



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
MESTRADO PROFISSIONAL EM MATEMÁTICA EM REDE NACIONAL-PROFMAT

ARTHUR PEIXOTO MARQUES

O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DA MATEMÁTICA

MACAPÁ - AP

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
MESTRADO PROFISSIONAL EM MATEMÁTICA EM REDE NACIONAL-PROFMAT

ARTHUR PEIXOTO MARQUES

O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DA MATEMÁTICA

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional - PROFMAT da Universidade Federal do Amapá - UNIFAP, como requisito necessário para obtenção do grau de Mestre em Matemática.

Orientador: Prof. Dr. José Walter Cárdenas Sotil

MACAPÁ -AP

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá
Elaborada por Cristina Fernandes – CRB-2/1569

Marques, Arthur P. .

O uso da inteligência artificial no ensino da matemática. / Arthur P. Marques; orientador, José Walter Cárdenas Sotil. – Macapá, 2021.
31 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Matemática (PROFMAT).

1. Matemática - Estudo e ensino. 2. Computação - Matemática. 3. Professores de matemática. I. Sotil, José Walter Cárdenas, orientador. II. Fundação Universidade Federal do Amapá. III. Título.

006.3 M357u
CDD. 22 ed.

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM MATEMÁTICA EM REDE
NACIONAL

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós Graduação Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional – PROFMAT, da Universidade Federal do Amapá – UNIFAP foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de Arthur Peixoto Marques, intitulada: “O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DA MATEMÁTICA”, após terem inquirido e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua **APROVAÇÃO** no rito de defesa.

A outorga do título de Mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela Banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós Graduação.

Macapá, 28 de dezembro de 2020.



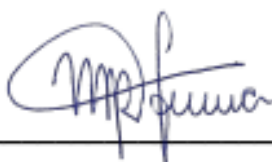
Prof. Dr. José Walter Cárdenas Sóttil

Presidente da Banca Examinadora (PROFMAT/UNIFAP)



Prof. Dr. Carlos Alexandre Santana Oliveira

Avaliador Externo (IFAP)



Prof. Dr. Marleson Rôndiner dos Santos Ferreira

Avaliador Externo (IFAP)



Prof. Dr. Guzman Eulalio Isla Chamilco

Avaliador Interno (PROFMAT/UNIFAP)

AGRADECIMENTOS

A todos os meus colegas de mestrado, que se transformaram em amigos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Walter Cárdenas Sotil.

Aos meus pais, Cândida e Luiz, por terem me educado.

Aos meus irmãos.

E ao Exército Brasileiro.

“A retórica não é um substituto para a realidade.”

(Thomas Sowell)

RESUMO

O presente estudo foi realizado com o objetivo de ampliar o conhecimento sobre as ferramentas de ensino de matemática, especificamente de ferramentas modernas que podem ou não conter inteligência artificial em sua formatação. A condução da pesquisa guiou-se através de estudo bibliográfico e também pela utilização de algumas das ferramentas mais famosas da área, tanto nacionais, quanto internacionais. Foi observado que no Brasil o uso da inteligência artificial ainda é incipiente e que em outros países há uma tentativa, porém, nada que se possa dizer ser uma inteligência real e que vá substituir um professor em sala de aula. Vislumbra-se tais ferramentas como apoio ao trabalho do docente e não como um substituto. O significado de tais conclusões é importante, pois pode orientar políticas públicas de investimento nas áreas tecnológicas de apoio à sala de aula, ampliando o potencial de aprendizagem do aluno através do aumento da eficiência do professor em sala de aula.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Ensino; Matemática; Eficiência.

ABSTRACT

The present study was carried out with the objective of expanding knowledge about the tools of teaching mathematics, specifically of modern tools that may or may not contain artificial intelligence in their formatting. The conduct of the research was guided by a bibliographic study and also by the use of some of the most famous tools in the area, national and international. It was observed that in Brazil the use of artificial intelligence is still incipient and that in other countries there is an attempt, however, nothing that can be said to be a real intelligence and that will replace a teacher in the classroom. Such tools are seen as supporting the work of the teacher and not as a substitute. The meaning of such conclusions is important, as it can guide public investment policies in technological areas to support the classroom, expanding the student's learning potential by increasing the teacher's efficiency in the classroom.

Keywords: Artificial Intelligence; Teaching; Mathematics; Efficiency.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. Justificativa	10
1.2. Objetivos.....	10
1.3. Metodologia	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1. Conceito de Inteligência Artificial.....	13
2.2. Usos da Inteligência Artificial em áreas diversas	14
2.3. Descrição do uso da IA no ensino de matemática a nível mundial	16
2.4. Descrição do uso da IA no ensino de matemática a nível nacional	17
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
3.1. Cognitive Tutor Algebra ou Mathia.....	20
3.2. ASSISTments.....	21
3.3. PAT2MAth	23
3.4. Plataforma Adaptativa de Matemática no Uruguai	24
3.5. Discussão	25
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1. INTRODUÇÃO

Muito se fala no uso da Inteligência Artificial (IA) no cotidiano, desde simples rotinas, como orientar uma compra, até rotinas extremamente complexas, como a prova de teoremas matemáticos. Entretanto, não é comum perceber seu uso nas salas de aula, especialmente nas aulas de Matemática, ou seja, apesar de a humanidade viver revoluções tecnológicas constantes, aparentemente, a educação não foi de todo atingida, especialmente em países menos desenvolvidos, como o Brasil.

Ainda que não seja perceptível agora, o uso da IA na educação tende a ser uma constante no futuro, visto que a otimização de aulas tem o poder de atingir a tão propagada educação universal, como direito de todos, constante na Constituição Federal no seu Art. 6º (BRASIL, 1988).

Fadel et al (2019) diz que a IA é uma força tecnológica que mudará não só as indústrias, mas também a jornada humana. Tal força talvez seja somente comparada à biotecnologia, que também promete grandes revoluções. Os autores até mesmo questionam sobre o que deve ser ensinado, indicando que o adulto deverá muito mais saber aprender do que já ter aprendido. Além disso, preferem a utilização do termo inteligência aumentada à inteligência artificial, indicando que a máquina vem para aumentar capacidades humanas, como perceber padrões definidos por milhões de dados, e não para substituí-la.

Em estudo bancado pela Fundação Roberto Bosch, na Alemanha, Holmes et al (2018) mostra que mesmo o país mais poderoso da Europa ainda não utiliza intensamente a AI no campo educacional. No mesmo caminho vai os EUA, como dito no prefácio do estudo. Mesmo sendo um dos países líderes no desenvolvimento de tecnologias educacionais, mal se veem estudos que comprovem a eficácia do uso tecnológico no apoio ao ensino, demonstrando o quanto o tema é novo e desafiador.

Paviotti et al (2012) estuda a conexão entre o uso de tecnologias e a pedagogia do ensino, mostrando que os sistemas tutores inteligentes alteram até mesmo o modo como se deve ensinar. Além disso, reafirma o uso de computadores com o objetivo de analisar e criar conteúdo personalizado para o aluno em apoio aos novos métodos de ensino.

1.1. Justificativa

O desenvolvimento da pesquisa científica justifica-se por estudar uma área tecnológica extremamente inovadora, já presente em várias situações cotidianas, como compras direcionadas, identificação facial por meio de câmeras, comunicação oral com assistentes pessoais, como a Siri da Apple ou a Cortana da Microsoft, porém aqui, com ênfase no ensino matemático, possibilitando aos gestores educacionais uma visão mais específica do uso da IA no seu campo.

A relevância social encontra-se nos possíveis desdobramentos que o texto pode trazer para a implantação da IA no ambiente escolar, os quais deverão ser desenvolvidos na direção da melhoria contínua do desempenho matemático dos alunos brasileiros.

Os interesses norteadores da pesquisa encontram-se na necessidade de fortalecimento das atividades de pesquisa que produzam conhecimento novo e aplicável, na ampliação e disseminação de conhecimento útil no âmbito educacional e na importância de integrar diferentes áreas com o objetivo de ampliar o acesso à boa educação no Brasil.

1.2. Objetivos

O objetivo principal da pesquisa é caracterizar o uso da Inteligência Artificial no ensino da Matemática.

Os objetivos específicos são conceituar Inteligência Artificial (IA), mostrar os usos da IA em áreas diversas e descrever o uso da IA no ensino de Matemática a nível mundial e nacional.

Os objetivos científicos da pesquisa são exploratório-descritivos, pois o estudo fará uma exploração teórico-descritiva do uso da IA no ensino da Matemática, conceituando-a, descrevendo-a e caracterizando-a.

1.3. Metodologia

O objeto de estudo da presente dissertação foi o uso da inteligência artificial no ensino da Matemática, com a seleção do método científico indutivo para o desenvolvimento da pesquisa, abordando vários casos particulares a fim de se atingir uma conclusão.

A abordagem da pesquisa é a qualitativa, subsidiada pela concepção teórica advinda da leitura de diversos trabalhos, como os citados na introdução e no

desenvolvimento, e pela percepção deste autor após a coleta dos dados da pesquisa.

O ensaio científico da pesquisa foi do tipo não experimental, pois não houve nenhum desenvolvimento de experimento com realidade artificial, não havendo, portanto, o desenvolvimento de um novo produto, de um novo serviço, de uma nova metodologia ou de uma nova teoria.

A ambientação da pesquisa foi do tipo pesquisa bibliográfica, tendo em vista que o objeto de estudo usou apenas o acervo bibliográfico disponível à comunidade acadêmica em geral.

A pesquisa teve origem teórica, considerando que o estudo exploratório-descritivo limitou-se aos textos já publicados sobre IA voltada para a Educação, especialmente no campo da Matemática. Além disso, foram testados alguns programas de ensino matemático, a fim de relatar a experiência vivenciada.

O sentido da linguagem da pesquisa é o sentido denotativo, que aborda o significado real, rechaçando a linguagem figurada.

O nível da pesquisa é o nível básico, também designado por fundamental ou puro, tendo em vista que não foi desenvolvido nenhuma patente, nenhum produto novo, nenhuma metodologia nova, nenhuma teoria nova, nenhum serviço novo, mas sim, apenas conhecimento científico, a partir de um conhecimento teórico.

A natureza da pesquisa é inédita, tendo em vista que a pesquisa explorou o uso da IA no ensino de Matemática, conceituando-o e descrevendo-o, com abrangência nacional e internacional.

O universo da pesquisa foi constituído por pesquisa nos meios digitais, principalmente, de artigos, matérias, dentre outros, sobre o uso da IA no ensino de Matemática.

A amostragem da pesquisa é não probabilística por acessibilidade ou conveniência, pois os textos aqui consultados sofreram uma clara seleção de assuntos, com enfoque em Inteligência Artificial e suas aplicações no ensino.

A estratégia metodológica para a coleta de dados da pesquisa foi exclusivamente o levantamento bibliográfico.

Os instrumentos de coleta de dados da pesquisa foram leituras dirigidas, observações e fichamento de informações relevantes.

A temporalidade da pesquisa é o tempo presente, retratando a atual situação do uso da IA no ensino de Matemática.

A abrangência geográfica é nacional e internacional, pois foram buscados casos estrangeiros do uso da IA no ensino de Matemática.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A pesquisa foi realizada tendo como base a literatura relacionada ao tema, iniciando-se pelo principal, que é a correta conceituação de inteligência artificial. Tal esclarecimento se torna obrigatório para alertar o leitor leigo no assunto, que pode se equivocar frente a um sistema computacional que se diz munido de IA, mas que na verdade apenas devolve respostas pré-programadas.

Além das definições serão abordadas as iniciativas que se dizem possuidoras de IA, tanto nacional quanto internacionalmente, a fim de ambientar o leitor no universo em que se pretende inserir o ensino matemático.

2.1. Conceito de Inteligência Artificial

Cambridge (2020) traz vários significados para a expressão Inteligência Artificial, como o uso de programas computacionais que possuem as qualidades da mente humana, como capacidade de entender a linguagem, reconhecer pinturas e aprender com a experiência. Além disso, também caracteriza a IA como uma área de estudo e uma tecnologia, todos voltados para a simulação da mente humana.

Para o Dicionário Priberam (2020), a inteligência é o “conjunto de todas as faculdades intelectuais (memória, imaginação, juízo, raciocínio, abstração e concepção)”, sendo a IA um “ramo da informática que estuda o desenvolvimento de sistemas computacionais com base no conhecimento sobre a inteligência humana”.

MICHAELIS (2020) diz que a IA pertence ao ramo da informática que projeta e desenvolve programas de computador para terem comportamento inteligente.

RUSSEL E NORWIG (1995), autores reconhecidos na área da IA, no importante livro *Artificial Intelligence - A Modern Approach*, fazem um apanhado de significados do termo em destaque, observando que as definições podem ser divididas em quatro categorias, a saber, sistemas que:

- pensam como humanos;
- agem como humanos;
- pensam de acordo com as leis da Lógica Formal; e
- agem logicamente.

2.2. Usos da Inteligência Artificial em áreas diversas

A Inteligência Artificial povoa a mente das pessoas de diversas formas, desde um robô humanoide inofensivo como o do filme homônimo de Steven Spielberg, 2001, até máquinas que escravizam humanos, como no filme Matrix, de 1999. Porém, como cenários possíveis e mais realistas tem-se aplicações nas mais diversas áreas, a exemplo da educação ou da previsão de acontecimentos.

Um caso de aplicação foi a recente crise do coronavírus. Já em 31 de dezembro de 2019, nove dias antes do alerta mundial, uma empresa de tecnologia canadense emitiu um alerta para seus clientes de sobre o surto de uma nova doença, prevendo quais cidades seriam mais atingidas rapidamente (BECKER HOSPITAL, 2020). Tal aviso foi possível graças à IA, que analisou dados de fontes variadas para montar o alerta, tais como notícias, relatórios de doenças animais, reservas de passagens aéreas e anúncios oficiais.

Outro uso da IA na área médica é o diagnóstico de exames de imagem. Um tomógrafo pode gerar milhares de faixas de cinza, porém, um humano treinado é capaz de distinguir cem faixas em média. Aqui, o uso da máquina para alertar o operador sobre uma possível disfunção é fundamental (ALMEIDA,1998). Tal percepção da máquina não é senão aprendido após milhares de exames e associações de padrões com aqueles que deram positivo para alguma disfunção.

Recentemente foi anunciado que um programa, utilizando uma base de dados de mais de duzentas mil imagens de exames de retina, conseguiu diagnosticar corretamente mais casos que médicos oftalmologistas treinados na área de diagnose ocular (RAVINDRAN, 2019), demonstrando que a ferramenta computacional já atinge níveis humanos de erros e, por vezes, menores. O sonho distante seria autonomia da máquina para avaliar e até mesmo indicar o tratamento, eliminando o médico em algumas situações, possibilitando o acesso à saúde para pessoas que hoje não são atendidas por falta de profissionais especialistas.

Uma outra área em que a IA pode tornar-se fundamental é a tradução simultânea, na qual a máquina poderá interpretar o que uma pessoa está dizendo e repassar tal informação a uma segunda parte em outra língua, isto é, não haveria mais a barreira de comunicação entre habitantes de países totalmente diferentes (VICARI, 2019).

A IA também já é utilizada no combate à corrupção, ao oferecer à sociedade uma compilação de dados sobre as movimentações financeiras dos gestores públicos e ao expor tais observações de modo simples e inteligível ao eleitor, atividade essa que antes do advento seria interpretada apenas por especialistas da área após auditoria.

Um exemplo de combate à corrupção é uma iniciativa do Observatório Social Brasileiro, que fiscaliza as atividades de políticos e gestores através do aplicativo MontLegis, monitorando gastos, faltas e até mesmo o impacto das ações dos mesmos (OSBRASIL, 2020).

Cita-se também o uso da IA nos atendimentos virtuais de clientes, em aplicativos cognitivos e em aplicações de segurança pública, com reconhecimento facial e acesso a banco de dados.

Como prova de eficiência, no carnaval baiano de 2020, foram capturados 42 foragidos da justiça através do uso de sistemas de reconhecimento facial. Além disso, o sistema contabilizou o número de foliões nos principais pontos de concentração, bem como sua movimentação, facilitando a gestão da segurança pública (BAHIA, 2020).

Como parte de sua corrida rumo à hegemonia econômica e tecnológica, a China objetiva ser a maior referência em IA nos anos de 2030. E isso inclui o ramo educacional (JING apud ONU, 2018). Um exemplo de ferramenta é o aplicativo Liulishuo, considerado um superprofessor, já que ensina inglês a seiscentos mil estudantes chineses ao custo de um único instrutor. O aplicativo reconhece a voz e através do processamento de língua natural corrige os erros nos testes feitos pelos alunos, orientando-os automaticamente para um melhor resultado nos testes de inglês, como um professor de verdade (LIULISHUO, 2020).

Ao mesmo tempo, a empresa Master Learner está desenvolvendo um “superprofessor” capaz de responder 500 milhões de questões simultâneas de alunos que almejam fazer o exame Gaokao (similar ao ENEM) de acesso ao ensino superior chinês (ONU, 2020).

Ainda, na China já existem sessenta mil escolas utilizando uma máquina que corrige redações com nível de precisão de 92% sobre correções humanas. Ela utiliza redes neurais – modelos computacionais inspirados em sinapses humanas - e IA, aliada a algoritmos de aprendizado para corrigir textos escritos por alunos

chineses e para comparar sua própria correção com notas e comentários feitos por professores humanos. Chen (apud ONU) diz que já não se sabe mais quais os critérios que a máquina usa para dar a nota, tamanha a complexidade do sistema. Talvez essa falta de transparência seja uma justificativa para a desconfiança de alguns profissionais a respeito do uso da IA.

2.3. Descrição do uso da IA no ensino de matemática a nível mundial

No caso específico da Matemática, a fim de cumprir um dos Objetivos do Milênio (Oferecer educação básica de qualidade para todos) e otimizar o próprio ensino de maneira geral, alguns países estão desenvolvendo ferramentas de IA para o ensino autônomo de alunos.

No Brasil temos iniciativas variadas voltadas para sistemas que auxiliam o aprendizado do aluno, em Matemática ou qualquer outra área. Tais sistemas “percebem” a dificuldade do aluno e criam um melhor caminho para que o mesmo tenha bom aproveitamento na aprendizagem. Como exemplo tem-se o PAT2MATH (SEFFRIN et al,2009), desenvolvido pela Universidade Vale dos Sinos (UNISINOS), que ajuda o aluno na solução de problemas algébricos. Nas palavras dos criadores:

PAT2Math (*Personal Affective Tutor to Math*) é um Sistema Tutor Inteligente que visa assistir os estudantes na resolução de problemas algébricos. Ele emprega diversos algoritmos de Inteligência artificial para simular um professor particular que assiste e ensina os aprendizes enquanto eles resolvem equações de primeiro grau. Ele corrige e provê dicas não apenas para a solução final, mas a todos os passos intermediários do estudante.

No exterior pode-se citar outros programas baseados em IA, como o americano Cram101, que cria conteúdo sintetizado a partir de livros completos, não apenas um resumo, mas questões de múltipla escolha, verdadeiro ou falso, além de cartões que ajudam o leitor a dominar o assunto do livro sem tê-lo lido completamente. A ideia por trás desse aplicativo é do estudioso alemão Sebastian Leitner (1919-1989).

Tal sistema prevê que o cartão seja repetido com mais intensidade à medida que o aluno não domine o conhecimento do mesmo. Por exemplo, uma questão de álgebra. Caso o aluno acerte a resposta no dia D, será exposto novamente às questões do tipo em D+3. Caso acerte novamente, em D+10, e assim

sucessivamente. Caso erre, será exposto em D+1. Caso erre novamente, em D+2, ou seja, diariamente, até acertar, momento a partir do qual passará a responder tal assunto com maior espaçamento.

A despeito da aparente facilidade, surgiram problemas com o método, como, por exemplo, o espaçamento entre as repetições. Dado que cada pessoa possui uma curva de esquecimento (ver Brainerd & Reyna, 1993; Dempster, 1992, citados em PERGHER, 2003), não seria algo padronizável o período de repetição de assuntos.

Nesse ponto a Inteligência Artificial tem seu uso ideal. Com o aprendizado sobre a qualidade de conhecimento retido sobre cada indivíduo a máquina pode estabelecer um período ótimo de repetições de questões (Syndeon, 2008). Algumas pessoas precisarão ser expostas a cada 15 dias, outras a cada 30, por exemplo. Além disso, tais períodos podem se alterar ao longo da vida, demonstrando a adaptabilidade de algoritmos de aprendizagem.

Na América Latina, o Uruguai desponta no uso de IA na educação através do Plano Ceibal, o qual contém uma iniciativa alemã denominada PAM (Plataforma Adaptativa de Matemática), que abrange vinte e cinco mil exercícios resolvidos passo a passo e dois mil e oitocentos *feedbacks* para explicar as soluções de cada exercício (ONU, 2020).

Cita-se ainda iniciativas em outros países, como o Daptio, Virtual Learning e TopDog, todos da África do Sul, o M-Shule, do Quênia, SkoolDesk de Uganda, da África do Sul e Nigéria e o Zaya Learning Labs, da Índia.

Os Estados Unidos abrigam duas grandes soluções no ensino da Matemática, o Cognitive Tutor Algebra, que engaja o aluno na resolução de problemas do mundo real, e o ASSISTments, projetado para atividades extraclasse (CIEB, 2019).

2.4. Descrição do uso da IA no ensino de matemática a nível nacional

No estudo Tendências em Inteligência Artificial na Educação, elaborado pela professora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Rosa Maria Vicari, com a participação do sistema SESI/SENAI, é apresentado um panorama em que a educação brasileira conterà pelo menos alguma tecnologia ligada à IA, seja ela a robótica educacional, algum sistema tutor inteligente ou mesmo processamento de língua natural.

No ensino superior estima-se que a computação na nuvem abrangerá em torno de 70% das universidades, o que já pode ser constatado principalmente nas faculdades particulares e nas iniciativas de EaD (Ensino a Distância) por parte das universidades públicas, especialmente impulsionadas com a portaria nº 2.117 do Ministério da Educação a qual permite que, com exceção de medicina, os cursos presenciais possam ofertar até 40% da carga horária na modalidade EaD.

O Censo da Educação Superior (Brasil, 2018) mostrou que atualmente no Brasil o número de vagas EaD já superou o de vagas presenciais. São 7.170.567 vagas remotas contra 6.358.534 físicas. Segundo este censo, das 299 IES (Instituição de Ensino Superior), duzentas já oferecem o EaD, ao passo que entre as escolas particulares, apenas 244 das 2.238 não oferecem o ensino digital, o que demonstra a forte tendência à informatização da educação brasileira.

É nesse contexto que a IA surge como diferencial, tornando o ensino mais eficiente e eficaz, identificando as habilidades e deficiências de cada aluno.

No Brasil, a empresa Geekie (2020) possui uma plataforma utilizada por cinco mil escolas, as quais recebem conteúdo personalizado para cada aluno. Além disso, relata em seu site que já atendeu mais de 12 milhões de alunos, ou seja, demonstra um alcance que dificilmente seria atendido presencialmente por uma faculdade. A ideia por trás da iniciativa é que o estudante faça questões e que a IA identifique as áreas em que o mesmo necessita de mais estudo, direcionando-o de modo a uniformizar o conhecimento e possibilitar uma boa pontuação em exames, como o ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio).

Outra face da IA na educação, que é a disponibilidade 24 horas por dia, já foi implementada no Brasil através da consultoria internacional Stefanini (2020) na Saint Paul Escola de Negócios. A ideia final é que os alunos possam adquirir e testar o conhecimento em suas próprias casas, restando apenas algumas aulas presenciais para que obtenham seus certificados, barateando em até 80% o custo de uma especialização.

Outro ponto importante levantado pela escola é que a ideia não é substituir o professor, mas ajudá-lo a orientar melhor um número maior de estudantes. Inclusive, o sistema inteligente consegue traçar perfis psicológicos dos alunos através de suas interações sociais e modo de escrita, possibilitando um ensino ainda mais personalizado.

No ambiente da escola pública as dificuldades são maiores. Se por um lado faltam recursos de informática nas escolas, por outro faltam profissionais qualificados para usar a seu favor as ferramentas disponíveis, conforme observa Silveira (2019), ao afirmar que os professores ainda permanecem diante dos alunos ensinando assuntos conteúdos pré-estabelecidos, sem nenhuma personalização de acordo com o perfil do aluno.

Outro uso da IA no âmbito educacional deu-se na Escola Bosque, que usa um robô para conversar com os alunos e perceber se está ocorrendo o *cyberbullying*. Caso o robô não tenha a resposta, encaminha a dúvida para um coordenador que imediatamente colabora e aumenta o poder de resposta da ferramenta, a qual também pode indicar aos gestores alguma intervenção mais profunda em alguns casos mais graves (Balmant, 2019).

Observa-se, porém, que no Brasil o uso da IA ainda é incipiente, conforme mostra CIEB (2019) em sua nota técnica, diante do baixo número de iniciativas na área.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a verificação do panorama mundial no que tange ao uso da IA, serão analisados caso a caso as principais plataformas utilizadas no ensino da matemática.

Em alguns casos foi possível criar uma conta e entender melhor o funcionamento da plataforma. Em outros, seria necessário acesso privilegiado, de modo que o estudo se limitou aos relatos, textos e vídeos disponíveis na rede mundial de computadores para que fosse possível o estudo que a seguir será exposto.

3.1. Cognitive Tutor Algebra ou Mathia

O Cognitive Tutor® Algebra é um sistema tutor de ensino matemático desenvolvido por pesquisadores da universidade americana Carnegie Mellon, na década de 80, o qual foi transformado em produto comercial pela empresa Carnegie Learning em 1998, hoje adquirida por uma firma de investimentos (Wan, 2018).

Atualmente o Cognitive Tutor® Algebra é comercializado sob o nome Mathia e foi reconhecido em 2019 como a melhor solução de inteligência artificial na área de tecnologia da educação pela revista EdTech Digest (2019), sendo utilizado nos EUA por mais de três mil escolas.

Esta plataforma não utiliza apenas a interface computacional, mas também textos impressos que compõem a grade curricular do aprendiz de Matemática; geralmente três vezes por semana com trabalhos em grupo ou outras atividades e duas vezes com o sistema de tutoria eletrônica (VanLehn, 2006). Tal estrutura é baseada nos estudos de John R. Anderson sobre a cognição dos alunos, chamada de ACT (*Adaptive Character of Thought*), ou Característica Adaptativa do Pensamento.

A plataforma oferece ensino individualizado de Matemática, ou seja, em uma mesma classe, diferentes alunos poderão receber exercícios diferenciados sobre o mesmo assunto, ou mesmo feedbacks individuais, sempre com objetivo de sanar as eventuais falhas existentes no aprendizado de cada estudante. Além disso o programa envia relatórios sobre o desenvolvimento de cada aluno ao professor, para que este possa atuar de forma pontual, e não mais de forma generalizada como em salas comuns.

Como prova real de sua eficiência cita-se o aumento de aprovações em Álgebra 1 nas escolas do condado de Greene (Carolina do Norte - EUA): o sistema foi implantado no biênio 2009-2010. Já no ano de 2011 a aprovação saiu de 36% (do ano anterior) para 46,5%. Em 2012 atingiu-se aprovação de 70,72%, uma melhoria considerável.

Na cidade de Roebuck (Carolina do Sul - EUA), os alunos que tiveram contato com a plataforma para Álgebra Básica no nono ano reduziram a taxa de reprovação de 40% para 10% nas provas de Álgebra 1 no Ensino Médio, demonstrando o possível impacto do novo método de ensino, baseado na individualização do conteúdo por meio de inteligência artificial (Carnegie Learning, 2020).

Recentemente, em 17 de setembro de 2020, a Agência de Educação do Texas, o segundo estado mais rico dos Estados Unidos, anunciou a disponibilização de materiais de instrução para as idades de 5 a 12 anos em parceria com os fornecedores da plataforma Mathia, mostrando a importância que regiões mundialmente desenvolvidas têm dado ao ensino baseado em IA, reforçado ainda mais pela atual crise de saúde representada pela COVID-19 (Business Wire, 2020).

Cita-se ainda uma inovação surgida durante a pandemia: a empresa Carnegie Learning anunciou o aplicativo LiveHint, que em breve poderá receber questionamentos orais dos alunos sobre suas dúvidas Matemáticas através das já existentes plataformas de relacionamento Google Home e Alexa, aprofundando ainda mais a relação entre aluno e plataforma inteligente (Business Wire, 2020).

3.2. ASSISTments

O ASSISTments é uma tecnologia gratuita de suporte à professores de Matemática criada em 2003 pelo casal americano Neil e Cristina Heffernan, ambos professores do ensino médio nos anos 90 e atualmente cientistas dedicados à Fundação ASSISTments.

Diferente do Mathia, tal plataforma não utiliza inteligência artificial em sua programação, mas apenas estatística básica para auxiliar o professor nas tarefas de casa repassadas aos alunos. O funcionamento não é muito complexo, o qual será descrito a seguir.

Inicialmente cabe observar que a plataforma funciona em sincronia com outras duas tecnologias voltadas à educação: o Google Classroom e o Canvas, que

fazem o gerenciamento virtual de salas de aula, podendo o professor criar tarefas com datas limite de entrega, carregar vídeos, links e avisos, além de permitir a comunicação com os alunos. Ao criar uma conta no ASSISTments o usuário poderá definir se utilizará o Canvas ou o Classroom. Escolhida a plataforma, o professor irá definir quais exercícios serão enviados aos alunos, referente a um determinado assunto dado em sala de aula.

Dentro do site já existe um banco de dados de exercícios, separados por estados americanos, assuntos, livros etc, bastando apenas escolher dentre essas categorias quais exercícios serão enviados como tarefa doméstica aos alunos. Caso o professor não encontre o que deseja, pode criar o próprio banco de dados de questões.

Após a escolha e o estabelecimento do prazo de entrega, a tarefa é disponibilizada para os alunos, através do Classroom ou Canvas, que recebem um aviso sobre a existência da mesma, devendo acessá-la e enviar a resolução antes do prazo final.

As questões podem ter os mais variados formatos: múltipla escolha, verdadeiro ou falso, e até mesmo discursivas. Nestes casos a plataforma não faz a correção automática, devendo o próprio professor acessar, corrigir e dar a nota. Nos outros casos, o aluno poderá responder e ter um feedback imediato definido pelo docente. Há também a possibilidade de o aluno responder com fotos e vídeos, caso assim permita a questão postada, o que mostra a versatilidade da plataforma.

Para o professor, a ajuda se dá no sentido de que todas as ações dos alunos ficam registradas e viram informações que o ajudam a planejar a correção dos exercícios e até mesmo prever alguma atenção especial a determinado estudante ou assunto. Por exemplo, se uma questão teve índice de acerto de 100%, não seria necessário gastar tanto tempo em sua resolução, ao contrário de outra com baixo índice de acertos.

O método tradicional de tarefas se resume às resoluções feitas em um caderno ou uma folha, o que exigiria do professor gasto de tempo para conferir primeiramente se todos executaram o pedido, seguido de correção total das questões, já que não se sabe previamente quais foram acertadas por todos ou por uma imensa maioria, o que baixaria a eficiência da aula. É neste panorama

tradicional que a plataforma procura atuar, fornecendo ao professor, ferramentas que aumentem sua eficiência em sala de aula.

Como prova de sua eficiência, o site ostenta o reconhecimento nível Tier 1 pela ESSA (*Every Student Succeeds Act*), ou Lei Todos os Alunos Bem-sucedidos (lei americana), que prevê investimentos em iniciativas educacionais com evidência comprovada. Outro reconhecimento exibido é o da What Works Clearinghouse, iniciativa conjunta do Departamento de Educação do Estados Unidos com o Instituto de Ciências da Educação americano que serve para revisar, avaliar e creditar os estudos na área educacional, identificando quais são dignos de confiança e quais não o são (IES, 2020).

Em um estudo realizado com 2.850 alunos do sétimo ano espalhados aleatoriamente em 43 escolas do estado do Maine (EUA) foi avaliado o ganho matemático com a utilização da ferramenta ASSISTments, o qual mostrou que os estudantes que usaram constantemente a plataforma tiveram um desempenho 75% superior em Matemática que aqueles educados pelo método tradicional. Além disso, os alunos com pior desempenho tiveram uma melhoria mais significativa que aqueles alunos mais desenvolvidos (Murphy, 2020).

3.3. PAT2MAth

O nome PAT2MAth, apesar de um sistema brasileiro, desenvolvido pela Universidade Vale dos Sinos (UNISINOS), é uma abreviação de *Personal Affective Tutor to Math*, ou Tutor Particular Afetivo de Matemática, gratuito e disponível na rede mundial de computadores via cadastro pessoal.

Este sistema tem por objetivo primordial ajudar os estudantes a resolverem problemas algébricos (equações de primeiro grau) empregando algoritmos de Inteligência Artificial que simulam um professor, provendo dicas e correção de todos os passos para a resolução do problema.

Infelizmente a plataforma só está desenvolvida para equações de primeiro grau. Porém, cumpre o objetivo de mostrar aos alunos todas as etapas válidas de um bom cálculo algébrico, por exemplo, ao não utilizar falsas regras como a clássica “passar para o outro lado com sinal invertido” (Seffrin, 2009).

O interessante do resolvidor é que aceita qualquer equação do primeiro grau inserida pelo usuário, diferenciando-se de um simples banco de questões

gerenciado, como é o caso do ASSISTments. Porém, tal possibilidade não estava disponível no site do PAT2Math, sendo apenas citada como uma ferramenta para professores por Seffrin (2009), ou seja, o aluno ainda não é parte ativa na elaboração de questões.

Outro ponto negativo é a lentidão para progressão nas questões. Para que se acesse o próximo nível o aluno deve fazer todas do nível anterior, o que, para um aluno mais adiantado, pode ser enfadonho. Tal situação foi relatada pelos professores de Porto Alegre participantes da avaliação do programa feita por SEFFRIN (2009).

Percebe-se que a ferramenta ainda está em um estágio inicial de desenvolvimento, tanto pela baixa usabilidade da plataforma digital como pelo alcance limitado, já que aborda apenas equações do primeiro grau. Porém, caso os desenvolvedores evoluam o sistema, o uso será de grande valia no ensino de Matemática no Brasil.

3.4. Plataforma Adaptativa de Matemática no Uruguai

O Uruguai conta com um plano de apoio às tecnologias educativas impressionante chamado Plano Ceibal que, desde 2007, distribui um computador e acesso à Internet para todos os alunos adolescentes e professores uruguaios. Em 2009 todas as escolas do país já possuíam acesso à internet sem fio.

A importância do programa foi tanta que o plano virou política de Estado, isto é, foi incorporado à legislação uruguaia, o que traz segurança de continuidade, independente do governo que assuma o país.

Ainda no campo da inovação no ensino, foi implementada a Plataforma Adaptativa de Matemática (PAM), uma ferramenta de apoio ao ensino destinada tanto aos professores quanto aos alunos do ciclo secundário, permitindo o acompanhamento em tempo real da evolução da aprendizagem Matemática.

Cabe observar ainda a existência de uma plataforma para alunos do nível primário, chamada de Matific, na qual o conteúdo é lúdico, com personagens coloridos e jogos matemáticos que não cansam as crianças. Da mesma forma que a PAM, o Matific permite ao professor o acompanhamento em tempo real do aluno.

A eficiência da PAM foi alvo de um estudo, publicado em 2017, no qual os alunos do terceiro ano do primário foram avaliados por uma prova de nível

internacional ao final do ano de 2013 e ao final do ano de 2016. O universo de estudantes abrangeu usuários e não usuários da Plataforma Adaptativa de Matemática, atingindo 2143 alunos e 237 escolas em todo o Uruguai.

O estudo mostrou ao final que o ganho matemático foi relevante para os alunos usuários da PAM, atingindo 0,20 desvios-padrão de ganho na aprendizagem. Além disso, descobriu-se que quanto maior o uso em grupo da ferramenta, maior o desenvolvimento do aluno (Perera, 2017).

3.5. Discussão

Como se pode perceber, existem inúmeras iniciativas de aplicação da IA no campo educacional, porém, o uso massivo ainda não é difundido, nem mesmo internacionalmente, nos países mais desenvolvidos.

Durante a pesquisa bibliográfica, seja em textos nacionais ou internacionais, foi possível identificar que o estágio atual é de uso da informática como um grande banco de dados de questões e respostas pré-programadas, ou seja, não se cabe aí o conceito mais puro de uso da Inteligência Artificial.

O Mathia e o PAM são as plataformas que mais se aproximam da IA, definida por Russel e Norwig, ao personalizar de fato o aprendizado, automaticamente. Nessas plataformas, o aluno tem a possibilidade de evoluir seu aprendizado em velocidade diferente do resto da turma, isto é, não fica limitado ao assunto lecionado naquele momento pelo docente, sendo este mais um apoiador para retirada de dúvidas.

As outras plataformas não alteram de modo autônomo os exercícios, por exemplo, de acordo com a dificuldade encontrada por cada aluno. Apenas refletem a vontade do professor através da disponibilização de questões para aplicação em tarefas, ajudando-o através de estatísticas, as quais o orientam sobre como melhor direcionar a aula. Nestes casos, as alterações de currículo são responsabilidades do próprio docente o qual escolhe o nível de problema seus alunos resolverão, o que pode, eventualmente, prejudicar tanto o aluno mais desenvolvido quanto aquele que ainda não se desenvolveu completamente.

O PAT2Math é um programa com bons objetivos, porém, ainda é muito pouco desenvolvido; a interface é simples e não possibilita a interação entre aluno e

máquina. Percebe-se que o foco do seu desenvolvimento não é em si o ensino matemático, mas o desenvolvimento da engenharia da computação envolvida.

No que tange às vantagens de utilização, as plataformas mais desenvolvidas serviram também como uma rápida reação dos governos às limitações impostas pela COVID-19. Segundo matéria publicada pelo site de notícias UOL (2020), a PAM teve um salto no número de usuários, de 90.000 para 730.000 usuários dentre os atuais 800.000 alunos existentes, ou seja, praticamente todos os alunos uruguaios passaram a acessar a plataforma, permitindo agora que se extraia um panorama da educação daquele país, não só no campo da Matemática.

Cabe observar que existem na rede mundial de computadores inúmeros resolvidores de questões, como a própria plataforma do Google ou mesmo o famoso site entre matemáticos, WolframAlpha. A diferença é que tais plataformas recebem a entrada por meio de uma equação a ser resolvida e respondem automaticamente através de algoritmos pré-programados, não se comportando como programas especialmente desenhados para o campo educacional. Ao ser questionada sobre uso de IA – na área de perguntas e respostas – a plataforma WolframAlpha, responde: “É muito mais um artefato de engenharia que uma inteligência artificial humana”, com objetivo principal de executar “computação direta, e não agir como inteligência em geral” (WolframAlpha).

Foi possível entender que a atividade do professor é apenas auxiliada pela IA, e não substituída. Porém, com a evolução do aprendizado da máquina, é cabível vislumbrar um banco de dados – com questões, respostas e possíveis dúvidas - tão amplo que o professor terá uma atuação reduzida, ainda mais com o desenvolvimento de máquinas que interpretam o estado psicológico do aluno através de expressões faciais, da voz ou mesmo através do conteúdo que acessa em dado momento.

Projeta-se também que o atendimento especializado reduzir-se-ia consideravelmente, já que um grande número de alunos seria atendido principalmente por sistemas educacionais inteligentes, sendo encaminhados aos professores apenas em casos de falhas recorrentes.

Porém, mesmo com tais inovações, dadas as características sociais humanas, não se vislumbra a completa substituição das interações humanas. Como apresentado, escolas em que foi utilizada a plataforma inteligente, combinada com

atividades presenciais, tiveram melhor resultado que aquelas exclusivamente digitais.

Apesar de o assunto ser tema importante e atual, o Brasil, e muitos outros países, carece de iniciativas concretas na área educacional ligada à IA, fato este demonstrado por uma nota técnica de 2019 do Centro para Inovação na Educação Brasileira, na qual relata-se apenas 12 iniciativas de alguma relevância, porém, nenhuma realmente transformadora.

No que tange à Matemática, a situação é ainda mais restrita nacionalmente e as iniciativas encontradas na área da IA ainda são embrionárias, como demonstrado pela baixa amplitude do PATH2Math.

O presente trabalho buscou informações sobre o uso da Inteligência Artificial na educação Matemática, porém, até mesmo em outras áreas houve dificuldade para se encontrar soluções verdadeiramente disruptivas, restando basicamente soluções de massa, nas quais predomina o uso de banco de questões e respostas, não se podendo afirmar que ali está inserido um uso real da IA.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conclusão atingida é que o desenvolvimento da Inteligência Artificial na área educacional brasileira ainda é primário, não se aproximando do seu real significado, no qual a máquina de fato “pensaria” como um humano.

Os objetivos da pesquisa foram atingidos com a ampliação do conhecimento sobre o tema, possibilitando ao leitor entender conceitos e direcionar potenciais estudos na área.

Além disso, o presente trabalho mostrou-se importante para perceber que o campo de uso da inteligência artificial é vasto e tem grande potencial, possibilitando a elaboração de inúmeros trabalhos na área, em especial na área matemática, o que torna ainda mais desafiadora a empreitada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A.B. **Usando o Computador para Processamento de Imagens Médicas**. Informática Médica, Volume 1, Número 6. Núcleo de Informática Biomédica Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1998.

BAHIA. **Reconhecimento Facial captura 42 foragidos no Carnaval de Salvador**. Disponível em: <<http://www.secom.ba.gov.br/2020/02/152662/Reconhecimento-Facial-captura-42-foragidos-no-Carnaval-de-Salvador.html>>. Acesso em: 26 fevereiro 2020.

BALMANT, O. GOMES, A. **Inteligência Artificial nos Colégios**. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/educacao/inteligencia-artificial-nos-colegios,23a7218c38451cd3ccb2a0e25c490094d9v9aar.html>>. Acessado em: 20 fevereiro 2020.

BECKER HOSPITAL. **An AI algorithm detected the coronavirus outbreak a week before the CDC**. Disponível em: <<https://www.beckershospitalreview.com/artificial-intelligence/an-ai-algorithm-detected-the-coronavirus-outbreak-a-week-before-the-cdc.html>>. Acesso em: 16 janeiro 2020.

BRASIL. **Censo da Educação Superior 2018: Divulgação de Resultados**. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/documentos/2019/apresentacao_censo_superior2018.pdf>. Acessado em: 27 fevereiro 2020.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. Art. 6º.

BUSINESSWIRE. **MATHia by Carnegie Learning Named “Best Artificial Intelligence Solution” in 2019 EdTech Awards**. Disponível em: <<https://www.businesswire.com/news/home/20190416005618/en/MATHia-Carnegie-Learning-Named-%E2%80%9CBest-Artificial-Intelligence>>. Acessado em: 29 de outubro de 2020.

BUSINESS WIRE. **Carnegie Learning: TEA Launches First Set of Innovative Learning Solutions for K-12 Math to Support Schools Across Texas**. Disponível em: <<https://www.businesswire.com/news/home/20200917005858/en/Carnegie-Learning-TEA-Launches-First-Set-of-Innovative-Learning-Solutions-for-K-12-Math-to-Support-Schools-Across-Texas>>. Acessado em: 30 de outubro de 2020.

BUSINESS WIRE. **Carnegie Learning Launches LiveHint™, an Innovative Assistant that Supports Student Learning at Home, in Response to COVID-19 School Closures**. Disponível em: <<https://www.businesswire.com/news/home/20200504005086/en/Carnegie-Learning-Launches-LiveHint%E2%84%A2-Innovative-Assistant-Supports>>. Acessado em: 30 de outubro de 2020.

CAMBRIDGE. **Cambridge Dictionary, 2020**. Disponível em: <<https://dictionary.cambridge.org/pt/dicionario/ingles/artificial-intelligence>>. Acesso em: 15 janeiro 2020.

CARNEGIE LEARNING. Disponível em: <<https://www.pgsd.org/cms/lib07/PA01916597/Centricity/Domain/43/CLI%20Overview.pdf>>. Acessado em: 29 de outubro de 2020.

CIEB. **Notas Técnicas #16: Inteligência Artificial na Educação.** Disponível em: <http://cieb.net.br/wp-content/uploads/2019/11/CIEB_Nota_Tecnica16_nov_2019_digital.pdf>. Acessado em: 20 fevereiro 2020.

FADEL, Charles *et al.* **Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning.** Center for Curriculum Redesign. Boston: 2019.

GEEKIE. **Retrospectiva 2012: o ano do Geekie Teste.** Disponível em: <https://www.geekie.com.br/blog/retrospectiva-2012/?_ga=2.3741680.1915434164.1583804155-950764948.1583804155>. Acessado em: 26 fevereiro 2020.

HOLMES, W. *et al.* **Technology-Enhanced Personalised Learning. Untangling the Evidence.** Robert Bosch Stiftung. Alemanha: 2018.

IES. **What We Do.** Disponível em: <<https://ies.ed.gov/ncee/wwc/WhatWeDo>>. Acessado em: 31 de outubro de 2020.

LIULISHUO. Disponível em: <<https://www.liulishuo.com/en/ielts.html>>. Acessado em: 01 março 2020.

MICHAELIS. **Dicionário Michaelis, 2020.** Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/busca?id=PqO2A>>. Acesso em: 15 janeiro 2020.

MURPHY, Robert *et al.* **Investigating Efficacy, Moderators and Mediators for an Online Mathematics Homework Intervention.** Journal of Research on Educational Effectiveness, Vol. 13, NO. 2, 235-270. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/19345747.2019.1710885>>. Acessado em: 31 de outubro de 2020.

ONU. **Seção I: Leveraging AI Towards improving Learning and Equity.** Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366994>>. Acessado em: 22 dez 2019.

OSBRASIL. MontLegis. Disponível em: <<http://osbrasil.org.br/monitlegis/>>. Acesso em: 17 janeiro 2020.

PAVIOTTI, G.; ROSSI, P. G.; ZARKA, D (org.). **Intelligente tutoring Systems: na Overview.** European Commission. Italy: 2012.

PERERA, Marcelo; ABOAL, Diego. **Evaluación del Impacto de la Plataforma Adaptativa de Matemática en los resultados de los aprendizajes.** Centro e Investigaciones Económicas. Uruguai. 2017. Disponível em: <https://www.ceibal.edu.uy/storage/app/media/documentos/CINVE-Informe_PAM_03102017.pdf>. Acessado em: 01 de novembro de 2020.

PERGHER, Giovanni Kuckartz; STEIN, Lilian Milnitsky. **Compreendendo o esquecimento: teorias clássicas e seus fundamentos experimentais.** Psicol. USP,

São Paulo, v. 14, n. 1, p. 129-155,2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65642003000100008&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 26 de outubro de 2020.

PRIBERAM. **Dicionário Primberam, 2020**. Disponível em: <<https://dicionario.priberam.org/intelig%C3%A2ncia%20artificial>>. Acesso em: 15 janeiro 2020.

RAVINDRAN, S. **How artificial intelligence is helping to prevent blindness: Machine learning is being used to automate the detection of eye diseases**. Nature, 2019. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/d41586-019-01111-y>>. Acessado em: 27 fevereiro 2020.

RUSSELL, S. & NORVIG, P. **Artificial Intelligence - A Modern Approach**, PrenticeHall, 1995.

SEFFRIN, H. *et al.* **Um resolvidor de equações algébricas como ferramenta de apoio à sala de aula no ensino de equações algébricas**. In: XV Workshop de Informática na Escola - CSBC, 2009, Bento Gonçalves. Anais do Congresso da Sociedade Brasileira da Computação, 2009. p. 1791-1800.

SILVEIRA, A.C.J. VIEIRA J.N. **A inteligência artificial na educação: utilizações e possibilidades**. Revista Territórios. Caruaru: UFPE,2019.

STEFANINI. **Como Usar Inteligência Artificial Na Educação?** Disponível em:<<https://stefanini.com/pt-br/trends/cases/como-usar-inteligencia-artificial-na-educacao->>. Acessado em: 27 fevereiro 2020.

SYNDEON SOFT. **What is spaced repetition?** Zurique. Disponível em:<<http://www.flashcardlearner.com/articles/what-is-spaced-repetition/>>. Acessado em: 26 outubro 2020.

UOL. **Uruguai fortalece educação à distância, mas aposta na aula presencial**. Disponível em: <<://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/afp/2020/08/13/uruguai-fortalece-educacao-a-distancia-mas-aposta-na-aula-presencial.htm>>. Acessado em: 03 de novembro de 2020.

VANLEHN, Kurt. **The Behavior of Tutoring Systems**. International Journal of Artificial Intelligence in Education. Agosto, 2006. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.5555/1435351.1435353>>. Acessado em: 30 de outubro de 2020.

VICARI, R. M. **Tendências em Inteligência Artificial na Educação**. SESI/SENAI, 2019.

WAN, Tony. **Carnegie Learning Gets a Makeover After Private Equity Investment**. Disponível em: <<https://www.edsurge.com/news/2018-09-06-carnegie-learning-gets-a-makeover-after-private-equity-investment>>. Acessado em: 29 de outubro de 2020.

WOLFRAMALPHA. **Frequently Asked Questions**. Disponível em: <<https://www.wolframalpha.com/faqs/>>. Acessado em: 10 de fevereiro de 2021.