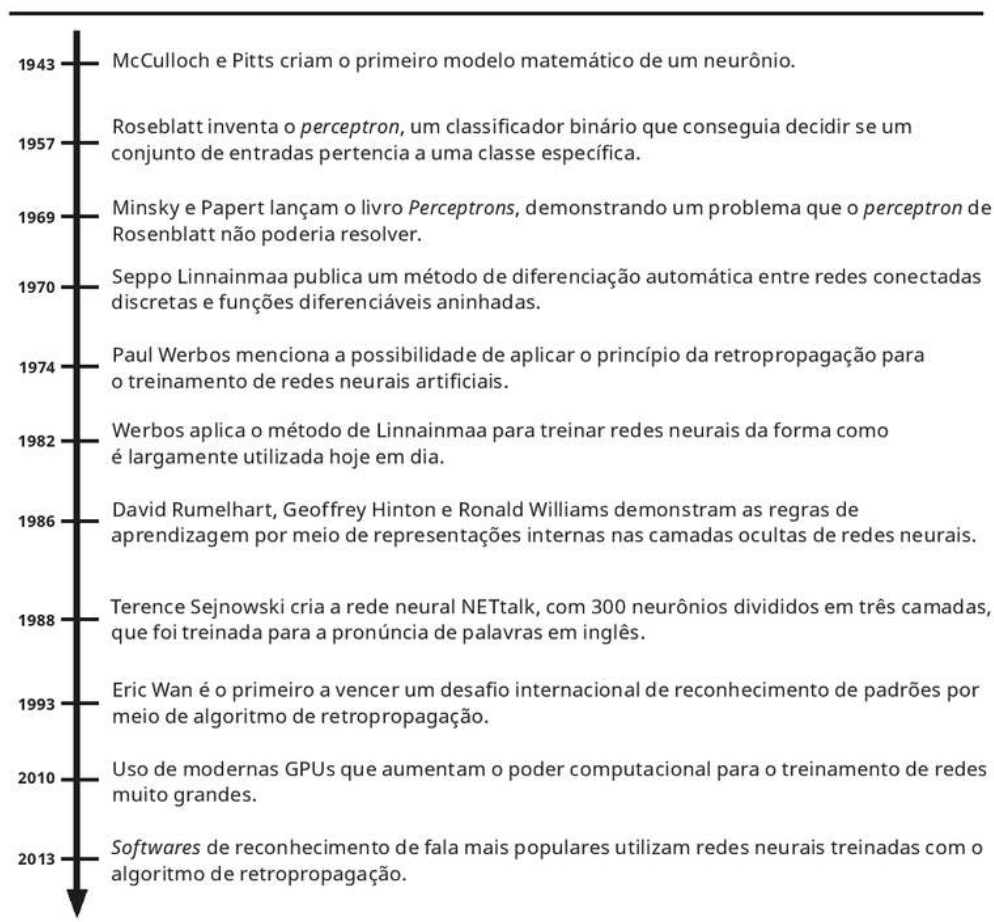


O documento contendo a chamada para o projeto de pesquisa de verão em inteligência artificial no Dartmouth College, de autoria de John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester e Claude Shannon, pode ser acessado por meio do *link* indicado a seguir ou do QRCode disponível ao lado.

MCCARTHY, J. et al. **A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence**. 31 Aug. 1955. Disponível em: <<http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

Na Figura 1.1, apresentamos uma linha do tempo que registra alguns dos eventos que marcaram o desenvolvimento da linha **conexionista**. Basicamente, os neurônios foram descobertos no início do século XX pelo neurofisiologista espanhol Santiago Ramon y Cajal (1852-1934). Em 1943, nasce a área de estudos de redes neurais com a primeira modelagem, feita por Warren S. McCulloch e Walter Pitts, de um neurônio artificial. As redes neurais se disseminam a partir da pesquisa de Rosenblatt, com a criação de seu *perceptron*, um classificador binário baseado em entradas provenientes de sensores e que conseguia decidir se tais entradas pertenciam a uma classe específica (Haykin, 2001).

Figura 1.1 – Linha do tempo com os principais eventos que marcaram a abordagem conexionista da IA



Fonte: Elaborado com base em Haykin, 2001.

Para saber mais

Com seus estudos sobre o *perceptron*, Rosenblatt fez uma série de contribuições para o desenvolvimento da IA. Acesse-as por meio do *link* indicado a seguir ou do QRCode disponível ao lado.

ROSENBLATT, F. **Rosenblatt's Contribution**. Disponível em: <<http://csis.pace.edu/~ctappert/srd2011/rosenblatt-contributions.htm>>. Acesso em: 28 jun. 2018.



De forma geral, no período de desenvolvimento da IA, o otimismo referente à possibilidade de decifrar os mecanismos da inteligência humana deu

vazão a muitas promessas e, posteriormente, a decepções. Isso ocorreu em consequência tanto do desconhecimento dos princípios que fundamentam a inteligência quanto dos limites práticos relativos à capacidade de processamento dos computadores que estavam disponíveis à época das pesquisas (Russell; Norvig, 2004).

Os pesquisadores da área de IA eram bastante ousados em suas previsões de sucesso das pesquisas. Em 1957, por exemplo, Herbert Simon previa que em 10 anos um campeonato mundial de xadrez seria vencido e um teorema matemático relevante seria provado por um computador (Russell; Norvig, 2004). Ainda que não tenham levado dez anos para se realizar, porém, tais previsões finalmente se concretizaram depois de transcorridos 40 anos. Na Figura 1.2, apresentamos uma linha do tempo que enumera alguns eventos marcantes da abordagem **simbólica** da IA.

Figura 1.2 – Linha do tempo com os principais eventos que marcaram a abordagem simbólica da IA



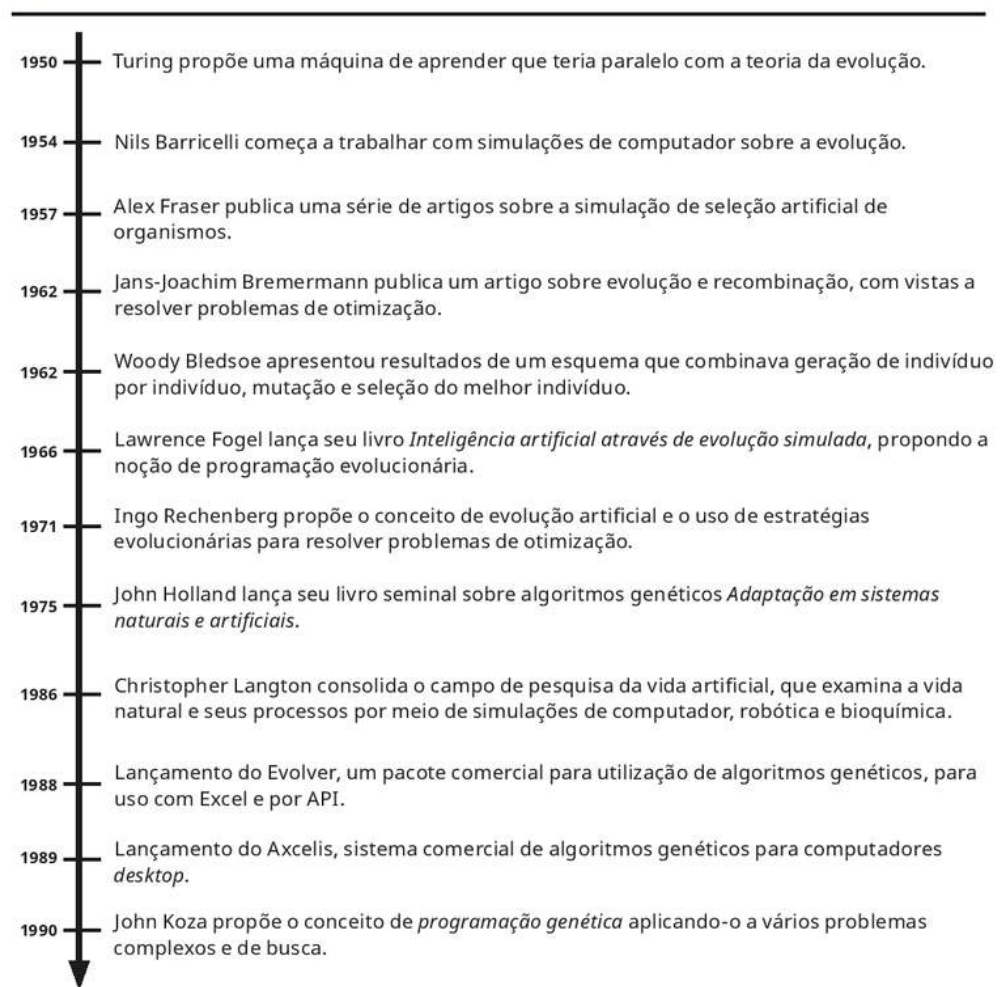
Fonte: Elaborado com base em Russell; Norvig, 2004; Bittencourt, 1998; Weizenbaum, 1976.

Conforme Bittencourt (1998), a história da IA simbólica pode ser dividida em três períodos: clássico, romântico e moderno. No período **clássico** (1956-1970), o objetivo era a simulação da inteligência humana utilizando solucionadores gerais de problemas e sistemas baseados em lógica proposicional e de primeira ordem. O principal motivo do fracasso foi a subestimação da complexidade computacional dos problemas. No período **romântico** (1970-1980), pretendia-se simular a inteligência humana em situações predeterminadas utilizando formalismos de representação do conhecimento adaptados ao problema, e não mais formalismos gerais, como se propunha no período anterior. Mesmo assim, o que se obteve foi o fracasso motivado pela subestimação da quantidade de conhecimento necessária para resolver mesmo o problema mais banal do cotidiano. Entretanto, houve o desenvolvimento de vários conceitos que impulsionaram algumas áreas da ciência da computação, como o da orientação ao objeto, o dos ambientes de desenvolvimento e de *softwares* e o de processamento de tempo compartilhado. No período **moderno** (1980-), o objetivo tem sido simular o comportamento de um especialista humano ao resolver problemas em domínios bem específicos. Como metodologias, utilizam-se sistemas de regras de produção, modelos de representação de conhecimento com incerteza e também algumas abordagens conexionistas. Ainda assim, um motivo de fracasso continua sendo subestimar o problema da aquisição de conhecimento. Porém, outras áreas da computação foram beneficiadas com as pesquisas resultantes, tais como a engenharia de *softwares* e os bancos de dados.

A linha **evolucionária** caracteriza-se pela aplicação da teoria da evolução natural (Darwin, 2010) e seus conceitos a simulações de computador e algoritmos para resolução de problemas. Os modelos mais conhecidos são relativos à área de algoritmos genéticos, programação genética, autômatos celulares e vida artificial. Algoritmos genéticos são aplicados em problemas de otimização, na busca de soluções ótimas em problemas intratáveis³. Hoje, utilizamos os conceitos de algoritmos genéticos e programação evolucionária em arquitetura de circuitos eletrônicos, programação de jogos, previsão do tempo, descoberta de identidades matemáticas e modelagem de sistemas planetários extrassolares. Na Figura 1.3, apresentamos uma linha do tempo com alguns eventos que marcaram o desenvolvimento da linha evolucionária da IA.

³ Um problema é considerado *tratável* quando seu limite superior de complexidade é polinomial e *intratável* quando o limite superior é exponencial (Toscani; Veloso, 2009).

Figura 1.3 – Eventos que marcaram a linha evolucionária da IA



Fonte: Elaborado com base em Bittencourt, 1998; Linden, 2012; Koza, 1992.

- Síntese

Neste capítulo, ao introduzir o estudo da IA, discutimos sua importância como área de pesquisa em franca expansão, a qual reúne conhecimentos de diversas áreas e soma contribuições de vários pesquisadores. Apresentamos diferentes definições de IA, conforme os quadrantes originados dos critérios adotados pelos processos de raciocínio e de comportamento.

Retratamos também as três linhas de pesquisa em IA: simbólica, conexionista e evolucionária, as quais demonstram diferentes perspectivas na