



Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Informática
Bacharelado em Sistemas de Informação

Afonso Henrique Gomes de Brito Amorim

**O PROGRESSO E AS QUESTÕES SOCIAIS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO
NÍVEL BÁSICO DE EDUCAÇÃO**

Trabalho de Graduação

Recife
2017

Afonso Henrique Gomes de Brito Amorim

**O PROGRESSO E AS QUESTÕES SOCIAIS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO
NÍVEL BÁSICO DE EDUCAÇÃO**

Trabalho de graduação apresentado à banca examinadora composta pelos professores José Carlos Cavalcanti e Carla Taciana Lima Lourenco Schuenemann como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação no Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco.

Orientador: José Carlos Cavalcanti

Recife
2017

Afonso Henrique Gomes de Brito Amorim

**O PROGRESSO E AS QUESTÕES SOCIAIS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO
NÍVEL BÁSICO DE EDUCAÇÃO**

Trabalho de graduação apresentado à banca examinadora composta pelos professores José Carlos Cavalcanti e Carla Taciana Lima Lourenco Schuenemann como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação no Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco.

Aprovado em _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

José Carlos Cavalcanti

Carla Taciana Lima Lourenco Schuenemann

Recife
2017

Agradecimentos

Gostaria de destacar a importância da minha avó materna, Rita Lourenço de Brito, "*In Memoriam*", onde durante todo o período de graduação tive como fonte de inspiração permitindo que continuasse firme na batalha para alcançar os meus objetivos. Gostaria ainda de agradecer a minha mãe, Gilmara Brito, a minha tia Gilvânia Brito, ao meu avô materno José Gomes de Brito, "*In Memoriam*", e a toda minha família por acreditarem no meu potencial, acompanhado todo o trajeto percorrido e celebrando as conquistas ao meu lado.

Gostaria de agradecer o grande apoio da minha companheira e amiga, Taisa Varela, por me acompanhar nesta jornada da vida, além de estar ao meu lado ajudando a lidar com os momentos mais difíceis enfrentados durante o período da graduação.

Da mesma forma, não poderia deixar de agradecer aos professores por terem contribuído a construir todo o conhecimento adquirido na minha formação. Em especial o meu orientador, José Carlos Cavalcanti, pelo brilhante empenho e dedicação à elaboração deste trabalho.

Gostaria de agradecer também aos meus grandes amigos, em especial José Bruno Oliveira, Larissa Souza, Pâmela Neder, Aguinus Melo, Breno Ricardo e João Marcos Cruz, por estarem sempre ao meu lado dando forças e acreditando no meu potencial.

Por fim, gostaria de agradecer a todos os meus amigos do Centro de Informática que me ajudaram no desenvolvimento acadêmico, sendo através das rotinas diárias, trabalhos em grupo ou até mesmo nos momentos de descontração nos corredores da Universidade.

“O sonho é que leva a gente para a frente. Se a gente for seguir a razão, fica aquietado, acomodado”

Ariano Suassuna

Resumo

O avanço no processo e na maturidade de aprendizado das máquinas, em decorrência do volume cada vez maior de dados disponíveis, tem contribuído fortemente para a revolução e avanço da Inteligência Artificial (IA). Este progresso tem levantado expectativas quanto aos impactos sociais, atraindo atenção para as questões relacionadas ao processo de automação, e consequentemente, à substituição do homem pela máquina. Desta forma, buscando entender o que a inteligência artificial pode proporcionar para o domínio da educação de nível básico, este trabalho realizou uma pesquisa teórica com a finalidade de investigar estas possíveis mudanças, abordando questões desde a substituição de empregos por robôs inteligentes, passando pelas novas metodologias de aprendizado que este cenário proporcionará, até a verificação de questões éticas da IA. Como resultado desta investigação, foi possível observar que a aplicação da inteligência artificial na educação de nível básico poderá contribuir a responder lacunas não resolvidas na educação até o momento e também buscar o alcance de um alto nível de ensino, preparando os alunos para os empregos do futuro. Porém, por outro lado também foram identificados impactos sociais negativos que precisam ser estudados com maior cautela, como por exemplo a possibilidade do aumento do desemprego e da desigualdade social da população.

Palavras chave: Inteligência Artificial, Nível Básico de Educação, Automação, Inovação, Impactos Sociais.

Abstract

Advances in the machine learning process and maturity, due to the increasing volume of data available, have contributed greatly to the AI revolution and advances. This progress has raised expectations about social impacts, attracting attention to issues related to the automation process and consequently the replacement of human labor by machine. Thus, trying to understand what artificial intelligence can provide for the field of basic education (K-12), this paper carried out a theoretical research with the purpose to investigate these possible changes, addressing issues ranging from the replacement of the human labor by intelligent robots, through the new learning methodologies that this scenario will provide, until the verification of AI ethical issues. As a result of this research, it was possible to see that the application of artificial intelligence in basic education (K-12) should contribute to respond to the biggest unsolved issues in education and also to reach a high level of education, preparing the students for the jobs of the future. However, on the other hand, negative social impacts have also been identified that need to be studied with more caution, such as the possibility of increasing unemployment and social inequality of the population.

Keywords: Artificial Intelligence, Basic Education Level (K-12), Automation, Innovation, Social Impacts.

Lista de figuras

Figura 1: Passos da Mineração de dados

Figura 2: Processo do aprendizado da máquina

Figura 3: Sistema IAEd que mostra uma imagem simplificada de um tutor adaptativo típico baseado em modelo.

Figura 4: Anatomia de um sistema inteligente de tutoria

Figura 5: O papel dos professores na IAED

Figura 6: Ética da IA

Lista de gráficos e quadros

Gráfico 1: Percentual de escolas de educação básica por dependência administrativa - Brasil 2016

Quadro 1: IDEB - Resultados e Metas

Lista de abreviaturas e siglas

IA - Inteligência artificial

KDD - *Knowledge discovery in database*

PLN - Processamento de linguagem natural

IAEd - Inteligência artificial aplicada a educação

ITS - *Intelligent tutoring system*

VRLE - *Virtual reality learning environment*

INEP - O Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

IDEB - Índice de Desenvolvimento da Educação Básica

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

HCI - *Human-computer interaction*

Sumário

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 MOTIVAÇÃO	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.3 METODOLOGIA DE PESQUISA	13
1.4 ESTRUTURA DO DOCUMENTO	14
2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	16
2.1 Conceito	16
2.1.1 Mineração de Dados	17
2.1.2 Machine Learning	19
2.1.2.1 Deep Learning	20
2.1.3 Processamento de Linguagem Natural (PLN)	21
2.2 Inteligência Artificial vs Inteligência Aumentada	22
3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E A EDUCAÇÃO DE NÍVEL BÁSICO	24
3.1 Ferramentas dotadas de IA utilizadas na educação de nível básico	26
3.1.2 Aprendizado Colaborativo	29
3.1.2 Realidade Virtual Inteligente	30
3.1.4 Ambientes inteligentes de aprendizagem baseados em jogos	31
3.2 O papel dos professores na IAEd	32
4. O FUTURO DA EDUCAÇÃO DE NÍVEL BÁSICO NO CONTEXTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	35
4.1 IAEd e os principais problemas não resolvidos da Educação de nível básico	35
4.1.1 O combate às lacunas de desempenho na educação	35
4.1.2 Desenvolvimento dos conhecimentos, retenção e a escassez de professores	38
4.2 Cenário atual da IAEd na educação de nível básico no Brasil	39
4.2.1 Possíveis impactos da IAEd no nível básico de ensino	40
4.2.2 A ética da IA e IAEd no Brasil	42
5 CONCLUSÃO	45
5.1 Trabalhos Futuros	46
REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

O avanço no processo e na maturidade de aprendizado das máquinas, suportado por ferramentas como *cloud computing* e coleta de dados em abundância na web, tem contribuído fortemente para a revolução e avanço da inteligência artificial. Na década de 40, o matemático Alan Turing, considerado o grande precursor da Inteligência Artificial (IA) no mundo, criou o “Teste de Turing” com o objetivo de verificar se o computador é capaz de imitar e pensar como o cérebro humano. Além de Turing, cientistas como Marvin Minsky e John McCarthy trabalharam fortemente na base teórica e sustentação tecnológica da Inteligência Artificial nos últimos 70 anos, explorando com mais afinco as possibilidades de criar máquinas inteligentes.

Diante deste forte apoio no desenvolvimento da teoria da IA e também ao grande avanço das tecnologias de *hardware*, técnicas e algoritmos estão sendo criados e apresentando desempenhos e resultados cada vez precisos, como por exemplo “*deep learning*”, uma forma de redes neurais artificiais adaptáveis, treinadas para utilizar um método chamado *backpropagation*, capaz de realizar o treinamento destas técnicas computacionais. Estes resultados, propícios da evolução da tecnologia, tem feito com que a Inteligência Artificial esteja cada vez mais presente no dia a dia e, principalmente, mudando as vidas das pessoas.

Com este avanço e diante de uma consolidação cada vez maior no mercado, tecnologias dotadas de inteligência artificial tem sido fortemente adotadas em diversos domínios, inclusive na área da educação de nível básico. A inteligência artificial tem como objetivo propor para a educação a criação de formas computacionalmente precisas e explícitas de conhecimento educacional, aprimorando as formas de ensino e aprendizado em todos os níveis. Além disso, a IA também pode ser considerada poderosa ferramenta para abrir o que as vezes é chamado de “caixa preta de aprendizado”, possibilitando entendimentos mais profundos e mais refinados de como a aprendizagem realmente acontece.

O cenário atual tem sido bastante favorável para as tecnologias de IA e as previsões afirmam que essas ferramentas estarão presentes de maneira cada vez

mais significativa na educação em um futuro próximo. A Inteligência Artificial contribuirá apoiando professores no atendimento das necessidades de todos os alunos, diminuindo as lacunas de desempenho, abordando a retenção e o desenvolvimento de professores e equipando os pais para melhorar a aprendizagem de seus filhos. Todavia, observa-se uma grande preocupação por grupos de cientistas focada em tentar prever os avanços da Inteligência Artificial, bem como os desafios éticos decorrentes e os impactos sociais e econômicos, para que possam antecipar as mudanças - os benefícios e os problemas - que a IA pode trazer.

1.1 MOTIVAÇÃO

Nos últimos quinze anos são vistos consideráveis avanços da IA na educação. As aplicações vem sendo cada vez mais utilizadas por educadores e alunos hoje, com algumas variações de acordo com o nível de ensino. Embora a educação de qualidade sempre exigirá o engajamento ativo por professores humanos, a Inteligência Artificial promete melhorar a educação em todos os níveis, especialmente através da personalização [2]. Este forte engajamento entre a Inteligência Artificial e a educação acabará acarretando diversas mudanças dentro do ambiente educacional tradicional, como por exemplo as novas metodologias de ensino mais personalizáveis, flexíveis, inclusivas e engajadas, e também os novos papéis que serão atribuídos aos professores. Além disso, as ferramentas artificialmente inteligentes poderão fornecer aos professores e alunos instrumentos que permitam responder não só ao que está sendo aprendido, mas também como está sendo aprendido e como o aluno sente. Estas grandes transformações podem afetar tanto positivo quanto negativamente o ambiente educacional, principalmente se tratando de questões relacionadas à adaptação dos alunos, responsáveis e à escola como um todo, levando em consideração principalmente o desempenho alcançado com a adoção deste novo modelo de ensino para a educação de nível básico.

Desta forma, faz-se necessário investigar como se dá a relação do uso e da adoção de tecnologias de IA na educação de nível básico diante deste momento de

transição, na qual os benefícios e os problemas precisam ser avaliados, para que seja possível lidar com tamanha mudança em decorrência da adoção de tecnologias de IA na educação de nível básico. Com isso, este trabalho se propõe a realizar uma análise teórica através de literaturas acadêmicas a fim de expor o progresso atual e as perspectivas futuras do papel da inteligência artificial na educação de nível básico.

1.2 OBJETIVOS

O progresso atual da Inteligência Artificial, atraindo atenção para as questões relacionadas ao processo de automação e, conseqüentemente, à substituição do homem pela máquina, tem levantado expectativas quanto aos impactos sociais e econômicos em decorrência desse avanço.

Desta forma, com o objetivo de entender o que a inteligência artificial é capaz de proporcionar para o domínio da educação de nível básico, este trabalho pretende realizar uma pesquisa teórica com a finalidade de investigar as possíveis mudanças que a IA poderá proporcionar no futuro do ambiente da educação de nível básico, mudanças estas que abordam questões que vão desde a substituição de empregos e profissões por algoritmos e robôs inteligentes, passando pelas novas atribuições e papéis dos professores na educação de nível básico no ambiente da Inteligência artificial aplicada a educação (IAEd), até a verificação de questões éticas da IA.

1.3 METODOLOGIA DE PESQUISA

A pesquisa realizada para este trabalho partiu do levantamento bibliográfico com o objetivo de coletar informações ou conhecimentos prévios sobre o progresso e as questões sociais da Inteligência Artificial no nível básico de ensino. Esta revisão seguiu um método asistemático e foi realizada de maneira ad-hoc a partir de artigos, livros e sites especializados. Embora a temática da Inteligência Artificial já exista há vários anos, a preocupação e o debate sobre as questões sociais no

ambiente da educação de nível básico e seus impactos têm sido relativamente recentes. Desta forma, parte considerável das fontes de informação utilizadas neste trabalho veio de blogs e sites de notícias especializados no assunto, além das análises e *reports* publicados por grandes instituições renomadas como Accenture, Stanford University e a Revista Forbes. Estas instituições, principalmente as grandes empresas multinacionais de consultoria, em decorrência de suas posições estratégicas, têm sido importantes mecanismos de investigação, análise e compartilhamento dos recentes impactos de novas tecnologias, tais como IA.

Para este estudo foi utilizada a abordagem qualitativa, uma vez que pesquisas qualitativas auxiliam nas interpretações de fenômenos a luz de um contexto e são baseadas na interpretação do pesquisador sobre o fenômeno investigado [43]. Além disso, o estudo desenvolvido partiu de uma perspectiva que fosse exploratória das bases de dados primárias e secundárias, com o objetivo de proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses [43].

1.4 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Este trabalho contém 5 capítulos, incluindo este capítulo de introdução. O capítulo 2 aborda o conceito de Inteligência Artificial, a sua importância e também as principais técnicas que contribuem para a evolução da IA devido a grande quantidade de dados sendo produzidos de maneira constante, e até então sem receber a devida atenção.

O capítulo 3 contempla a aplicação da inteligência artificial na educação de nível básico, através da adoção de ferramentas dotadas de IA nas atividades diárias de ensino e aprendizado, além de também descrever o papel previsto para os professores no cenário da IAED.

O Capítulo 4 faz considerações relacionadas ao futuro da educação de nível básico no contexto da Inteligência Artificial, abordando como esta tecnologia poderá auxiliar a responder problemas básicos da educação que até então não possui respostas. Este capítulo também incorpora uma breve análise sobre a atenção

requerida às questões éticas da inteligência artificial na educação de nível básico voltada ao contexto brasileiro.

Finalmente, o Capítulo 5 expõe os pontos mais relevantes verificados ao longo do trabalho, além de apresentar possíveis sugestões de trabalhos futuros diante do tema abordado.

2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A inteligência artificial, apesar de não ser um campo novo da tecnologia, vem crescendo cada vez mais nos últimos 70 anos devido a contribuição de grandes cientistas como Alan Turing, Marvin Minsky e John McCarthy. Grandes instituições têm adotado, de maneira crescente, técnicas e ferramentas inteligentes artificialmente capazes de atuar principalmente na automatização de atividades que não necessitam de grandes habilidades para sua execução, devido ao excelente desempenho e capacidade de realizar atividades em escala e velocidade muito superiores às das pessoas. Porém, com o avanço cada vez maior da tecnologia, as máquinas estão ficando mais inteligentes e ganhando capacidades de aprendizado mais rápidas do que a dos humanos, possibilitando a sua aplicação em diversas áreas, inclusive na educação.

2.1 Conceito

A falta de uma definição precisa e universalmente aceita de Inteligência Artificial eventualmente ajudou o campo a crescer, florescer e avançar em um ritmo cada vez mais acelerado. Os praticantes, pesquisadores e desenvolvedores de IA são guiados por um senso de direção e um imperativo para "continuar com isso". Ainda assim, segundo Nils J. Nilsson, *"a inteligência artificial é aquela atividade dedicada a tornar máquinas inteligentes, e a inteligência é aquela qualidade que permite que uma entidade funcione adequadamente e com uma previsão no seu ambiente."*[38].

Através desta perspectiva, a caracterização da inteligência artificial depende da maneira que estará disposta para sintetizar o *software* e *hardware* para funcionar de "maneira apropriada" e com "previsão". Segundo a Accenture (2017) [3], empresa multinacional de Consultoria em Tecnologia, o termo Inteligência Artificial refere-se a diferentes tecnologias que podem ser combinadas de diversas formas para:

- Perceber: Visão computacional e processamento de áudio, por exemplo, são capazes de reconhecer ativamente o mundo ao seu redor por meio da aquisição e processamento de imagens, sons e voz. O reconhecimento facial nos quiosques de controle de fronteiras é um exemplo prático de como a produtividade pode melhorar;
- Compreender: O processamento de linguagem natural e os mecanismos de inferência permitem que sistemas de IA analisem e entendam a informação coletada. Esta tecnologia é utilizada para alimentar o recurso de tradução de idiomas nos resultados de mecanismos de busca.
- Agir: Um sistema de IA pode agir por meio de tecnologias como sistemas especialistas e mecanismos de inferência ou adotar ações no mundo físico. Recursos como piloto automático e frenagem assistida em carros são exemplos disso.

Essas três habilidades são sustentadas pela capacidade de aprender com a experiência e se adaptar com o tempo [3].

Algumas técnicas como mineração de dados, *machine learning* e a utilização de algoritmos para realização do processamento da linguagem natural tem se destacado na IA em busca do aperfeiçoamento para a reprodução da cognição humana.

2.1.1 Mineração de Dados

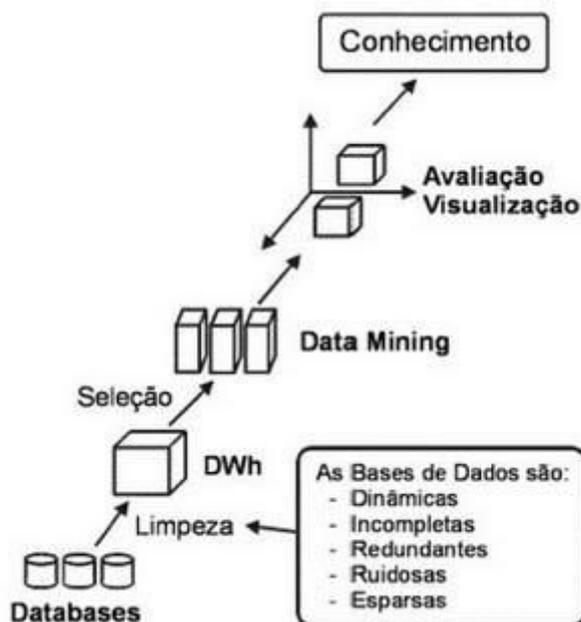
Mineração de dados significa um processo de extração não trivial de informações implícitas, previamente desconhecidas e potencialmente utilizadas. Podendo também ser conhecida através de termos como *Knowledge discovery in database* (KDD), mineração de conhecimento de base de dados, extração de conhecimento, dentre outros, a mineração de dados explora a grande quantidade de

dados disponível na busca de padrões consistentes entre variáveis, e em seguida os válida aplicando padrões detectados a novos subconjuntos e de dados.

O processo para descoberta do conhecimento de uma base de dados através da mineração de dados consiste basicamente na seleção do domínio e dos dados que serão analisados, a realização do processamento destes dados e em seguida a realização da extração e avaliação do conhecimento adquirido. Segundo Fayyad [36], Mineração de Dados é um passo no processo de Descoberta de Conhecimento que consiste na realização da análise dos dados e na aplicação de algoritmos de descoberta que, sob certas limitações computacionais, produzem um conjunto de padrões de certos dados.

Em outras palavras, as ferramentas de *Data Mining* analisam os dados, descobrem problemas ou oportunidades escondidas nos relacionamentos dos dados, e então diagnosticam o comportamento dos negócios, requerendo a mínima intervenção do usuário [5], como exemplifica a Figura 1.

Figura 1: Processo de mineração de dados



Fonte: [5]

Os resultados obtidos através da aplicação da técnica de mineração de dados são capazes de possibilitar que diversas áreas como a gestão da informação,

processamento de *queries* e controle de processos adquiram informações em um curto período de tempo, auxiliando em processos de tomada de decisão, estipular previsões, definir perfis, dentre outros.

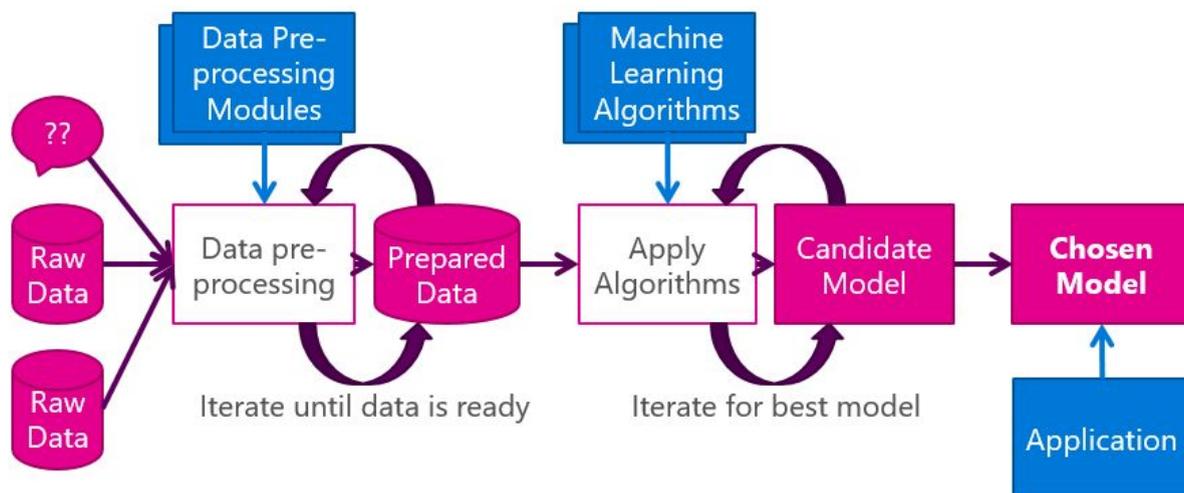
2.1.2 Machine Learning

Segundo Alpaydın [37], *Machine Learning*, técnica de mineração de dados, está relacionado a prática de programar computadores para otimizar um critério de desempenho usando dados de exemplo ou experiência passada. Em outras palavras, pode ser considerado como um método de análise de dados que, através de algoritmos que aprendem interativamente, automatiza a criação de modelos analíticos, permitindo que computadores possam encontrar *insights* escondidos sem necessidade de ser programado [4]. O aprendizado da máquina é uma área de grande relevância da inteligência artificial, onde se torna bastante improvável construir qualquer tipo de sistema inteligente capaz de qualquer uma das facilidades que se associa à inteligência, como linguagem ou visão, sem usar o aprendizado para alcançar o real objetivo.

Grandes volumes e diversos tipos de dados disponíveis, baixo custo para processamento computacional em grande escala e barateamento do armazenamento destes dados, são elementos que favorecem a utilização do aprendizado da máquina devido a possibilidade de produzir rapidamente e de maneira automática modelos para analisar dados maiores e mais complexos, garantindo um rápido resultado de qualidade.

Assumindo como objetivo principal do *Machine Learning* identificar um modelo, o processo deverá iniciar com uma questão: “O que está tentando aprender através do *Machine Learning*?”. Ao identificar a resposta do questionamento, dados pré tratados deverão ser disponibilizados para que os algoritmos do *Machine Learning* possam realizar a identificação do Modelo. O processo, como ilustrado na figura 2, é interativo, no qual poderá acontecer um *loop* em torno do teste de vários algoritmos até que um modelo responda suficientemente a pergunta definida no início do processo.

Figura 2: Processo do aprendizado da máquina



Fonte: [7]

2.1.2.1 Deep Learning

Deep Learning é um tipo de *Machine Learning* capaz de treinar um computador para realizar tarefas humanas, como reconhecer o discurso, identificar imagens ou fazer previsões. Segundo Lecun [39], *Deep Learning* trata-se de um conjunto de técnicas que utilizam redes neurais artificiais profundas, com muitas camadas intermediárias entre a camada de entrada e a de saída. De acordo com a revista Forbes (2016), *Deep Learning* envolve essencialmente alimentar um sistema de computador com uma grande quantidade de dados, onde este poderá utilizá-los para tomada de decisão sobre outros dados [8]. Estes dados são alimentados através de redes neurais, técnicas computacionais que apresentam um modelo matemático inspirado na estrutura neural de organismos inteligentes e que adquirem conhecimento através da experiência. Estas redes realizam uma série de perguntas binárias verdadeiras/falsas, ou extraem um valor numérico, de cada *bit* de dados que as atravessam e classificam de acordo com as respostas recebidas. *Deep Learning* concentra-se ainda mais em um subconjunto de ferramentas e técnicas de *Machine Learning*, e as aplica para resolver apenas qualquer problema que exija "pensamento" humano ou artificial.

As técnicas *Deep Learning* melhoraram ainda mais a capacidade da IA de classificar, reconhecer, detectar, descrever e principalmente entender. O grande interesse no estudo do *Deep Learning* está diretamente relacionado ao envolvimento com a computação cognitiva, onde aplicações de *software* compreendem a entrada humana e podem responder para o usuário final também de uma forma humana.

2.1.3 Processamento de Linguagem Natural (PLN)

A linguagem natural não é nada mais que o meio de comunicação entre os humanos. Com o avanço da tecnologia, as máquinas estão ganhando mais habilidades para que consigam interpretar não só linguagens formais que não são passíveis de ambiguidade, como XML, SQL e PHP, mas também a linguagem natural.

O processamento da linguagem natural, área de pesquisa da IA, consiste no desenvolvimento de modelos computacionais para a realização de tarefas que dependem de informações expressas em uma língua natural para a realização de tarefas naturais [9]. De acordo com Liddy [40], alguns objetivos usuais em PLN são (a) recuperação de informação a partir de textos, (b) tradução automática, (c) interpretação de textos e (d) realização de inferências a partir de textos. A medida que avançam as técnicas de PLN e os resultados alcançados estão cada vez mais próximos e equivalentes à comunicação entre dois humanos, o campo de aplicação fica mais abrangente.

De acordo com [10], a pesquisa em PLN está voltada, essencialmente, a três aspectos da comunicação em língua natural: som, estrutura (morfologia e sintaxe) e significado (semântica e pragmática). O estudo da fonologia está voltada para o reconhecimento dos sons que formam as palavras de uma língua, tendo que lidar com complexidades, como por exemplo sotaques regionais. A morfologia objetiva o reconhecimento das palavras em termos de unidades básicas, enquanto a sintaxe definirá a estrutura de uma frase com base na forma como as palavras desta frase se relacionam entre si. Por fim, a semântica associa significado a uma estrutura

sintática e a pragmática adequa o significado de uma frase ao contexto em que ela é usada.

Apesar da grande revolução da tecnologia, o processamento de linguagem natural ainda precisa lidar com desafios para alcançar resultados precisos. As diversas formas de pronúncia levando em consideração as variações regionais de uma língua, a polissemia e a despadronização estrutural da escrita são exemplos de situações que os cientistas precisam lidar para a evolução da PLN.

Desta forma, a contribuição do processamento da linguagem natural para a área da inteligência artificial é de suma importância devido a alta capacidade de tornar máquinas cada vez mais inteligentes e proporcionar uma interação com os humanos, sendo capazes de realizar atividades como tradução e interpretação de textos e sons, busca de informações em documentos, dentre outras atividades.

2.2 Inteligência Artificial vs Inteligência Aumentada

Apesar destes dois campos parecerem estar intimamente relacionados, eles representam uma antiga divisão na comunidade de pesquisa em ciência da computação. Enquanto a inteligência artificial está voltada para a ideia de um sistema de computador que, ao reproduzir a cognição humana, permite que esse sistema funcione de forma autônoma e efetiva em um determinado domínio, a inteligência aumentada está relacionada a um sistema informático que complementa e apoia o pensamento, a análise e os planejamentos humanos, deixando a intencionalidade de um ator humano no centro da interação homem-computador. Devido ao fato da inteligência se concentrar na interação de humanos e computadores, em vez de apenas em computadores, a inteligência aumentada também pode ser conhecida como *Human-computer interaction* (HCI).

Como as pesquisas e objetivos da IA foram originalmente estabelecidos por matemáticos e engenheiros, a "inteligência" passou a ser considerada como algo que poderia ser modelado matematicamente, considerando que o cérebro é simplesmente uma máquina para processar informações. Desta forma, o problema da modelagem da cognição humana, para estes cientistas, tende a ser solucionado

através da criação de um sistema de símbolos suficientemente rico e um conjunto bastante variado de regras para manipular esses símbolos.

Por outro lado, a inteligência aumentada enxerga a inteligência de outra forma. Talvez alguns aspectos do pensamento humano sejam semelhantes à máquinas, mas de maneira geral, o grupo de estudo desta área reporta muitas indicações de que a inteligência humana não prossegue na maneira metódica da mesma forma que um computador lida com problemas [32]. Estes estudiosos duvidavam que o pensamento humano realmente pudesse ser reduzido a algoritmos explícitos, ou que os poderes críticos do pensamento humano, como a intuição, a interpretação do contexto ou a tolerância da ambiguidade, funcionassem de maneira algorítmica.

De maneira geral, um sistema de IA pode ser retratado como um robô de funcionamento autônomo, enquanto um sistema inspirado em HCI pode ser representado como exoesqueletos motorizados que algum dia permitirão paraplégicos andarem, ou os soldados a ter mais força ou resistência sobre-humana no campo de batalha. Enquanto a IA pretende trabalhar sozinha, sem a necessidade de intervenção humana, a inteligência aumentada visa apoiar e fortalecer os atores humanos.

3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E A EDUCAÇÃO DE NÍVEL BÁSICO

A Inteligência Artificial tem contribuído para a educação desde a década de 70, onde os cientistas Allan M. Collins e Jaime Carbonell desenvolveram nos Estados Unidos da América o primeiro sistema inteligente de tutoria. SCHOLAR CAI (*Computer Assisted Instruction*), como foi chamado o *Intelligent tutoring systems* (ITS), analisava os diálogos humanos para entender como os tutores envolvendo questões e estratégias de resposta funcionavam.

Desta forma, a aplicação da IA para a educação (IAEd) surge desde o princípio com o objetivo de investigar o aprendizado onde quer que ocorra, em salas de aula tradicionais ou em locais de trabalho, a fim de apoiar a educação formal, bem como a aprendizagem ao longo da vida [1]. Através da junção da inteligência artificial e as ciências de aprendizado, a IAEd promove o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem adaptativa e outras ferramentas flexíveis, inclusivas, personalizadas, envolventes e eficazes.

Diante do cenário proposto pela IAEd, a inteligência artificial permite a interação entre um *software* programado e um mundo externo da educação. De acordo com a editora Pearson, este mundo externo na área da educação é segmentado em três modelos: pedagógico, domínio e aprendiz. O modelo pedagógico está relacionado com o conhecimento e experiência de ensino, enquanto o modelo de domínio representa o conhecimento do assunto que está sendo aprendido, e por último, o modelo do aprendiz contempla o conhecimento do aluno.

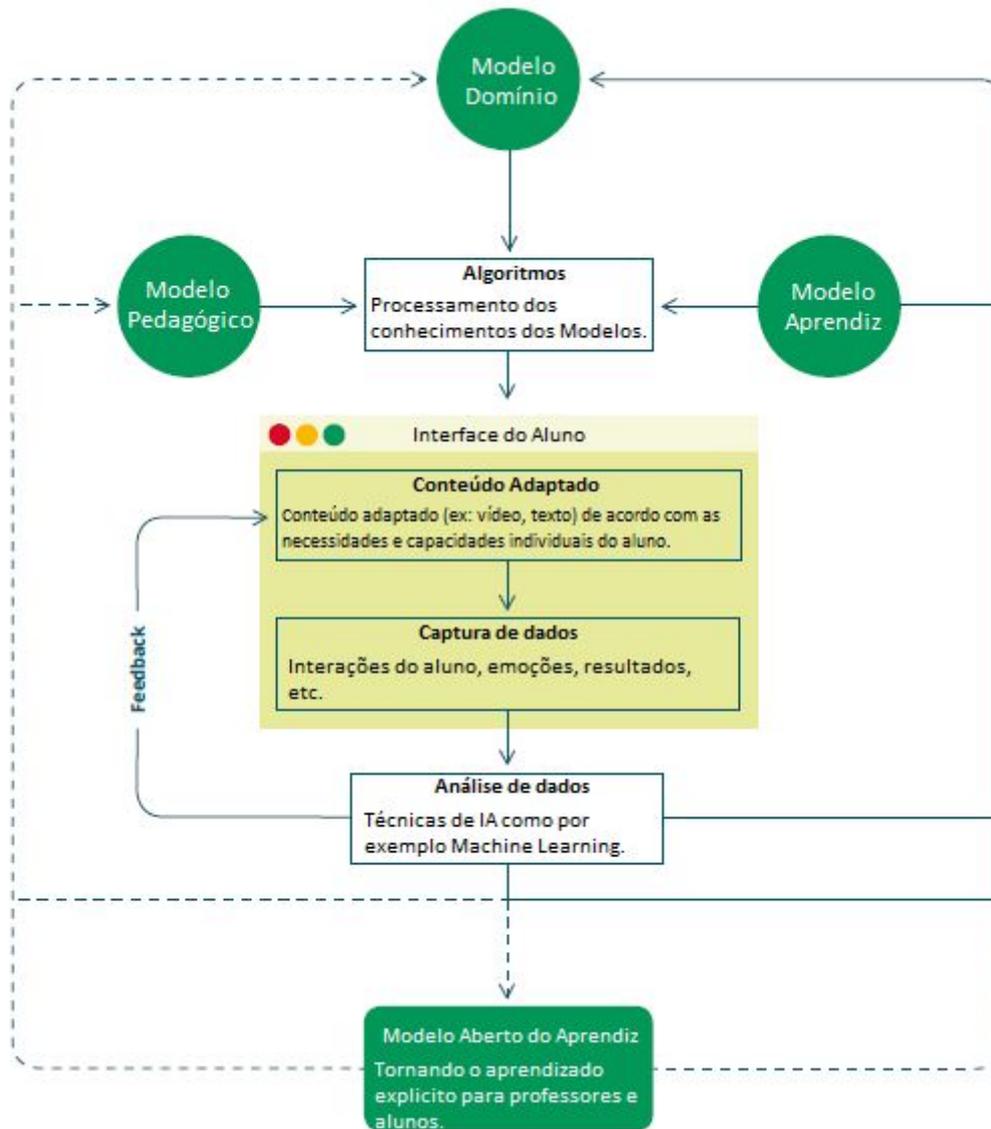
A figura 3 à frente retrata um exemplo de um sistema IAEd simples de tutor adaptativo capaz de promover interações de ensino e mediar a aprendizagem de acordo com as necessidades específicas de cada aluno. Além de contar com a presença dos modelos pedagógicos, de domínio e o de aprendizado, o sistema traz algoritmos capazes de processar o conhecimento para selecionar o conteúdo mais apropriado para o aluno, de acordo com as capacidades e habilidades individuais de cada um. Após a entrega do material em formato de textos, imagens ou vídeos para os alunos, análises são realizadas em paralelo para verificar o nível de interação do

aluno com o domínio, os dados das conquistas já alcançadas, respostas fornecidas para os exercícios, permitindo desta forma que ao término seja possível disponibilizar *feedbacks* capazes de auxiliar o progresso da vida acadêmica dos mesmos. Com o término deste processo, os dados são atualizados no modelo do aprendiz, garantindo que a carreira seja acompanhada e permitindo auxiliar o processo de aprendizado.

Alguns sistemas IAEd incluem os chamados *Open Learner Models*, capazes de apresentar resultados de análise para alunos e professores. Esses resultados podem incluir informações valiosas sobre as realizações do aluno, seu estado afetivo ou qualquer equívoco que eles realizaram. Estes modelos também são capazes de auxiliar os professores a entender o desempenho dos alunos, podendo contribuir para guiar os alunos de acordo com as dificuldades.

Modelos de tutor adaptativo, como o apresentado na figura à frente, tem como vantagem permitir reunir um grande volume de dados, num ciclo virtuoso, sendo capaz de aprimorar sempre os modelos pedagógicos e de domínio, auxiliando a informar novas maneiras de fornecer um suporte mais eficiente, personalizado e contextualizado, enquanto testa e refina a compreensão dos processos de ensino e aprendizagem.

Figura 3: Sistema IAEd que mostra uma imagem simplificada de um tutor adaptativo típico baseado em modelo.



Fonte: [1]

3.1 Ferramentas dotadas de IA utilizadas na educação de nível básico

A educação de nível básico é a primeira etapa formal de ensino, compreendendo a educação infantil, fundamental e o ensino médio. Este período acadêmico tem como objetivo fornecer os meios para que os estudantes progridam em estudos posteriores, sejam eles no ensino superior ou em outras modalidades educativas [33].

O estímulo para desenvolvimento de ferramentas dotadas de inteligência artificial para o domínio da educação tem crescido consideravelmente. Desta forma, a evolução dos resultados alcançados por técnicas como *Machine Learning*, *Deep Learning* e Processamento da Linguagem Natural tem favorecido a adoção de sistemas inteligentes artificialmente nas salas de aula, além de poder contribuir para que os alunos alcancem os objetivos da educação de nível básico.

3.1.1 ITS

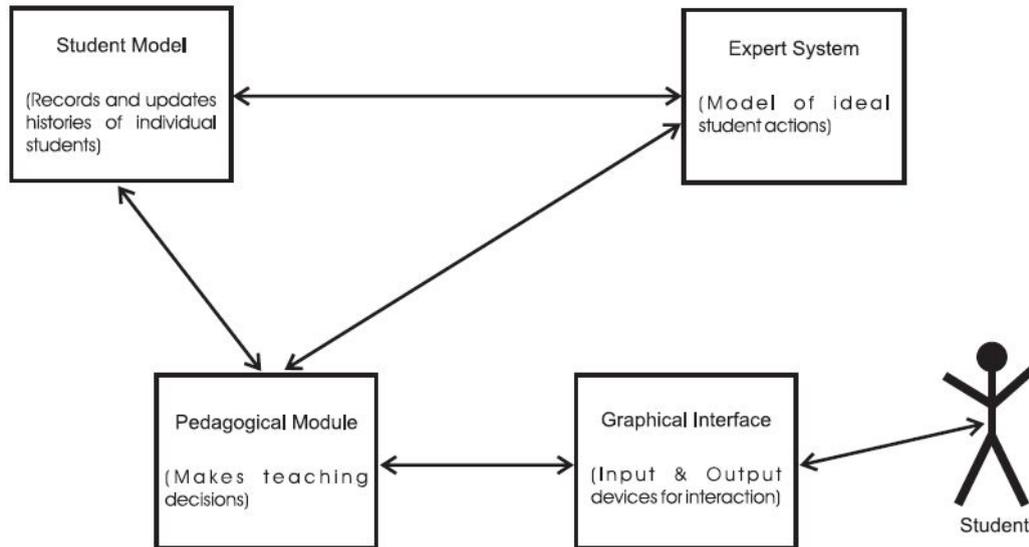
O sistema de tutoria inteligente (ITS) foi o primeiro e continua sendo a principal campo de aplicação da IA na educação. O ITS tenta capturar um método de ensino e aprendizado capaz de exemplificar a interação da tutoria humana de um para um. Este método permite que o aprendizado seja altamente individualizado e produz resultados melhores e mais consistentes do que outros métodos de ensino [11]. Embora os sistemas de tutoria inteligente possuam uma grande quantidade de variações, conforme apresentado na figura 3, é fundamental que seja constituído por uma estrutura básica.

A figura 4 à frente representa um rascunho de um ITS genérico. O coração de um sistema de tutoria inteligente, sistema especializado, é incorporado de conhecimento suficiente de uma área específica para proporcionar respostas ideais para questões, corrigindo não apenas o resultado final, mas em cada uma das etapas menores de raciocínio intermediário.

Deste modo, o sistema especializado permite que o ITS demonstre ou modele um caminho correto para resolução de um problema. Assim como um tutor humano, é possível que o ITS apresente diferentes caminhos de resposta ou estruturas de objetivos [14]. As mesmas estruturas de dados detalhadas que os sistemas especialistas geram na modelagem de raciocínios especialistas, também permite que o ITS explique o seu raciocínio em níveis arbitrariamente detalhados. Por exemplo, se um aluno precisa de uma explicação do porque ou como um ITS realizou um passo para resolver uma equação algébrica, o sistema deverá primeiro dizer que foi utilizado a propriedade distributiva. Se o aluno solicitar por maiores

explicações, deverá ser elaborado descrevendo os termos que foram distribuídos e os demais passos aritméticos que foram realizados.

Figura 4: Anatomia de um sistema inteligente de tutoria



Fonte: [11]

Com a capacidade de monitorar os estudantes durante o processo de resolução de problemas e identificar se cada passo está correto, o ITS tem como unidade básica o passo de raciocínio individual. Para poder prestar o devido suporte à atividade de *coaching*, o ITS frequentemente cria e atualiza o modelo estudantil. Este modelo reflete as regras corretas que o ITS pensa que o aluno sabe, aquelas que também são encontradas no sistema especialista ou no modelo estudantil ideal. Como o estudante estará sendo monitorado a cada ação tomada no sistema, a medida que um erro for cometido, o ITS deverá realizar o diagnóstico do problema, possivelmente atualizará o modelo estudantil, e então tentará remediar de maneira detalhada como o ITS executaria a ação. Este processo se repetirá a cada ação, de acordo com a evolução de uma solução completa para um problema.

Enquanto o modelo especializado contém as regras e o conhecimento, o componente pedagógico deve conter regras similares que codificam conhecimentos

sobre a própria tutoria, desde identificar o momento de interromper qualquer ação do aluno até saber qual tipo de informação deverá ser informada para eles.

Estes modelos possibilitam que os sistemas adaptativos de aprendizagem se tornem cada vez mais flexíveis, permitindo que as razões tomadas pelo sistema sejam explicitadas e compreensíveis pelos humanos (e, portanto, potencialmente aplicáveis ao ensino em sala de aula). Desta maneira, Os tutores adaptativos baseados em modelos podem incluir uma variedade de ferramentas IAEd que, por exemplo, inclua modelos de alunos abertos para promover a reflexão e a autoconsciência [15] ou até mesmo utilize modelos de simulação social - por exemplo, para permitir que os alunos de aprendizagem de línguas se envolvam com mais sucesso com os falantes do seu idioma alvo, compreendendo as normas culturais e sociais [16].

3.1.2 Aprendizado Colaborativo

O aprendizado colaborativo refere-se a um método de aprendizagem no qual os estudantes trabalham juntos, em torno de um objetivo comum. Diante deste cenário, os alunos são responsáveis pelo aprendizado uns dos outros, de modo que o sucesso de um ajuda no sucesso dos outros [17]. A importância de desenvolver nos estudantes desde o nível básico a capacidade de trabalhar em grupo, tende a possibilitar que no futuro o aluno tenha um melhor desempenho, além de aumentar a motivação e comprometimento e conseqüentemente alcançar melhores resultados de aprendizagem.

Pesquisas ao longo de décadas sugerem que a colaboração, seja entre um par de estudantes que realizam um projeto em conjunto ou uma comunidade de estudantes que participam de um curso *on-line*, pode promover resultados de aprendizado mais elevados do que aprender sozinho [18]. No entanto, pesquisas também sugerem que a colaboração entre os alunos não ocorre espontaneamente [19]. Desta forma, a IA poderá contribuir visando harmonizar em diversos aspectos o grupo que trabalhará em conjunto para que seja possível o alcance do objetivo. A editora Pearson [1] considera quatro abordagens em que a inteligência artificial poderá auxiliar no aprendizado colaborativo para aumentar o desempenho e tentar

eliminar as dificuldades principalmente no contexto das colaborações online, sendo elas: formação de grupos, ajuda especializada, agentes virtuais e moderação inteligente.

Para o processo de formação de grupos, a IA utiliza técnicas e conhecimentos de cada participante para que seja formado o grupo mais adequado a alcançar o objetivo determinado para a tarefa. O objetivo pode ser projetar um agrupamento de estudantes em um nível cognitivo semelhante e de interesses semelhantes, ou em que os participantes tenham conhecimentos e habilidades diferentes, mas complementares [20]. A ajuda especializada visa a interação direta com os estudantes colaborativos, podendo auxiliá-los através da utilização de técnicas de IA capazes de identificar quando os alunos estão tendo problemas para entender os conceitos que eles estão compartilhando uns com os outros, ou para fornecer suporte direcionado no momento certo. A terceira abordagem, os agentes virtuais dotados de IA, podem mediar a interação dos estudantes *on-line*, ou simplesmente contribuir para os diálogos, atuando como um *coach* ou até um estudante virtual. Por último, o moderador inteligente possui a responsabilidade de utilizar técnicas de inteligência artificial para analisar e resumir as discussões e permitir que um tutor humano guie os alunos para uma colaboração de sucesso.

3.1.2 Realidade Virtual Inteligente

Um ambiente de aprendizagem de realidade virtual (VRLE) é definido como um âmbito em que o aluno estará imerso em experiências autênticas, capaz de simular aspectos do mundo real que estão provavelmente fora do alcance (como ambientes perigosos ou em algum lugar geograficamente ou historicamente inacessíveis), ao invés de ser apenas um destinatário passivo, dando oportunidade para que os alunos tenham a capacidade de explorar, interagir e manipular aspectos de um mundo simulado, permitindo que a transferência do conhecimento adquirido nas aulas teóricas ocorra através de um “contato” com o mundo real.

A imersão nestes ambientes de realidade virtual pode assumir a forma de uma configuração de *desktop*, mas igualmente, pode envolver o estudante usando óculos de realidade virtual ou alguma outra forma de exibição montada na cabeça e

um dispositivo de entrada. Outra opção de interação com os ambientes de aprendizagem de realidade virtual pode ocorrer através do uso de avatares. Este ser virtual é criado por um aluno que então utilizará o mesmo para explorar um ambiente virtual. Seu avatar pode ser personalizado para seus requisitos e tem sua própria personalidade [21].

Um VRLE se torna inteligente a partir do momento que interage diretamente com a Inteligência Artificial. A IA poderá simplesmente melhorar o ambiente de aprendizagem de realidade virtual dando-lhe a capacidade de interagir e responder às ações do usuário através de uma linguagem natural. A inteligência artificial também pode contribuir através da integração de um VRLE com ITSs, fornecendo suporte e orientação inteligente garantindo que o aluno se envolva adequadamente com os objetivos de aprendizagem pretendidos.

A presença dos agentes pedagógicos nos VRLE inteligentes é suma importância para que seja possível que eles atuem como professores e facilitadores de aprendizagem. Além disso, estes agentes também tem a possibilidade de fornecer perspectivas alternativas, interagir realizando questionamentos e realizando *feedbacks* conforme proposto no modelo pedagógico do ITS.

De maneira geral, além de proporcionar experiências do mundo real para os alunos dentro do próprio espaço de sala de aula, os ambientes de aprendizagem de realidade virtual, devido ao alto nível de flexibilidade que a tecnologia principalmente de *hardware* oferece hoje, podem fornecer ajuda adicional para alunos com necessidades educacionais especiais, motivar os alunos que não podem frequentar a escola e apoiar as populações desfavorecidas.

3.1.4 Ambientes inteligentes de aprendizagem baseados em jogos

Os ambientes inteligentes de aprendizagem baseados em jogos integram tecnologias de jogos comerciais com técnicas de IA através de ITS e tecnologias narrativas inteligentes. O aprendizado baseado em jogo foi proposto como uma abordagem para incentivar o afeto, engajamento e motivação positivos nas atividades de aprendizagem, utilizando recursos e ambientes semelhantes a jogos [22]. Nos últimos anos, os jogos tematizados com os conteúdos das disciplinas

escolares têm sido utilizados para ensinar uma variedade de assuntos, incluindo investigação científica, princípios da matemática, línguas estrangeiras e raciocínio crítico.

Os jogos possuem uma grande força influenciadora, principalmente com o público infante juvenil, capazes de enfrentar os principais desafios e queixas reportadas pelos alunos dentro do ambiente escolar, como metodologias cansativas e desinteressantes, larga distância entre a cultura que emerge na internet e que fazem parte do dia a dia dos estudantes, além de acabar sendo desestimulantes por não prender a atenção e acabar impactando no rendimento e no alcance dos resultados esperados.

Desta forma, os ambientes inteligentes de aprendizagem baseados em jogos buscam maior tempo de engajamento entre alunos e a qualidade da adesão dos jovens relacionadas às atividades escolares, resultando em um apoio aos processos de ensino e aprendizagem através de tecnologias educacionais, melhorando o desempenho de alunos e professores. Além disso, através da imersão destes ambientes nas escolas, busca-se a transformação na forma de como as atividades serão realizadas com os alunos, através de missões, por exemplo, estimulando também o diálogo, levando em consideração uma maior colaboração entre alunos e professores em busca de soluções para os desafios dos jogos.

3.2 O papel dos professores na IAEd

Os professores desempenham um papel crucial na educação de um aluno. Eles não só ensinam, mas também fornecem apoio e mentoria. Esta conexão especial professor-aluno ajuda os alunos a ganharem confiança e prosperarem, e é aquele que não pode ser substituído, mesmo por inteligência artificial.

Nesta nova fase da IAEd, os professores precisam ser considerados os agentes centrais. A intenção de trazer a IA para as escolas não é fazer com que os robôs ensinem crianças e assumam o papel do professor, mas sim os auxiliem a medida que for definido quando e como será necessária a utilização destas ferramentas. Este modelo que posiciona o professor no centro da implementação da

IAEd nas escolas, garante que a os problemas presentes das salas de aula reais seja levada em consideração e que as ferramentas ofereçam o suporte que os educadores precisam, e não o suporte que os desenvolvedores ou designers acham que precisam.

Seguindo nesta linha de raciocínio e definindo a forma de utilização de ferramentas inteligentes na educação de nível básico, a IA possibilitará aos professores a liberação do tempo desperdiçado por tarefas tediosas, como o acompanhamento do desempenho e da classificação dos alunos. Devido ao grande volume de dados gerados e capturados pelos sistemas, a inteligência artificial tem a capacidade de fornecer uma visão instantânea de como está sendo o desempenho e progresso de cada aluno. A partir destes resultados, os professores terão uma visão mais detalhada dos alunos, em um tempo bem menor em comparação ao habitual, podendo trabalhar de maneira mais efetiva no papel de mentoria levando em consideração os *gaps* encontrados no processo de aprendizado de cada aluno. Além de possibilitar que os professores tenham mais tempo para que possam atuar no desenvolvimento individual de cada aluno, liberando-se da rotina de atividades que a IAEd assumirá, também será possível que estes possam dedicar mais de suas energias aos atos criativos e humanos que fornecem a ingenuidade e a empatia necessárias para levar o aprendizado ao próximo nível.

À medida que ocorre a evolução das tecnologias e a transformação no cenário da IAEd, os professores também precisarão desenvolver novas habilidades para que seja possível sempre manter o alto nível das ferramentas inteligentes no ambiente da educação. Estas habilidades necessárias estarão diretamente relacionadas com a compreensão sofisticada do que os sistemas IAEd podem fazer para que possam avaliar e fazer julgamentos de valor sonoro sobre os novos produtos IAEd, desenvolver habilidades de pesquisa para permitir a melhor interpretação e utilização dos dados fornecidos pelas tecnologias IAEd. Além disto, habilidades de gerenciamento de equipe também precisarão ser desenvolvidas, uma vez que cada professor terá auxiliares de IA e assistentes de ensinos humanos usuais, sendo responsáveis por combinar e gerenciar esses recursos de forma mais eficaz.

Figura 5: O papel dos professores na IAED



Fonte: O Autor.

De maneira geral, com a evolução do papel do professor na educação também virá a evolução da sala de aula, pois as ferramentas IAEd permitirão perceber o que é irrealista a visão do professor devido a atual sobrecarga na execução de suas atividades. Por exemplo, fazendo com que o impacto positivo da tutoria individual seja acessível a todas as crianças ou realize uma aprendizagem colaborativa efetiva.

4. O FUTURO DA EDUCAÇÃO DE NÍVEL BÁSICO NO CONTEXTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Diante de tamanha abundância de dados gerados e disponíveis, tecnologias de inteligência artificial estão cada vez mais sofisticadas e com isso proporcionam um aumento do esforço no desenvolvimento de soluções específicas para educação. Este avanço na tecnologia auxiliará cada vez mais a desmistificar a tecnologia e explicitará seus benefícios, fazendo com que os alunos e educadores se sintam mais confortáveis com a ideia de acolher a IA em suas escolas.

A partir deste ponto, ferramentas inteligentes poderão contribuir diretamente na busca de soluções para problemas até então não resolvidos na educação, buscando o alcance de uma estabilidade educacional de alto nível.

4.1 IAEd e os principais problemas não resolvidos da Educação de nível básico

A educação, assim como vários outros domínios, possui o que é comumente chamado de “*wicked problems*”, problemas sociais complexos difíceis ou impossíveis de resolver por causa de requisitos incompletos, contraditórios e em mudança, que muitas vezes são difíceis de reconhecer.

Em um cenário de grandes controvérsias e dúvidas sobre os resultados e impactos da implementação de aplicações inteligentes dentro do ambiente educacional, a IAEd aparece com uma boa sugestão para ser aplicada realisticamente e propor soluções para esses problemas não resolvidos. Luckin et alli [1] considera as lacunas de desempenho e o desenvolvimento, a retenção e a escassez de professores como dois grande *wicked problems* passíveis de solução através da utilização da IAEd.

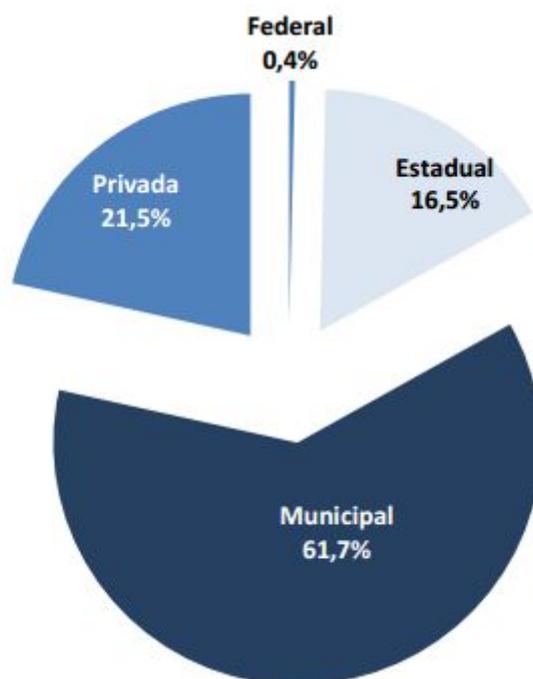
4.1.1 O combate às lacunas de desempenho na educação

Atualmente os métodos utilizados nas escolas para identificar as dificuldades e necessidades dos alunos no nível básico não tem sido eficazes. A janela entre

aqueles alunos que apresentam melhores e os menores desempenhos tem sido um grande desafio para professores, líderes pedagógicos, administradores e responsáveis pela educação no governo em todos os países. Estudantes de origens mais pobres e que não se encontram em condições acadêmicas favoráveis tendem a obter resultados inferiores em comparação aos demais alunos que apresentam boas condições financeiras.

No Brasil, conforme representado no gráfico 1 à frente, o maior percentual de escolas de nível básico no Brasil é administrada pelo governo onde, de acordo com o censo realizado pelo INEP [25], a rede municipal e estadual detêm 80,8% das matrículas na educação básica, enquanto a rede privada tem uma participação de 18,4%. Além destes dados, o IDEB comprova que apesar do crescimento dos resultados alcançados pelas escolas públicas no país nos últimos anos, a diferença com relação às escolas particulares (quadro 1 à frente) chega a ser de 1.5 ponto nos anos iniciais do Ensino Fundamental e de 2 pontos nos anos finais [26].

Gráfico 1: Percentual de escolas de educação básica por dependência administrativa - Brasil 2016



Fonte: [25]

Quadro 1: IDEB - Resultados e Metas

Anos Iniciais do Ensino Fundamental												
	IDEB Observado						Metas					
	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2007	2009	2011	2013	2015	2021
Total	3.8	4.2	4.6	5.0	5.2	5.5	3.9	4.2	4.6	4.9	5.2	6.0
Dependência Administrativa												
Estadual	3.9	4.3	4.9	5.1	5.4	5.8	4.0	4.3	4.7	5.0	5.3	6.1
Municipal	3.4	4.0	4.4	4.7	4.9	5.3	3.5	3.8	4.2	4.5	4.8	5.7
Privada	5.9	6.0	6.4	6.5	6.7	6.8	6.0	6.3	6.6	6.8	7.0	7.5
Pública	3.6	4.0	4.4	4.7	4.9	5.3	3.6	4.0	4.4	4.7	5.0	5.8

Anos Finais do Ensino Fundamental												
	IDEB Observado						Metas					
	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2007	2009	2011	2013	2015	2021
Total	3.5	3.8	4.0	4.1	4.2	4.5	3.5	3.7	3.9	4.4	4.7	5.5
Dependência Administrativa												
Estadual	3.3	3.6	3.8	3.9	4.0	4.2	3.3	3.5	3.8	4.2	4.5	5.3
Municipal	3.1	3.4	3.6	3.8	3.8	4.1	3.1	3.3	3.5	3.9	4.3	5.1
Privada	5.8	5.8	5.9	6.0	5.9	6.1	5.8	6.0	6.2	6.5	6.8	7.3
Pública	3.2	3.5	3.7	3.9	4.0	4.2	3.3	3.4	3.7	4.1	4.5	5.2

Fonte: [26]

Os resultados alcançados potencialmente afetam a economia de um país, bem como o bem-estar social de sua população [27]. As razões por trás das diferenças de desempenho variam de acordo com cada país, mas é fato que nem todos os alunos estão alcançando seu potencial na escola.

Ainda que a taxa de analfabetismo de jovens com até 15 anos no Brasil esteja decaindo de acordo com o IBGE [28], os números são bastante expressivos e preocupantes devido a alta probabilidade de gerar impactos em atividades simples, como até mesmo entender a bula de remédios na fase adulta.

Através da implementação dos sistemas de tutores inteligentes, a IAEd pode oferecer um novo conjunto de ferramentas para enfrentar este desafio. Por exemplo, os alunos que precisam de ajuda extra podem receber uma aula particular de tutores adaptativos da IAEd, tanto na escola quanto em casa, para melhorar seus níveis de sucesso. O aumento da colaboração entre a neurociência educacional e

os desenvolvedores da IAEd fornecerá tecnologias que podem oferecer melhores informações e apoiar dificuldades específicas de aprendizagem que possam estar no caminho do progresso da criança.

A IAEd também poderia oferecer o apoio necessário antes que um aluno comece a educação formal. Há uma forte evidência de que os primeiros cinco anos da vida de uma criança têm uma grande influência na obtenção educacional [29]. Além disso, os pais de baixa renda e que não tiveram a oportunidade de cursar um ensino básico de qualidade, podem enfrentar sérios desafios no fornecimento de apoio ao aprendizado em casa para seus filhos. Os sistemas IAEd também podem fornecer suporte personalizado aos pais, da mesma forma que para professores e alunos, melhorando a educação e os resultados para os pais e seus filhos. A partir deste ponto de vista, os pais estariam aptos para que fornecessem o tipo certo de apoio, principalmente nos primeiros anos da educação de nível básico, e também acompanhar o progresso e desempenho na carreira acadêmica dos seus filhos.

4.1.2 Desenvolvimento dos conhecimentos, retenção e a escassez de professores

O conhecimento do professor é fundamental para que o aluno consiga absorver o conteúdo e aprender, mas o desenvolvimento contínuo de professores tem custos significativos, em termos de tempo e dinheiro. Da mesma forma que os sistemas IAEd podem oferecer aulas individuais ou em grupo aos alunos, poderá fazer o mesmo de forma contínua para os professores. Este treinamento pode ser projetado para atender às necessidades específicas do professor, ser completado onde e quando quiser.

Ambientes inteligentes também podem auxiliar os professores a encontrar e compartilhar os melhores recursos de ensino. Estas ferramentas poderiam auxiliar na gestão dos materiais que já foram considerados úteis no passado, informações dos estudantes, as metodologias de ensino e o currículo da instituição, e através de um assistente do IAEd seria possível prever os recursos que melhor se enquadram

tanto para o desenvolvimento das aulas quanto para a maior absorção por parte dos alunos [1].

A IAEd também pode auxiliar na retenção dos professores na profissão, onde muitas vezes acabam desistindo em decorrência da sobrecarga de atividades e estresse. Os assistentes virtuais inteligentes, disponíveis em diversas plataformas para os professores, poderiam auxiliar em atividades que necessitassem de grandes esforços e tempo, como por exemplo a correção de atividades, podendo compreender de maneira mais rápida o desempenho e as possíveis dificuldades no processo de aprendizado, focando no papel de mentor individualmente nas salas de aula, além de ter todas as informações dos alunos alimentadas no modelo do aprendiz.

Em muitas partes do mundo, a grave falta de professores apresenta enormes desafios. Por exemplo, 33 países não possuem professores suficientes para fornecer à todas as crianças uma educação primária até 2030. De fato, o mundo precisará recrutar 25,8 milhões de professores para alcançar esse objetivo [30].

Embora as implementações mais efetivas da IAEd a sejam feitas ao lado dos conhecimentos e da empatia que são peculiarmente humanas, em alguns casos isso simplesmente não será possível, pelo menos a curto prazo. Isso significa que se precisa confiar na tecnologia para disponibilizar experiências de aprendizagem de alta qualidade para locais onde atualmente não possui.

4.2 Cenário atual da IAEd na educação de nível básico no Brasil

O cenário da IAEd no Brasil encontra-se bastante defasado com relação aos demais países. Embora a IA ainda não tenha sido adotada efetivamente às salas de aula no país, há a necessidade do debate do tema, considerando que a sociedade brasileira ainda está em um estágio muito anterior discutindo a Base Nacional Comum Curricular, enquanto os demais países seguem a tendência do processo de aceleração em decorrência dos avanços tecnológicos e das transformações.

Não há muitos registros que mostram resultados até o momento sobre o cenário da IAEd no Brasil. Locais onde existe produção de propriedade intelectual em abundância, como por exemplo a Coreia do Sul, a Inglaterra e outros em que já

se está fazendo um esforço concentrado para tal, como por exemplo Suíça e Finlândia, apresentam a aplicação da IA na educação de maneira avançada e com resultados satisfatórios, em decorrência do modelo mental que envolve estes países e ao quanto estas sociedades prezam o conhecimento [42].

4.2.1 Possíveis impactos da IAEd no nível básico de ensino

Assim como em outras regiões do mundo que já aderiram às ferramentas inteligentes em atividades diárias na educação de nível básico, também é esperado notar-se uma grande mudança cultural no ambiente educacional brasileiro. Ainda que sejam programadas para ajudar na aprendizagem, agora que as próprias máquinas são capazes de aprender, as escolas precisam se adaptar através da utilização das propriedades oferecidas por estas ferramentas, com o objetivo de preparar as crianças para ter sucesso em um mundo onde robôs inteligentes estão transformando a força de trabalho.

Os avanços rápidos na inteligência artificial trarão mudanças significativas no mercado de trabalho. Enquanto alguns funcionários serão substituídos por robôs devido ao fato de que as atividades não necessitarão de interação humana, novos empregos serão criados exigindo maior qualificação. Através dos dados gerados e dos resultados alcançados pelos sistemas de IA na educação, além da contribuição dos professores como peças-chaves deste novo ambiente, é esperado que desde o princípio do nível básico educacional as crianças possam se destacar cada vez mais dos computadores, explorando e desenvolvendo características como a criatividade e a capacidade de solucionar problemas.

É esperado que os empregos do futuro serão muito mais cognitivamente exigentes do que os atualmente disponíveis, onde os alunos precisarão aprender de forma mais eficiente e eficaz possível e as ferramentas de IAEd poderão oferecer este suporte para os professores, alunos e seus responsáveis.

Por outro lado, além de poder contribuir para o desenvolvimento dos alunos para o mercado do trabalho do futuro, a IA pode proporcionar ambientes de aprendizagem mais envolventes, personalizados e, principalmente, mais inclusivos, auxiliando no desempenho psicológico para que eles não se sintam tão solitários,

fornecendo ajuda adicional para alunos com necessidades educacionais especiais, e motivar os alunos que não podem frequentar a escola apoiando as populações desfavorecidas.

Além das mudanças geradas na forma de aprendizado dos alunos do nível básico de ensino, também é previsto que os professores tenham suas principais atividades diretamente impactadas. O empreendedor Elon Musk teme que a IA se torne “*a maior ameaça existencial*” enfrentada pela humanidade. O físico britânico Stephen Hawking considera que “*o desenvolvimento da inteligência artificial total poderia significar o fim da raça humana*” [32]. Mesmo se estas previsões sombrias não se concretizarem, a IA pode levar a aumentos do desemprego e da desigualdade [3]. Numa região onde 10 por cento da população já controlam 70 por cento da riqueza [34], este risco deve ser levado muito a sério, e as sociedades precisarão se preparar para enfrentá-lo.

Diante também deste cenário da substituição do trabalho humano pela máquina, através da adoção de sistemas de tutores inteligentes, por exemplo, os professores necessitarão desenvolver novas habilidades para gestão do ambiente IAEd. Ainda que a IA ainda não seja usada em larga escala para fins pedagógicos no mundo; o que se constata são experiências e pesquisas sobre processos pontuais. De forma geral, as pesquisas até o momento indicam que as interferências da IA são benéficas para o aprendizado [31]. Desta forma, se faz necessário que seja estabelecido um plano de transição para que os professores possam estar aptos a lidar com esta tecnologia, além de poder utilizar da maneira correta, podendo alcançar todas as expectativas.

Outra mudança que a IA poderá proporcionar para a educação, gerando resultados positivos para o acompanhamento dos alunos, está voltada para o auxílio na gestão de escolas e redes de ensino. Atualmente, sistemas que utilizam metodologias de inteligência aumentada já são capazes de realizar análises de perfis e inadimplência ou dar previsões de evasão. Mas através da aplicação da IA na análise da enorme quantidade de dados será possível o alcance de resultados cada vez mais precisos. Esta atividade capaz de realizar previsões pode ser possível de ser realizada manualmente por parte dos discentes ou até mesmo para a equipe de direção das escolas, levando em consideração uma escala reduzida de

alunos. Porém ao se deparar com um cenário onde o número de estudantes é relativamente grande, ou até mesmo professores que lecionam em mais de uma escola, o que é uma realidade no Brasil, as análises de IA podem ajudar o gestor a tomar decisões estratégicas.

4.2.2 A ética da IA e IAEd no Brasil

Com o desenvolvimento acelerado da IA no mundo e a expectativa de uma adoção cada vez maior de sistemas inteligentes artificialmente no Brasil no futuro, se faz necessário realizar questionamentos quanto aos mecanismos legais capazes de resguardar direitos, protegendo o humano frente à iminente coexistência com cérebros positrônicos. A ética da IA, tal como foi descrita extensivamente pelo filósofo Nick Bostrum [41], necessita de uma atenção extremamente cuidadosa: *"responsabilidade, transparência, auditabilidade, incorruptibilidade e previsibilidade(...); Todos os critérios que devem ser considerados em um algoritmo destinado a substituir o julgamento humano das funções sociais"*. Desta maneira, é imprescindível a discussão de medidas para evitar que direitos essenciais do homem possam ser coagidos pelas gerações de máquinas inteligentes que estão por vir.

Figura 6: Ética da IA



Fonte: Adaptado de [41]

Em primeiro lugar, a Constituição Federal do Brasil preconiza, acima de tudo, a dignidade da pessoa humana. E isso se dá também no que se refere ao aspecto de proteção do trabalho [35]. Questionamentos sobre a estrutura da sociedade e os

contratos sociais, como por exemplo: “Como vamos tratar o trabalho pago versus o não pago?” “Vamos tributar robôs?”, devem ser cuidadosamente examinadas. Questões relacionadas também a políticas de privacidade de dados precisam ser definidas. Embora o Marco Civil da Internet e seu decreto regulamentador busquem proteger os dados dos usuários, não existe legislação suficiente para a matéria, apesar de mais de cem países deterem regras especiais para o assunto.

Ao lidar com o ambiente educacional, há a grande necessidade de compartilhamento de dados com alto nível de sensibilidade para serem manipulados e compartilhados por ferramentas inteligentes e necessitam de um controle rigoroso de comprometimento ético, devido ao grande potencial para reinagurar uma sociedade segregacionista e preconceituosa, contrária aos fundamentos jurídicos da nação.

De fato, o crescente volume e diversidade de dados gerados pelos sistemas IAEd apenas servem para aumentar as preocupações éticas já existentes sobre o que acontece com os dados educacionais. Quais, afinal, são as implicações dos métodos, tecnologias e ideologias que sustentam a geração, análise, interpretação e uso dos dados do sistema AIEd? Quem possui os dados, quem pode usá-los, para que finalidades e quem é responsável? O surgimento de novos questionamentos como estes acabam sendo imprescindíveis.

Além do fator de segurança da informação, as ferramentas podem acabar gerando um certo desconforto por parte dos alunos do ensino de nível básico, gerando sentimentos de uma possível perseguição, ou até mesmo de espionagem, por ter um ativo acompanhando todos os papos realizados durante a execução das atividades [1].

Desta forma, enquanto ainda se está nos primeiros passos de adoção da IA na educação, a sociedade em geral, e a brasileira em particular, deve urgentemente eleger os princípios que entende necessários para manter as condições de que as ações cognitivas necessitam estar no centro desta nova era. Também deverá ser levado em consideração as imprescindíveis definições a respeito das ferramentas jurídicas a serem adotadas, tendo responsabilidade para garantir que todos os envolvidos na IAEd possam utilizar essas novas tecnologias de forma adequada, efetiva e ética.

5 CONCLUSÃO

Os investimentos e estudos na área da inteligência artificial tem avançado cada vez mais em decorrência do crescimento exponencial da quantidade de dados, proporcionando constantemente melhorias para a IA. As técnicas como *Machine Learning* e Processamento de Linguagem Natural tem contribuído fortemente para que as máquinas possam desempenhar atividades de maneira mais eficientes, e principalmente, de tal forma que possa simular o comportamento humano.

A IAEd surge com o objetivo de poder apoiar a educação através da aplicação da inteligência artificial nas salas de aulas, sendo elas convencionais ou não, auxiliando fortemente para o desenvolvimento de uma educação de alto nível. Em decorrência do alto potencial e flexibilidade destas ferramentas, a IA poderá contribuir com respostas para lacunas não resolvidas na educação até o momento e também no preparo dos alunos desde o nível básico de ensino para os empregos do futuro.

Por outro lado, assim como em outros domínios, a IA poderá causar grandes impactos não só sociais, mas também econômicos na educação. Diante da previsão na qual a inteligência artificial eliminará empregos no futuro através da substituição do homem por máquinas inteligentes artificialmente, emerge uma preocupação relacionada aos papéis futuros dos professores e dos demais cargos que fazem parte das equipes pedagógicas nas escolas. A substituição dos professores por possíveis sistemas tutores inteligentes poderá acarretar o aumento do desemprego e da desigualdade, além de mudar completamente a metodologia de ensino gerando impactos no desempenho da vida escolar dos alunos.

De maneira geral, a IAEd apresenta propostas onde se torna possível realizar projeções de um futuro com menor nível de desigualdade na educação de nível básico. Através da evolução e barateamento de sistemas de IA que permitem a realização do acompanhamento do desempenho dos alunos nas escolas, inclusive em escolas públicas no cenário brasileiro, onde os resultados alcançados encontram-se bastante inferiores em comparação às instituições privadas, será possível que professores atuem como mentores de maneira objetiva. Além disso, os

sistemas de IAEd conseguirão alcançar uma parcela da população que hoje não tem acesso a educação, por questões de acessibilidade por exemplo, através de plataformas inclusivas que permitam maior interação com o mundo escolar.

Porém, é, aparentemente, prematuro determinar que as máquinas inteligentes artificialmente irão substituir a mão de obra humana nas escolas, uma vez que a educação de qualidade sempre exigirá um envolvimento ativo por parte dos professores humanos. Desta maneira, a IAEd poderá ser vista como um forte parceiro no ambiente educacional, em decorrência da maneira de como os dados gerados pelos sistemas serão tratados contribuindo com um progresso acadêmico através do acompanhamento humano, e não como uma ferramenta que eliminará a presença de tutores na vida dos estudantes.

Em resumo, este trabalho procurou, além de descrever as principais técnicas de IA que tem auxiliado para evolução da IAEd, apresentar como as ferramentas inteligentes artificialmente podem contribuir para o avanço da educação de nível básico, levando também em consideração diversos pontos de atenção sobre os possíveis impactos sociais e educacionais, que a adoção da IA poderá causar.

5.1 Trabalhos Futuros

A inteligência artificial continuará avançando e se tornará presente cada vez mais nas nossas vidas. Não subestimamos o pensamento novo, as inevitáveis voltas erradas e o esforço necessário para realizar essas recomendações. No entanto, se quisermos desencadear adequadamente a IA na educação, se faz necessário agir de uma de forma onde seja levado em consideração um financiamento sensato e novas colaborações mantendo sempre um tendo um olhar mais intenso sobre a pedagogia.

Ainda que seja prematuro para determinar o sucesso da adoção da inteligência artificial no ambiente educacional, são encontradas na literatura diversas projeções de largas escalas e expectativas de casos de sucesso na jornada de maturidade da IAEd. Porém, mesmo quando a IA possa oferecer

benefícios importantes, conforme citados neste trabalho, também são levantadas importantes questões éticas e sociais que precisam ser estudadas. Desta forma, há um grande desafio a ser investigado quanto a maneira que a transição para este novo modelo de educação de nível básico deverá ocorrer. Se faz necessário que, através de análises de impactos sociais e econômicos, por exemplo, estes estudos possam fornecer resultados suficientes para que seja possível a elaboração de planos que estejam voltados para a adoção cada vez maior da IAEd na educação de nível básico, alcançando o máximo possível de alunos, professores e escolas envolvidos em um processo de aprendizagem de alto nível e na preparação para os empregos do futuro.

REFERÊNCIAS

- [1] Luckin, R. ; Holmes W. ; Griffiths, M. ; Forcier, L. “*Intelligence Unleashed An argument for AI in Education*”. Disponível em: <https://www.pearson.com/corporate/news/blogs/CompanyBlog/2016/03/intelligence-unleashed-an-argument-for-ai-in-education.html> . Acessado em: 28 de maio 2017
- [2] Stanford University, (2016) *Artificial Intelligence and Lie in 2030 One Hundred Year Study on Artificial Intelligence (AI100)*. Disponível em: <https://ai100.stanford.edu>. Acessado em 15 de março de 2017.
- [3] Accenture, (2017) Inteligência Artificial para acelerar o crescimento da América do Sul. Disponível em: <https://www.accenture.com/br-pt/insight-artificial-intelligence-south-america>. Acessado em 28 de maio de 2017.
- [4] SAS, Machine Learning - *What it is and why it matters*. Disponível em: https://www.sas.com/en_us/insights/analytics/machine-learning.html. Acessado em 30 de maio de 2017.
- [5] Devmedia (2017), Conceitos e Técnicas sobre *Data Mining*. Disponível em: <http://www.devmedia.com.br/conceitos-e-tecnicas-sobre-data-mining/19342>. Acessado em 31 de maio de 2017.
- [6] Han, J. ; Pei, J. ; Kamber M. “*Data Mining: Concepts and Techniques*”. 2nd ed Morgan Kaufmann Publishers, 2006
- [7] Microsoft, (2016) “*Machine Learning is for Muggles too!*” Disponível em: <https://blogs.msdn.microsoft.com/martinkearn/2016/03/01/machine-learning-is-for-muggles-too/>. Acessado em 30 de maio de 2017.
- [8] Forbes (2016) “*What Is The Difference Between Deep Learning, Machine Learning and AI?*” Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2016/12/08/what-is-the-difference-between-deep-learning-machine-learning-and-ai/#40726e2e26cf> Acessado em 10/06/2017.
- [9] Pereira, S. “Processamento de Linguagem Natural” Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~slago/LA-pln.pdf>. Acessado em 31 de maio de 2017.

- [10] Covington, M., Nute, D. and Vellino, A. Prolog Programming in Depth, Prentice-Hall, 1997
- [11] My Private Tutor, (2015) “*Role of Artificial Intelligence in Education*” Disponível em: <https://www.myprivatetutor.ae/blog/role-of-artificial-intelligence-in-education> Acessado em 04 de junho de 2017.
- [12] Bloom, B. S. (1984) “*The 2 Sigma Problem: The Search for Methods of Group Instruction as Effective as One-to-One Tutoring*”, Educational Researcher, 13, 6, June/July
- [13] McArthur, D. ; Lewis, M. Bishay, M. “*The Roles of Artificial Intelligence in Education: Current Progress and Future Prospects*”. Journal of Educational Technology, v1 n4 p42-80 Jan-Mar 2005
- [14] McArthur, D., Stasz, C., Hotta, J., Peter, O., Burdorf, C. (1988) “*Sill-oriented task sequencing in an intelligent tutor for basic algebra*”. Instructional Science, 17, 281-307.
- [15] Dimitrova, V., Mccalla, G., Bull, S. (2007). Preface: “*Open Learner Models: Future Research Directions*”. International Journal of Artificial Intelligence in Education. Special Issue of the IJAIED (Part 2).
- [16] Johnson, W. L., Valente, A. (2009). “*Tactical Language and Culture Training Systems: Using AI to Teach Foreign Languages and Cultures*”. AI Magazine. 30(2), 72.
- [17] GOKHALE , A.A (1995). “Collaborative Learning enhances critical thinking.” Journal of Technology Education, 7(1):22-30.
- [18] Dillenbourg, P., Baker, M. J., Blaye, A., & O'Malley, C. (1995). “*The evolution of research on collaborative learning*”. In Reimann, P. & Spada, H. (Eds.) *Learning in humans and machine: Towards an interdisciplinary learning science* (pp. 189–211). Bingley: Emerald.
- [19] Slavin, R. E. (2010). “*Co-operative learning: what makes group-work work.*” In Hanna, D., David, I., & Francisco, B. (Eds.), *The nature of learning: Using research to inspire practice* (pp. 161-178). Chicago: OECD Publishing.
- [20] Muehlenbrock, M. (2006). “*Learning Group Formation Based on Learner Profile and Context*”. International Journal on elearning. 5(1), 19.

- [21] Virtual Reality Society, (2017) “*Virtual reality learning environments*” Disponível em: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality-education/learning-environments.html> Acessado em 10 de junho de 2017.
- [22] Sabourin, J ; Lester, J. (2014) “*Affect and Engagement in Game-Based Learning Environments*” IEEE TRANSACTIONS ON AFFECTIVE COMPUTING, VOL. 5, NO. 1, JANUARY-MARCH 2014
- [23] Meira, L. (2014) “O uso de processos de 'gamificação' pode ajudar a transformar a vida escolar em uma aventura imersiva de aprendizagem.” Revista Pátio Ensino Médio, ano 5, no. 19, 2014, p. 8
- [24] Spinella, L. (2017) “*The New Modern Classroom: AI in Education*” Disponível em: <http://customerthink.com/the-new-modern-classroom-ai-in-education/> Acessado em 11 de junho de 2017.
- [25] INEP (2017) “Censo escolar da educação básica 2016”. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/web/guest/sinopses-estatisticas-da-educacao-basica> Acessado em 12 de junho de 2017.
- [26] IDEB (2016) “IDEB - Resultados e Metas”. Disponível em: <http://ideb.inep.gov.br/resultado/> Acessado em 12 de junho de 2017.
- [27] Hanushek, E. A. & Woessmann, L. (2010). *The high cost of low educational performance: The long-run economic impact of improving PISA outcomes*. Paris: OECD.
- [28] IBGE “Taxa de analfabetismo das pessoas de 15 anos ou mais de idade, por sexo - Brasil - 2007/2015”. Disponível em: <http://brasilemsintese.ibge.gov.br/educacao/taxa-de-analfabetismo-das-pessoas-de-15-anos-ou-mais.html> Acessado em 12 de junho de 2017.
- [29] Bertram, T. & Pascal, C. (2014). *Early years literature review*. Disponível em: <https://www.early-education.org.uk/sites/default/files/CREC%20Early%20Years%20Lit%20Review%202014%20for%20EE.pdf> Acessado em 12 de junho de 2017.
- [30] UNESCO. (2015). “*Sustainable development goal for education cannot advance without more teachers*”. UIS Fact Sheet No.33. Disponível em: <http://www.uis.unesco.org/Education/Documents/fs33-2015-teachers.pdf> Acessado em 12 de junho de 2017.

- [31] Alvarez, L. (2017) “Inteligência artificial está entre os destaques de feira de educação que acontece em São Paulo” Disponível em: <http://www.revistaeducacao.com.br/inteligencia-artificial-esta-entre-os-destaques-de-feira-de-educacao-que-acontece-em-sao-paulo/> Acessado em 13 de junho de 2017.
- [32] Danaher, T. (2016) “*The Artificial Intelligence vs. Intelligence Augmentation Debate*” Disponível em: <http://www.financialsense.com/contributors/guild/artificial-intelligence-vs-intelligence-augmentation-debate> Acessado em 13 de junho de 2017.
- [33] Portal Brasil (2012). “Etapas do ensino asseguram cidadania para crianças e jovens” Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/educacao/2012/04/etapas-do-ensino-asseguram-cidadania-para-criancas-e-jovens> Acessado em 15 de junho de 2017.
- [34] 2014 figures for Latin America. Bárcena Ibarra, Alicia, and Byanyima, Winnie, “*Latin America is the world’s most unequal region. Here’s how to fix it.*” Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/inequality-is-getting-worse-in-latin-america-heres-how-to-fix-it/> Acessado em 15 de junho de 2017.
- [35] CIO (2017) “Há salvaguardas no Brasil para o uso da Inteligência Artificial?” Disponível em: <http://cio.com.br/opiniaio/2017/04/20/ha-salvaguardas-no-brasil-para-o-uso-da-inteligencia-artificial/> Acessado em 15 de junho de 2017.
- [36] FAYYAD, U; PIATETSKY-SHAPIRO, G; SMYTH, P. “*Data Mining to Knowledge Discovery in Databases*”. American Association for Artificial Intelligence, 1996.
- [37] Alpaydın, E. “Introduction to Machine Learning” Massachusetts Institute of Technology, 2010.
- [38] Nils J. Nilsson, *The Quest for Artificial Intelligence: A History of Ideas and Achievements*. Disponível em: <https://ai.stanford.edu/~nilsson/QAI/qai.pdf> . Acessado em 28 de maio de 2017
- [39] LECUN, Y; BENGIO, Y; HINTON, G. “*Deep learning. Nature*”. New York: acmillan Publishers Limited, 2015. Volume 521. p. 436-444.
- [40] LIDDY, E. D. “*Natural Language Processing*”. In: Encyclopedia of Library and Information Science, 2nd ed. New York: Marcel Decker, Inc., 2003.

[41] Bostrom, N; Yudkowsky, E. "The Ethics of Artificial Intelligence". Draft for Cambridge Handbook of Artificial Intelligence, eds. William Ramsey and Keith Frankish, 2011.

[42] Tibau, M. "Inteligência Artificial e a Educação" . Disponível em:
<http://www.updateordie.com/2016/10/27/inteligencia-artificial-e-a-educacao/>
Acessado em 15 de junho de 2017.

[43] MICHEL, M. Metodologia e pesquisa científica em ciências sociais. São Paulo: Atlas, 2009.