

Influências das Tecnologias da Inteligência Artificial no ensino¹

ROSA MARIA VICARI¹

“Todo o conhecimento provem da experiência: causalidade e necessidade.”

(David Hume)²

Introdução

A INTELIGÊNCIA Artificial (IA) tem se transformado no decorrer de seus anos de existência. Afirmando sua origem multidisciplinar, em vez de uma só escola, temos hoje mais de cinco linhas para entender a IA, e a possibilidade de as misturar num único caminho. Isso é uma enorme vantagem, sobretudo se não se for dogmático. Dentro desse contexto, o presente artigo apresenta uma visão dessas mudanças, em particular para a IA aplicada a sistemas educacionais.

No seu início, a IA invadiu a Filosofia, a Matemática (Lógica) e a Linguagem, importando ideias sem uma interação de mão dupla com essas disciplinas. Hoje em dia, a multidisciplinaridade cedeu lugar à interdisciplinaridade (Ciência Cognitiva) (Kotseruba; Tsotsos, 2018), levando a IA a conversar com as neurociências para poder ler o cérebro (de forma geral, esses estudos são baseados em Ressonância Magnética Funcional por Imagem [fMRI]). Essa conversa entre áreas permitiu a Aprendizagem Profunda (*Deep Learning*) com alguns êxitos. Entretanto, depois de se atingir um alvo, é desejável que se vá além, usando a criatividade e a imaginação para inovar ainda mais.

A ciência está mais forte, os coletivos disciplinares se constituem para enfrentar a complexidade. Isso não quer dizer que se conheça muito; como dizia Garcia de Orta,³ “o que ainda não conhecemos, amanhã saberemos descobrir”.

Com base nos anos de trabalho em aplicações da IA em sistemas educacionais – em particular, com trabalhos em modelos simbólicos, que estão na origem da disciplina –, é necessário reconhecer que foi na Aprendizagem de Máquina (Machine Learning – ML), sendo treinada com muitos dados, com mecanismos de representação do conhecimento, e raciocínio baseados nas Redes Neurais e nos modelos estatísticos (híbridos ou não), que a IA teve seus maiores avanços atuais. Isso se torna evidente se o foco for a máquina: primeiro objeto de estudo da IA. Algumas das vantagens das máquinas – até os dias de hoje – são o cálculo matemático e a velocidade de processamento. Ainda, o armazenamento

e o processamento em nuvens tornaram possível lidar com grandes quantidades de dados e compartilhar processadores; a IA vem se beneficiando dessas outras tecnologias da computação, da engenharia e da comunicação. Esses avanços trouxeram escalabilidade aos sistemas de IA.

Nem tudo na IA é ML. Ela emerge e se apoia em diferentes tecnologias. Na pesquisa e no desenvolvimento de sistemas educacionais, simular processos mentais (aprendizagem humana e emoções humanas) sempre foi o foco maior. Nessa simulação, estão presentes a representação do conhecimento, o raciocínio, a ML e a tomada de decisão. Até pouco tempo, esse trabalho esteve suportado por modelos adaptados da filosofia (BDI) (Rao, 1995), em modelos com influência da Biologia (Algoritmos Genéticos) (Galafassi et al., 2020), em modelos híbridos (Redes Probabilísticas e Redes Neurais) (Pearl; Mackenzie, 2018; Besold et al., 2006; Viccariet al., 2003). Atualmente têm surgido novas propostas, inspiradas nas neurociências, como a arquitetura *Agent-Zero* (Epstein, 2016). Se a IA tem causado mudanças de paradigmas e até disrupção em muitas áreas, isso não aconteceu – ainda – nas aplicações educacionais. A pesquisa em bases de patentes e a revisão de literatura têm permitido apontar as mudanças de paradigmas e vislumbrar como serão as aplicações futuras da IA e de outras tecnologias da computação e da comunicação, na educação.

A mudança de paradigma

No início (1956), a IA era vista de forma isolada (como imitação), buscando conhecimentos em outras disciplinas e construindo sistemas capazes de mostrar alguma inteligência. Hoje se conhece muito mais da cognição e da relação do conhecimento com a complexidade.

A interdisciplinaridade entre a IA e as outras disciplinas tinha um sentido predominante; havia sempre uma disciplina que ganhava. Agora há um círculo virtuoso com a neurociência – por exemplo – onde cada uma ganha com a outra.

Até pouco tempo, a IA tratava de módulos, peças que montavam a arquitetura dos sistemas; hoje procura integrar mecanismos para construir arquiteturas híbridas. A procura desses mecanismos é crucial para o desenvolvimento de teorias. Por exemplo, a inteligência pode emergir de um conjunto de mecanismos intencionais, causais e funcionais e desdobrar-se em modelos, como os da causalidade, o que significa raciocinar com relações.

Por exemplo, o pensamento crítico, tão necessário à educação, que pode ser construído com palavras, imagens e formas, para compreender (as relações entre ideias), determinar a importância de argumentar, reconhecer padrões, identificar inconsistências e erros de raciocínio, ou resolver problemas de forma sistemática.

Dentro desse contexto, as primeiras mudanças aconteceram com a influência dos modelos das neurociências na ML (Pereira; Mitchell; Botvinick, 2009; Raedt et al., 2016) com os modelos de redes neurais convolucionais.⁴ Esses permitiram o aprendizado profundo e necessitaram de hardware que os supor-

tasse, e a Intel foi das primeiras empresas a responder a essa demanda, com novas gerações de chips que suportaram as necessidades demandadas.

Seguiram-se modelos de interface baseadas em estimulação cerebral profunda, e alguns resultados dessa interdisciplinaridade já chegaram às aplicações educacionais por meio de aparatos que recebem e emitem sinais ao cérebro para manter a atenção do aluno nas aulas. As apostas no futuro da IA pela sua interação com hardware e robótica, em particular, podem ser encontradas em Marcus (2020).

Para melhor entendimento desse movimento de mudança de paradigma na pesquisa e no desenvolvimento de aplicações da IA, apresenta-se a seguir um *roadmap* (Figura 1) que busca apontar essas tendências.

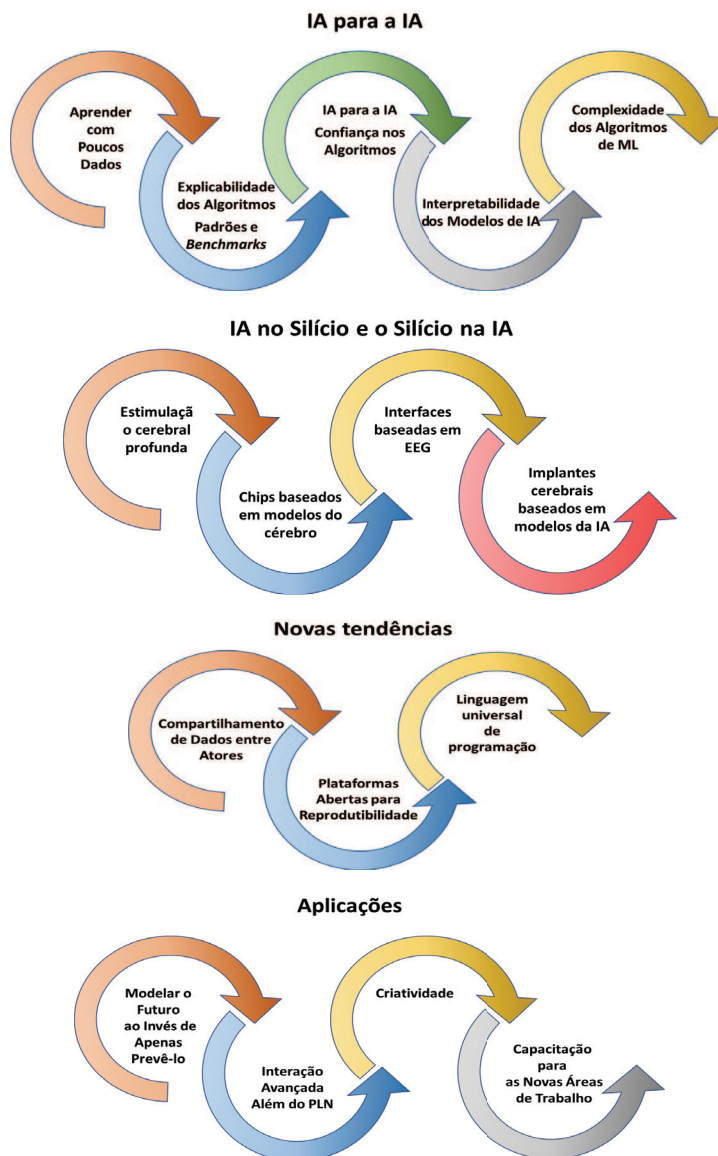
As bases para a sua construção foram obtidas, principalmente, de dados, como entre 2013 e 2018, quando a IA gerou aproximadamente 170 mil patentes registradas em todo o mundo. Esse número representa metade do total de todas as patentes relacionadas à IA registradas até então, de acordo com dados do World Intellectual Property Organization (Wipo, 2019).

As empresas que mais registraram patentes, nesse período, nos Estados Unidos da América, foram, respectivamente, a IBM, a Google, a Microsoft e a Amazon. No Japão, a Sony, e na Coreia do Sul, a Samsung, conforme dados obtidos na base U.S. Patent and Trademark Office (Uspto).

Sabe-se que a China não fica atrás nesse processo. Embora, na base de registros Uspto ela apareça em quinto lugar, o jornal japonês *Nikkei*, em artigo de 2019 (Okoshi, 2019), afirmou que a China ultrapassou os Estados Unidos no número de patentes relacionadas à IA em 2015. O artigo também mencionou que a China registrou mais de 30 mil patentes relacionadas à IA, em 2018, o que corresponde a 2,5 vezes o número de patentes relacionadas à IA registrados nos Estados Unidos. A China possui sua base de registros de patentes, a Chinese State Intellectual Property Office (Sipo). Embora os métodos de estudo por trás dos números publicados pelo *Nikkei* não tenham sido revelados, eles mostram o rápido crescimento nas atividades de IA, na China. Nessa mesma linha, segundo Sagar (2020), o número de registros de patentes, em IA, da China, cresceu 190% nos últimos cinco anos.

É importante também citar que a pesquisa em bases de patentes é bem difícil de ser realizada. As palavras-chave nem sempre estão relacionadas com os termos utilizados pela IA. Quando a compatibilidade ocorre, referem-se a tecnologias, como Redes Neurais, *Machine Learning*, Reconhecimento de Padrões, e ao termo genérico Inteligência Artificial.

Era esperado que, até o final de 2020, 77% das aplicações computacionais estivessem utilizando algum algoritmo de IA e o mercado global estivesse em torno de US\$ 60 bilhões para 2025.⁵ Desse total, o esperado para o período de 2018 a 2023, para aplicações educacionais da IA, é de US\$ 3.68 bilhões.⁶ Esse crescimento é creditado a três tecnologias: ML, PLN e *Big Data*.



Fonte: Elaboração própria

Figura 1 – *Roadmap* da pesquisa e desenvolvimento em Inteligência Artificial, para os próximos cinco anos.

O *roadmap* está dividido em linhas temáticas. A primeira linha apresenta o que se chamou de IA para a IA, ou seja, são objetivos de pesquisa para fortalecer a área. Nela temos a situação atual, onde os algoritmos necessitam de muitos dados para aprender. Esse fato traz complexidade aos algoritmos e dificuldade de sua explicação. Fatores como esses, além de alguns usos que se vêm fazendo de *Learning Analytics* (a Ciência de Dados, comunica-se com a IA) e da tomada de decisão autônoma, trouxeram insegurança aos usuários de IA. Logo, a necessidade de se tratar do assunto.

A segunda linha aporta as ligações da IA com a engenharia, com a nanotecnologia e com a neurociência. Nela temos a influência, recente, que modelos da neurociência têm gerado no design de chips, na conexão entre humanos e chips, sensores, fios conectores fruto nanotecnologia, equipamentos vestíveis etc.

A terceira linha aponta os aspectos da ética e da governança dessas novas pesquisas e desses novos produtos. Ela se apresenta com a necessidade de se evitar o aprendizado como preconceito e de se regular a tomada de decisão autônoma, por parte dos algoritmos, e como aspectos da ética e de governança estão sendo considerados.

A quarta linha apresenta novas tendências, que envolvem compartilhamento de dados para treinamento e reprodução de algoritmos (reproduzir um processo gera segurança no seu resultado), o uso de plataformas abertas para o desenvolvimento de produtos e até uma proposta da Organização das Nações Unidas (ONU), para que se desenvolva uma linguagem de programação universal para a área. Iniciativas como essas poderão fazer que a IA se desenvolva com maior rapidez.

Da mesma forma, a IA tem interagido com outras áreas da computação, como computação gráfica (reconhecimento de imagens), Realidade Virtual (RV), Realidade Aumentada (RA), dentre outras, com resultados em áreas como a saúde, identificação de pessoas em várias circunstâncias e a educação (incluindo pessoas portadoras de deficiências).

A IA também tem interagido com ela mesma. São exemplos os sistemas de Processamento de Linguagem Natural (PLN) (Tanenhaus, 1995), que integram aspectos do reconhecimento e geração de emoções, de ML (com aplicações em interfaces humano computador – o mercado esperado para 2023, para *chatbots* é de US\$ 8 bilhões [Sagar, 2020] – e tradução automática. Em muitos casos, essas interfaces vêm embarcadas em hardware), e raciocínio e decisão (tão discutida em aplicações como decisões jurídicas [Costa; Coelho, 2019], carros autônomos, *drones*, aplicações na área da saúde e sistemas de crédito financeiro). Enfim, existem verdadeiros ecossistemas compostos de produtos da IA, da computação, da comunicação e da engenharia.

Todas essas aplicações que surgem rapidamente levaram a uma outra discussão filosófica a respeito de que IA e de quão seguras, para os humanos, são algumas dessas aplicações. Russel (2020) aborda o tema chamando a atenção para a ligação entre a IA e as pessoas – *Human Compatible Artificial Intelligence – The Problem of Control*. Questões como essas têm gerado novos debates para os pesquisadores da IA, como a adoção de padrões éticos, boas práticas de desenvolvimento e uso de sistemas de IA. Também é importante ter cuidado para que a regulação não iniba a pesquisa.

Dentro desse contexto, instituições como a Unesco⁷ e a Unicef⁸ têm chamado a atenção para a necessidade de se educar para o uso consciente da IA, em

particular para a infância, adolescência e pessoas idosas. Esses segmentos podem estar mais expostos a aplicações não benevolentes, dentre elas, algumas que utilizam IA. No Brasil, temos duas Leis fundamentais (Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais. Lei n.13.709 de 2018 e, também, aspectos do Marco Civil da Internet. Lei n.12.965 de 2014), para tratar de parte desses possíveis maus usos. No entanto, essas leis não abordam a necessidade de se evitar o aprendizado dos sistemas com possíveis vies e também o uso de *Analytics* para não apenas prever o comportamento futuro dos usuários, mas para direcionar suas escolhas: o que se conhece genericamente como a utilização de *persona*. Nesse caso, seu uso pode ser eticamente questionado como aconteceu com a empresa britânica Cambridge Analytica e o Brexit (ver reportagens nos jornais *The Guardian* e *The New York Times*).

Como serão as próximas gerações dos sistemas educacionais?

Existem várias aplicações da IA, que possuem potencial utilização ou que já estão sendo utilizadas em sistemas educacionais, mas de forma dispersa. Uma das aplicações que – de certa forma – unifica as tecnologias são os chamados Sistemas Tutores Inteligentes (STI) (Giraffa; Móra; Vicari, 1999), que visam o ensino personalizado. A IA consegue bons resultados quando o foco é apenas um indivíduo e ainda não apresenta resultados significativos para, por exemplo, o ensino colaborativo.

Exemplos de tecnologias da IA que vêm sendo aplicadas na educação, na maioria dos casos de forma isolada, são os resultados do PLN, como tradução, análise e interpretação de textos, voz etc. Nessa categoria, existem várias tecnologias que podem ler textos, vídeos, apresentações *power point* e resumi-las para facilitar o estudo aos alunos. Tais sistemas motivam os alunos a escrever redações criativas; produtos que geram livros texto, em tempo real, de acordo com o perfil de aprendizagem de cada aluno – os *smartbooks*, e sistemas de tradução de voz em tempo real. Em geral, aplicações do PLN vêm associadas ao reconhecimento de emoções (Picard, 1998). Na base Uspto, dentre as tecnologias apresentadas neste artigo, PLN conjuntamente com computação afetiva são as com maior número de registro de patentes, nos últimos três anos.

A tradução simultânea, tanto de texto quanto de voz, já está – em muitos casos – integrada em aplicações para a educação, como Learning Management Systems (LMS), Massive Open Online Courses (MOOC) e STI. Os STI, por possuírem o “modelo do aluno”, componente de sua arquitetura, que mantém o registro do estilo de aprendizagem, desempenho e do estado emocional do aluno relacionado com o conteúdo educacional. Essa integração permite a geração automática de livros texto. Dentro dessa mesma linha, os sistemas de recomendação de conteúdos pedagógicos estão sendo usados em diferentes LMS.

Os smartbooks abordam o conteúdo que o STI ensina (por exemplo equações de primeiro grau) e conseguem apresentar diferentes desafios educacionais para cada aluno; sem, contudo, sair do conteúdo. Esse, em geral, tem origem

em bases que passaram por um processo de curadoria; portanto, livres de erros. Esse tipo de integração é lento e os *smartbooks* ainda são raros. Um exemplo é o STI Albert.⁹

Outra área de pesquisa da IA que será foco nos próximos anos e que ajuda a pensar os futuros sistemas educacionais é a criatividade. A Criatividade Computacional (Veale; Cardoso, 2019) vem sendo explorada há algumas décadas, mas, até então, com aplicações mais restritas ao campo das artes. Estudos apontam que essa área tende a receber maior interesse dos pesquisadores de IA – em geral e em particular dos pesquisadores de IA aplicada à educação.

Na área das artes, onde a criatividade computacional apresentou seus primeiros resultados, aplicações recentes utilizam uma proposta similar à do modelo do aluno, presente nos STI, para criar o modelo do seu usuário. O algoritmo de ML é treinado a partir das características do usuário, em particular no seu modelo emocional. O “Pintor IA” é um exemplo de resultado que foi apresentado, em outubro de 2020, no *arXiv*.¹⁰ A inovação está no fato de que o Pintor IA realiza uma conversa face a face com o seu usuário para aprender mais sobre suas qualidades e seus sentimentos. Em seguida, usa essas informações para criar retratos.

Entretanto, a IA tem avançado pouco em resultados práticos escaláveis quando se fala em acompanhar o raciocínio do aluno durante a solução de problemas; esse aspecto é fundamental para o sucesso dos sistemas educacionais. Nosso grupo de pesquisa tem obtido resultados satisfatórios em situações de ensino de lógica proposicional. A estratégia utilizada é, por um lado, o STI resolver o mesmo problema do aluno, em tempo real, utilizando a mesma linha de raciocínio do aluno e verificar a adequação das fórmulas de reescrita utilizadas, através do interpretador Prolog (Gluz et al., 2013). Por outro lado, a estratégia é a geração de todas as possíveis soluções, para cada exercício, com o uso de algoritmos genéticos (Galafassi et al., 2020). Nessa última abordagem, o STI possui a solução do aluno, dentre as possibilidades geradas pelo algoritmo genético.

Ainda, como ocorre com a IA, de forma geral, nas aplicações educacionais em particular, outras áreas da computação têm sido utilizadas, como a RV, RA, reconhecimento facial e ciências de dados. A ciência de dados traz os temas *Big Data* e *Learning Analytics*. Essas duas tecnologias vêm sendo aplicadas para analisar vídeos gravados de professores ministrando aulas presenciais. A análise dos conteúdos permite apontar pontos em que o professor precisa explicar de forma mais detalhada o conteúdo. Outros usos envolvem previsão do comportamento futuro de determinados alunos, com base nos seus comportamentos passados. Isso permite que tanto os sistemas educacionais quanto os professores humanos se preparem para as necessidades de cada aluno, em particular.

Das neurociências, os primeiros resultados, voltados para aplicações educacionais, são tecnologias vestíveis que visam manter a atenção dos alunos direcionada para o professor, durante as aulas. Tiaras utilizadas por alunos possuem

sensores que recebem sinais do cérebro, do tipo Eletro Encéfalo Grama (EEG), e também emitem sinais ao cérebro, para monitorar a atenção do aluno. Os equipamentos vestíveis, em geral, estão conectados à internet e apontam um dos caminhos para a Internet das Coisas (Internet of Things – IoT), em aplicações educacionais. O mercado esperado para equipamentos vestíveis que utilizam IA é de US\$ 180 bilhões para 2023 (Sagar, 2020). Ainda, aplicações educacionais costumam demandar largura de banda; logo as redes 5G também vão agregar poder de transmissão aos sistemas educacionais.

Esses aparatos todos ainda não conseguiram ter resultados significativos em sistemas educacionais como já possuem em atividades lúdicas. Aplicações lúdicas são ótimos exemplos; nelas, grande parte dessas tecnologias já é utilizada de forma integrada, imperceptível e agradável ao usuário.

A educação precisa usar a curiosidade, que é um fator motivador para os alunos. A curiosidade leva à descoberta, ao novo, e ativa áreas do cérebro responsáveis pela aprendizagem. Esse processo convoca a imaginação, a criatividade, a capacidade de investigar e analisar para se obter respostas ou novas perguntas que alimentam o ciclo. Esse circuito é essencial para um estudante se mobilizar e ganhar uma motivação própria ao longo dos estudos.

Essas constatações associadas ao levantamento bibliográfico, que apresentam os principais temas de pesquisa do momento, e os dados obtidos do registro de patentes realizado por empresas de tecnologia conhecidas e por *startups* inovadoras permitem vislumbrar como serão os ambientes educacionais nos próximos anos.

Essas informações apontam para ecossistemas educacionais que vão incluir tecnologias da IA, da computação, da comunicação e da robótica resultando em sistemas com interoperabilidade proporcionada pelo protocolo IoT, para ligar objetos às aplicações (como visto, muitas tecnologias para interfaces inteligentes já estão disponíveis, falta a sua integração, em larga escala, com propósitos educacionais).

Cabe ressaltar que um ambiente educacional é mais do que uma interface que facilita seu uso – por um lado – e que obtém informações sobre os estudantes, por outro. Ele precisa motivar os alunos e mantê-los interessados no processo educacional. Isso envolve soluções mais complexas do que *gamificação* ou mesmo jogos sérios (como são chamados os jogos educacionais) embora essas tecnologias sejam relevantes.

Talvez o caminho siga o modelo dos *Fab-lab*, os quais são laboratórios físicos que estão integrados a plataformas colaborativas de software. Logo, aparecem do ponto de vista tecnológico, dois “problemas”: laboratórios físicos e grupos de pessoas que colaboram para a solução de um mesmo desafio. Ou seja, ambientes voltados para a solução de problemas e para a aprendizagem baseada em projetos. Os alunos estão aprendendo a encontrar a solução um problema real e desenvolvem autonomia para buscar as possíveis formas de solução. Para

tratar do primeiro caso, temos algumas tecnologias que podem ajudar, como IoT, 5G, e *glasses*, que utilizam RV, RA e internet.

Tratar do segundo caso é um desafio para a IA. A interação humana é muito mais complexa do que a IA consegue dar conta atualmente. A IA, como visto, tem fornecido resultados aceitáveis para apoiar o ensino personalizado. Ou seja, quanto mais individualizado, melhor o resultado dos sistemas de IA, mas adaptar esse sistema para um grupo de indivíduos que necessitam colaborar ainda é um desafio para a IA. Vários trabalhos de pesquisa acadêmica têm sido realizados nesse sentido, porém, até o momento, não surgiu uma aplicação que convença. Os principais resultados ainda estão restritos a algoritmos de recomendação de conteúdo educacional, que ajudam na formação de grupos ou que gerenciam diálogos, apontando quem não colaborou ou relembrando questões em aberto.

No âmbito global, algumas das principais empresas que oferecem soluções educacionais, que utilizam tecnologias da IA de alguma forma, são: IBM (EUA), Microsoft (EUA), Bridge-U (UK), DreamBox Learning (EUA), Fishtree (EUA), Jellynote (França), Google (EUA), AWS (EUA), Carnegie Learning (EUA), Century-Tech (UK), Liulishuo (China), Nuance Communications (EUA), Pearson (UK), Third Space Learning (UK) e Quantum Adaptive Learning (EUA). Nessa lista podemos observar a predominância dos Estados Unidos nessa área. Os principais produtos comercializados por essas empresas são Facilitadores Digitais, LMS, STI, sistemas de distribuição de conteúdos, e sistemas de detecção de riscos educacionais (evasão) e de fraudes (plágio).

Conclusão

Observar a área traz uma visão das tendências do momento e de um futuro próximo para a ciência e a tecnologia. No entanto, quando se trata de tecnologia, a quebra de paradigmas e a disrupção podem mudar a tendência a qualquer momento. Quando as mudanças acontecem, as pessoas precisam estar preparadas para, de forma autônoma, assumir a necessidade da aprendizagem ao longo da vida, para se manterem produtivas.

Após seus 27 anos de existência, a IA aplicada à educação está sendo chamada para dar respostas a questões como: Qual a tendência da tecnologia educacional: personalizar a educação e ser assertiva com seus usuários, ou avançar no desafio de construir tecnologias que considerem a interação social, com resultados aceitáveis para a educação? Ainda, uma composição dessas duas possibilidades? Onde estará a disrupção nos sistemas educacionais? Como esses sistemas irão desenvolver as habilidades e as competências necessárias para os nossos dias, onde a IA e a robótica oferecem soluções que substituem pessoas em postos de trabalho?

Essas indagações apontam para vários aspectos; dentre eles, que são necessárias mudanças para se migrar do modelo de “educação se for o caso”, em que determinados conteúdos são úteis em algum processo de avaliação formal, do

século passado. Se mudanças na educação são necessárias, a forma de se avaliar a educação também precisa mudar.

Essas são algumas perguntas que ficam em aberto para os pesquisadores de IA e para os educadores.

Notas

- 1 O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (Capes) - Código de Financiamento 001.
- 2 David Hume foi um filósofo, historiador e ensaísta britânico nascido na Escócia.
- 3 Garcia de Orta foi médico português que viveu na Índia, no século XVI. Foi autor pioneiro na área de botânica, medicina e farmacologia.
- 4 No contexto da IA e ML, uma rede neural convolucional (Convolutional Neural network CNN ou ConvNet) é uma classe de rede neural que vem sendo aplicada com sucesso no processamento e análise de imagens. As redes convolucionais são inspiradas em processos biológicos. Nelas, o padrão de conectividade entre os neurônios é inspirado na organização do córtex visual dos animais. Os neurônios corticais individuais respondem a estímulos em regiões restritas do campo de visão conhecidas como campos receptivos. Os campos receptivos de diferentes neurônios se sobrepõem parcialmente de forma a cobrir todo o campo de visão.
- 5 Disponível em: <<https://www.gminsights.com/industry-analysis/artificial-intelligence-market>>..
- 6 Disponível em: <<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/ai-in-education-market200371366.html#:~:text=The%20global%20AI%20in%20education,forecast%20period%202018%20till%202023>>.
- 7 Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373434>>.
- 8 Disponível em: <<https://www.unicef.org/globalinsight/featured-projects/ai-children>>.
- 9 Disponível em: <<https://www.go.nmc.org/mralbert>>.
- 10 Disponível em: <<https://arxiv.org>>.

Referências

- BESOLD, T. R. et al. Reasoning in non-probabilistic uncertainty: Logic programming and neural-symbolic computing as examples. *Minds and Machines*, v.27, n.1, p.37-77, 2006.
- COSTA, A. R.; COELHO, H. Interactional Moral Systems: A model of social mechanisms for the moral regulation of exchange processes in agent societies. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*, v.6, n.4, p.778-96, 2019.
- EPSTEIN, J. M. Agent-Zero and Generative Social Sciences, Princeton Press, 2016. Disponível em: <https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_175078.pdf>. Acesso em: 25 out. 2020.
- GALAFASSI, C. et al. EvoLogic: Intelligent Tutoring System to Teach Logic. *Lecture Notes in Computer Science*, v.12319, p.110-21, 2020.

GIRAFFA, L.; MÓRA, M.; VICCARI, R. Modelling an interactive ITS using a MAS approach: from design to pedagogical evaluation. In: IEEE THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL INTELLIGENCE AND MULTIMEDIA APPLICATIONS 1999, v.3. IEEE, New Delhi, 1999.

GLUZ, J. C. et al. Heraclito: a Dialectical Tutor for Logic. In: PORTUGUESE CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, EPIA, 2013, Açores/Portugal. 16th Portuguese Conference on Artificial Intelligence, EPIA 2013, Proceedings. New York: Springer, v.8154, p.1-2, 2013.

KOTSERUBA, J.; TSOTSOS, J. K. 40 years of cognitive architectures: core cognitive abilities and practical applications. *Artificial Intelligence Review*, v.53, p.17-94, 2018.

MARCUS, G. The Next Decade in AI: Four Steps Towards Robust Artificial Intelligence Robust AI. Cornell University, 2020. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/2002.06177>>. Acesso em: 20 out. 2020.

OKOSHI, Y. China Overtakes US in AI Patent Rankings. *NIKKEI*, 2019. Disponível em: <<https://asia.nikkei.com/Business/Business-trends/China-overtakes-US-inAI-patent-rankings>>. Acesso em: 20 jun. 2020.

PEARL, J.; MACKENZIE, D. *The book of why: the new science of cause and effect*. New York: Basic Books, 2018.

PEREIRA, F.; MITCHELL, T.; BOTVINICK, M. Machine learning classifiers and fMRI: a tutorial overview. *Neuroimage*, v.45, S199-S209. doi: 10.1016/j.neuroimage.2008.11.007, 2009.

PICARD, R. *Affective Computing*. 2.ed. Cambridge: Mit Press Hardcove, 1998.

RAEDT, L. D. et al. Statistical relational artificial intelligence: Logic, probability, and computation. *Synthesis Lectures on Artificial Intelligence and Machine Learning*, v.10, n.2, p.1-189, 2016.

RAO, G. BDI Agents: From theory to Practice. In: First International Conference on Multiagents Systems I. *Anais...* California: AAI, 1995. p.312-319.

RUSSELL S. Q & A: The future of artificial intelligence. Carnegie Council for Ethics in International Affairs, 2020. Disponível em: <<https://people.eecs.berkeley.edu/~russell/research/future/>>. Acesso em: 18 set. 2020.

SAGAR, P. R. Top 5 Latest Advancements in Artificial Intelligence, oct. 2020. *Ynorhistory*, Disponível em: <<https://yourstory.com/mystory/top-five-latest-advancements-artificial-intelligence>>. Acesso em: 31 nov. 2020.

TANENHAUS, M. K. et al. Integration of visual and linguistic information in spoken language comprehension. *Science*, v.268, n.5217, p.1632-1634, 1995.

VEALE, T. CARDOSO, A. (Ed.) *Computational Synthesis and Creative Systems*, Springer, ISSN 2509-6575, ISBN 978-3-319-43608-1, p.1-397. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-43610-4>, 2019.

VICCARI, R. M. et al. A Multi-Agent Intelligent Environment for Medical Knowledge. Artificial Intelligence in Medicine. *Elsevier Science B. V.*, v.27, p.335-66, 2003.

WIPO - World Intellectual Property Organization. WIPO Technology Trends 2019 -Artificial Intelligence. Disponível em: <<https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4386>>, 2019. Acesso em: 24 jun. 2020.

RESUMO – Após 64 anos de seu surgimento, a Inteligência Artificial (IA) enfrenta o complexo e o incerto dos nossos dias. Nesse período de sua existência, podem-se destacar dois “invernos” (1980 e 1993) em que as aplicações eram interessantes, mas a IA não conseguiu dar respostas adequadas: na compreensão da linguagem e no diagnóstico médico. Por outro lado, a IA apresentou duas décadas de progressos (2000 e 2010), em que as aplicações se mantiveram, mas as respostas da IA apresentaram avanços na tradução automática (Google), no reconhecimento de imagens (a primeira a utilizar a tecnologia foi a Apple, no iPhone 10), diagnóstico do câncer (IBM Watson) e carros autônomos (dentre outras, a Tesla). Este texto é fruto da revisão sistemática da literatura e da experiência da autora na área.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência Artificial, Inteligência Artificial na educação, Ambientes virtuais de aprendizagem.

ABSTRACT – Sixty-four years after its emergence, Artificial Intelligence (AI) faces the complexity and uncertainty of our day. During this period, two “winters” (1980 and 1993) can be highlighted where applications were interesting, but AI was not able to provide adequate responses, for example, in understanding language and in medical diagnosis. On the other hand, AI enjoyed two decades of progress (2000 and 2010), where the applications remained, but AI responses advanced in automatic translation (Google), image recognition (Apple was the first to use the technology, on its iPhone X), cancer diagnosis (IBM’s Watson) and autonomous cars (among others, Tesla). This text is the result of a systematic review of the literature and of the author’s experience in the area.

KEYWORDS: Artificial Intelligence, Artificial Intelligence in education, Virtual learning environments.

Rosa Maria Vicari é professora titular do Instituto de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, coordenadora da Cátedra Unesco em Tecnologias da Comunicação e Informação da UFRGS. PhD em Engenharia Eletrotécnica e Computadores pela Universidade de Coimbra Portugal (1990). @ – rosa@inf.ufrgs.br / <http://orcid.org/0000-0002-6909-6405>.

Recebido em 6.11.2020 e aceito em 15.1.2021.

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Informática, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.