

# Máquinas de ensinar analógicas: as precursoras da inteligência artificial na aprendizagem

Camila Leporace

*Doutora em Educação pela Universidade de Coimbra, Portugal, e pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), em regime de cotutela (2023). Jornalista pela PUC-Rio (2005) com mestrado em Educação pela PUC-Rio (2019). Professora de pós-graduação no Centro Universitário Carioca (Unicarioca).*

*E-mail: camilaleporace@gmail.com*

**Resumo:** O artigo apresenta um breve histórico das máquinas analógicas de ensinar criadas há quase um século, defendendo que elas podem ser consideradas as verdadeiras precursoras da inteligência artificial na educação. Para isso, examina as premissas dessas antigas máquinas, indicando que são muito parecidas com aquelas associadas, hoje, aos sistemas de aprendizagem de máquina. Essas premissas passam pela individualização do ensino, a redução de encargos com atividades maçantes para o professor e uma melhor experiência de ensino a partir da automatização do ensino. Também as apreensões hoje advindas da chegada dos sistemas de IA são parecidas com aquelas que povoaram a sociedade quando as máquinas analógicas apareceram – por exemplo, o receio da substituição do professor por artefatos robóticos e o medo de que ocorra um afastamento entre alunos e professores em vez de uma maior aproximação deles.

**Abstract:** This study offers a brief history of the analogue teaching machines created almost a century ago, arguing that they can be considered as the true forerunners of artificial intelligence in education. To do so, it examines the premises of these old machines, pointing out that they closely resemble those currently associated with machine learning systems. These premises include the individualization of teaching, the reduction of the burden of laborious activities on teachers, and a better teaching experience by automating teaching. Current apprehensions about the arrival of AI systems also resemble those that plagued society when analogue machines first appeared - for example, the fear of teachers being replaced by robotic artefacts and the fear of a distancing between students and teachers rather than a closer relationship.

Ao buscar essas conexões, o artigo lança olhares analíticos sobre as tecnologias digitais usadas para fins de aprendizagem, procurando contribuir para pavimentar o caminho para uma reflexão crítica sobre esses usos partindo da valorização da perspectiva humana sobre a inteligência artificial.

*Palavras-chave:* inteligência artificial; cognição; tecnologias educacionais; educação; aprendizagem adaptativa.

By seeking out these connections, this study takes analyses the digital technologies used for learning, trying to help pave the way for a critical reflection on these uses based on valuing the human perspective over artificial intelligence.

*Keywords:* artificial intelligence; cognition; learning technologies; education; adaptive learning.

## INTRODUÇÃO

Na bibliografia da área, existem indicações de que a história da inteligência artificial (IA) na educação formal começa na década de 1980, tendo como marco a publicação da primeira edição do *International Journal of Artificial Intelligence in Education* em 1989 e a criação da International AI in Education Society (IAIED) em 1993. Essas informações são trazidas por Williamson e Eynon.<sup>1</sup> Os sistemas inteligentes de tutoria e instrução assistida por computador (CAI, na sigla em inglês para *Computer-Assisted Instruction*) teriam sido, segundo esses autores, os antecessores da IA na educação, a qual vem se desdobrando em pelo menos duas vertentes básicas de aplicação: o desenvolvimento de ferramentas a serem utilizadas em sala de aula e o uso de IA para medir, compreender e melhorar o ensino.<sup>2</sup>

Segundo Pea,<sup>3</sup> nos anos de 1980 houve uma intensa mobilização de diversos grupos em torno dos possíveis usos da informática na educação. Isso teria a ver com o campo da ciência cognitiva, então ainda relativamente novo (tendo iniciado na década de 1950), e com a crescente popularização do acesso às tecnologias. O clima era de otimismo. Pesquisadores falavam sobre a união entre cognição, computação e educação, enquanto compartilhavam as suas descobertas de pesquisa.<sup>4</sup> Mas nem sempre foi assim. As tecnologias na educação passaram por vários momentos, que intercalam otimismo e apreensão. Aliás, esses momentos alternados não cessaram. Desde a popularização dos modelos de IA generativa, em 2023, a apreensão acerca dessa tecnologia tem crescido na mesma proporção que o entusiasmo. Discute-se a inserção da IA em sala de aula a partir de questões como os riscos de que a IA substitua o professor ou de que os processos de aprendizagem e os processos criativos sejam esvaziados a partir de trabalhos feitos em sistemas de IA.

Com o intuito de compreender alguns dos pilares a partir dos quais se pode perspectivar a IA na educação, e buscando ir além dos motivos mais comuns da apreensão por parte de educadores, este trabalho procura explorar quais

1. WILLIAMSON, Ben; EYNON, Rebecca. Historical threads, missing links, and future directions in AI in education. *Learning, Media and Technology*, Abingdon, v. 45, n. 3, p. 223-235, 2020. DOI: 10.1080/17439884.2020.1798995

2. HOLMES, Wayne; BIALIK, Maya; FADEL, Charles. *Artificial intelligence in education – promises and implications for teaching and learning*. Boston: The Center for Curriculum Redesign, 2019.

3. PEA, Roy D. The prehistory of the learning sciences. In: EVANS, Michael A.; PACKER, Martin J.; SAWYER, R. Keith. *Reflections on the learning sciences*. Cambridge University Press, 2016.

4. *Ibidem*, p. 38.

seriam de fato os primórdios da IA na educação. Defende-se que é possível que os antecessores da IA na educação não sejam os computadores, mas as plataformas analógicas introduzidas por inventores na sala de aula há um século, tendo em mente finalidades bastante semelhantes a aquelas que se busca com a IA hoje. Se as premissas desses antigos sistemas são parecidas com as premissas dos sistemas de IA atuais, também as apreensões que eles trouxeram, décadas atrás, se assemelham às que agora os sistemas algorítmicos geram. Argumento que isso pode nos ajudar a obter insumos para pensar criticamente a IA na educação. Afinal, por mais que esses recursos sejam novos, eles surgem a partir de outros – como toda inovação – e por isso um histórico dessas tecnologias pode nos ser útil. Olhando para o passado, reconhecemos questões que sempre estiveram presentes na educação, na aprendizagem, e em tecnologias que surgiram como tentativa de resolução dessas questões. Mas também identificamos questões políticas que sempre acompanharam a educação e que merecem atenção, de modo a não ofuscar as reais possibilidades pedagógicas das tecnologias. Procuo trazer uma visão geral desses aspectos, com o objetivo de contribuir para as bases teórico-filosóficas de um debate crítico sobre IA na educação.

## 1. INSTRUÇÃO PROGRAMADA: A AUTOMAÇÃO NA EDUCAÇÃO NÃO É ALGO NOVO

Segundo o Center for Data Innovation<sup>5</sup> – instituição que formula e promove políticas públicas projetadas para maximizar os benefícios da inovação orientada por dados nos setores público e privado – existem quatro objetivos principais advindos da educação baseada em dados: a personalização; a aprendizagem baseada em evidência; a eficiência da escola e a inovação contínua. Eles ganham força com a vertente da IA chamada de *machine learning*, ou aprendizagem de máquina (aqui referenciada como ML), especialmente os sistemas de *deep learning*, que permitem aplicar algoritmos para fazer previsões a partir de vastas bases de dados com alto grau de personalização (e muitos riscos à privacidade, discutidos principalmente na esfera da ética da IA).

Esses quatro objetivos levantados pelo Center for Data Innovation se assemelham às motivações que acompanharam invenções significativamente anteriores aos computadores e à IA na educação. Ao analisarmos essas premissas, percebemos que, ao contrário do que se pode imaginar, os antecessores das tecnologias educacionais digitais baseadas em IA tais como as concebemos hoje podem estar localizados não nos computadores digitais, mas num ponto mais remoto dessa história. Como indica Watters,<sup>6</sup> a origem de tudo isso estaria ligada a tentativas de automação do ensino que vêm se desenhando desde a década de 1920, pelo menos. A intenção de individualizar o ensino, porém, já acompanha a educação desde muito antes. “Já na Antiguidade alguns educadores se preocuparam com adaptar seu trabalho docente às exigências do indivíduo

5. Disponível em: <https://datainnovation.org/>. Acesso em: 1 jul. 2024.

6. WATTERS, Audrey. *Teaching Machines*. Cambridge: MIT Press, 2021.

enquanto tal. Mas é bem verdade que só na época moderna encontramos colocado com plena consciência o problema da adequação metodológica ao psiquismo de cada indivíduo”.<sup>7</sup> Candau aponta o momento em que se teria começado a falar sobre a didática para que houvesse essa adequação metodológica. A educadora assinala, entre as primeiras iniciativas para isso, o agrupamento de alunos em classes organizadas a partir de sua capacidade aproximada. A medida faz parte de um extenso histórico de investidas, na educação, no sentido de endereçar diferentes “estados mentais” ou “idades mentais” dos estudantes.

Foi em 1926 que, pensando nos ritmos de aprendizagem de cada aluno, o professor de psicologia educacional Sidney Pressey desenvolveu um dispositivo mecânico capaz de oferecer perguntas e respostas relacionadas a conteúdos didáticos. As instruções individualizadas dirigidas a cada estudante seriam seguidas de correções individualizadas. A invenção do professor, que lecionava na Ohio State University, teria surgido em meio à ascensão, nos Estados Unidos, do desenvolvimento dos testes objetivos de inteligência e de instrução. Segundo Watters,<sup>8</sup> o próprio Pressey e sua esposa foram proprietários de diversos desses testes padronizados, nos anos de 1920. Para ele, o reforço imediato era essencial para a aprendizagem: a resposta correta deveria chegar o quanto antes para o aluno. “Dispositivos ou materiais especiais que, ao mesmo tempo, informam a um estudante sobre sua resposta a uma questão estar correta ou não e então o levam à resposta correta claramente fazem mais do que testá-lo; *eles também o ensinam*”.<sup>9</sup> Pressey criou várias versões de dispositivos a partir de uma mesma ideia básica, como relatam Holmes, Bialik e Fadel;<sup>10</sup> dentre eles, um instrumento que foi batizado de *punchboard*, o qual permitia “exercícios de perfuração”. “No *punchboard* o aluno precisa inserir o lápis em um dos quatro furos, conforme a resposta que haja escolhido como certa. Se tiver escolhido a que for certa, a matriz que fica por baixo, permitindo a entrada da ponta do lápis mais profundamente, registrará o acerto.”<sup>11</sup>

Anos depois de Pressey, o behaviorista B. F. Skinner desenvolveu uma máquina para ajudar a ensinar aritmética. Ele percebeu e se incomodou com o fato de que todos os estudantes precisavam seguir o mesmo ritmo e que tinham de esperar muito para obter retorno sobre seu desempenho. Skinner criou um dispositivo que apresentava um problema, uma resposta e uma luz que piscava quando a resposta fornecida estava correta.<sup>12</sup> Estaria contribuindo, assim, para o respeito ao ritmo individual de cada aluno. Vale ressaltar, porém, que, se o que incomodou Skinner e fez emergir suas invenções foi parecido com o que Pressey sentiu, as ideias envolvidas nas criações de um e de outro tinham diferenças relevantes. Pressey desenvolveu dispositivos para aplicar testes – de modo que, antes de utilizar as máquinas, os alunos deveriam já ter estudado as lições – enquanto Skinner voltou-se para as possibilidades de ensinar conteúdos novos aos estudantes por intermédio de tais tecnologias. Segundo Benjamin,<sup>13</sup> Skinner acreditava que a aprendizagem ocorreria em pequenos

7. CANDAU, Vera Maria. **Ensino programado** – Uma nova tecnologia didática. Rio de Janeiro: Inter Edições, 1969, p. 18-19.

8. WATTERS, Audrey. Gordon Pask's adaptive Teaching Machines. **Hack Education**, [s. l.], 28 mar. 2015.

9. PRESSEY, Sidney L. Development and appraisal of devices providing immediate automatic scoring of objective tests and concomitant self-instruction. **The Journal of Psychology**, [s. l.], 29:2, 417-447, 1950.

10. HOLMES, Wayne; BIALIK, Maya; FADEL, Charles. **Artificial**. Op. cit.

11. CANDAU, Vera Maria. **Ensino**. Op. cit., p. 39.

12. BENJAMIN, Ludy T. A history of teaching machines. **American Psychologist**, Washington, D.C., v. 43, n. 9, p. 703-712, 1988.

13. Ibidem.

passos e que o material a ser disponibilizado deveria ser pensado de uma maneira coerente com um repertório responsivo, passo a passo. O termo “ensino programado”, objeto de estudo de Candau,<sup>14</sup> teria sido cunhado por Skinner para descrever a “informação construída dessa maneira lógica e sistemática”.<sup>15</sup> Nas máquinas de Skinner – as quais não se limitaram à citada invenção para ensinar matemática, mas adquiriram contornos diversos – o aluno era convocado a escrever suas próprias respostas, podendo então compará-las com as que os dispositivos ofereciam; o processo propunha uma saída do modelo de múltipla escolha para o discursivo.

Como descrevem Holmes, Bialik e Fadel,<sup>16</sup> a máquina que Skinner lançou em 1958 era inspirada em seus experimentos para condicionar ratos e pombos. Tratava-se de uma caixa de madeira com furos ou janelas na tampa. Perguntas escritas em discos de papel apareciam em um desses furos, ou janelas, enquanto o estudante deveria escrever uma resposta num rolo de papel que ficava visível por meio de outra janela, também usada para o professor fazer marcações depois. O mecanismo automaticamente cobria a resposta do aluno, que não poderia ser modificada depois de feita, e revelava o conteúdo da resposta correta. Ainda segundo os autores, porém, por mais que tenha se voltado para máquinas que pudessem gerar aos estudantes novos conteúdos e que os permitissem escrever suas próprias respostas em vez de selecioná-las em um universo predeterminado, as criações de Skinner não podem ser consideradas *adaptativas*. Uma máquina adaptativa, em teoria, *se adapta* ao ritmo do estudante que a está utilizando e customiza a entrega de conteúdo para ele. Mas as invenções de Skinner não forneciam nenhum tipo de acomodação das questões ou de sua ordem de exibição em função do desempenho do estudante que estivesse usando a máquina. Por mais que pudessem avançar segundo seu próprio ritmo, todos os alunos passavam pela mesma lista de questões dos demais e na mesma ordem.

Holmes, Bialik e Fadel<sup>17</sup> apontam Norman Crowder como um precursor do ensino adaptativo, enquanto Gordon Pask teria desenvolvido provavelmente a primeira máquina de ensinar verdadeiramente adaptativa no início dos anos de 1950. Crowder desenvolveu uma alternativa às máquinas de ensinar lineares, como as de Skinner, que os autores classificam como instrução programada intrínseca ou ramificada – em inglês, *intrinsic* ou *branching programming*.<sup>18</sup> Trabalhando como psicólogo na Força Aérea dos EUA, ele estava interessado em treinar engenheiros para que se tornassem capazes de detectar problemas de funcionamento em equipamentos eletrônicos. O sistema de Crowder<sup>19</sup> foi projetado de maneira tal que o sujeito a ser treinado era apresentado a uma página com informações seguidas de questões de múltipla escolha; cada resposta possível conduzia o estudante a uma nova página. Se o aluno escolhesse a resposta errada, encontraria em seguida um conteúdo voltado para corrigir o que ele não havia entendido bem; já se acertasse a resposta, encontraria em seguida uma página com mais conteúdos relacionados e que pudessem

14. CANDAU, Vera Maria. *Ensino*. Op. cit.

15. BENJAMIN, Ludy T. *A history*. Op. cit.

16. HOLMES, Wayne; BIALIK, Maya; FADEL, Charles. *Artificial*. Op. cit.

17. *Ibidem*, p. 97

18. Ver também CANDAU, Vera Maria. *Ensino*. Op. cit. p. 61.

19. HOLMES, Wayne; BIALIK, Maya; FADEL, Charles. *Artificial*. Op. cit.

expandir seus conhecimentos. A ideia, enfim, era que os estudantes seguissem jornadas de aprendizagem diferentes, dependendo do que fossem acertando ou errando, algo semelhante ao que se observa hoje no conceito de trilhas de aprendizagem adaptativas. Desse modo, pode-se imaginar uma linha reta a ser perseguida pelos estudantes numa máquina de ensinar como as que Skinner criou, ao passo que, para uma máquina baseada em programação intrínseca, a melhor metáfora talvez fosse a de uma árvore com seus múltiplos galhos. Candau<sup>20</sup> destaca o aspecto adaptativo da invenção de Crowder, contrastando-o com a linearidade típica da máquina de ensinar de Skinner.

Pensando nas semelhanças, em termos de premissas, entre as máquinas de ensinar antigas e a aprendizagem de máquina hoje, é interessante notar também que as máquinas baseadas em programação intrínseca eram vistas como um recurso que prescindia de um tutor externo para fornecer as próximas lições aos alunos – necessidade indispensável no caso de máquinas lineares. “A expressão ‘programação intrínseca’ refere-se simplesmente ao fato de que o programa necessário de alternativas constitui-se no interior do próprio material de tal modo que nenhum mecanismo exterior ao programa é necessário”.<sup>21</sup> Ao pensar em computadores, pensamos em programação. Pensamos em um passo a passo que o computador deveria seguir para cumprir determinada tarefa, contendo regras para serem seguidas à risca. De fato, assim é a programação em sua forma “clássica” e era a IA em sua primeira fase. Sistemas de ML, por sua vez, não demandam que lhes sejam dadas todas as direções previamente. Ainda que os algoritmos sirvam para dar “instruções” a esses sistemas,<sup>22</sup> são instruções sensivelmente diferentes. “Em vez de algoritmos serem programados quanto ao que exatamente deverão fazer, de modo geral eles têm a habilidade de *aprender* o que fazer”.<sup>23</sup> Vale destacar que os autores esclarecem que isso, porém, não significa que ML não exija grandes esforços de programação. O que acontece é que o empenho vai em uma direção diferente: em vez de se desenvolverem comandos diretos que levem a *outputs* (resultados) diretos, programação em ML envolve levar grandes massas de dados (*inputs*) a gerar *outputs* a partir de previsões.

As descrições das máquinas de ensinar analógicas vão na direção de certas plataformas de ensino atuais, especialmente aquelas que têm em sua base a aprendizagem de máquina. As redes neurais artificiais em que se fundamentam essas tecnologias são redes em que acontecem conexões paralelas, com pesos diferentes, e com a capacidade de absorver *inputs* diferentes e gerar *outputs* simultâneos também diferentes. Como já mencionado, em todos os casos, seja hoje – com tecnologias baseadas nas conexões cerebrais e capazes de processar inúmeras bases de dados simultaneamente – ou “ontem”, em que máquinas analógicas operavam para fornecer respostas rápidas aos alunos, as premissas são parecidas e os fatores impulsionadores dos usos dessas tecnologias também. Na tabela a seguir, listo alguns desses fatores para efeito de comparação:

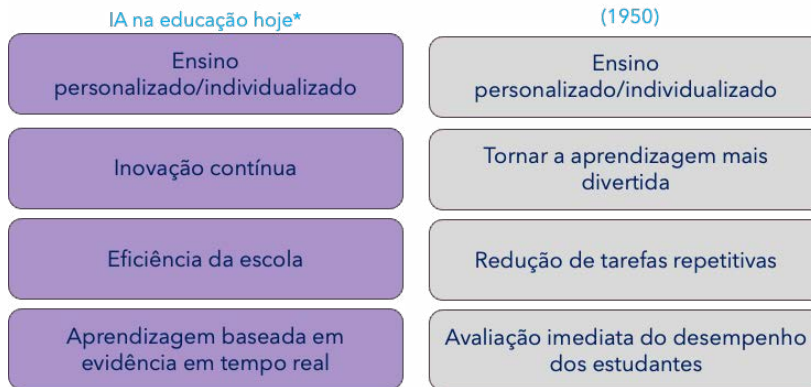
20. CANDAU, Vera Maria. *Ensino*. Op. cit.

21. *Ibidem*, p. 64.

22. DOMINGOS, Pedro. *The master algorithm*. How the quest for the ultimate learning machine will remake our world. New York: Basic Books, 2015, p. 1.

23. HOLMES, Wayne; BIALIK, Maya; FADEL, Charles. *Artificial*. Op. cit. p. 89, grifo nosso.

## Premissas da automação da educação ontem e hoje



**Figura 1:** Premissas da automação da educação ontem e hoje

Fonte: Center for Data Innovation; esquema feito pela autora.

Apesar da semelhança em termos de premissas e de funcionamento básico (pergunta-e-resposta, *input-output*), os novos sistemas de aprendizagem de máquina ganham uma dimensão diferente por conta de operarem a partir das bases de dados dos usuários, ou *big data*. Esse é um fator que contribui para que tais sistemas sejam alvo de uma série de questionamentos éticos e pedagógicos, que impulsionam estudos, políticas e regulamentações capazes de preservar os usuários. Ainda que sejam atuais, também há preocupações em torno dos sistemas antigos e dos sistemas atuais de automação da educação que se assemelham a eles. Já diante do surgimento das máquinas de ensinar antigas, especialistas, pais e responsáveis demonstravam seu pavor de que os professores das crianças fossem substituídos por máquinas. Pairava no ar a dúvida quanto à capacidade que as máquinas teriam de ensinar, assim como hoje se questiona o que pode a IA fazer pelos nossos estudantes, e se o Chat GPT e outros modelos de IA generativa estão contribuindo com a educação ou criando mais complexidades. Remetendo aos futuros imaginados por George Orwell e Aldous Huxley,<sup>24</sup> essas preocupações podiam ser identificadas pelos títulos de artigos lançados à época, como: “As pessoas podem ser ensinadas como pombos?” (Boehm, 1960); “Podem as máquinas substituir professores?” (Luce, 1960); “Máquinas de ensinar – bênção ou maldição?” (K. Gilmore, 1961); “Robôs vão ensinar seus filhos?” (Bell, 1961); “Máquinas de ensinar realmente ensinam?” (Margolis, 1963); “Qual é este? O Novo Mundo das máquinas de ensinar ou o Admirável Mundo Novo das máquinas de ensinar?” (Morello, 1965).<sup>25</sup>

Se fizermos, atualmente, uma busca por imagens utilizando o termo “IA na educação” no Google Brasil, veremos uma profusão de imagens de robôs em frente a quadros escolares e outras imagens semelhantes. Ainda que não seja exatamente assim que a IA esteja deixando a sua marca na educação, isto é, por meio da presença de robôs humanoides, essa é uma forma de comunicação dominante quando se trata de fazer referência à presença desse

24. A ficção sobre a vigilância excessiva da sociedade, intitulada *1984*, de George Orwell, foi lançada em 1945; já o romance *Admirável Mundo Novo*, de Aldous Huxley, foi lançado anos antes, em 1932.

25. BENJAMIN, Ludy T. *A history*. Op. cit. p. 703-712.

tipo de tecnologia nos processos educacionais: o robô professor. O curioso é que, na realidade, a IA tem se alastrado na educação de maneira invisível, permeando tecnologias educacionais já usadas há bastante tempo, como aplicativos e *softwares* que ganham robustez com os recursos de IA. O projeto Better Images of AI, do Reino Unido,<sup>26</sup> tem se preocupado justamente com a melhoria da comunicação sobre esses recursos, que, se equivocada, contribui para gerar pânico e confusão em vez de contribuir para que se compreenda o que, de fato, a IA pode contribuir para a educação. A seguir, vou aprofundar algumas das apreensões a que me refiro.

## 2. TECNOLOGIAS NOVAS, CONCEITO DE APRENDIZAGEM ANTIGO

Para além dos benefícios associados à IA na forma de *machine learning* na educação, e que se assemelham às vantagens defendidas para as primeiras máquinas de ensinar – como a personalização, a suposta facilidade de compreender e atender melhor às dificuldades dos alunos e uma liberdade maior para o professor – há nas entrelinhas um discurso bastante dúbio, e que suscita críticas parecidas com aquelas que foram direcionadas às primeiras máquinas de ensinar quando elas entraram em seu “inverno” após uma fase de euforia. Se, por um lado, parece haver preocupação com o professor, sua carga de trabalho e as dificuldades inerentes ao fato de que lida com alunos bastante diversos (sem mencionar as quantidades cada vez maiores de alunos por turma), por vezes – por exemplo – um *chatbot* é colocado como mais disponível do que o professor para responder a perguntas do alunado, gerando uma experiência supostamente melhor para os estudantes em sua interação com tais sistemas. Esse enfoque apareceu no *site* eLearning Industry, num artigo chamado “Os 5 benefícios da aprendizagem de máquina em eLearning”;<sup>27</sup> o item três diz que a aprendizagem de máquina permite o uso de *chatbots* como instrutores de ensino, e que os *bots*, ao assumirem esse papel, oferecem uma experiência de aprendizagem superior a aquela oferecida por humanos, já que são construídos para fornecer respostas para assuntos específicos. Mas será? Como se vê, nesses casos, aparentemente a hipótese de que se parte é a de que as máquinas são precisas (em 2023, o ChatGPT, ao surgir, mostrou que a IA “alucina” e pode apresentar textos com erros importantes), não se cansam, por isso talvez sejam mais interessantes e sedutoras e, em última instância, mais eficientes. Por que é possível que esse tipo de discurso esteja crescendo? O que nos leva a considerar máquinas mais eficientes do que humanos e por que a eficiência, no sentido da produtividade, é tão valorizada quando se trata de aprendizagem?

Em meio às transformações tecnológicas em curso, hoje ainda é predominante uma concepção da aprendizagem que abre caminho para que se aceite as tecnologias digitais e de IA como algo superior ao ser humano em certas situações. Implícitas no discurso de ensinar usando máquinas existem ideias

26. Disponível em: <https://betterimagesofai.org/>. Acesso em: 1 jul. 2024.

27. Disponível em <https://elearningindustry.com/machine-learning-benefits-elearning>. Acesso em: 20 mar. 2024.



como a (super)valorização da capacidade de processamento de informações (seria por isso que se defenderia a eficiência de um *chatbot* em detrimento da capacidade de um professor em certos casos?); a rapidez como sinônimo de efetividade; um afastamento das emoções dos processos de aprendizagem (razão e emoção apartadas); a valorização do cumprimento de mais tarefas em menos tempo e até mesmo um julgamento daquilo que seria mais ou menos digno de receber a atenção e contar com a dedicação e o esforço de professores – e alunos. A concepção de aprendizagem que ainda é dominante no sistema educacional é cognitivista,<sup>28</sup> no sentido de que prioriza o processamento de informações pelo cérebro e propõe a cognição como algo distante daquilo que sentimos, das emoções, dos processos de perceber e fazer sentido do mundo. Isso, de certo modo, contribui para que a absorção de conteúdo seja tomada como o grande objetivo final da aprendizagem humana. A aprendizagem medida assim, em termos de processamento de informação, teria um objetivo quantificável, que pode ser medido e potencializado com tecnologias alinhadas a esse propósito – que contam com *big data* e algoritmos.

A predominância insistente de um sistema de aprendizagem que preconiza o cérebro, a absorção e o processamento de conteúdo pode contribuir para que o fenômeno da “dataficação” prevaleça. Esse é um cuidado que se deve ter na medida em que ganha popularidade a IA na educação. Mas não apenas a educação deve se preocupar com isso: todas as esferas da sociedade, impactadas pela IA cada vez mais presente, devem ter como ponto de atenção a não redução de usuários a números e das qualidades humanas a aquelas que os dados são capazes de resumir. As máquinas de ensinar não estão mais restritas ao ambiente escolar; agora, pretende-se que todo sistema digital que habitamos *online* seja capaz de “aprender” sobre aqueles que o utilizam, oferecendo-lhes conteúdo, em teoria, personalizado. Essa premissa está nas plataformas de redes sociais e nas plataformas de *streaming*, por exemplo.

### 3. PROBLEMATIZAÇÃO

Há diversas preocupações dos críticos das tecnologias educacionais que se desenham a partir desses elementos que apresentei. Uma delas é se de fato essas plataformas teriam maior capacidade de atender aos alunos individualmente, realmente cuidando das diferenças de ritmo e das características particulares de cada um, ou se, no fim das contas, não estariam contribuindo para pasteurizar ainda mais o processo de ensino. Afinal, tornariam possível o atendimento de mais alunos em menos tempo – em nome da eficiência (*eficiência* nesse sentido também é discutida em Knox, Williamson e Bayne<sup>29</sup>). Mas, com grandes turmas e uma administração infundável de tecnologias, o professor se veria sobrecarregado, em vez de liberto de tarefas ditas maçantes. Consequentemente, haveria um distanciamento entre professor e aluno, no lugar de uma aproximação que poderia acontecer quando os estudantes se sentissem atendidos em suas

28. BANNELL, Ralph Ings; MIZRAHI, Mylene; FERREIRA, Giselle. (org.) (Des)educando a educação: Mentes, Materialidades e Metáforas. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2021.

29. KNOX, Jeremy; WILLIAMSON, Ben; BAYNE, Sian. Machine behaviourism: future visions of “learning” and “datafication” across humans and digital technologies. *Learning, Media and Technology*, Abingdon, v. 45, n. 1, p. 31-45, 2020.

individualidades. Haveria, ainda, um distanciamento do professor de tarefas, que talvez, apesar de serem cansativas e repetitivas, mereçam a sua atenção, não sendo suficiente um sistema para tratá-las. Não me refiro aqui a críticas completamente novas, mas que se aproximam daquelas que foram direcionadas pelos críticos às primeiras máquinas de ensinar e têm aparecido na educação em muitos momentos.

Outro ponto crítico ligado às antigas e às novas máquinas de ensinar é o do “*machine behaviorism*”: pesquisadores críticos das tecnologias na educação<sup>30</sup> apontam uma forte tendência behaviorista em *machine learning* aplicado à educação, que nomearam dessa forma. Trata-se da ideia de que combinações de teorias radicalmente behavioristas com sistemas de *machine learning* estariam trabalhando contra noções de autonomia e participação dos estudantes, procurando intervir na conduta educacional e moldando o comportamento dos alunos em direção a objetivos predefinidos. Isto é, em vez de usar esses sistemas com liberdade, gerando dados de navegação de fato individualizados e espontâneos, os estudantes estariam usando sistemas em que estariam predestinados a cumprir determinados caminhos e evoluções, já desenhados previamente, o que os limitaria a uma circularidade muito distante de um discurso de pluralidade e respeito às trajetórias individuais e únicas.

O “*machine behaviorism*” liga-se à ideia da aprendizagem como algo que pode ser consumido, e o estudante como o consumidor. O conceito de “*learnification*”<sup>31</sup> aponta o quão problemático é o estudante ser tomado como um consumidor, cujas necessidades estariam claras desde o começo, já que, antes de passar pelo próprio processo de aprendizagem, o aprendiz não pode ter essa clareza. *Learnification* seria, assim, um fenômeno cego a questões mais amplas sobre o papel e o propósito da educação na sociedade de um modo geral, sobre como metas e aspirações são negociados e estabelecidos, e quais os tipos de estruturas de poder que sustentam esses processos; a ideia é de que, quando se reduz a educação à aprendizagem, nesse sentido do conceito – *learnification* –, a educação fica restrita a uma relação de consumo. O processo de “*datafication*”, por sua vez, alteraria o controle do processo de aprendizagem, deslocando-o do aluno para os detentores dos dados (como também é ressaltado por Benjamin acerca das máquinas de ensinar antigas). A entrada massiva da ciência de dados na educação não se dá ao acaso, mas como resultado de um cenário propício, em que o aprendiz teoricamente desempenha um papel central. Os dados desse aluno seriam recolhidos e analisados por sistemas capazes de dar conta deles de uma maneira que, alegadamente, somente sistemas com tal potência técnica poderiam, assim adentrando um universo e desempenhando uma tarefa na qual humanos não poderiam ser bem-sucedidos. Ainda que seja verdade que sistemas de *machine learning* tenham uma capacidade de processamento de dados muito superior à humana, há aí um nó a ser analisado com cautela: o que é tipicamente humano e insubstituível pela máquina? Numa forte crítica à tecnologia como suposta detentora final das soluções para as lacunas da educação, Knox et al<sup>32</sup> ressaltam que, por trás da ideia de que haja um universo desconhecido para

30. Ibidem.

31. BIESTA, Gert. Against learning. Reclaiming a language for education in an age of learning. *Nordisk Pedagogik*, Oslo, vol. 25, p. 54-66, 2005.

32. KNOX, Jeremy; WILLIAMSON, Ben; BAYNE, Sian. *Machine*. Op. cit. p. 31-45.

educadores (o que levaria à marginalização da própria experiência do educador), existe a pressuposição de uma falha na compreensão que educadores teriam e que poderia somente ser preenchida ou esclarecido com dados (*big data*). Nesse contexto, os dados teriam grande poder; conseqüentemente:

[N]ão somente os dados seriam posicionados antes dos desejos do aprendiz, como a fonte autoritária para a ação educacional, mas o papel do estudante em si seria reposicionado como produto das tecnologias analíticas consumistas.<sup>33</sup>

Isso se torna mais grave quando se concebe que os dados, em vez de serem produtos espontâneos de uma relação de uso humano da máquina, seriam gerados a partir de uma engenharia desenhada justamente para que emergjam já com certas características – o que os autores chamam, como já mencionado, de *machine behaviourism*; no contexto de que eles falam, “behaviour” deve ser entendido de maneira radical, como uma intervenção proposital; ou seja, a tarefa não é apenas observar o *comportamento* do estudante, posteriormente analisando-o, mas ativamente modificar e determinar a direção em que vai esse comportamento. Tal artimanha se implementaria, especificamente, em sistemas baseados em *reinforcement learning*. Isto é, o aprendiz é tomado como um sujeito irracional, cujos comportamentos e ações podem não somente ser lidos por algoritmos de *machine learning* como modificados, reforçados ou desestimulados por essas plataformas; é desse modo que, como defendem os autores, o *machine behaviourism* marcaria um retorno à influência da psicologia behaviorista na prática educacional. Haveria uma forma de agir tomada como correta, e que já seria estabelecida de antemão. Os estudantes seriam conduzidos, *cutucados* (da expressão em inglês para isso, “*nudge*”)<sup>34</sup> na direção desses comportamentos esperados.<sup>35</sup>

## CONCLUSÃO

As máquinas analógicas antigas nos dizem muito sobre as plataformas adaptativas hoje criadas para serem usadas na educação, baseadas em IA. Essa relação pode elucidar muito sobre concepções de aprendizagem vigentes no passado e ainda persistentes no presente. Para além do “solucionismo” que por vezes marca a indústria das tecnologias educacionais, isto é, a redução da solução dos problemas educacionais à entrada de tecnologias, e para além da caracterização da tecnologia digital como algo inevitável que vem de fora e nos atinge (como muito bem coloca Ferreira, 2023<sup>36</sup>), há caminhos alternativos, que unem humano e máquinas.

Há muito a educação procura olhar para as especificidades dos alunos, encontrar maneiras de conectar o professor aos estudantes, contribuir para que se tenha uma dinâmica de ensino e aprendizagem mais rica. Essa busca não cessa, e muito menos se resolve somente com a adição de um ou outro recurso tecnológico. Ela demanda um olhar para a relação humana com as tecnologias nem

33. *Ibidem*, p. 35.

34. Independentemente de haver consenso ou não a respeito da prática de *nudging* e das implicações éticas envolvidas nisso, na minha perspectiva a aprendizagem de máquina parece restringir as opções de quem utiliza esses sistemas, quando se considera a cognição de uma maneira mais ampla do que as máquinas consideram; desenvolverei melhor esta ideia em capítulo mais à frente.

35. KNOX, Jeremy; WILLIAMSON, Ben; BAYNE, Sian. *Machine*. Op. cit. p. 31-45.

Um exemplo de *nudging*, dado pelos autores, e que torna mais fácil a compreensão prática de uma implementação dessa natureza numa tecnologia aparentemente comum, seriam os assistentes domésticos criados por empresas como Google e Amazon. Para ensinar as crianças a serem “educadas”, e se utilizando do artifício de que a IA tem sentimentos e pode se ofender, há em um desses assistentes uma função que usa reforço positivo quando a criança demonstra ter aquilo que o sistema incorpora como sendo boas maneiras. Em contrapartida, se a criança não se comporta “bem” ela é orientada em direção a essa suposta educação/polidez. Ficam as perguntas: quem decide sobre o que é “polido” ou não? Isso incute nas crianças um respeito pelas entidades tecnológicas? Quais as consequências possíveis disso?

36. FERREIRA, Giselle Martins dos Santos. 2001, uma odisséia no espaço e o impacto da tecnologia. In: FERREIRA, Giselle Martins dos Santos; LEMGRUBER, Márcio Silveiro; CABRERA, Thiago Leite. (orgs.) *Educação, tecnologia e ficção: da distopia à esperança*. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2023.

como um meteoro que vem de longe e causa estrago – “Admitir que a tecnologia tem ‘impacto’ implica pensar que tecnologias vêm ‘de fora’, talvez ‘de longe’, constituindo-se, assim, em algo que escapa ao controle ao direcionamento do humano”<sup>37</sup> – nem como uma borracha que apaga os problemas, mas como o resultado da atividade de uma sociedade que busca inovar e, com isso, altera suas próprias engrenagens, gerando a necessidade de que sejam permanentemente revistas. Afinal, somos nós que criamos as tecnologias, elas fazem parte da relação humana com um ambiente em constante transformação.

Ainda buscando um diálogo com Ferreira,<sup>38</sup> remeto a mais um trecho de seu artigo de 2023, “2001, uma odisseia no espaço e o impacto da tecnologia”, em que ela explica que, como a educação por vezes recebe artefatos construídos para fins não educacionais, que passam a ser usados dessa forma, por vezes acontece mesmo de a área ser “impactada” por tais artefatos, no sentido de que eles chegam descontextualizados e geram algo que é sentido após a chegada do objeto, “o que torna a ‘avaliação de impactos’ uma forma de futurologia ou de ‘combate a incêndios” – e, nesse movimento, muitas vezes os artefatos são tornados sujeitos mais importantes do que aqueles tradicionalmente basilares para a educação, como o professor. Mas, como continua a autora:

Qualquer perspectiva fatalista em torno desses objetos ofusca o que há de humano em seu desenvolvimento e que se concretiza, de certo modo, na própria materialidade dos objetos. No caso das tecnologias educacionais, a perspectiva tende a obscurecer o que falta em termos pedagógicos em sua produção, pois os desenvolvimentos dessa indústria nem sempre envolvem educadores ou mínimas considerações didáticas.<sup>39</sup>

A leitura que fazemos dos problemas e das possíveis soluções se beneficia da história, do contexto e da construção coletiva humano-máquina, mas também dos recursos que se tem no presente para que se vislumbre o futuro. Podemos buscar um ponto de equilíbrio com as tecnologias educacionais para que os nossos processos cognitivos e de aprendizagem sejam transformados junto a elas de forma positiva. Essa transformação começa, acredito, com um olhar menos de apreensão ou medo e mais de curiosidade e de valorização daquilo que já construímos na história da educação e das tecnologias de comunicação. As tecnologias que nós mesmos criamos nos ajudam a compreender quem somos e para onde podemos ir. Tecnologias de IA para apoiar a aprendizagem são criadas a partir da perspectiva que se tem da aprendizagem humana. Mas, em retorno, elas também podem ajudar a investigar como a aprendizagem de fato acontece. “Há várias razões pelas quais *machine learning* é importante. Claro [...], o desempenho da aprendizagem em máquinas pode nos ajudar a entender como animais e humanos aprendem”<sup>40</sup>

Segundo Knox, Williamson e Bayne,<sup>41</sup> a pesquisa em ML não tem equiparado a aprendizagem de máquina à aprendizagem humana, já que “pesquisadores em *machine learning* são, certamente, conscientes das diferenças entre o reconhecimento de padrões e a inteligência humana”. No entanto, essa visão

37. Ibidem, p. 132.

38. Ibidem.

39. Ibidem, p. 132.

40. NILSSON, Nils. *The quest for artificial intelligence* – A history of ideas and achievements. New York: Cambridge University Press, 2010.

41. KNOX, Jeremy; WILLIAMSON, Ben; BAYNE, Sian. *Machine*. Op. cit. p. 31-45.

talvez não esteja de fato tão “segura”. É uma percepção que aparece entre cientistas de dados – o que se torna arriscado quando decisões relativas à educação possivelmente se concentram nas mãos de quem domina a técnica, mas não os fundamentos da educação ou da pedagogia.<sup>42</sup> Um ponto importante, como indica Selwyn,<sup>43</sup> é que educadores tendem a ser permeáveis às noções de uma IA generalista, da singularidade tecnológica e de alguns nichos tecnológicos que ainda são mais como delírios, como IAs se aproximando da senciência humana. Sendo assim, é preciso que educadores busquem uma compreensão atual, científica e filosófica, da maneira como se tem concebido a mente, a cognição humana e a aprendizagem, e apliquem esses conhecimentos a sua interpretação e leitura da IA na educação – até para não se deixarem limitar por uma visão possivelmente apressada e cujos interesses subjacentes não são necessariamente os focos principais do trabalho de educar.

Um elemento complexo do discurso de que as máquinas aprendem como nós aprendemos é que isso poderia prever que o contrário fosse igualmente verdadeiro, o que seria uma pressuposição problemática.<sup>44</sup> Uma consequência disso seria a de que, equiparando-se a aprendizagem humana à capacidade de tecnologias educacionais cognitivas, poderia-se acabar concluindo que essas tecnologias são capazes não só de aprender, mas de ensinar.<sup>45</sup> Outra consequência relacionada seria uma possível transferência de responsabilidade a essas tecnologias. No trecho a seguir, Bannell expressa essa preocupação:

Uma coisa é transferir tarefas cognitivas para máquinas ou facilitar a cognição distribuída. Outra é deixar, de um jeito ou de outro, a carga de máquinas a direção do processo de aprendizagem. Esse é o caso da “aprendizagem automatizada” e da “aprendizagem adaptativa”. A “aprendizagem automatizada” envolve a construção de algoritmos que podem aprender a fazer previsões e alterar sua própria configuração à luz dessas previsões. Alguns autores falam do programa de computador que aprende com a experiência. Tal computador é uma máquina que pensa? Se o critério for desempenho operacional, então, pela aplicação do teste de Turing, poderia se dizer que “sim”. Mas, se o critério for substancialmente cognitivo, a resposta não é tão simples.<sup>46</sup>

Entre filósofos que se interessam por inteligência artificial, discute-se as atividades que caberiam exclusivamente a humanos e quais poderiam ser delegadas às máquinas ou aos sistemas artificiais. Smith<sup>47</sup> acredita que definir o que seria *inteligência* é um aspecto central a essa análise: segundo o filósofo, não há dúvidas – sistemas artificiais irão transformar a existência humana; mas a compreensão quanto às suas capacidades, à sua confiabilidade, aos seus possíveis impactos e quanto às questões éticas emergentes demanda que entendamos o que a inteligência é, quais tipos de trabalho exigem quais tipos de capacidades e daí por diante. Longe de fazer isso de maneira utilitarista, Smith expõe esses aspectos para nos levar a refletir e analisar o nosso lugar no mundo, frente às transformações catalisadas pela IA, que trazem novas reconfigurações ontológicas e epistemológicas; e propõe questões como: quem somos, para onde vamos, como queremos viver, no que acreditamos?

42. Isso, somado a interesses que mais possam ter a ver mais com desenvolvimento econômico do que propriamente educativo, pode ter consequências importantes para a sociedade, como tem sido trabalhado por Williamson e colegas (2011, 2019), Selwyn (2019), O’Neil (2016), entre outros.

43. SELWYN, Neil. **Should robots replace teachers?** AI and the future of education. Medford: Polity Press, 2019.

44. Talvez a aprendizagem de máquina possa, sim, contribuir para a compreensão da aprendizagem humana, mas isso não seria por equivalência ou justaposição: pode-se caminhar para compreender a aprendizagem humana a partir da aprendizagem de máquina observando-se, por exemplo, os limites dos sistemas artificiais, ou o que acontece quando os utilizamos durante a nossa (constante) formação. Esta ideia está alinhada com o argumento principal da minha pesquisa, enquanto a primeira, de equivalência, não está.

45 Selwyn (2019) desenvolve uma discussão sobre a hipótese da substituição de professores por robôs a partir não da dúvida sobre isso ser possível ou não, mas sobre ser desejável. Ele nos leva a refletir sobre o que queremos dos processos de ensino e aprendizagem, e para isso nos instiga a pensar o que são e como ocorrem esses processos. Compreendê-los, afinal, é fundamental para que se estabeleça um debate não sobre a viabilidade, mas sobre qual sentido haveria em suplantando os humanos por tecnologias nesses processos. Outro ponto importante levantado por Selwyn (2019, p. 16) refere-se ao fato de que toda tecnologia é humana; um robô professor seria uma combinação de pessoas e máquinas, estruturas de códigos e o mundo material, os ambientes sociais. Ele sugere uma abordagem “sociotécnica” se quisermos atribuir um sentido à IA na educação.

46. BANNELL, Ralph Ings. Uma faca de dois gumes/ A double-edge sword. In: FERREIRA, G. M. S.; ROSADO, L. A. S.; CARVALHO, J. S. (Org.) **Educação e tecnologia: abordagens críticas**. Rio de Janeiro: SESES – Sociedade de Ensino Superior Estácio de Sá, 2017, p. 35-36.

Há anos a noção de inteligência humana e a concepção de cognição humana (por vezes consideradas sinônimos, ainda que não se tenha uma definição única de nenhuma das duas) vêm informando a inteligência artificial, e vice-versa. Como se vê pelas primeiras máquinas de ensinar e pelo persistente interesse em ML na educação, hoje, a educação tem se inclinado à automatização do ensino, a partir daquilo que acredita que pode levar os alunos a “aprenderem melhor” (e mais rápido). No entanto, se a noção de inteligência, de cognição ou de aprendizagem é tomada pela metade, ou se o ponto de partida pressupõe noções de inteligência, cognição e aprendizagem que não contam a história completa, isso se reflete na IA – e na educação – também dessa maneira incompleta. O problema se intensifica quando essa concepção é estendida de uma forma que reduz a compreensão que se tem da aprendizagem humana. A IA permeia as nossas vidas e o nosso processo contínuo de conhecer o mundo de várias maneiras e em vários formatos. Analisar premissas e pressupostos, então, é importante porque, se por um lado o que se entende por aprendizagem de máquina possivelmente não é o que se entende por aprendizagem na educação, por outro lado a redução dessa compreensão poderá afetar a educação num futuro próximo, ou já está afetando.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANNELL, Ralph Ings. Uma faca de dois gumes. *In*: FERREIRA, Giselle Giselle Martins dos Santos; ROSADO, Luiz A. S.; CARVALHO, Jaciara S. (org.) **Educação e tecnologia: abordagens críticas**. Rio de Janeiro: SESES – Sociedade de Ensino Superior Estácio de Sá, 2017, p. 17-82.

BIESTA, Gert. Against learning. Reclaiming a language for education in an age of learning. **Nordisk Pedagogik**, Oslo, v. 25, p. 54-66, 2005.

BANNELL, Ralph Ings; MIZRAHI, Mylene; FERREIRA, Giselle. (org.) **(Des) educando a educação: Mentas, Materialidades e Metáforas**. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2021.

BENJAMIN, Ludy T. **A history of teaching machines**. *American Psychologist*, Washington, D.C., v. 43, n. 9, p. 703-712, 1988. DOI: <https://doi.org/10.1037/0003-066X.43.9.703>.

CANDAU, Vera Maria. **Ensino programado – Uma nova tecnologia didática**. Rio de Janeiro: Inter Edições, 1969.

DOMINGOS, Pedro. **The master algorithm**. How the quest for the ultimate learning machine will remake our world. New York: Basic Books, 2015.

FERREIRA, Giselle Martins dos Santos; ROSADO, Luiz Alexandre da Silva; CARVALHO, Jaciara de Sá. (org.) **Educação e tecnologia: abordagens críticas**. Rio de Janeiro: SESES – Sociedade de Ensino Superior Estácio de Sá, 2017.

47. SMITH, Brian. *The promise of artificial intelligence: reckoning and judgement*. Cambridge, MA: The MIT Press, 2019.

FERREIRA, Giselle Martins dos Santos. 2001, uma odisséia no espaço e o impacto da tecnologia. *In*: FERREIRA, Giselle Martins dos Santos; LEMGRUBER, Márcio Silveiro; CABRERA, Thiago Leite. (orgs.) **Educação, tecnologia e ficção: da distopia à esperança**. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2023.

HOLMES, Wayne; BIALIK, Maya; FADEL, Charles. **Artificial intelligence in education** – promises and implications for teaching and learning. Boston: The Center for Curriculum Redesign, 2019.

KNOX, Jeremy; WILLIAMSON, Ben; BAYNE, Sian. Machine behaviourism: future visions of “learnification” and “datafication” across humans and digital technologies. **Learning, Media and Technology**, Abingdon, v. 45, n. 1, p. 31-45, 2020.

NILSSON, Nils. **The quest for artificial intelligence** – A history of ideas and achievements. New York: Cambridge University Press, 2010.

PEA, Roy D. The prehistory of the learning sciences. *In*: EVANS, Michael A.; PACKER, Martin J.; SAWYER, R. Keith. **Reflections on the learning sciences**. Cambridge University Press, 2016.

PRESSEY, Sidney L. Development and appraisal of devices providing immediate automatic scoring of objective tests and concomitant self-instruction. **The Journal of Psychology**, [s. l.], 29:2, 417-447, 1950. DOI: 10.1080/00223980.1950.9916043

SELWYN, Neil. **Should robots replace teachers? AI and the future of education**. Medford: Polity Press, 2019.

WATTERS, Audrey. Gordon pask’s adaptive Teaching Machines. **Hack Education**, [s. l.], 28 mar. 2015. Disponível em: <https://hackededucation.com/2015/03/28/pask>. Acesso em: 10 set. 2021.

WATTERS, Audrey. **Teaching machines**. Cambridge: MIT Press, 2021.

WILLIAMSON, Ben; EYNON, Rebecca. Historical threads, missing links, and future directions in AI in education. **Learning, Media and Technology**, Abingdon, v. 45, n. 3, p. 223-235, 2020. DOI: 10.1080/17439884.2020.1798995

