

Inteligência Artificial na Medicina: História, Evolução e Aplicações

***Prof. Renato M.E. Sabbatini, PhD,
FAMIA, FACMI, FIAHSI***

INTEGRANDO
**INTELIGÊNCIAS NA
GESTÃO DA SAÚDE**

15-17 ABR | 2025
ROYAL PALM HALL, CAMPINAS (SP)

34º
CONGRESSO
FEHOSP



Renato Marcos Endrizzi Sabbatini, PhD, FAMIA, FACMI, FIAHSI, SBIS (Hon.)

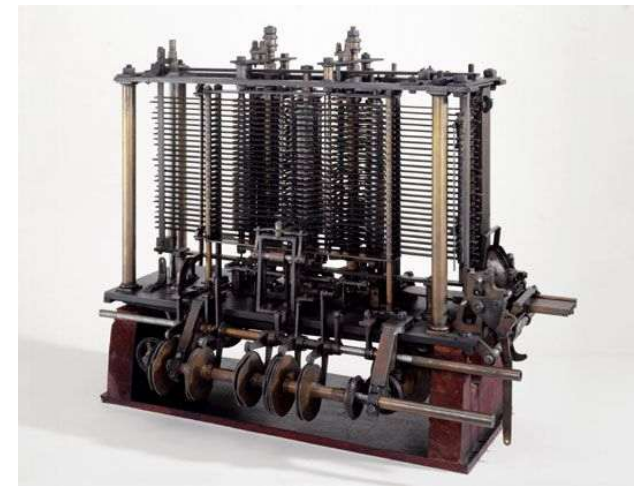


- É graduado e doutorado pela **Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da USP**, onde também foi professor de fisiologia por 15 anos. Em 1983 fundou o Núcleo de Informática Biomédica da UNICAMP, que dirigiu, e foi professor de informática médica da **Faculdade de Ciências Médicas** e de engenharia biomédica da **Faculdade de Engenharia Elétrica e da Computação** por mais 20 anos.
- Atualmente é professor adjunto e colaborador de saúde digital em várias instituições. É Fellow da International Academy of Health Sciences Informatics, da American Medical Informatics Association e do American College of Medical Informatics.
- Diretor de educação da **SBIS** (2010-2012), **HL7 Brasil** e ABCIS.
- Tem 54 anos de experiência como professor, pesquisador e consultor na área, especialmente em Inteligência Artificial em Saúde, Big Data & Data Analytics, Bioestatística e Epidemiologia, Padrões em Informação em Saúde, Certificação, Interoperabilidade, Aplicações Clínicas e em Pesquisa, Telemedicina/Telessaúde e Tecnologias Educacionais.
- **Primeiros trabalhos em IA/ML em saúde:** 1974 – Aprendizado de máquina não supervisionado em big data; 1988 – Sistemas especialistas, 1992 – Redes neurais artificiais



Um sonho antigo...

- A possibilidade de desenvolver artefatos (máquinas mecânicas e/ou elétricas) capazes de raciocinar e apresentar inteligência como a dos seres humanos é um sonho antigo da humanidade;
 - Os primeiros computadores automáticos (Babbage, 1837) mostraram que isso seria possível um dia, substituindo tarefas mentais árduas e demoradas para nosso cérebro;
 - Com o surgimento dos computadores eletrônicos programáveis de alta velocidade (1950), surgiu um novo ramo da ciência da computação, chamado de Inteligência Artificial (IA);
 - Há **50 anos** surgiam as primeiras **aplicações da IA na Medicina** (redes neurais artificiais e sistemas baseados em lógica).
-



Máquina Analítica – Babbage - 1837

O que é envolvido na inteligência humana?

- Capacidade de interagir com o mundo real (perceber, entender, agir, comunicar-se, de preferência em linguagem humana natural);
- Raciocínio e planejamento, modelagem do mundo externo, resolução de problemas, capacidade de tratar problemas novos e imprevistos;
- Capacidade contínua de aprendizado e adaptação; formação de um conjunto crescente e coerente de conhecimentos.



O que é Inteligência Artificial?

- É um conjunto de métodos e técnicas que permitem dotar computadores de **capacidade cognitiva** imitativa da inteligência natural humana em domínios especializados;
- Termo criado por John McCarthy (MIT) em 1956;
- É de natureza **heurística**, ou seja, seu mecanismo intrínseco não é igual ao da inteligência humana, mas obtém **resultados semelhantes** em **domínios restritos** do conhecimento (por enquanto);
- Ainda não existe uma inteligência artificial **genérica** (por enquanto).



Whirlwind I – MIT - 1951

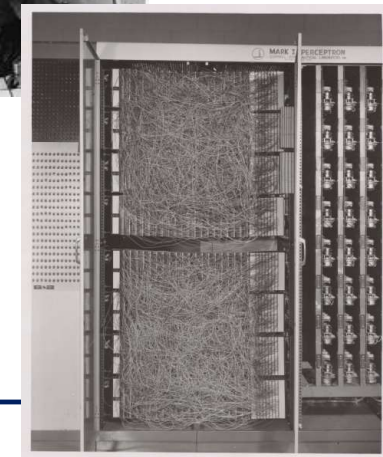
```
(defun make-perceptron (n m &optional (g #'(lambda (i) (step-function 0 i))))  
  &aux (l nil))  
  
  (dotimes (i m (list l))  
    (push (make-unit :parents (iota (1+ n))  
                    :children nil  
                    :weights (random-weights (1+ n) -0.5 +0.5)  
                    :g g)  
          l)))  
  l)))
```

Linguagem LISP para IA



História da Inteligência Artificial

- A I.A. apareceu praticamente com os **primeiros grandes computadores comerciais** (década dos 50s), com duas abordagens, radicalmente diferentes:
 - **Sistemas heurísticos**: que imitam como funciona a mente humana (memória, cognição, lógica indutiva e dedutiva). Exemplo: programas de jogo de damas e xadrez (Samuel, Bernstein, 1957);
 - **Sistemas conexionistas**: que imitam como funciona o sistema nervoso animal (redes de neurônios conectadas). Exemplo: reconhecedor automático de imagens (Rosenblatt, 1958, Mark I Perceptron)



História da IA Heurística

- Começou com o desenvolvimento de novas linguagens de programação e formas de representação do conhecimento para IA:
 - IPL-11 (1955 – Newell, Shaw & Simon)
 - LISP (1958 – John McCarthy, MIT)
 - PROLOG (1972 – Colmerauer & Roussel)
 - SmallTalk (1972 – Kay, Xerox PARC)
- Desenvolvimento de sistemas capazes de raciocínio lógico geral: Logical Theorist (Newell & Simon, 1956, Robinson)
- Primeiras aplicações práticas que funcionavam: STUDENT (1963), DENDRAL (1965), SHRDLU (1970), MYCIN (1972), XCON (1980), PROSPECTOR (1981), entre outros.



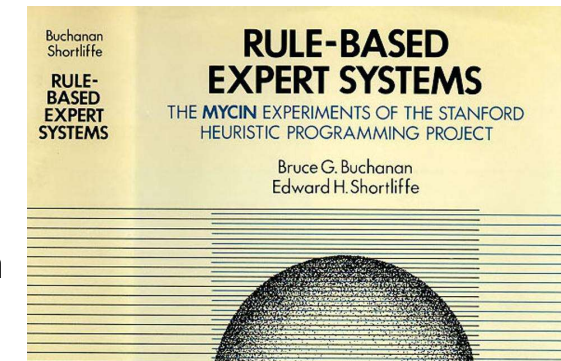
História da Inteligência Artificial na Medicina

- Entre 1975 e 1980 surgiram as primeiras aplicações de **sistemas especialistas** (*expert systems*) baseados em lógica, em medicina, para **auxílio à decisão clínica** (prognóstico, diagnóstico, terapia, etc.) em um domínio geralmente **muito restrito** do conhecimento. Exemplos:
 - Diagnóstico de urgências abdominais
 - Diagnóstico de glaucoma
 - Diagnóstico de doenças reumáticas
 - Equilíbrio ácido-básico
- Vários sistemas **pioneiros** causaram grande impacto. Exemplos:
 - MYCIN: Shortliffe
 - CADUCEUS/Internist I: Miller, Pople & Myers
 - ILIAD: Homer Warner
 - Outros: CARE, PIP, GLAUCOMA, CASNET, EXPERT, QMR, DXPlain, AI-RHEUM, RECONSIDER, etc.
- Alguns sistemas especialistas procuraram abranger uma **variedade** e um **número maior** de doenças (Ex: INTERNIST, ILIAD), com resultados menos acurados.



História da Inteligência Artificial na Medicina

- Entre 1975 e 1980 surgiram as primeiras aplicações de sistemas especialistas em medicina, para auxílio ao diagnóstico e terapia;
- Primeiro sistema especialista: MYCIN (Stanford, Dr. Edward H. Shortliffe, 1975-6)
 - Auxílio ao diagnóstico de bacteremias e antibioticoterapia
 - Utilização de sistema baseado em ~600 regras lógicas, fatores de certeza, e diálogo homem-máquina em linguagem semi-natural
 - Desempenho superior a médicos (1979)
 - Derivados: Teiresias, Guidon
- Anos subsequentes: enorme desenvolvimento da área (centenas de sistemas);
- Integração com prontuários eletrônicos e dispositivos médicos (Exemplo, ILIAD integrado com o sistema HELP, em Utah);
- Mas... pouca aplicabilidade e adoção prática: “invernos” da IA, abandono gradual dos sistemas especialistas em medicina.



Inteligência Artificial na Medicina

"A inteligência artificial médica está principalmente preocupada com a **construção de programas** de IA que realizem diagnósticos e façam recomendações terapêuticas. Ao contrário das aplicações médicas baseadas em outros métodos de programação, tais como métodos puramente estatísticos e probabilísticos, os programas de IA médica são baseados em **modelos simbólicos** de entidades de doenças e sua relação com fatores de pacientes e manifestações clínicas".



Chancey & Shortliffe, 1984

Regras lógicas de produção

- São a base dos sistemas heurísticos;
- Construtos do tipo silogismo: SE...ENTÃO... SENÃO
- Obtidas a partir da formalização do conhecimento de especialistas humanos;
- Armazenadas em um banco de conhecimentos;
- Acionadas ao serem consultadas.

RULE-507

IF:

1. The infection which requires therapy is meningitis
2. Organisms were not seen on the stain of the culture
3. The type of the infection is bacterial
4. The patient does not have a head injury defect
5. The age of the patient is between 15 and 55 years

Then:

The organisms that might be causing the infection are *diplococcus-pneumoniae* and *neisseria-meningitidis*

Exemplo de regra do MYCIN



Exemplo de diálogo no MYCIN



MYCIN - Sample dialogue 2

- When?
May 9, 1988
- Let's call the first significant organism from this blood culture ORGANISM-1. Do you know the identity of ORGANISM-1?
No
- Is ORGANISM-1 a rod or a coccus or something else?
Rod
- What is the gramstain of ORGANISM-1?
Gramnegative
- ...

Uncertainty in MYCIN

- Data:
 - the stain of the organism is definitely Gram negative (1.0).
 - the morphology is rod, with confidence 0.8.
 - the morphology is coccus, with confidence 0.2
 - the aerobicity is aerobic, with confidence 0.6
 - the class is enterobacteriaceae, with confidence 0.48

Classificação das aplicações de IA na medicina

- Por tipo de decisão (diagnóstico, prognóstico, terapêutica, planejamento, análise, etc.)
 - Por domínio médico (especialidades e doenças)
 - Por modo de obtenção dos dados clínicos do paciente
 - Interação direta do usuário com a aplicação;
 - Análises automática de dados de dispositivos médicos;
 - Interação direta com sistemas de informação clínica (por interoperabilidade, APIs, etc.).
-



Os ciclos históricos da IA

- **O primeiro ciclo de hype (1950-1970)**
Avanços significativos no design de algoritmos, processamento de linguagem natural, robótica e visão de máquina atraíram muitos projetos e investimentos;
 - **O primeiro inverno de IA (década de 1970)**
Críticas e contratempos financeiros amorteceram esse conjunto inicial de otimismo devido ao poder computacional limitado, intratabilidade de resolver problemas em tempo exponencial e a exigência de grandes quantidades de dados necessários (não disponíveis na era pré-Internet);
 - **Breve Ressurgimento e Segundo Inverno de IA (década de 1980)**
Surgimento dos “sistemas especialistas” na década de 1980 criou um entusiasmo adicional sobre a IA, mas que logo decaiu, pois eles eram muito difíceis de atualizar e manter;
 - **Renascimento da IA (década de 1990-agora)**
Novos modelos de IA e aprendizado de máquina, redes neurais, assim como os avanços em poder computacional, armazenamento de dados e a Internet resolveram as preocupações anteriores, e os investimentos aportados aumentaram muito;
 - **Grandes modelos de linguagem, IA Conversacional (2023-agora)**
Deep Learning, Chatbots do tipo GPT (Generative Pretrained Transformers), etc.)
-



Sistemas especialistas modernos são mais eficientes. Exemplo: Isabel

- Categoria: Gerador de diagnósticos diferenciais baseado em regras;
- Operação totalmente on-line;
- 96% de precisão;
- Rápido e fácil de usar;
- Capacidade de inserir vários recursos clínicos em texto livre;
- Cobre 6.000 doenças e 4.000 medicamentos;
- Validado continuamente;
- Compatível com vários dispositivos.



Isabel

Products - About Us - Validation - News & Reviews - Blog - LOGIN

Broaden your differential diagnosis and reduce clinical uncertainty

Isabel is used by clinicians worldwide to help manage clinical uncertainty by matching clinical features to diseases. Isabel provides inspiration when you need it most and has set a new industry standard for accuracy, ease of use and breadth of coverage.

[Try it for free](#) [How it works](#)

Why clinicians use Isabel to match clinical features to diseases:

- ✓ [96% accuracy](#)
- ✓ Quick and easy to use
- ✓ Ability to enter multiple clinical features in free text
- ✓ 6,000 diseases and 4,000 causative drugs covered
- ✓ [Continuously validated](#)
- ✓ Fully compatible on all devices

[Get Isabel now](#)

<https://www.isabelhealthcare.com/>

Razões para a falta de aplicações práticas dos sistemas especialistas

- Desenvolvimento extremamente **trabalhoso e demorado**, mesmo para áreas restritas do conhecimento;
 - Falta de especialistas (**engenheiros do conhecimento**) que entendessem de medicina;
 - Sistemas ficavam rapidamente **obsoletos** e a maioria não tinha uma **governança** permanente estabelecida para a sua atualização;
 - Aplicabilidade e adoção: não se encaixavam no fluxo de atenção, **interação** complexa e demorada, raramente eram **integrados** à documentação médica eletrônica;
 - Adotados (**por pouco tempo**) somente na instituição de origem;
 - Muitos faziam deduções **banais** e não acrescentavam **valor** à decisão médica;
 - **Resistência** dos profissionais de saúde em utilizá-los.
-



Exemplo da complexidade dos casos clínicos

Um homem de 87 anos sente muita dor e visão turva por dois dias em seu olho direito. já havia sido seguido por seu oftalmologista por um bom tempo e era conhecido por ter ângulos estreitos por um longo tempo, mas ele nunca havia tido um ataque agudo.

Por pelo menos cinco anos, observou-se que a câmara anterior rasa direita, que agora está envolvida com o ataque, era mais rasa do que a esquerda. Ele teve suas pupilas dilatadas em várias ocasiões por causa de condições da retina, no entanto, e nenhum episódio de fechamento do ângulo ocorreu. Portanto, nada foi feito sobre o ângulo estreito.

No momento da apresentação do glaucoma agudo, a pressão no olho direito era de 33. O ângulo estava fechado. A visão era movimentos da mão por causa do edema da córnea, havia uma pupila dilatada fixa e *glaukomflecken* estavam presentes. Supõe-se que a pressão estava um pouco mais baixa no momento do exame do que nos dias anteriores. O olho esquerdo tinha visão 20/40, pressão de 11 mmHg e ângulo de grau dois a três;

Qual é a recomendação terapêutica para este paciente?

```
*****
"DIAGNOSIS AND THERAPY"
*****

* RIGHT EYE: *
[1] PRESENT DIAGNOSTIC STATUS:

(PRIMARY) ANGLE CLOSURE GLAUCOMA. POSSIBLE CILIARY BLOCK
MECHANISM. PREVIOUS ACUTE ANGLE CLOSURE ATTACK. DISPARITY
BETWEEN THE ANGLES OF THE TWO EYES SUGGESTS POSSIBILITY OF
SECONDARY MECHANISM IN ONE EYE. TRAUMA IS A POSSIBLE CAUSE OF
THE OPEN ANGLE IN THE FELLOW EYE. POSSIBLE SECONDARY CAUSES OF
THE NARROW ANGLE IN THIS EYE: SWOLLEN OR DISLOCATED LENS, TUMOR
OF THE CILIARY BODY, INFLAMMATION, OR A CILIARY BLOCK MECHANISM.

[2] TREATMENT RECOMMENDATIONS:

PERIPHERAL IRIDECTOMY IS INDICATED. INSTITUTE WEAK MIOTIC
THERAPY AS NEEDED TO NORMALIZE TENSIONS. (ADD DIAMOX IF
NECESSARY)
```

Sistema: Glaucoma Expert (1985)

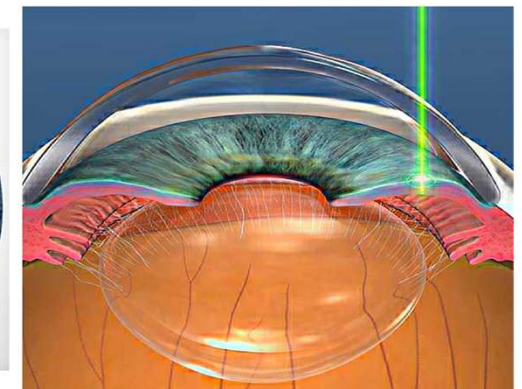
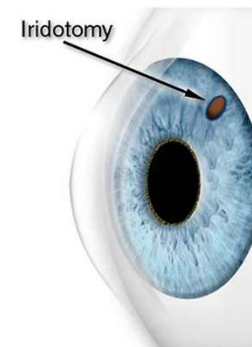
É indicada a iridectomia periférica.
Instituir terapia mitótica leve para
normalizar a pressão (adicionar Diamox,
se necessário).



Em comparação: ChatGPT 4.0

[Resumido]

- **Tratamento de emergência:** Imediatamente deve-se instaurar uma terapia medicamentosa para reduzir a pressão intraocular (PIO), com agentes sistêmicos, como acetazolamida e manitol; agentes tópicos, com colírios betabloqueadores (p.ex., timolol) e agonistas alfa-2; pilocarpina (utilizada para promover a constrição pupilar, e corticosteroides tópicos (para reduzir a inflamação e o edema corneal;
- **Tratamento definitivo:** Iridotomia a laser Nd:YAG, após a estabilização da PIO e o recuo do edema. Recomenda-se fazer preventivamente também no outro olho;
- **Aspectos adicionais:** Em alguns casos, sobretudo se houver comprometimento visual por catarata ou se os ângulos permanecerem estreitos mesmo após a iridotomia, pode-se considerar a facectomia (extração do cristalino) como forma definitiva de ampliar o ângulo.
- **Prognóstico:** Com esse protocolo, os riscos de danos irreversíveis ao nervo óptico são minimizados e a chance de preservar a visão melhora significativamente

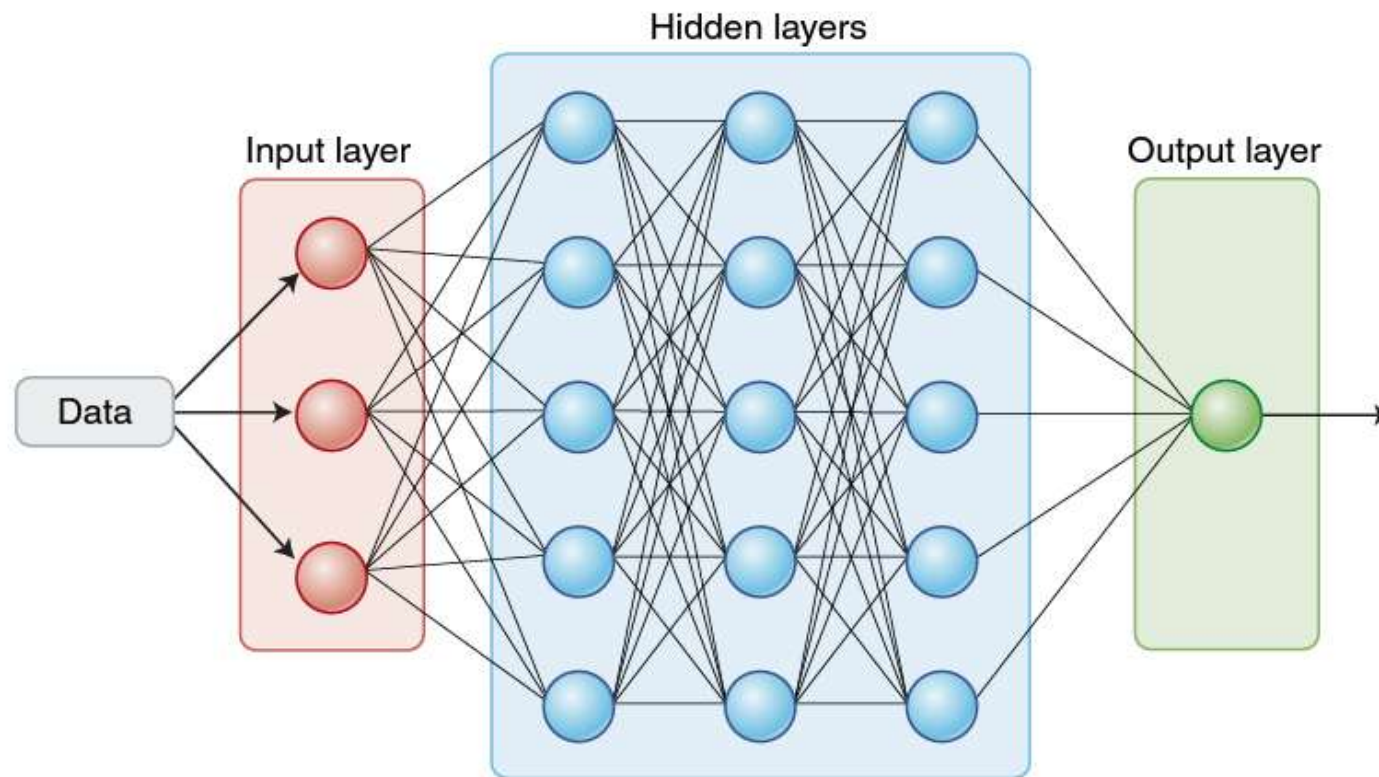


Aprendizado de máquina

- Tecnologias que dão aos computadores a habilidade de aprender sem serem explicitamente programados;
 - Trabalha com o raciocínio indutivo, ou seja, a descoberta sistemática de relações entre variáveis;
 - É usado em uma variedade de tarefas computacionais onde criar e programar algoritmos explícitos é impraticável;
 - Exemplos: OCR, NLP, reconhecimento de fala e de escrita, visão computacional, prognósticos médicos, etc.;
 - Utiliza diversas metodologias, como estatística multivariada, máquinas de vetores de suporte, aglomeração, redes bayesianas, aprendizado por reforçamento, algoritmos genéticos e redes neurais artificiais sistemas generativos, etc.
-



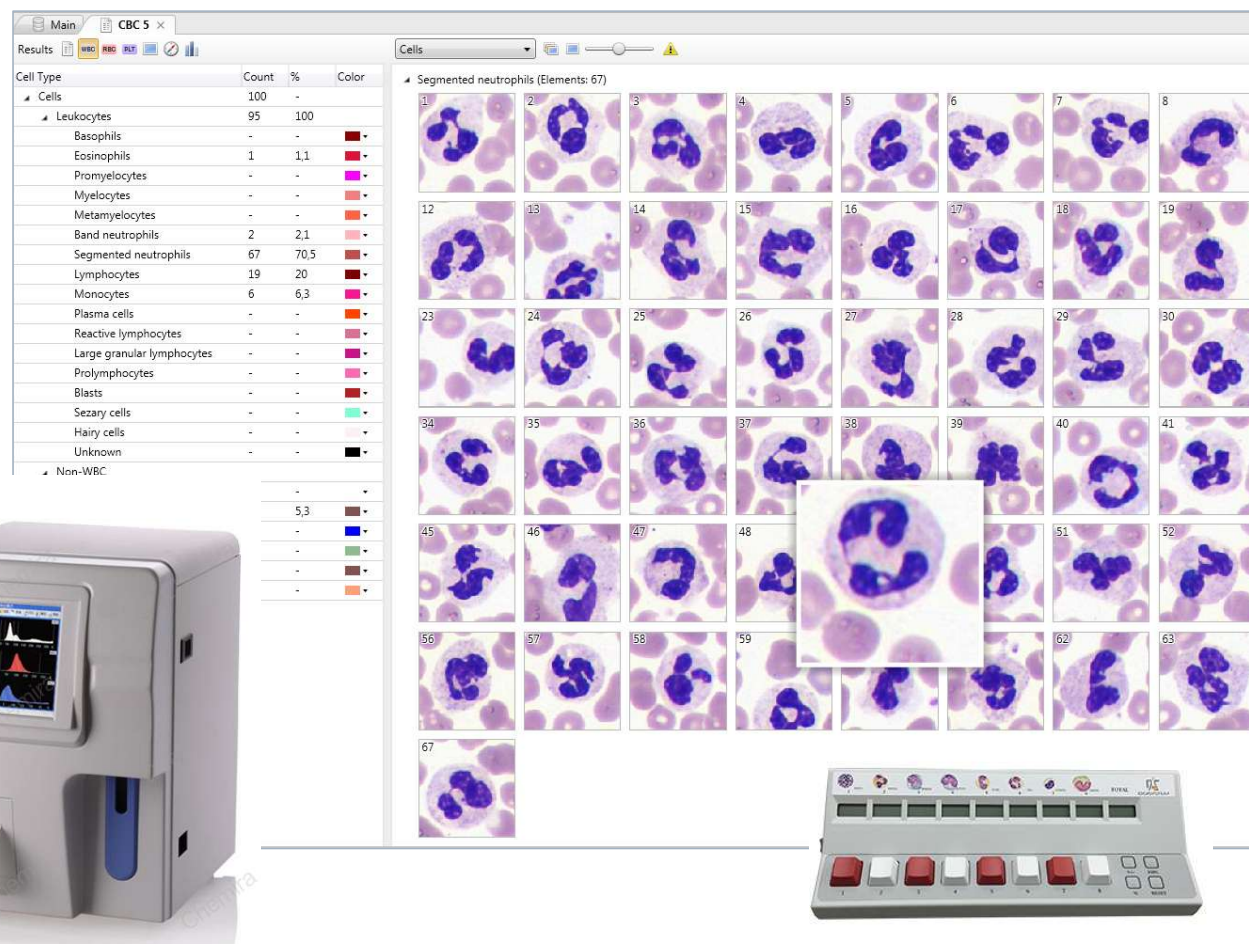
O advento do deep learning (redes neurais artificiais profundas)



Múltiplas camadas intermediárias



Exemplo: classificação automática de células do sangue



Pesquisa e desenvolvimento: nossa experiência em inteligência artificial em medicina, biologia e saúde

- Unsupervised machine learning applications for pattern classification in neurophysiology (doutorado), 1975;
- Applications of connectionist systems in biomedicine, 1992;
- Outcome prediction for critical patients under intensive care, using backpropagation neural networks (mestrado), 1992;
- Expert system for the differential diagnosis of schizophrenia (doutorado), 1992;
- NEURONET: a shell connectionist system for the automatic classification of patterns in biomedicine, 1992;
- A cascaded neural network model for processing 2D tomographic brain image, 1992;
- Automatic recognition of behavioral patterns and sequences using artificial neural networks, 1993;
- Neural networks for classification and pattern recognition of biological signals, 1993;
- Neural networks in the diagnosis and treatment of temporomandibular joint arthropathies, 1994;
- A neural network-based system on the World Wide Web for prognosis and indication of surgery in head and brain trauma (mestrado), 1995;
- One-year mortality prognosis in heart failure: a neural network approach based on echocardiographic data, 1995;
- Using neural networks for processing biologic signals, 1996;
- Interoperability standards for clinical decision support systems, 2018;
- Large language Models AI and its usefulness for clinical decision making, 2024.



Prognóstico de mortalidade em um ano na insuficiência cardíaca: uma abordagem de rede neural baseada em dados ecocardiográficos

1586

JACC Vol. 26, No. 7
December 1995:1586-93

One-Year Mortality Prognosis in Heart Failure: A Neural Network Approach Based on Echocardiographic Data

JUAREZ ORTIZ, MD, CLAUDIA G. M. GHEFTER, MD, CARLOS E. S. SILVA, MD,
RENATO M. E. SABBATINI, PhD*

São Paulo and Campinas, Brazil

Objectives. This study sought to assess the usefulness and accuracy of artificial neural networks in the prognosis of 1-year mortality in patients with heart failure.

Background. Artificial neural networks is a computational technique used to represent and process information by means of networks of interconnected processing elements, similar to neurons. They have found applications in medical decision support systems, particularly in prognosis.

Methods. Clinical and Doppler-derived echocardiographic data from 95 consecutive patients with diffuse impairment of myocardial contractility were studied. After 1 year, data regarding survival or death were obtained and produced the prognostic variable. The data base was divided randomly into a training data set (47 cases, 8 deaths) and a testing data set (48 cases, 7 deaths). Results of artificial neural network classification were compared with those from linear discriminant analysis, clinical judgment and conventional heuristically based programs.

Results. The study group included 57 male (47 survivors) and 38 female patients (33 survivors). Linear discriminant analysis was not efficient for separating survivors from nonsurvivors because the accuracy at the ideal cutoff value was only 67.4%, with a sensitivity of 67.5%, positive predictive value of 27.8% and negative predictive value of 91.5%. In contrast, all artificial neural networks were able to predict outcome with an accuracy of 90%, specificity of 93% and sensitivity of 71.4%, for the best artificial neural network. Both clinical judgment and automatic heuristic methods were also inferior in performance.

Conclusions. The artificial neural network method has proved to be reliable for implementing quantitative prognosis of mortality in patients with heart failure. Additional studies with larger numbers of patients are required to better assess the usefulness of artificial neural networks.

(*J Am Coll Cardiol* 1995;26:1586-93)

- *Journal of the American College of Cardiology* 26 (7), 1995;
- A rede neural artificial foi capaz de prever a mortalidade de pacientes com insuficiência cardíaca dilatada com uma precisão de 90%, especificidade de 93% e sensibilidade de 71,4%;
- Uma das pesquisas pioneiras mundiais usando perceptrons não lineares de 3 camadas;
- Selecionado como o melhor paper de pesquisa original do ano em sistemas de apoio à decisão pelo *Yearbook of Medical Informatics* (IMIA).



Primeiros Cursos de Inteligência Artificial em Medicina no Brasil



Instituto Edumed – Prof. Sabbatini - 2012

Planejamento x (9) WhatsApp x plataforma re: x Prontuário m: x Ambiente Virt: x Presentation x Curso de Apl: x

Não seguro | informaticamedica.org.br

Apps Uteis Proprios

FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO

FM-992 - APLICAÇÕES DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM MEDICINA

Coordenação: [Prof.Dr. Renato M.E. Sabbatini](#)

EMENTA

Áreas gerais de aplicação da Informática à Medicina, suas características básicas, exemplos de utilização e necessidades típicas quanto à tecnologia de hardware e software. Natureza e as características dos dados médicos, e como eles podem ser implementados e manipulados por um sistema de informações. Identificação e descrição dos fundamentos das principais metodologias de auxílio computadorizado à decisão médica (diagnóstico, prognóstico, terapia, avaliação), e fundamentos científicos e técnicos da Inteligência Artificial (formas de representação do conhecimento, sistemas bayesianos, conexionistas, etc.). Descrição de alguns sistemas práticos típicos de auxílio à decisão médica, suas características e mecanismos de implementação. Utilização prática de sistemas shell para especificar e testar pequenos sistemas de auxílio à decisão médica, em microcomputadores compatíveis (sistemas baseados em árvores de decisão, classificação multivariada, teorema de Bayes, lógica difusa, sistemas baseados em regras, sistemas conexionistas, etc.).

PROGRAMA

- Informática Médica: conceituação e características básicas. A natureza e características da informação em Medicina e sua representação em computadores. A natureza da decisão médica.
- Inteligência Artificial: fundamentos.
- Engenharia do conhecimento: conceituação, características e áreas de aplicação. Representação e modelos do conhecimento. Formalização dos processos cognitivos. Inteligência Artificial. Evolução histórica. EC e AI na Medicina.
- Sistemas algorítmicos e de busca. Uso dos programas TIREO (interpretação de perfil da tireóide) e DIAGFACE (diagnóstico de patologias orais). Desenvolvimento de um sistema algorítmico interpretação de curvas glicêmicas.
- Sistemas de classificação multivariada. Classificação binária e contínua. O modelo espacial de classificação. O problema do reconhecimento de padrões. Os modelos lineares. Análise discriminante e de regressão.

UNICAMP Engenharia Biomédica
 Prof. Sabbatini - 1998

Não seguro | edumed.org.br

Apps Uteis Proprios

Instituto EduMed

Curso Totalmente a Distância por Vídeo via Internet
 IS-004

Curso On-Line de Sistemas de Apoio à Decisão em Saúde

Curso com Video-Aulas, Tutoria, Interação e Certificado

Coordenação Geral e Docência: Prof.Dr. [Renato M.E. Sabbatini, PhD](#)

Curso de oferta contínua. Entre e curse quando quiser

Duração: 2 semanas
 Carga horária total: 10h

Inscriva-se agora!

Inscrição

Programa
 Metodologia
 Docentes
 Data e Local
 Inscrições
 Certificado
 eMail
 Aula Demonstração
 Entrar no Site

Realização
 Instituto Edumed

Outros cursos:

Objetivos

<http://www.informaticamedica.org.br/cursos/fm992.html>

O renascimento da IA

- O desenvolvimento de computadores paralelos, da computação móvel, do ecossistema de inovação (com grandes investimentos) e da Internet alavancou novamente o ressurgimento de aplicações da IA, em grande número (2012-2022), **SaaS**: Software as a Service;
- Disponibilidade de plataformas on-line de desenvolvimento: Intel VINO, Google TensorFlow, Microsoft Azure AI, etc.;
- Grande impacto da plataforma IBM Watson;
- **Integração** dos aplicativos ao PEP: **padrões de interoperabilidade** (APIs, HL7, SMART on FHIR, CDS Hooks & Cards, etc.);
- Computação genômica, Big Data Analytics;
- Conceito de **SaMD**: *Software as a Medical Device*, regulamentação FDA (no Brasil: ANVISA), patentes;
- Surgimento de alguns mercados francamente **compradores**: finanças, auditoria, operações (mas não aplicações clínicas).



IBM Watson

CDS
HOOKS®

HEALTHCARE ARTIFICIAL INTELLIGENCE #2

ELSEVIER

Forbes · Investing · forbes.com

Investing · Investing · Investing

The Little Book of Big Ideas Series

Zuckerberg Signals Wide Use Of Artificial Intelligence On Internet For Medical Uses



Gene Marcial, Contributor

Facebook founder's son-in-law will lead team FULL STORY

Opinions expressed by Forbes Contributors are their own.

Medical AI

Korean Start-ups Awakened to New Frontiers in Medical AI Field



Source: Korea
by David Kim
businesskorea.co.kr

businesskorea.co.kr

09/15/2016

From Virtual Nurses To Drug Discovery: 65+ Artificial Intelligence Startups In Healthcare



cbinsights.com

MIT Technology Review

technologyreview.com

Topics · Top Stories · Magazine

Robotics

The Artificially Intelligent Doctor Will Hear You Now

U.K.-based startup Babylon will launch an app later this year that will listen to your symptoms and provide medical advice. Will it help or hinder the health-care system?

by Simon Parkin March 9, 2016

Forbes · Tech · #BigData

Investing · Investing · Investing

Artificial Intelligence And Data Driven Medicine



Jennifer Hicks, Contributor

Facebook founder's son-in-law will lead team FULL STORY

Opinions expressed by Forbes Contributors are their own.

forbes.com

Home · Journals · Artificial Intelligence in Medicine

Artificial Intelligence in Medicine

<http://www.journals.elsevier.com/artificial-intelligence-in-medicine/>

THE WALL STREET JOURNAL



IBM Crafts a Role for Artificial Intelligence in Medicine

IBM has been working on a new kind of computing that is designed to be able to learn from data and make decisions.

www.wsj.com



A CNBC SPECIAL REPORT

Microsoft wants to make curing people easier with artificial intelligence

Source: Microsoft / CNBC
Published: 7 Aug 2015 14:15:00

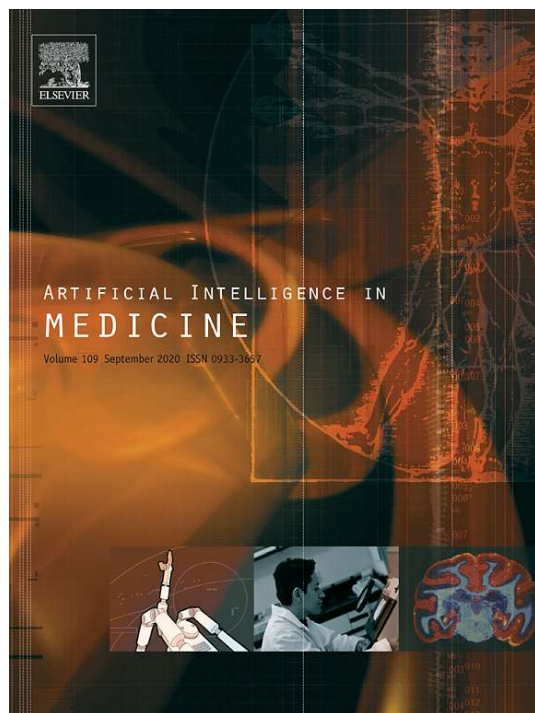
PC CHARTER



<http://www.cbc.com/2015/08/17/>



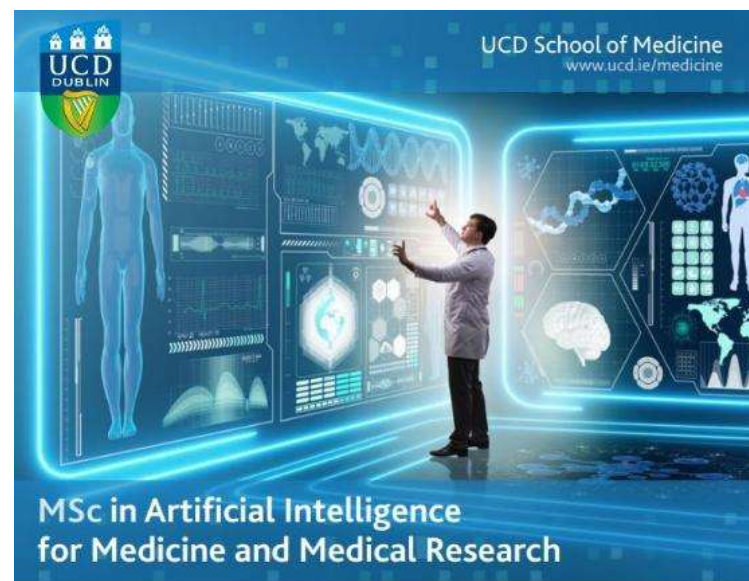
Surgimento de uma nova especialidade



Revistas



Congressos



Cursos



Computação cognitiva

- Inteligência Artificial, Aprendizado de Máquina, Sistemas Autônomos;
- Ampla gama de aplicações médicas:
 - Processamento de big data para descoberta automática, análise preditiva e prescritiva, saúde populacional, estratificação de riscos.
 - Biotecnologia, descoberta de drogas, engenharia genética, genômica;
 - Apoio ao diagnóstico e terapia médica, análise de imagens;
 - Interfaces naturais de interação humano-computador;
 - Utilização em robótica cirúrgica;
 - Incorporação a dispositivos médicos, diagnóstico e terapia.



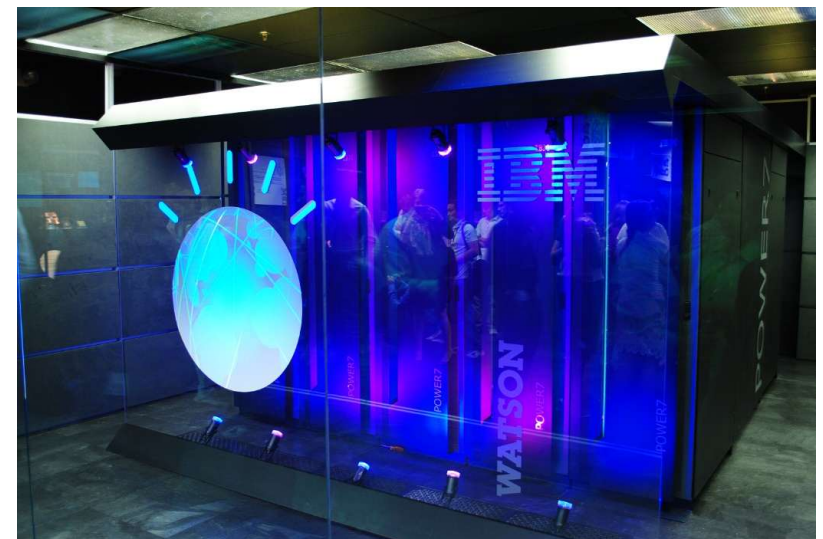
Áreas técnicas da IA atualmente

- Sistemas especialistas
- Reconhecimento automático de padrões
- Classificação automática
- Visão e audição computacional
- Aprendizado de máquina
- Análise preditiva e prescritiva
- Processamento de linguagem natural
- Tradução automática
- Robótica





- Plataforma on-line de computação cognitiva criada pela IBM, com mais de 100 ferramentas distintas, que podem ser combinadas para muitas tarefas de IA;
- Baseado na metodologia DeepQA, capaz de responder perguntas em linguagem natural;
- Plataforma massivamente paralela e distribuída;
- Armazena conhecimentos de diversas formas (redes semânticas, regras, redes neurais);
- Capaz de extrair e representar conhecimentos de textos livres (p.ex., artigos científicos), à velocidade de 500 MB/s, ou 1 milhão de livros;
- Baseado em supercomputação na nuvem/;
- Chamou muito a atenção, e alavancou um renascimento da IA na área clínica.



IBM Watson Supercomputer

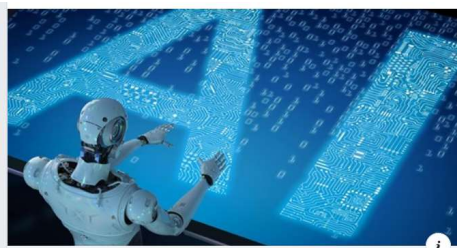
Watson for Oncology

- Primeira aplicação comercial na área da saúde: IBM e WellPoint para apoio a decisões terapêuticas no tratamento de câncer pulmômar no Memorial Sloan-Kettering Cancer Center;
- Abrange até 23 tipos de neoplasias;
- Encontrou poucas aplicações fora.

The screenshot displays the IBM Watson for Oncology interface. On the left, a sidebar titled 'Treatments' lists four options: CMF (Cyclophosphamide/Methotrexate/Fluorouracil), TC (Docetaxel/Cyclophosphamide), CEF (Cyclophosphamide/Epirubicin/Fluorouracil), and CAF (Cyclophosphamide/Doxorubicin/Fluorouracil). The CMF option is selected. The main panel, titled 'Details for CMF', has tabs for 'Rationale', 'Additional Publications', 'Administration', and 'Drug Info'. The 'Rationale' tab is active, showing a green checkmark icon and the text 'Rationale supporting this treatment'. Below this, it states 'This is recommended when the patient has a high Oncotype DX'. A second section, 'MSK curated literature about this treatment', features a book icon and a text snippet: 'Two months of doxorubicin-cyclophosphamide with reinduction therapy compared with 6 months of cyclophosphamide, and fluorouracil in positive-node breast tamoxifen-nonresponsive tumors: results from the Breast and Bowel Project B-15. >'



Grande variedade de aplicações da IA



AIIN HEALTHCARE
AI model for pneumothorax gains FDA clearance
behold.ai, a London-based imaging technology company, has received...



MEDPAGETODAY.COM
Wearable Sensor Predicts Worsening Heart Failure
Device flagged readmission risk nearly a week ahead in observational study



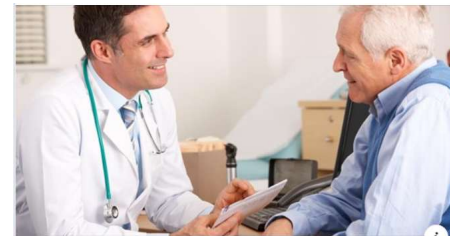
MEDINFORM.JMIR.ORG
A Lightweight Deep Learning Model for Fast Electrocardiographic Beats Classification With a Wearable...



AIIN HEALTHCARE
How AI can match schizophrenia patients with the best, most effective treatment plans



AIIN HEALTHCARE
AI's role in assessing PET/CT images, diagnosing brain disease



AIIN HEALTHCARE
Nuance, Microsoft design new AI solution for improving physician-patient communication



AIIN HEALTHCARE
Wearable AI sensor predicts changes in heart failure patients, could limit readmissions



AIIN HEALTHCARE
How AI helps health systems predict in-hospital mortality
AI models can predict when patients may be at an increased risk of...



SUPER ABRIL.COM.BR
Inteligência artificial descobre novo tipo de antibiótico
A halicina se mostrou capaz de combater bactérias consideradas super...

DISTRITO HEALTHTECH REPORT BRASIL 2019

DISTRITO
dataminer

34º CONGRESSO FEHOSP

FEHOSP

FEHOSP

FEHOSP

FEHOSP

FEHOSP

FEHOSP

FEHOSP

FEHOSP

FEHOSP

FEHOSP

FEHOSP

FEHOSP

FEHOSP

FEHOSP

FEHOSP

FEHOSP

FEHOSP

FEHOSP

FEHOSP

FEHOSP

FEHOSP

FEHOSP

FEHOSP

GESTÃO E PEP

GESTÃO DE CLÍNICAS



PRONTUÁRIO ELETRÔNICO



ATESTADOS, LAUDOS E PRESCRIÇÃO



GESTÃO HOSPITALAR



RELACIONAMENTO COM PACIENTES

ENGAJAMENTO DE PACIENTES



TERAPIAS DIGITAIS



FARMACÊUTICA E DIAGNÓSTICO

PESQUISA FARMACÊUTICA



GENÔMICA



EXAMES



E-COMMERCE



AI & BIG DATA

AI & ROBÓTICA



BIG DATA & ANALYTICS



MEDICAL DEVICES

3D



EQUIPAMENTOS



TELEMEDICINA

TELEDIAGNÓSTICO



TELEMONITORAMENTO



MARKETPLACE

OFERTA DE TERCEIROS



OFERTA PRÓPRIA



ACESSO À INFORMAÇÃO

PORTAIS E CONTEÚDO EDUCATIVO



FITNESS E BEM ESTAR



WEARABLES & IOT

SENSORES DE SAÚDE



WEARABLES



INVESTIDORES



ACELERADORAS



O que é a nova onda da IA baseada em linguagem?

- LLMs (*Large Language Models*) são sistemas de Inteligência Artificial capazes de aprender fatos a partir de um *corpus* extremamente grande de texto extraído de livros didáticos, sites, artigos, etc., e dar respostas articuladas e coerentes;
 - Utiliza uma combinação de aprendizado de máquina usando redes neurais artificiais profundas (*deep learning*) gigantescas;
 - O **chatGPT** é uma demonstração de um chatbot disponibilizada gratuitamente pela empresa openAI.com (**Inteligência Artificial Conversacional, IAC**), que está repercutindo nas manchetes em todo o mundo com seus recursos surpreendentes e acumulou mais de 1 milhão de usuários por semana desde novembro de 2022;
 - Desempenho impressionante no diálogo em linguagem natural em múltiplos idiomas, e recuperação de informação baseada no seu corpus de texto: está provocando **uma revolução sem precedentes**.
-



Exemplo do primeiro chatbot: Eliza (1966)

- Programada para analisar apenas palavras isoladas do usuário e responder a perguntas com outras perguntas (imitando um psicanalista);
- Muito primitivo, estereotipado e ineficiente, facilmente enganado. mas impressionou muito na época, por ser a primeira tentativa de diálogo em linguagem natural com um computador;
- Não tinha capacidade de aprendizado, base de conhecimento ou NLP real;
- Não chegou nem perto de passar no Teste de Turing, mas a lenda diz que tinha eficácia terapêutica!

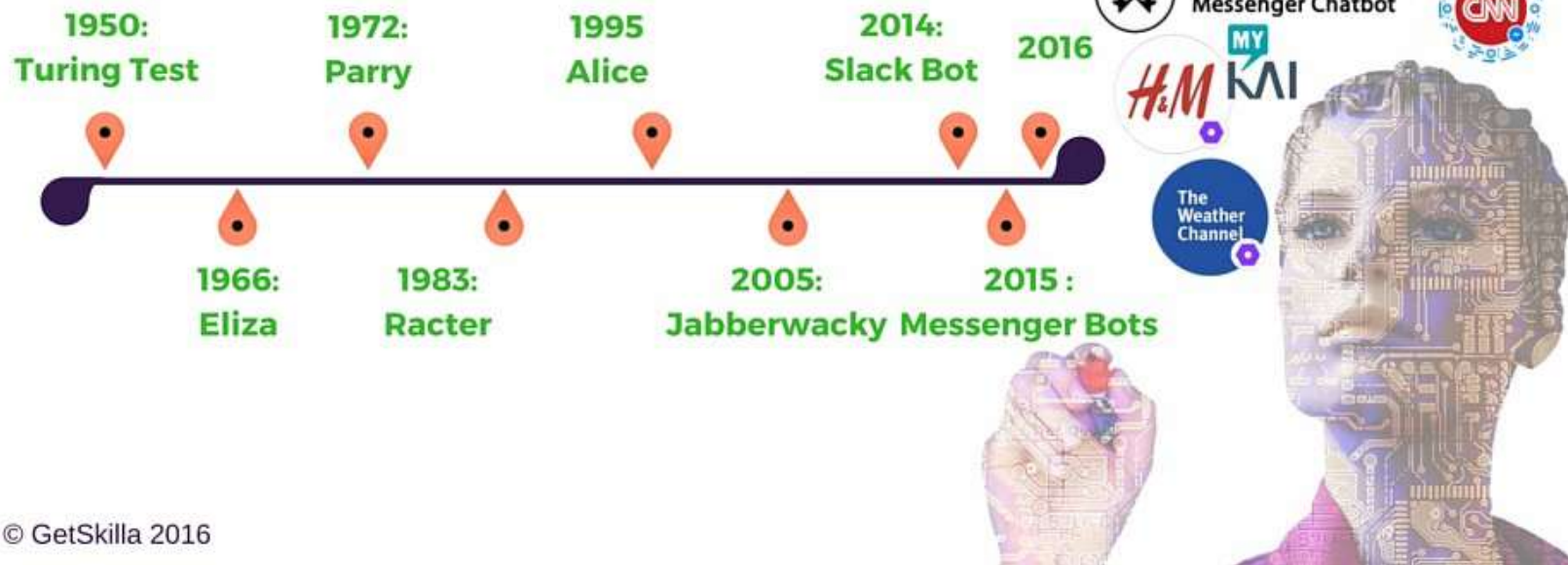
Eliza: Olá, eu sou Eliza. Como posso ajudá-lo?
Paciente: Estou com um problema
Eliza: Qual é o seu problema?
Paciente: Acho que minha mãe não gosta de mim
Eliza: Por que você acha que esse é um problema?
Paciente: Ela dá mais atenção para minha irmã
Eliza: Como ela dá mais atenção para sua irmã?
Paciente: Em todas as ocasiões
Eliza: Fale mais sobre isso
Paciente: Ela elogia mais minha irmã do que eu
Eliza: Entendo

.....



Chatbots evoluíram... Mas ainda não passam no Teste de Turing

History of Chatbots: A Timeline



+ New chat

Diagnóstico diferencial na med

Anormalidade de citocina 6.

AVC diagnosis and treatment

Metilação do DNA na epilepsi

IgG4 Diagnostic Tests.

Desafios da telemedicina.

Reducing Anti-TPO Antibodies

Metformin Treatment Alternati

Renato Marcos Sabbatini Bio

Health Digital Talk Topics

Autoimmune Pancreatitis Follo

Clear conversations

Upgrade to Plus NEW

Dark mode

Updates & FAQ

Log out

ChatGPT



Examples

"Explain quantum computing in simple terms" →

"Got any creative ideas for a 10 year old's birthday?" →

"How do I make an HTTP request in Javascript?" →



Capabilities

Remembers what user said earlier in the conversation

Allows user to provide follow-up corrections

Trained to decline inappropriate requests



Limitations

May occasionally generate incorrect information

May occasionally produce harmful instructions or biased content

Limited knowledge of world and events after 2021

[ChatGPT Mar 14 Version](#). Free Research Preview. Our goal is to make AI systems more natural and safe to interact with. Your feedback will help us improve.



<https://chat.openai.com/chat>

Outras IAs generativas além do chatGPT

- Copilot: Usado pelo Bing e Google Docs;
 - DeepSeek, Qwen, Grok, Llama, Claude: Similares ao chatGPT;
 - Bard, Gemini e DeepMind: Desenvolvidos pelo Google;
 - Perplexity: pesquisas profundas e geração de monografias;
 - DALL-E, MidJourney, Flow: Geração de imagens a partir de texto;
 - Whisper: transcrição de voz para texto;
 - Sora: geração de animações e vídeos;
 - Gamma.ai: criação de apresentações em PowerPoint;
 - Synthesia: geração de aulas de vídeo com avatares;
 - Glass: especializado em medicina.
-



As grandes áreas de aplicação dos LLMs

- Assistência (anamnese, diagnóstico, prognóstico, terapia, prescrições, educação e aconselhamento, prevenção, telemedicina/telessaúde)
 - Pesquisa em saúde (geração dos conhecimentos, pesquisa de novas moléculas)
 - Convergência (“ômicas”, medicina de precisão, pesquisa translacional)
 - Epidemiologia, vigilância, regulamentação
 - Educação em saúde (transmissão dos conhecimentos)
 - Buscas de informação na Internet
 - Engajamento dos pacientes
 - Administração, gestão, finanças e operações
-





Renato Marcos Endrizzi Sabbatini, PhD

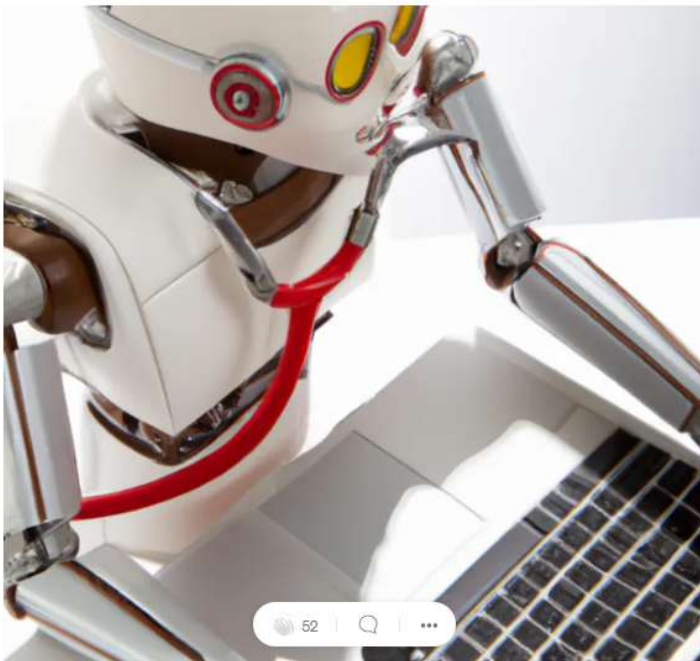
Feb 22 · 10 min read



Grandes Modelos de Linguagem em Inteligência Artificial e sua Utilidade para a Tomada de Decisões Clínicas

O modelo de linguagem GPT-3 de Inteligência Artificial é capaz e confiável como suporte para a tomada de decisões clínicas, como o diagnóstico médico? Eu testei.

Renato M.E. Sabbatini, PhD



52 | | ...

- Artigo baseado na minha experimentação com o chatGPT 3.5 e seu potencial em auxiliar o diagnóstico diferencial de doenças raras;
- Baseado em um caso real;
- Análise médica do resultado;
- Ilustração do artigo gerada por DALL-E, também da openAI;
- Experimentação continua com exploração da capacidade do chatGPT 4.0 para raciocínio clínico.



Saúde 5.0: Como Será?

- A Inteligência Artificial cada vez mais substituirá o componente virtual dos sistemas ciberfísicos, construindo sistemas autônomos e monitoração, aconselhamento, diagnóstico e terapia;
- Extenso uso de robôs autônomos;
- Dispositivos sensores múltiplos integrados ao corpo;
- Microeletrônica implantável;
- Monitoração contínua em tempo real das funções orgânicas, com controle externo;
- Dispositivos efetores de ação sobre o paciente em tempo real serão realidade:
 - Biônica (ex.: órgãos artificiais, como pâncreas artificial para diabéticos);
 - Nanorobótica para terapia e controle de doenças crônicas;
- Boa parte das ações diagnósticas e terapêuticas serão realizadas na casa dos pacientes (desospitalização ou redução drástica das estadias hospitalares: internação doméstica com monitoração remota);
- Advento da singularidade (fusão entre biologia e artefatos, inteligência artificial superando a humana em quase todos os domínios).



Vimos o passado... E o futuro da IA?



Estamos prestes a viver um **novo inverno** da IA na saúde?

- A pouca evolução na modelagem de **conhecimentos muito complexos** (típicos de problemas em saúde), apostando em aprendizado de **grandes corpos de texto**;
 - O abandono e esquecimento dos **sistemas baseados em inferência lógica** e em regras, em favor do aprendizado de máquina;
 - O foco inicial em problemas com **respostas limitadas ou simples** (decisões tudo ou nada, escores quantitativos unidimensionais, ações limitadas a um número de opções reduzido, etc.), foi **abandonado**, mas está sendo retomado em **sistemas híbridos** (MoE: *Mixture of Experts*);
 - Dificuldades e altos custos de atualizar os sistemas de IA em produção (**governança**);
 - A IA atual, baseada em LLMs e GPTs é a **grande promessa**. Ainda não temos IA com **inteligência genérica** (resolução de problemas de qualquer natureza, por exemplo) e capaz de entendimento verdadeiro e raciocínio humano;
 - Sérios **problemas éticos e legais**, principalmente nas aplicações em saúde;
-

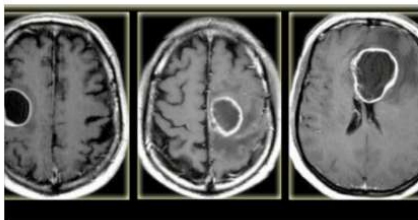


Inteligência Artificial em Medicina

Artigos sobre Tecnologias e Aplicações. Editores: Renato M.E. Sabbatini, PhD e Alexandre Sabbatini



Latest



Como a Inteligência Artificial Pode Ser Usada na Radiologia?

A radiologia está no caminho para se tornar um dos mais importantes campos de aplicação da Inteligência Artificial (IA) devido à natureza...



Renato Marcos Endrizzi Sabbatini
Aug 2 · 4 min read



Sistemas Conexionistas e Redes Neurais em Medicina e Biologia

Os sistemas connexionistas realizam tarefas computacionais de apoio à decisão e são a mais recente tendência em healthtech.



Renato Marcos Endrizzi Sabbatini
Mar 7 · 11 min read



Prescrições Padronizadas: O Caminho para a Verdadeira Utilidade do PEP?

Numerosos estudos demonstraram que a fase mais susceptível a erros médicos é a da elaboração da conduta a ser seguida para um paciente.



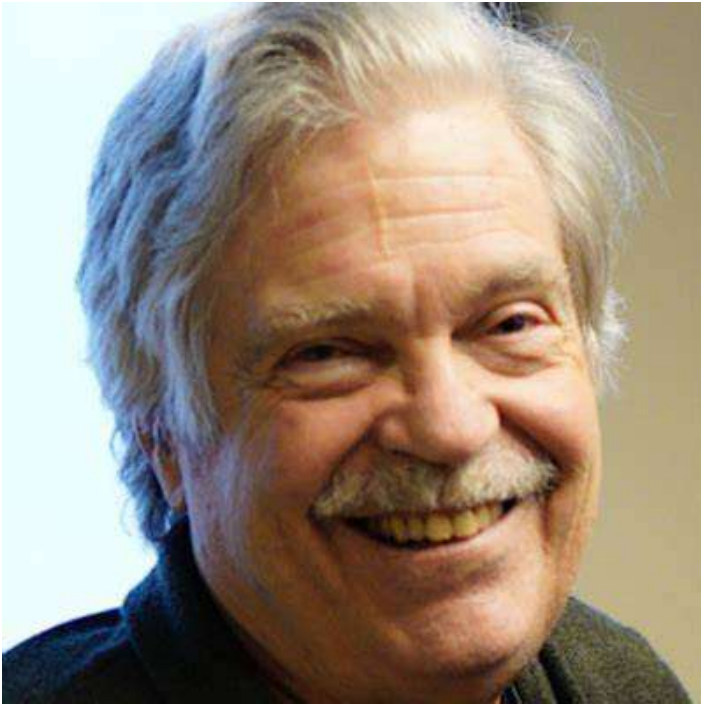
Renato Marcos Endrizzi Sabbatini
Jan 17 · 3 min read

<https://medium.com/inteligência-artificial-em-medicina>

Sumário e conclusões

- O sonho de construir máquinas ou artefatos inteligentes existe há muito tempo, mas somente com o desenvolvimento da informática nos últimos 50 anos é que artefatos dotados de inteligência artificial se tornaram possíveis;
 - A inteligência artificial não é igual à natural: utiliza-se algo chamado heurística, que é uma forma de imitar a inteligência através de seus resultados (por exemplo, jogar xadrez);
 - Nas últimas duas décadas houve um crescimento explosivo e um grande progresso nas tecnologias de IA e suas aplicações em saúde, influenciando o aparecimento do cenário das healthtechs inovadoras. Muitas aplicações reais foram desenvolvidas;
 - Entretanto, ainda não chegamos a uma maturidade e aceitação completa da IA na medicina, existem muitas polêmicas nas áreas de eficiência, aplicabilidade, aceitação pelos profissionais da saúde, dilemas éticos, etc.
-





A melhor maneira
de prever o futuro
é inventá-lo!

Allan Kay
Cientista norte-americano

Copyright desta apresentação

Copyright © 2021-2025 Renato Marcos Endrizzi
Sabbatini

Para todo o conteúdo de autoria própria. Proibida a reprodução, distribuição e comercialização por quaisquer meios, eletrônicos ou impressos, sem a autorização por escrito do autor.

Versão 1: Abril 2025
