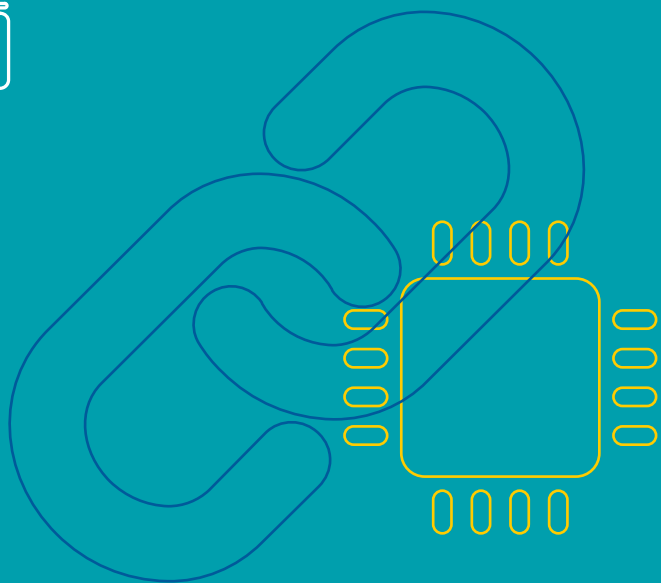
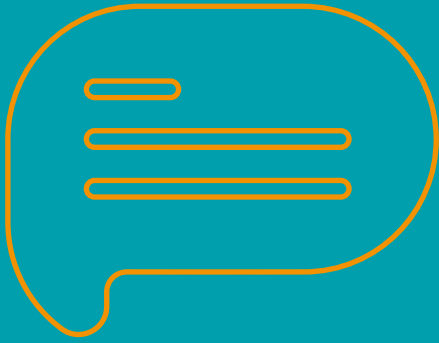


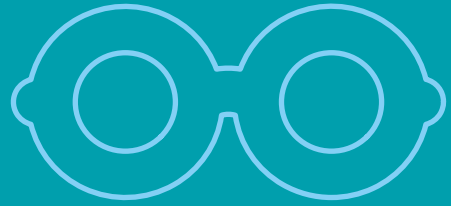
Construindo

Inteligência Artificial

para a educação







Autores:

María Eugenia Curi
Víctor Koleszar
Germán Capdehourat
Emiliano Pereiro
Brian Lorenzo
Leandro Folgar

Prefácio: Cristobal Cobo

ISBN Obra independiente:

978-9915-9660-0-7



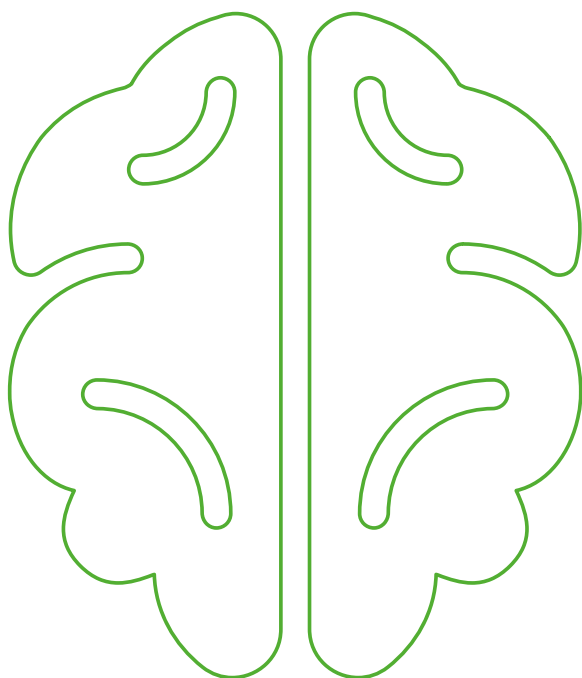
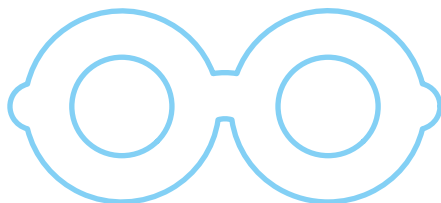
Construindo

Inteligência Artificial

para a educação



**Inteligencia
Artificial**



Autores



María Eugenia Curi é engenheira de computação e aluna do mestrado em Ciências Cognitivas pela Universidad de la República (Udelar). Também é formada em Matemática pela Universidade de Montevideu (UM), onde já atuou como docente. No Ceibal, integra a equipe pedagógica de Pensamento Computacional e Inteligência Artificial.

Para María Eugenia, o aprendizado contínuo, a perseverança e a motivação são essenciais no campo da tecnologia, onde os erros fazem parte do processo de inovação e avanço.



Víctor Koleszar é engenheiro eletrônico pela Universidad Católica del Uruguay (UCU). Atualmente, é aluno do mestrado em Ciências Cognitivas na Udelar e, desde 2019, lidera e coordena a equipe pedagógica do programa Pensamento Computacional e Inteligência Artificial do Ceibal.

Víctor encontra sua inspiração ao combinar sua formação técnica com sua paixão pela criatividade para desenvolver soluções inovadoras e significativas.



Germán Capdehourat é engenheiro eletricitista especializado em telecomunicações e tem doutorado em Engenharia Elétrica pela Udelar. É professor do Instituto de Engenharia Elétrica desde 2005. É membro do Sistema Nacional de Pesquisadores (SNI) e participa de vários projetos de P+D nas áreas de processamento de imagens, redes sem fio e aprendizado

de máquina. Desde 2007, trabalha no Ceibal, onde participou da implantação da solução de conectividade em todo o país. Atualmente faz parte da equipe de P+D+I, como pesquisador e referência técnica, liderando projetos de pesquisa e desenvolvimento.

Com foco na pesquisa e no desenvolvimento de tecnologias inovadoras, Germán promove essas ferramentas como essenciais para o progresso e a evolução.



Emiliano Pereiro é formado em Sociologia pela Universidad de la República e tem mestrado em Políticas Educativas pela Universidad Torcuato di Tella (Argentina). Ele concluiu um programa de desenvolvimento gerencial na Universidad Católica del Uruguay, onde trabalha como tutor de projetos finais no mestrado em Metodologias Ativas de Ensino. Desde

2019, é chefe da área de Pensamento Computacional e Inteligência Artificial do Ceibal.

Emiliano se define como um militante rioplatense pela incorporação do pensamento computacional e da inteligência artificial na educação.



Brian Lorenzo é estudante avançado de Engenharia Eletrônica na Universidad Católica del Uruguay, onde desde 2018 também trabalha como assistente de ensino em cursos de programação e eletrônica com foco em microprocessadores e linguagem assembler.

Desde 2021 faz parte da equipe de pesquisa, desenvolvimento e inovação do

Ceibal, onde tem atuado em diversas áreas do conhecimento: inovação, tecnologias para a educação, inteligência artificial, entre outras.

Para Brian, é fundamental conceber a tecnologia como um meio e não como um fim em si mesmo, totalmente inseparável dos aspectos sociais e humanos que ela envolve.



Leandro Folgar é o Presidente do Ceibal, o centro de tecnologias e inovação educacional do Uruguai. De lá, lidera a estratégia nacional de Edtech, que enfrentou desafios importantes durante a crise da COVID-19. É licenciado em educação pela Universidad Católica del Uruguay (UCU) e tem mestrado em Tecnologia, Inovação e Educação pela Universidade de Harvard. Também obteve

suas credenciais de negócios na Harvard Business School. Atualmente, complementa sua atividade como membro de vários conselhos de administração com o ensino universitário de pós-graduação na Escola de Negócios da Universidad Católica del Uruguay. Ex-aluno da Fulbright, empresário e consultor de negócios, começou sua carreira na educação como professor e acumulou 13 anos de experiência em diferentes funções escolares. Ele é apaixonado por inovação, tecnologia, aprendizado, equipes de alto desempenho e pela evolução da educação, bem como por sua influência no futuro de nossa sociedade global.

Índice

Prefácio	13
Jornada rumo à inteligência artificial	19
Introdução	21
Um breve tour pelo livro	23
Por que ensinar inteligência artificial?	24
O Ceibal e o contexto educacional sobre pensamento computacional e inteligência artificial	27
Marco referencial para o ensino de inteligência artificial	29
Princípios	30
Dimensões	31
Capítulo 2: O que é Inteligência Artificial?	33
O que é inteligência? Quantas existem?	35
A artificialidade da inteligência	36
O que significa que a máquina aprende?	37
O que a inteligência artificial pode fazer?	39
O que é a IA? Definição e fundamentos	42
Atividades em sala de aula	44
Capítulo 3: Como funciona a Inteligência Artificial?	53
Como o mundo é representado e compreendido artificialmente?	56
O que ensinamos aos computadores? O papel humano na definição de representação e aprendizado	58
Como um computador pode aprender?	
Aprendizado computacional	61
Diferentes tipos de aprendizado computacional	64
Do reconhecimento de cães e gatos à construção do ChatGPT	66
Como funciona?	69
Representação do conhecimento	69
Aprendizado computacional	70
Atividades em sala de aula	72

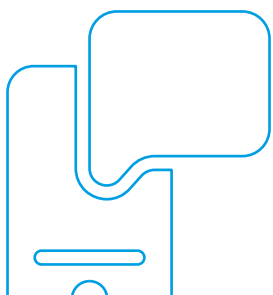
Capítulo 4.1: Como usar a IA? Abordagem computacional	85
O potencial dos computadores	88
Pensamento computacional	88
Inteligência artificial	91
Pontos fortes e fracos da inteligência artificial	94
Como se usa? Abordagem computacional	96
Atividades em sala de aula	98
Capítulo 4.2: Como usar a IA? Aspectos éticos e impacto social	107
Utopia ou distopia?	109
Problemas intrínsecos à inteligência artificial	109
Aspectos éticos e de responsabilidade da inteligência artificial	111
Como a inteligência artificial deve ser usada?	112
Imaginando o futuro da inteligência artificial	112
Como é usada? Uso ético e Impacto social	114
Atividades em sala de aula	116
Capítulo 5: IA e a autonomia digital dos sistemas	
educacionais	123
Tecnologias e Educação	125
Contexto global das políticas de inteligência artificial na educação	127
Oportunidades da IA na educação latino-americana	131
Desafios a serem superados	133
O papel dos professores na integração da IA	135
Avaliação de políticas educacionais em IA: métricas e indicadores	137
Visão prospectiva	141
Necessidades e oportunidades oferecidas pela IA	143
Condições básicas para a introdução da inteligência artificial nos sistemas	146
O que deve permanecer humano?	148
Depoimentos	151
Referências bibliográficas	157

Prefácio

Escrever um prefácio sobre inteligência artificial é como narrar o final de uma partida de futebol antes que ela tenha terminado. O texto inevitavelmente se tornará obsoleto. Mas a obsolescência não é necessariamente uma coisa ruim. Ela faz parte da natureza do conhecimento, sempre em evolução. Nesse caso, estamos falando de uma tecnologia em constante transformação. Trata-se de uma tecnologia que nos possibilita novas formas de construir, processar, reconstruir, mas também de alterar e manipular conhecimento, com uma sofisticação sem precedentes.

Nas últimas décadas — e ainda mais nos últimos meses — as grandes empresas de tecnologia, especialmente as especializadas em processamento de big data, impulsionaram uma rápida reformulação do conceito de inteligência artificial (doravante IA). É difícil imaginar uma tecnologia que tenha gerado um impacto tão significativo em vários setores da sociedade em tão pouco tempo. Embora a eletricidade, assim como a IA, tenha sido uma tecnologia disruptiva e multifuncional, foram necessárias várias décadas para que ela fosse amplamente implantada e iluminasse as cidades, resultando em uma transformação generalizada na sociedade. Em contrapartida, os ciclos de expansão da inteligência artificial foram muito mais vertiginosos.

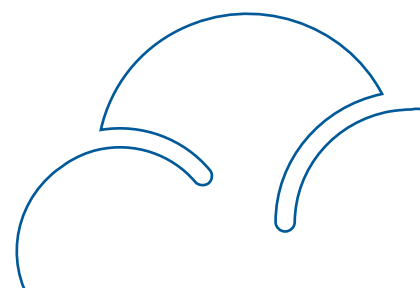
Mas nem todas as instituições lidam com a velocidade com a mesma versatilidade. Alguns sugerem que as instituições do século XIX precisam ser atualizadas para enfrentar e navegar em um mundo impulsionado por IA e em constante reconstrução. Da mesma forma, os marcos regulatórios, as normas e as estruturas legais, éticas, sociais e culturais são pressionados por essas tecnologias, que comprimem e alteram áreas que antes tinham uma ampla margem de influência e que agora estão claramente ameaçadas.



Não é nenhuma surpresa dizer que essa tecnologia apresenta tanto desafios quanto oportunidades. Quem trabalha com educação ou tecnologia sabe que muitos dos desafios não são novos. A inclusão, o desenvolvimento de habilidades ou a promoção do pensamento independente e crítico têm sido desafios e preocupações constantes na agenda educacional. No entanto, também surgem novos desafios, como a capacidade de distinguir quando o conhecimento (ou seus derivados) é criado por pessoas ou por sistemas automatizados.

Há também outros riscos, como o excesso de confiança na tomada de decisões feita por sistemas automatizados. Alguns pesquisadores levantam a possibilidade de que percamos a capacidade de tomar decisões de forma autônoma, conhecida como “agência”. Esse aspecto não era tão evidente em tecnologias anteriores. Embora uma calculadora possa nos ajudar em tarefas matemáticas ou um caderno possa auxiliar na memorização, os recursos de integração e processamento de informações da IA permitem que muitos desses processos funcionem com sucesso, operando em nosso lugar (alguns falam em uma bicicleta para o cérebro).

- 14 A comparação entre as características da IA generativa e a capacidade cognitiva humana levanta questões interessantes, que vêm chamando a atenção de quem está envolvido no desenvolvimento dessas tecnologias. Por exemplo, algumas tecnologias artificiais generativas mais recentes podem ter até um bilhão de parâmetros, e sua capacidade de retenção é surpreendente. Em contrapartida, o cérebro humano tem cem bilhões de conexões. Mas as pessoas e as máquinas aprendem de forma diferente. O que nos diferencia como seres humanos é nossa capacidade de conectar, generalizar, extrapolar, vincular e associar experiências. Ou seja, embora tenhamos uma capacidade menor do que a IA para memorizar dados, nosso aprendizado é enriquecido e ampliado pela combinação de vivências antigas e novas. Isso nos dá diretrizes para pensarmos em como projetar um processo de aprendizagem que não se concentre apenas no acúmulo de dados, mas na associação de diferentes experiências que promovam um aprendizado mais significativo.



Mas o cérebro humano é inquieto e curioso. Aqui estão algumas das perguntas que alimentam nosso interesse hoje: devemos ajustar os processos educacionais e de avaliação? Quais são as habilidades que precisamos desenvolver? Como a fluência em inteligência artificial complementa ou não o desenvolvimento de habilidades de pensamento computacional ou competências digitais? Como ensinamos os alunos a aprender com e sem máquinas? Como sabemos quando a interação entre humanos é essencial e não deve ser substituída por sistemas autônomos? Como essas máquinas podem nos ajudar a aprender melhor? A personalização da aprendizagem com IA pode apoiar alunos com dificuldades de aprendizagem? Muitas dessas perguntas continuam sendo um campo de incertezas. As evidências geralmente vêm depois da experiência. Mas isso não deveria nos impedir de seguir em frente. É por isso que esta publicação é tão importante, pois abre um espaço para debate e reflexão sobre como entender essa tecnologia, como navegar por suas oportunidades, mas também estar cientes de seus riscos, que não são poucos. Tão importante quanto o pensamento crítico é a intuição e o bom senso, que são muito mais difíceis de serem parametrizados por esses sistemas sintéticos. Assim como a empatia, a emoção e a conexão com outras pessoas. Essas questões mostram que a educação interpessoal continua a desempenhar um papel central, mas isso não significa que não possamos ir além, ou explorar outros caminhos, com o uso dessa tecnologia.

15

A lista de riscos apresentados por essas tecnologias não é pequena. É importante ter clareza sobre eles e buscar ações para compreendê-los. Um exemplo é a sobre ou sub-representação de determinadas realidades. Coletar dados e processá-los sem transparência sobre como são hierarquizados nos algoritmos também pode gerar problemas. Quando os dados sub-representam certas culturas, idiomas ou regiões, isso pode gerar efeitos indesejados. Quando essas tecnologias automatizam recomendações ou decisões sem que o destinatário tenha a possibilidade de compreender ou buscar orientação, isso também se torna uma fonte de risco. Todos esses componentes devem ser levados em consideração na formação de professores e alunos e, mais amplamente, na formação de cidadãos que terão de viver em um

mundo em que poderão aprender com essas máquinas, mas também trabalhar com elas e, em alguns casos, para elas. Como já acontece hoje em alguns contextos, nos quais pessoas revisam, treinam ou refinam os resultados (ou outputs) desses algoritmos.

Há um desafio fundamental que precisará ser explorado: como essa tecnologia redefinirá nossa relação com o texto escrito e a leitura, devido ao seu recurso de reconhecimento de voz e à capacidade de transformar fala em texto e texto em fala. Tudo isso significa que a oralidade, mais uma vez, desempenha um papel fundamental como interface de acesso ao conteúdo. Mas isso cria algumas tensões. Pode haver uma possível deterioração em algumas questões diretamente relacionadas ao processo de aprendizagem. Como é bem sabido, a linguagem escrita é muito rica em léxico, gramática e vocabulário, e a linguagem falada, por sua vez, é uma versão simplificada. Portanto, o convite é para refletir sobre isso, especialmente na educação em idades precoces, e para pensar quando, como e onde é uma boa ideia usar essas máquinas para substituí-las por interfaces mais tradicionais, como a leitura e a escrita. E talvez, como argumentou um renomado cientista do Massachusetts Institute of Technology, a linguagem natural das pessoas pode até substituir ou transformar nosso entendimento clássico de codificação. Alguns veem com grande expectativa que isso pode democratizar o fato de que mais pessoas poderão aprender a programar sem a necessidade de usar um alto nível de abstração. Entretanto, todas essas são perguntas que teremos de responder à medida que avançarmos.

Esse prólogo não pode ter uma conclusão. Estamos falando de um campo em plena expansão. Portanto, proponho que nos contentemos com uma (in)conclusão. A IA tem o potencial de transformar a educação de forma significativa, oferecendo oportunidades para melhorar a personalização, a eficiência e a qualidade do aprendizado. Entretanto, ela também apresenta desafios e requer uma consideração cuidadosa em sua implementação. Muitos dos desafios nem sequer são conhecidos por nós. A colaboração entre educadores, especialistas em IA e formuladores de políticas é fundamental para garantir que a tecnologia seja usada de forma ética e eficaz e que promova uma abordagem equilibrada que combine os pontos fortes da IA com a experiência e o julgamento humanos.

Antes de (in)concluir, gostaria de compartilhar uma anedota: diz-se que este prefácio deveria ter sido escrito por um agente de IA generativo. No entanto, nenhuma das pessoas que escreveram este livro ficou satisfeita com os prefácios entregues por esses chatbots.

Dada a transparência com que me convidaram, não tive nenhum problema em ser o “plano B” para a elaboração deste prefácio. Além disso, sinto-me honrado por poder contribuir com essa importante publicação, embora isso também me leve a refletir: por quanto tempo mais nós, seres humanos, seremos os únicos capazes de criar conteúdo de qualidade?

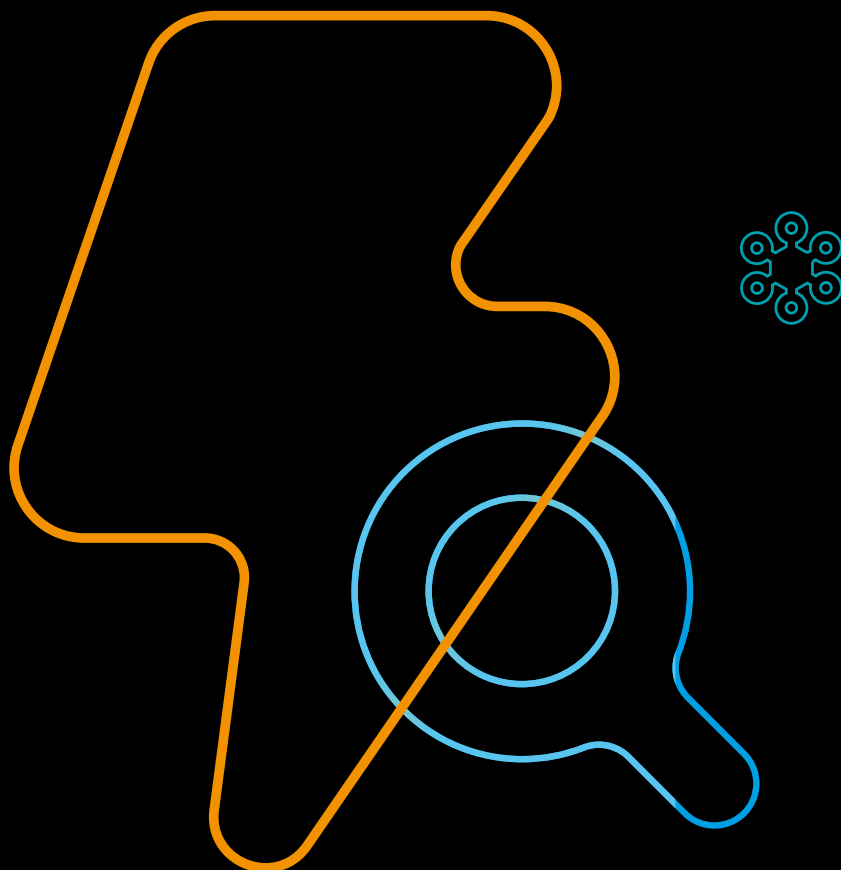
Cristobal Cobo





Capítulo 1

Jornada rumo à inteligência artificial





Introdução

O crescente movimento educacional global, focado na integração de competências para o século XXI, enfrenta novos e significativos desafios devido ao avanço acelerado da inteligência artificial (IA). A IA, assim como qualquer tecnologia, é objeto de esperanças e temores, suscitando debates importantes.

O surgimento de geradores de texto e chatbots com IA é, em grande parte, o ponto de partida para repensar a prática educacional, a inclusão de tecnologias na sala de aula e os aspectos éticos de seu uso. Talvez a maior mudança esteja na acessibilidade em massa dessas ferramentas, pois o primeiro chatbot conhecido como Eliza foi lançado em 1966 no MIT e, em 1997, a IA já estava vencendo os humanos no xadrez. Daquela época até hoje, a maioria das pessoas interage diariamente e em diferentes áreas com máquinas que fazem uso de IA, seja por meio de tradutores ou em sistemas que recomendam séries ou músicas.

Esse processo histórico da inteligência artificial não só mostra que houve momentos de maior e menor impacto na sociedade (por exemplo, no chamado “inverno da IA”), mas também nos permite visualizar os avanços em relação ao potencial das pessoas. Essa ideia de transformar o conhecimento adquirido pelo computador em uma oportunidade de melhoria individual ou social refere-se ao conceito de inteligência aumentada, que é a chave para entender o papel humano em relação aos computadores, bem como suas implicações para os objetivos educacionais (Holmes et al., 2019).

Em escala local, e na mesma linha, a Estratégia de Inteligência Artificial do Uruguai estabelece o objetivo da IA de aprimorar as habilidades das pessoas, complementando-as e melhorando sua qualidade de

vida (Agesic, 2020). Para que essas afirmações se tornem realidade, é necessário educar as gerações mais jovens nessa área e também fornecer suporte para o uso dessas ferramentas em nível geral (Gennari et al., 2023).

Nesse contexto dinâmico e em constante transformação, este livro é um convite para que todos os professores conheçam alguns dos pilares fundamentais da IA, seus potenciais e limitações. Nesse sentido, busca ser uma ferramenta de alfabetização e fomentar discussões aprofundadas em nossa região sobre as competências essenciais para atuar na educação em relação às tecnologias que incorporam a IA. Duas ideias centrais permeiam o livro: a intenção de desconstruir as noções de inteligência e de desmistificar os aspectos mágicos atribuídos à IA. Esses dois elementos, associados aos aspectos culturais, são o ponto de partida para a construção de uma compreensão mais precisa da IA.



Um breve **tour** pelo livro

As páginas seguintes deste primeiro capítulo apresentam o contexto a partir do qual surge a necessidade deste livro, além de uma estrutura que visa ser um guia para a promoção da alfabetização em IA.

Os capítulos subsequentes se concentram em explorar em profundidade os conceitos fundamentais da IA, fornecendo uma análise detalhada dos principais elementos que compõem cada dimensão. Essa abordagem é complementada por uma série de atividades criadas especialmente para enriquecer o aprendizado em sala de aula. As tarefas foram projetadas para serem breves e flexíveis, permitindo que os professores as adaptem às necessidades de seus grupos de alunos e as relacionem com a área de estudo que estão trabalhando. Além disso, ela incorpora pelo menos uma ferramenta baseada em IA e é estruturada para incluir momentos de metacognição, durante e ao final da atividade, a fim de estimular a reflexão individual ou coletiva sobre o processo de aprendizagem.

O quinto capítulo discute como a IA pode influenciar e ser integrada à política educacional em nível regional, explorando suas possíveis oportunidades e desafios. Por fim, o sexto capítulo oferece uma análise aprofundada e cuidadosa do futuro dessa tecnologia no sistema educacional, considerando tanto as promessas quanto as possíveis incertezas que a IA representa para a evolução da educação.

Por que **ensinar** inteligência artificial?

Antes de passar aos motivos pelos quais essa questão deve ser abordada na educação, é útil — pelo menos de forma geral e resumida — falar sobre o que se entende por IA.

O termo inteligência artificial não é recente; de fato, foi cunhado no final da década de 1950. As definições do termo evoluíram ao longo do tempo — não sem debate. Hoje, ele pode se referir, de forma geral, à maneira como as máquinas conseguem replicar certas características da inteligência humana, como a percepção, o raciocínio, a aprendizagem, a resolução de problemas, a linguagem e até mesmo a criatividade (Unesco, 2023a). Essa definição, que não é necessariamente completa, nos permite avançar na conceituação desse termo, que possui múltiplas camadas.

24

A rápida expansão da IA em diferentes aspectos de nossas vidas levanta questões de longa data sobre a necessidade de preparar cada aluno para interagir de forma eficaz com essa tecnologia em evolução. À medida que mais e mais ferramentas de IA se tornam disponíveis gratuitamente para professores e alunos, há debates sobre seu uso em sala de aula. Por um lado, uma proibição geral do uso dessas tecnologias não parece ser uma estratégia viável ou aconselhável. Entre outros fatores, isso poderia limitar as opções futuras para a comunidade estudantil e contribuir para ampliar a lacuna digital (ISTE, 2023). Por outro lado, algumas iniciativas buscam aumentar a conscientização por meio de critérios para determinar quando é seguro usar geradores de texto com IA (MinEduc, 2023). Do ponto de vista daqueles que promovem o uso da IA, observa-se também a criação de guias, ferramentas e atividades para a sala de aula (Tedre et al., 2021a). Em geral, esses guias sugerem o uso dessas ferramentas como complemento ao trabalho docente, enriquecendo o planejamento e a diversificação das propostas pedagógicas em sala de aula (Herft,

2023; Unesco, 2023b). Por exemplo, fazer uso de chatbots baseados em IA generativa como uma primeira abordagem de um tópico, desafiando o grupo de alunos a pedir exemplos, gerar diálogos para receber feedback sobre seus resultados, comparar essas informações com outras fontes e pedir ajuda na resolução de problemas (Miller, 2023; Holmes et al., 2023).

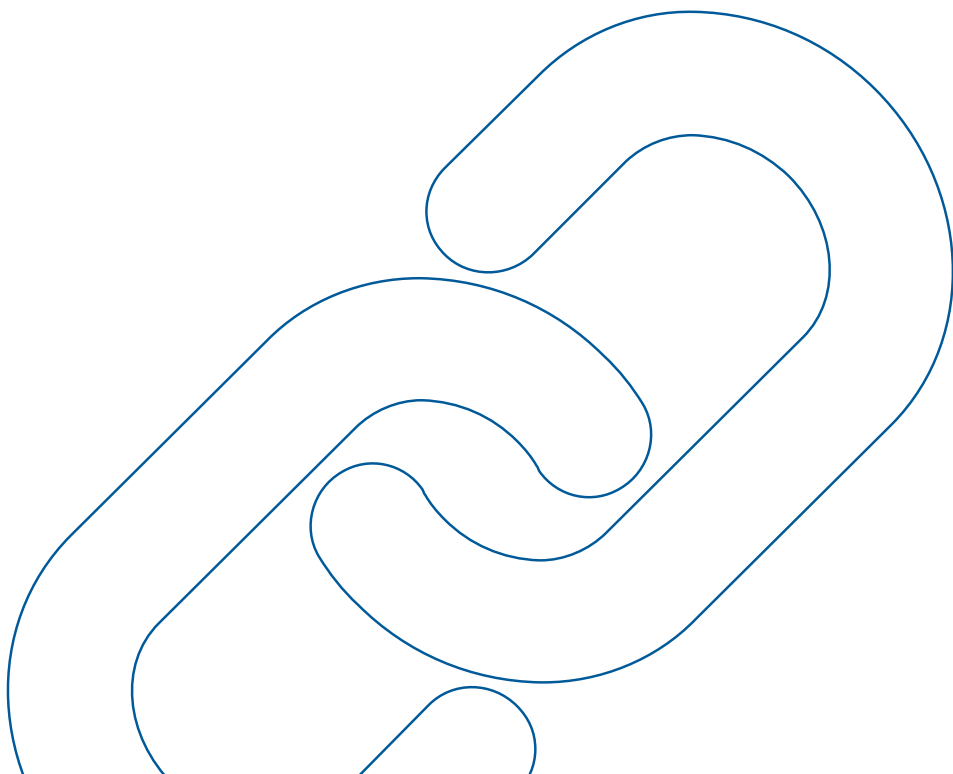
Além desse tipo de uso, entendemos que ensinar sobre IA prepara a comunidade docente e os alunos para os desafios e as oportunidades do futuro, além de promover o desenvolvimento de habilidades essenciais, como resolução de problemas, pensamento crítico, criatividade e tomada de decisões. Subjacente ao ensino sobre pensamento computacional ou inteligência artificial está a intenção de ensinar a pensar, pois, em essência, a aprendizagem é consequência do pensamento (Ritchhart et al., 2014).

Nesse sentido, a aprendizagem do pensamento computacional e a inteligência artificial estão interligados e se sobrepõem, pois a inteligência artificial é um meio de realizar ou materializar a inteligência. Por trás da abstração e da formulação do problema em termos que o computador possa processar, está a ideia de que, quando uma pessoa consegue ensinar algo a um computador, ela realmente entende o problema (Knuth, 1974). Nesse processo, ao se tornar mais consciente do próprio pensamento, das estratégias e dos processos que usa para pensar, cada aluno desenvolve maior metacognição (Ritchhart et al., 2009).

Como competência cognitiva complexa que inclui habilidades como criatividade, pensamento crítico e resolução de problemas, o pensamento computacional também vem ganhando espaço nas comunidades educacionais e nos marcos referenciais dos países (Bocconi et al., 2022), o que representa uma perspectiva promissora diante do avanço da IA.

É importante observar que a alfabetização em IA não se trata apenas da aprendizagem dos fundamentos científicos e tecnológicos, mas também de conhecimento e reflexão crítica sobre como desenvolver uma IA confiável e as consequências de não fazê-lo (Long e Magerko, 2020). Os sistemas habilitados para IA incluem vieses que podem

prejudicar significativamente as pessoas pertencentes a grupos minoritários e, ao mesmo tempo, podem beneficiar sistematicamente aquelas que integram grupos hegemônicos (Ferrante et al., 2022). Por conseguinte, a cidadania digital e a IA também estão intimamente relacionadas, pois levantam questões sobre o uso, a responsabilidade e a ética que permeiam as tecnologias. Para que todos os alunos possam usar a tecnologia com pensamento crítico e desenvolver habilidades para criar ferramentas, é necessário que compreendam o que é a IA e como ela funciona (ISTE, 2022). Busca-se, assim, fortalecer as comunidades educacionais, com ênfase no papel humano no acesso, uso e desenvolvimento de sistemas com IA, promovendo uma perspectiva de inclusão e equidade (Unesco, 2023b).



O Ceibal e o contexto educacional sobre pensamento computacional e inteligência artificial

Desde sua criação em 2007, o Ceibal liderou a iniciativa de fornecer a todos os alunos e professores do sistema educacional público uruguaio, desde a primeira série do ensino fundamental até a terceira série do ensino médio, dispositivos tecnológicos e serviços de Internet. Ao longo dos anos, o Ceibal redefiniu sua ênfase e reformulou programas, recursos e desenvolvimento profissional docente, de acordo com os avanços da sociedade e da tecnologia. Sua missão é promover a integração de tecnologias digitais na educação, a fim de aprimorar o aprendizado e impulsionar processos de inovação, inclusão e crescimento pessoal. Dentro desse contexto, o Ceibal implementa diferentes iniciativas educacionais associadas à IA, por meio de vários programas, estratégias de desenvolvimento profissional, recursos para a sala de aula¹ e momentos de reflexão para os professores². Em particular, em 2017, foi criado o programa Pensamento Computacional, uma iniciativa que fomenta um modelo educacional colaborativo, em que um professor de Ciências da Computação interage por videoconferência com um grupo de alunos e seu professor de sala de aula. Trata-se de um programa opcional, em horas curriculares, que abrange a maioria das escolas públicas do Uruguai.

Embora o marco referencial do Pensamento Computacional (Ceibal, 2022) seja um ponto de partida para abordar a IA, há novos desenvolvimentos associados ao aprendizado de máquina e à IA que tornam necessário ampliar esse marco para que possam ser tratadas em sala de aula (Tedre et al., 2021b). Por exemplo, o aprendizado computacional introduz novos conceitos, como depuração de dados, treinamento e avaliação de algoritmos, bem como elementos-chave associados a esse processo, como classificação e seus vieses.

¹ Sequência de atividades para a sala de aula de Pensamento Computacional:

<https://pensamientocomputacional.ceibal.edu.uy/recursos/>

² Iniciativa do programa de Cidadania Digital do Ceibal: <https://ceibal.edu.uy/institucional/ciudadania-digital/>

Essas mudanças implicam a necessidade de atualizar o marco para dar mais espaço e especificidade ao assunto. Nesse sentido, Tedre et al. (2021b) propõem o desenvolvimento de uma nova conceitualização do pensamento computacional, que inclui elementos essenciais do aprendizado computacional e da IA. Da mesma forma, o marco referencial do Pensamento Computacional do Ceibal também está em processo de transformação e ajuste para acompanhar os avanços observados na área. Do mesmo modo, enquanto esse processo geral está em andamento, este livro propõe a definição de um marco mais limitado e específico para abordar a IA. Isso nos permitirá avançar de forma rápida e eficaz, sem entrar em revisões mais fundamentais que poderiam atrasar a incorporação desse assunto no curto prazo. Ao mesmo tempo, não ignoramos a profunda conexão entre o pensamento computacional e a IA. Essa conexão se materializa, por exemplo, no fato de que ambos compartilham os princípios e os elementos das dimensões que compõem seus respectivos marcos.



Marco referencial para o ensino de inteligência artificial

Essa proposta de marco tem como objetivo fornecer uma estrutura para a elaboração de currículos e o planejamento de atividades de ensino e aprendizagem que promovam uma compreensão profunda da IA e competências para cada aluno analisar, projetar e resolver problemas usando princípios computacionais.

Por meio de uma abordagem integrada e interdisciplinar, o objetivo é desenvolver a alfabetização em IA e explorar questões éticas e sociais associadas ao seu uso. Além disso, busca-se incentivar uma reflexão informada e responsável sobre o impacto na sociedade e no indivíduo. Ao estabelecer um marco de competência contextualizado, este documento tem como objetivo fornecer à comunidade educacional um guia para a integração da IA e do pensamento computacional na educação. Com a implementação de estratégias didáticas inovadoras e o uso de ferramentas tecnológicas adequadas, espera-se aprimorar o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao pensamento crítico, à resolução de problemas, à criatividade e à colaboração. Também, pretende-se fomentar uma mentalidade aberta e adaptativa em cada aluno, que constitua as bases para enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades que a IA e as tecnologias digitais trazem consigo.

Em resumo, el marco referencial descrito aqui oferece uma abordagem geral para a educação em IA, com o objetivo de construir uma cidadania crítica e ética no uso e na compreensão dessa tecnologia e de seu potencial transformador. Busca ser uma ferramenta para promover a alfabetização em IA, entendida como um conjunto de competências que permite que as pessoas aprendam e avaliem criticamente as tecnologias de IA. Também visa apoiar o uso de ferramentas de IA, a comunicação, a colaboração e a tomada de decisões com e sobre IA (Long e Magerko, 2020). Por fim, pretende-se fomentar diferentes habilidades de pensamento e conhecimento que potencialmente possibilitam a criação com IA. O marco inclui um conjunto de princípios orientadores, dimensões conceituais e competências associadas.

Princípios

Os princípios do marco são características fundamentais e são incorporados de forma transversal em todas as propostas de trabalho em sala de aula. Nesse sentido, eles não são elementos intrínsecos do pensamento computacional ou da IA, mas diretrizes que orientam a construção de propostas e atividades para gerar ambientes de aprendizagem.

EQUIDADE

Educar considerando as diferenças e necessidades individuais e coletivas, sem que as condições econômicas, demográficas, geográficas, étnicas ou de gênero tenham impacto na educação de cada aluno.

COLABORAÇÃO

Trabalhar de forma independente e sinérgica em uma equipe. Desenvolver habilidades interpessoais e organizacionais em uma equipe para enfrentar desafios. Tomar decisões conscientes e contribuir para o aprendizado dos outros.

CRIATIVIDADE

Ter uma visão proativa e criativa, fazer as perguntas certas para gerar oportunidades e novas ideias. Transformar essas ideias em ações com impacto social.

PERSPECTIVA CRÍTICA

Avaliar criticamente informações e argumentos, identificar padrões e conexões, desenvolver conhecimento significativo para aplicá-lo ao mundo real e refletir sobre seus efeitos.

METODOLOGIAS ATIVAS

Utilizar métodos, técnicas e estratégias que tornem cada aluno o centro do processo de ensino-aprendizagem e incentivem a participação ativa e a curiosidade de cada aluno na construção de seu aprendizado.

AUTONOMIA

Promover a exploração, incorporando erros como parte do processo, assumindo riscos e tomando a iniciativa como uma estratégia para se envolver ativamente no processo criativo, fomentando assim a motivação intrínseca de cada aluno.

Dimensões

As dimensões são temas, conceitos ou ideias poderosas que servem para ordenar, projetar e implementar propostas pedagógicas. Elas se relacionam diretamente com as competências promovidas para avançar no processo de alfabetização em IA (Kim et al., 2021; Long e Magerko, 2020; Ng et al., 2021; Olari e Romeike, 2021; Sentance e Waite, 2002).

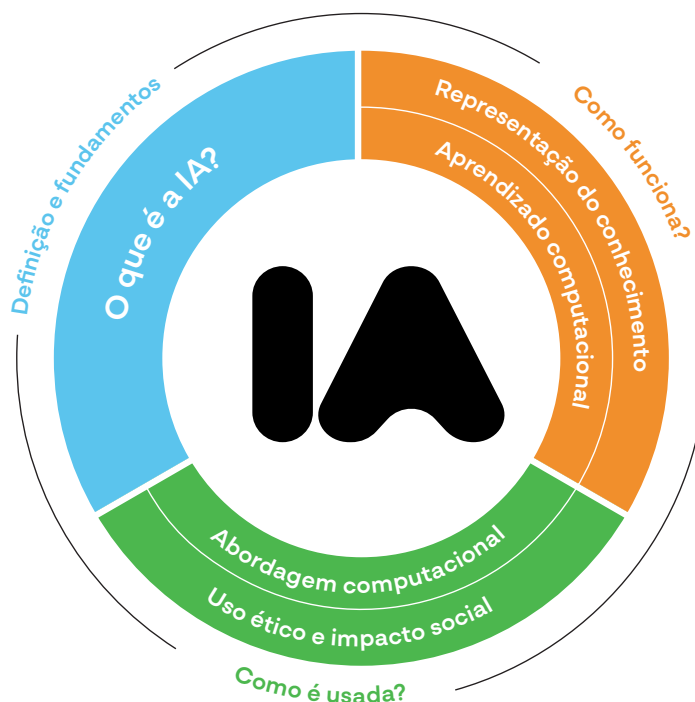


Figura 1. Dimensões do marco referencial de IA

As três perguntas que orientam as dimensões (ver figura 1) e, por fim, o desenvolvimento deste livro são:

O que é a IA?

Como funciona?

Como é usada?

Os capítulos a seguir desenvolvem as dimensões e as competências associadas a essas três questões centrais para pensar sobre a educação hoje na era das tecnologias digitais e da IA.

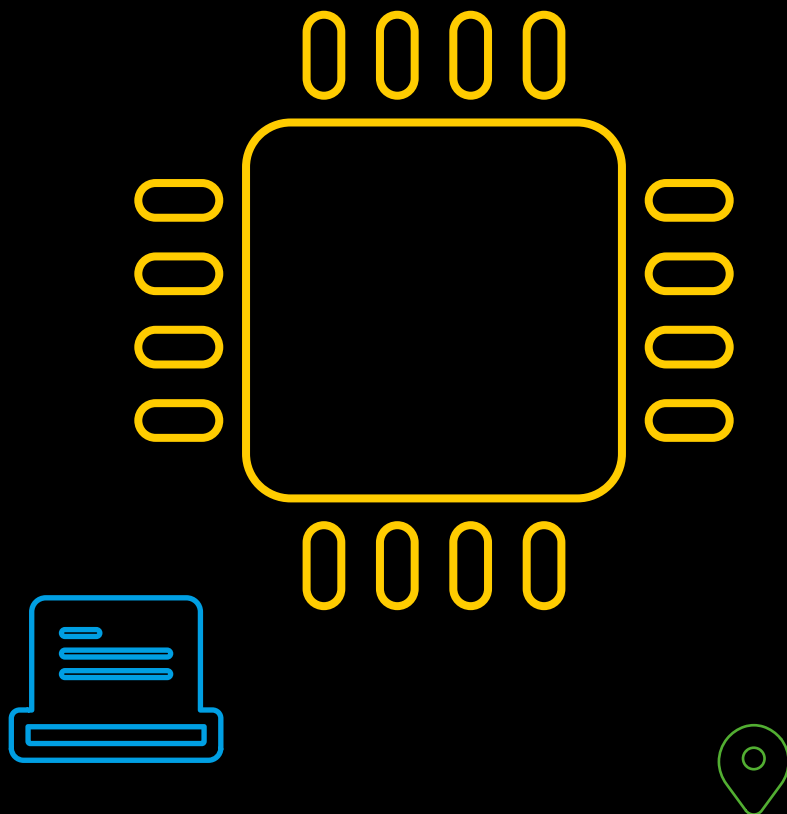
Além disso, são considerados os seguintes marcos referenciais na temática: AI4K12 (Touretzky et al., 2019) e AI Literacy (Long e Magerko, 2020). Em cada capítulo, veremos o paralelismo entre os conceitos e competências de cada um deles com as dimensões apresentadas neste marco.

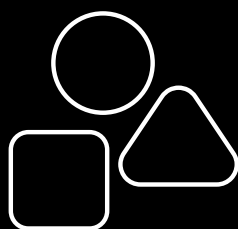


Capítulo 2

O que é

**Inteligência
Artificial?**





O que é Inteligência Artificial?

O termo *inteligência artificial* surgiu em 1956, em um encontro acadêmico na Universidade de Dartmouth, nos Estados Unidos. Sua origem remonta aos primórdios da ciência da computação, mas foi somente várias décadas depois que seu uso se tornou mais popular. Nos últimos anos, ela se espalhou para outros campos fora da academia e tem uma presença crescente na mídia.

Embora provavelmente ainda estejamos nos estágios iniciais do que será possível no futuro com essas tecnologias, o desenvolvimento atual já gerou várias aplicações cuja influência está se tornando cada vez mais visível em nossa vida diária. Sistemas de recomendação, geração de texto, reconhecimento de imagens e visão computacional são apenas alguns exemplos nesse sentido.

35

O que é inteligência? Quantas existem?

Para definir a IA, é pertinente falar primeiro sobre o conceito de *inteligência*. Se consultarmos a definição no dicionário da RAE³, *encontraremos termos como capacidade de aprendizado, resolução de problemas, além de habilidade, destreza e experiência*.

Embora essa seja a definição formal, nem sempre é aplicada da mesma forma no uso coloquial, onde outros aspectos culturais também entram em jogo. Por exemplo, é mais comum dizer que uma pessoa é inteligente se é capaz de fazer cálculos mentais complexos do que se ela joga bem futebol. Entretanto, se observarmos a definição do dicionário, ambos os casos seriam exemplos em que é necessário incorporar conhecimento, aprender certas habilidades e conseguir executar a tarefa com destreza. Se explorarmos a evolução histórica do conceito, de acordo com Hermann Ebbinghaus, a inteligência é a capacidade de se adaptar a

3 <https://dle.rae.es/inteligencia>

novas situações, enquanto para Alfred Binet é um conceito que se refere a atributos específicos, como memória, percepção, atenção e intelecto. Foi Binet quem iniciou as primeiras tentativas formais de medir a inteligência ligada ao quociente de inteligência (QI) e apresentou o primeiro teste em 1905 (Binet-Simon). Em uma linha semelhante, Charles Spearman introduziu a noção de inteligência geral (ou fator G).

Em 1985, Robert Sternberg se distanciou dessas teorias clássicas ao propor três categorias de inteligência: habilidades analíticas, criativas e práticas. Mais tarde, em 1995, Daniel Goleman popularizou o conceito de inteligência emocional. Também é necessário mencionar Howard Gardner, que em 1993 apresentou a teoria das inteligências múltiplas, identificando sete tipos: lógico-matemática, linguística, musical, espacial, intrapessoal, interpessoal ou social e corporal-sinestésica.

Essa ambiguidade que levantamos em torno da conceituação de inteligência torna-se ainda mais complexa se entrarmos no campo da comparação da inteligência humana com a de outros seres vivos. Apesar dos grandes avanços científicos que foram feitos na pesquisa sobre o assunto, as diferenças e semelhanças continuam a ser um debate aberto que ainda desperta interesse e motiva novas pesquisas.

36

A própria evolução da sociedade e da cultura exige — e também constrói — mudanças na forma como avaliamos a inteligência, considerando que ela é, em última análise, parte e produto do acúmulo sociocultural que nos trouxe até o presente.

A artificialidade da inteligência

A seção anterior ilustra a dificuldade que enfrentamos para definir a IA, que em parte corresponde à imprecisão herdada do termo inteligência. Soma-se a isso a evolução dos conceitos ao longo do tempo, especialmente quando se trata de algo associado a questões científicas e ligado ao desenvolvimento tecnológico.

Com base no exposto, não podemos esperar ter uma definição concreta e precisa de IA, mas podemos estabelecer ideias sobre o significado

habitual do termo, sabendo que seus limites podem ser imprecisos e que, com o tempo, pode continuar evoluindo.

Talvez seja mais fácil começar com a segunda parte do termo, “artificial”, cujo significado mais apropriado, nesse caso, é aquele que é contrastado com o natural, ou seja, algo falso. Isso nos aproxima bastante do ponto a que queremos chegar, que é justamente uma inteligência humana falsa. Em particular, o foco está em replicar a inteligência humana, e sua implementação é baseada em máquinas, computadores e software. Vale a pena esclarecer o paradoxo ou debate envolvido nessa ideia de “falso” ou “não natural” em oposição ao humano como natural, porque, na realidade, ainda é uma construção humana.

De uma forma aproximada ou generalista, podemos dizer que a IA é semelhante, em alguns aspectos, à inteligência humana. Por isso, costuma ser associada a processos ou funções cognitivas como percepção, memória, associação, aprendizado, comunicação, raciocínio e resolução de problemas — mas implementados por meio de máquinas e linguagens de computador. Essa ideia é resumida na pesquisa da Unesco sobre currículos de IA (Unesco, 2023a), como “máquinas que replicam certas características da inteligência humana”.

37

O que significa que a máquina aprende?

Um dos termos mais comumente usados associados à IA é o que chamamos de “aprendizado computacional” ou “aprendizado de máquina” (do inglês machine learning). Como o próprio termo indica, trata-se de máquinas capazes de aprender. Por isso, é importante explicar o que significa dizer que uma máquina aprende.

Para que um computador aprenda, são necessários três elementos fundamentais: dados, capacidade de computação e algoritmos eficientes. Primeiro, é necessário fornecer à máquina o conhecimento sobre o problema que ela deve aprender. Para fazer isso, os dados devem ter determinadas características. Como veremos mais adiante, o aprendizado costuma ser supervisionado, o que implica que os dados precisam estar rotulados. Ou seja, não são apenas informações brutas, mas sim dados

acompanhados de certo conhecimento que queremos que a máquina incorpore.

Por exemplo, se quisermos que um computador seja capaz de distinguir entre imagens de cães e de gatos, primeiro precisamos de exemplos de cada categoria. Ou seja, fotos de cães e gatos acompanhadas do rótulo correspondente, indicando se é um cão ou um gato. É essencial reconhecer a importância da tarefa humana nessa etapa, já que, de certa forma, o conhecimento é transferido para a máquina por meio da anotação dos dados (as imagens) com informações relevantes sobre o problema (cão/gato).

Os outros dois componentes do aprendizado estão intimamente relacionados entre si. Por um lado, precisamos que a máquina seja capaz de fazer muitos cálculos no menor tempo possível, o que significa mais poder de computação.

Porque é preciso fazer muitos cálculos? Porque é assim que o computador aprende: realizando muitos cálculos com base nos exemplos que lhe são apresentados. A partir de uma imagem, por exemplo, ele extrai diversas características. No caso dos cães e gatos, poderia ser a cor e o comprimento do pelo, a tonalidade dos olhos, o tamanho dos bigodes ou das orelhas (elementos que são representados por meio de uma série de números, como veremos com mais detalhes no próximo capítulo). Em seguida, o computador avalia quais dessas características são úteis, e quais não, para distinguir cães de gatos, algo que ele pode fazer com o conjunto de imagens rotuladas usadas durante a aprendizagem.

Para esse processo, em que os dados rotulados são usados para que a máquina aprenda, não há uma única maneira de fazê-lo. Novamente, a intervenção humana é fundamental, desenvolvendo, dia após dia, técnicas de aprendizagem mais eficientes, que permitem que a máquina aproveite os dados disponíveis realizando o menor número possível de cálculos, mas sem comprometer o desempenho. Voltando ao exemplo das imagens de cães e gatos, o resultado final será que o computador conseguirá distinguir novas imagens que lhe forem apresentadas, usando os recursos selecionados com base nos exemplos anteriores utilizados durante a aprendizagem.

Alguns aspectos do aprendizado de máquinas são fundamentais para entender o que é IA, mas voltaremos a esse assunto no próximo capítulo, pois entraremos em mais detalhes sobre como a IA funciona. Isso ilustra a inter-relação entre as diferentes dimensões propostas no marco.

O que a inteligência artificial pode fazer?

Para responder a essa pergunta, precisamos definir um horizonte de tempo. Atualmente, podemos dizer que há várias famílias de problemas de reconhecimento em que a IA já alcança resultados comparáveis ou até melhores que os humanos. Alguns exemplos são: distinguir se há um cão ou um gato em uma foto, identificar todos os objetos presentes em uma cena, detectar uma determinada doença com base em um raio X ou reconhecer uma pessoa por sua impressão digital.

Todos esses são exemplos de reconhecimento de imagens, em que, a partir de um conjunto suficientemente grande de dados rotulados, é possível ensinar um computador a resolver essas tarefas. O mesmo acontece em outros domínios, como processamento de áudio, vídeo, texto, séries temporais de medições, como temperatura, variáveis econômicas ou outras. Desde que os dados apresentem algum padrão que possa ser identificado e aprendido, será possível aproveitá-los com os recursos atuais da tecnologia. É importante observar que isso não se aplica a qualquer problema e, portanto, há dificuldades que continuarão sendo complexas para as máquinas superarem, assim como são para os seres humanos. Alguns exemplos disso são a previsão do tempo ou a cotação de determinada moeda.

É possível observar que todas as aplicações mencionadas acima servem a uma tarefa específica. É por isso que esses tipos de exemplos de IA são englobados no conceito de inteligência artificial estreita. Isso contrasta com o que poderia ser chamado de inteligência artificial geral⁴, ou seja, sistemas integrados que são capazes de resolver uma ampla variedade de tarefas, assim como faz um cérebro humano. Atualmente, esse é um tópico de grande debate e interesse. Embora a maioria concorde que se trata de algo que a humanidade não conseguiu desenvolver, há uma discussão mundial, tanto no meio acadêmico quanto no setor industrial, sobre sua viabilidade e sobre o quão longe estamos de alcançá-lo. Com os avanços recentes, o debate voltou a ganhar força, especialmente diante

⁴ Conhecido em inglês pelo acrônimo AGI.

de indícios de sistemas treinados para tarefas específicas que depois conseguem resolver outras. Ou também sistemas que podem ter um grande centro de controle, capaz de coordenar diferentes subsistemas para executar tarefas particulares conforme a demanda.

Nos últimos anos, outros tipos de aplicações se tornaram populares, nos quais o padrão aprendido é explorado para gerar novos dados que replicam as mesmas características. Dessa forma, é possível gerar imagens falsas de uma determinada categoria (como no nosso principal exemplo: cães ou gatos). Esse novo campo foi chamado de “inteligência artificial generativa” e é aplicado em vários domínios, como áudio, vídeo e texto. Generalizando ainda mais, podemos pensar que, em vez de uma categoria específica, o que se busca é gerar dados com base em uma determinada descrição mais complexa. É isso que hoje se chama de “prompt”, que consiste em uma frase que descreve o padrão que estamos procurando nos dados a serem gerados. Por exemplo, é possível criar imagens como as mostradas abaixo (essas imagens foram geradas com o Dalle-3⁵), a partir do seguinte *prompt*:

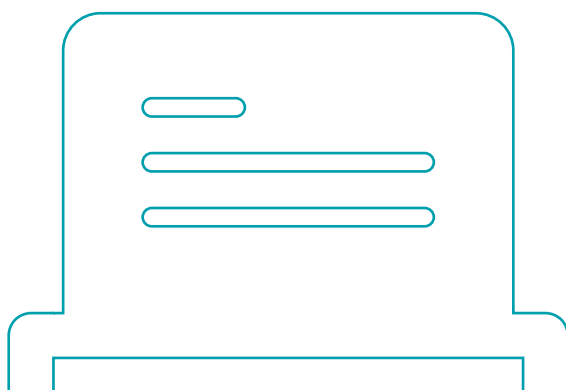
40

Prompt: Retrato de uma mulher uruguaia ilustre, simbolizando Ida Holz, pioneira no desenvolvimento da Internet na América Latina. A cena é um escritório com um mapa-múndi destacando a América Latina, um computador do final do século XX e motivos de redes digitais sutilmente integrados ao fundo. A mulher é retratada com uma expressão gentil e sábia, transmitindo sua liderança e espírito colaborativo.

5 Ferramenta de IA generativa de texto para imagens criada pela OpenAI, disponível no Copilot (Microsoft).



Figura 3. Exemplo de IA generativa de texto para imagem.



O que é a IA?

Definição e fundamentos

A partir dos parágrafos anteriores, pode-se ler nas entrelinhas que, de alguma forma, essa dimensão está associada ao primeiro contato com a IA, que busca englobar os conceitos básicos em uma espécie de introdução ao assunto. Trata-se, portanto, de uma dimensão com forte ênfase na identificação e no reconhecimento da IA. Além disso, as competências associadas a essa dimensão não estão agrupadas apenas sob a pergunta: “o que é a IA”, mas também sob a questão: “o que a IA pode fazer” (Long e Magerko, 2020).

42

Esse marco propõe uma abordagem à IA que tem um forte componente ativo, exploratório e experimental, portanto, a ênfase no componente prático dessa dimensão é importante. Isso tem a ver não apenas com o hands-on (aprendizagem prática), mas também com o minds-on (atividades de pensamento). Em outras palavras, vai além do **reconhecimento** da IA e, logicamente, tem uma relação próxima com o princípio do uso de metodologias ativas, já que se concentra mais em conhecer possíveis aplicativos como usuário e **experimentá-los** de tal forma que a familiarização com a IA também use ferramentas baseadas nela.

O outro elemento importante a ser enfatizado é a relação da própria definição de IA com os **conceitos de inteligência**, cuja discussão também enriquece o debate sobre o que uma máquina deve cumprir para ser

considerada inteligente. As competências específicas destacadas nessa dimensão são:

- Distinguir entre artefatos tecnológicos que usam e não usam IA.
- Conhecer sistemas que incluem componentes de IA.
- Identificar as propriedades que diferenciam um sistema baseado em IA de um sistema baseado em regras.
- Conhecer as funções básicas da IA. Compreender os conceitos básicos de como funciona o aprendizado de máquina.
- Usar ferramentas de IA. Conhecer e saber como usar diferentes aplicativos que fazem uso da IA como usuário final, com foco especial em ferramentas generativas ou lúdicas.
- Analisar e discutir criticamente as características que tornam uma entidade “inteligente”.
- Fazer a distinção entre inteligência artificial geral e estreita.

43

	<u>AI4K12</u>	<u>AI Literacy</u>
	Grandes ideias #1 Percepção #2 Representação e raciocínio #3 Aprendizagem #4 Interação natural	Competências #1 Reconhecer a IA #2 Compreensão da inteligência #4 Geral versus estreita

Criando imagens

Desafiar o grupo de alunos a criar imagens usando um gerador de inteligência artificial com base em um tópico que esteja sendo trabalhado em sala de aula.

A partir de uma figura histórica, de um(a) autor(a) ou de alguém relevante para o trabalho em sala de aula, retoma-se sua trajetória e algumas de suas obras ou retratos. Em seguida, pede-se ao grupo de alunos que imaginem como gostariam de representá-la, com base no que já sabem ou estão pesquisando.

Qual seria seu estado de espírito? Onde essa pessoa está? Ela tem algum objeto que a represente ou caracterize? Há alguma particularidade no rosto que a torne reconhecível?

Pode-se pedir que façam o desenho para enfatizar os aspectos visuais. Com todas as informações mencionadas, os alunos escreverão, em grupos ou individualmente, uma descrição da imagem que desejam criar. Depois disso, utilizando uma ferramenta de IA para gerar imagens a partir de texto, propõe-se criar a imagem com base nessa descrição.



Exemplo: Se o grupo estiver trabalhando com Ada Lovelace, o seguinte prompt poderá ser gerado: "Ada Lovelace com um tear ao fundo, imaginando um computador".

Figura 3. imagem criada com a ferramenta hotpot.ai/art-generator

As imagens criadas são compartilhadas e alguém do grupo apresenta sua experiência durante a criação.

Reflete-se sobre os seguintes aspectos:

- *Os desenhos feitos pelo grupo são os mesmos que os criados pela máquina?*
- *Há algo na descrição que eles fizeram que não está sendo mostrado nas imagens criadas?*
- *O que a máquina levou em consideração ao criar as imagens?*
- *O que o prompt significa na ferramenta usada (esse é o texto inserido na descrição)?*
- *Se a ferramenta for usada novamente com a mesma descrição, o resultado será a mesma imagem?*
- *Para criar a imagem de que mais gostaram, quantas vezes precisaram modificar a descrição?*



Sugestões

Se necessário, o responsável pelo grupo pode fazer a redação no computador.



Objetivos da IA

Uso de ferramentas de IA generativas.

Compreensão do conceito de *prompt*.

Aproximação de uma definição de IA.



Recursos

Gerador de imagens a partir de um texto:



[Craiyon](#)



[ImageFX](#)



[Designer](#)



[Copilot](#)

São apresentados exemplos de ferramentas, mas cada professor pode utilizar a que considerar mais adequada.

Memória

Criar sua própria versão do jogo da memória, em que o par de cartas iguais seja composto por uma imagem gerada artificialmente e seu *prompt*.

Pedir ao grupo de alunos que criem uma imagem com um gerador de imagens de IA. O prompt e a imagem gerada devem ser impressos separadamente. Para que o jogo possa acontecer, é necessário gerar pelo menos cinco imagens.

Um exemplo de duas imagens com seus respectivos prompts é mostrado abaixo:



Ada Lovelace com um tear ao fundo, imaginando um computador



Mary Jackson resolvendo um problema em um quadro

Figura 4. Imagens criadas com a ferramenta hotpot.ai/art-generator

Uma vez que as cartas estejam impressas, já é possível iniciar o jogo da memória. Todas as cartas devem ser colocadas viradas para baixo, e os participantes vão virando duas por vez. Se o prompt corresponder à imagem, a pessoa fica com o par. Caso contrário, as cartas são viradas novamente.

Reflete-se sobre os seguintes aspectos:

- *É fácil distinguir qual é a imagem a partir do texto?*
- *O que significa o prompt na ferramenta de geração de imagens?*
- *Que habilidades eles usam para relacionar a imagem ao texto?*
- *Quais características da imagem são levadas em consideração?*
- *Existem padrões que permitem que eles vinculem a imagem e o prompt?*



Sugestões

Se necessário, o responsável pelo grupo pode fazer a redação no computador.



Objetivos da IA

Uso de ferramentas de IA generativas.

Compreensão do conceito de *prompt*.



Recursos

Gerador de imagens a partir de um texto.

Crie sua própria história

Desafiar o grupo de alunos a criar suas próprias histórias a partir de uma imagem e, em seguida, aprimorá-las com ferramentas de IA generativa.

Use um gerador de imagens de IA para criar uma imagem de uma paisagem, uma situação, um(a) autor(a) de uma obra que esteja sendo trabalhada em sala de aula ou uma figura histórica. Mostre a imagem ao grupo e proponha que elaborem uma história a partir da imagem apresentada.

Como são os textos? Destaque a característica que considerar mais relevante de acordo com o que está sendo trabalhado: o tipo de texto, a ortografia, a veracidade dos fatos, a criatividade e originalidade do relato.

48

Em seguida, peça ao grupo de alunos que use as ferramentas de geração de texto da IA para criar uma nova versão de suas histórias. Eles podem fazer isso copiando o texto original e solicitando modificações — por exemplo, alterando o público-alvo ou o grau de formalidade. Também é possível pedir que a IA escreva um novo texto do zero, sem utilizar os contos produzidos anteriormente.

Como é a resposta do chatbot com IA?
Pode ser melhorada ainda mais?

A resposta do chatbot pode não ser a melhor na primeira tentativa, esse processo pode exigir iterações para aperfeiçoar o resultado.

Exemplo usando ChatGPT.

A partir da imagem a seguir:



Texto criado por um ser humano: os computadores entendem apenas zeros e uns. Esse é o código binário. As pessoas têm dificuldade para entender o binário, pois é um código longo com muitos números. Mas a vantagem desse tipo de representação é que permite gerar cálculos rapidamente para a máquina.

Usuário(a): melhore o texto a seguir para que uma criança de cinco anos possa entender: "Os computadores entendem apenas zeros e uns. Esse é o código binário. As pessoas têm dificuldade para entender o binário, porque é um código longo com muitos números. Mas o lado bom desse tipo de representação é que permite gerar cálculos rapidamente para a máquina".

ChatGPT: os computadores têm uma linguagem muito especial! Usam apenas dois números: zero e um, como em um jogo de adivinhação. Embora os números longos sejam difíceis para as pessoas, os computadores são super rápidos com esses zeros e uns! Eles ajudam a fazer as contas muito rapidamente!

As equipes compartilham as descrições que geraram e como foi o processo de aprimoramento do resultado.

Reflete-se sobre os seguintes aspectos:

- *Como deve ser a instrução dada à ferramenta para que ela construa uma história semelhante à criada pelo grupo de alunos?*
O que acontece quando o texto já criado é fornecido à ferramenta?
- *O que significa o prompt que é inserido na ferramenta? Como esse prompt deve ser formulado para que os resultados sejam bons?*
- *Como relacionam a imagem original com a história criada? A resposta acima pode servir como exemplo de prompt para gerar o texto?*



Sugestões

Supervisionar o uso do chatbot para monitorar as respostas dadas.



Objetivos da IA

Uso de ferramentas de IA generativa.

Compreensão do conceito de *prompt*.



Recursos

Gerador de imagens a partir de um texto.

IA conversacional:



[ChatGPT](#)



[Claude](#)

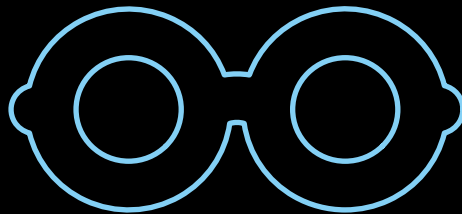


[Copilot](#)



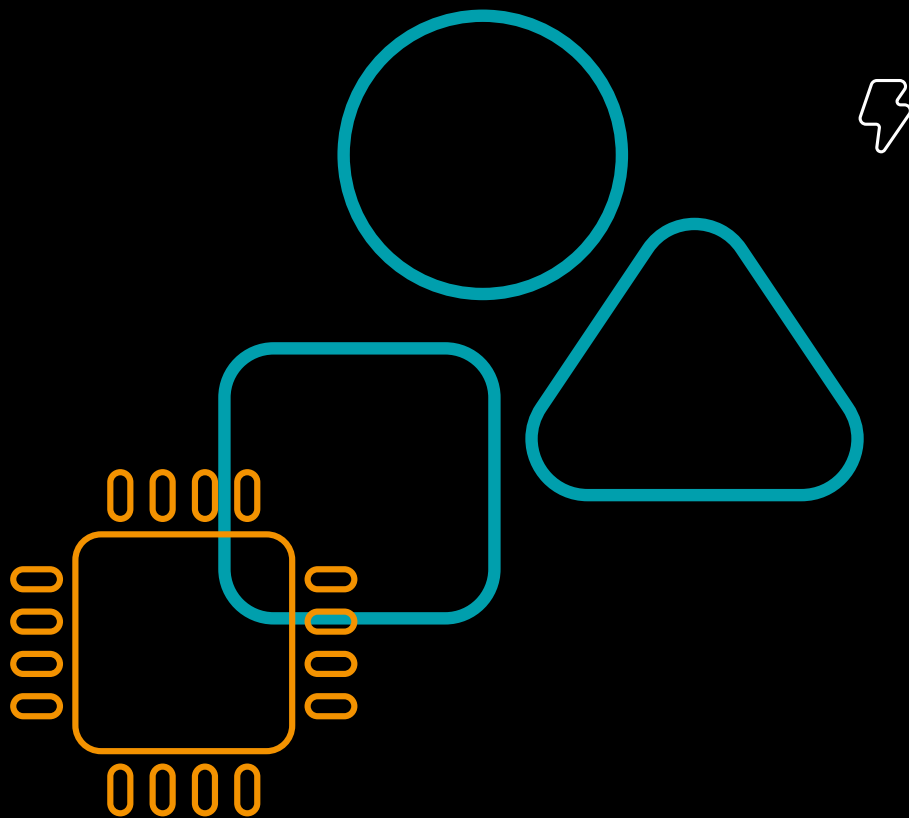
[Gemini](#)

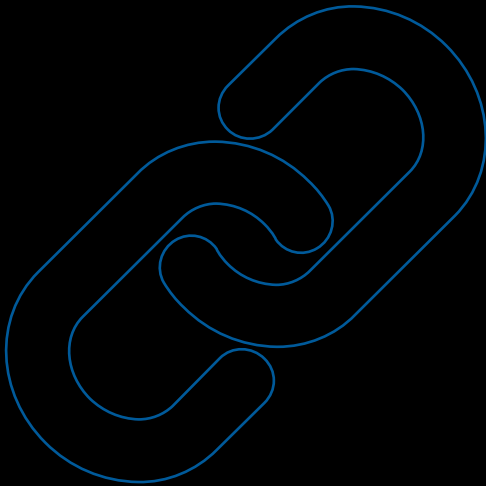
São apresentados exemplos de ferramentas, mas cada professor pode utilizar a que considerar mais adequada.



Capítulo 3

Como funciona a **Inteligência Artificial?**





Como funciona a Inteligência Artificial?

Como vimos anteriormente, um dos principais componentes para gerar inteligência artificial é a possibilidade de fazer com que as máquinas aprendam. Isso requer três elementos fundamentais: dados, capacidade de computação e algoritmos eficientes.

Veremos que certos aspectos da IA se assemelham à forma como os seres humanos aprendem muitas coisas: com base em exemplos que vemos, ouvimos ou sentimos em nossas vidas, e em conhecimentos associados a esses exemplos, indicados por alguém ou por algo (como uma pessoa, um livro ou um vídeo). No caso da IA, é sempre o ser humano que, direta ou indiretamente, fornece esse conhecimento. Neste capítulo, analisaremos mais profundamente esse processo essencial para o funcionamento da IA.

Em geral, podemos distinguir três estágios distintos, nos quais a iteração é geralmente possível:

- **Definição do problema e o conjunto de dados**
- **Treinamento ou aprendizado**
- **Avaliação e ajustes**

O processo começa com a definição do problema e a coleta do conjunto de dados. Em seguida, vem o processo de aprendizagem — ou treinamento —, que corresponde à forma como a máquina incorpora conhecimento sobre um problema específico. Para isso, utiliza os chamados dados rotulados, ou seja, exemplos do tipo de dados com os quais o sistema deve trabalhar, acompanhados das informações relevantes para a tarefa que se espera que ele realize. Voltando ao exemplo do capítulo anterior, sobre a classificação de imagens de cães

e gatos, os dados são, nesse caso, as próprias imagens. O conhecimento associado a cada uma está representado pelo rótulo que indica se é um cão ou um gato. Mais adiante, veremos como essas informações — dados e seus rótulos — são usadas para permitir que o computador aprenda a executar a tarefa proposta.

Após o término do treinamento — ou seja, quando chegamos ao ponto em que podemos dizer que a máquina aprendeu — temos a outra etapa relevante do processo, que corresponde à avaliação do sistema com novos dados. O objetivo desse estágio é estimar o desempenho da máquina na solução da tarefa quando confrontada com dados que não foram observados no treinamento. Continuando com o exemplo anterior, o objetivo é estimar a porcentagem de detecção correta de cães e gatos ao processar novas imagens. Para isso, novamente é necessário ter dados rotulados, pois precisamos saber o rótulo correto em cada caso para identificar se a máquina está dando a resposta correta ou não. Além disso, é importante observar que esses dados não devem ser usados previamente no aprendizado, pois, nesse caso, a máquina já os teria visto antes e, portanto, seria mais fácil para ela indicar o resultado correto.

- 56 Para analisar melhor como esse processo de aprendizagem de máquina funciona, primeiro veremos como os computadores percebem e representam as informações — e de que forma os humanos fornecem o conhecimento necessário para que elas possam aprender. Depois, quando as máquinas tiverem os dados e o conhecimento necessários, veremos como é possível que elas aprendam, ou seja, que desenvolvam mecanismos para resolver um problema com base nos exemplos que lhes são apresentados.

Como o mundo é representado e compreendido artificialmente?

Os dados que uma máquina, ou computador, usa para resolver uma tarefa estão intimamente relacionados à forma como ela percebe o mundo. Assim como os seres humanos têm diferentes sentidos que nos permitem, por exemplo, ver, ouvir ou tocar, os computadores geralmente contam com sensores ou entradas que captam



informações do ambiente. Essas informações devem ser representadas em linguagem de máquina, que geralmente é numérica. Isso significa que a representação que o computador faz do mundo — seu modelo — é sempre baseada em números, os quais, dependendo do tipo de dados, podem representar uma letra, uma cor, um som mais agudo ou grave ou até mesmo um gato ou um cão.

Essa representação permite que os computadores trabalhem com uma ampla variedade de tipos de dados, geralmente associados a diferentes sensores — assim como nós, seres humanos, contamos com diversos sentidos. Dependendo do tipo de dado, é possível identificar diferentes ramos de aplicação da IA. Um exemplo é a visão computacional, que lida com tarefas relacionadas a imagens ou vídeos. Outro é o processamento de linguagem natural, voltado para problemas que envolvem a análise e a interpretação de textos nos diversos idiomas que usamos. Voltando ao nosso exemplo de imagens de cães e gatos, trata-se de um problema típico da área de visão computacional, enquanto a tradução de textos é uma tarefa associada ao processamento de linguagem natural.

Entretanto, ter apenas os dados e sua representação computacional não é suficiente para que as máquinas possam aprender. Para isso, é necessário associar os dados disponíveis com o conhecimento necessário para a tarefa que o computador deve ser capaz de resolver. Como já dissemos, para o exemplo das imagens, precisamos acumular alguns exemplos, nos quais, para cada um deles, temos o rótulo correspondente (por exemplo, cão ou gato). O mesmo acontece no caso de um tradutor. É preciso ter várias palavras, frases, sentenças ou até documentos inteiros com suas respectivas versões no idioma original e no idioma para o qual se deseja traduzir.

Essa mesma ideia está se tornando ainda mais complexa com o surgimento de sistemas de IA generativa com recursos multimodais, ou seja, sistemas que integram diferentes tipos de dados, como texto, imagens, áudio e vídeo. Nesse caso, os bancos de dados com os quais se está trabalhando são muito mais complexos do que simplesmente um conjunto de imagens rotuladas como cães ou gatos. Uma possibilidade é considerar grandes conjuntos de imagens e suas respectivas descrições, ou seja, uma ou várias frases que descrevem

o conteúdo da imagem. Esses bancos de dados são necessários para criar ferramentas capazes de gerar imagens a partir de texto ou, inversamente, sistemas que, a partir de uma imagem, possam produzir um texto que descreve o que é observado na imagem.

O que ensinamos aos computadores?

O papel humano na definição de representação e aprendizado

O processo de aprendizagem de máquina envolve diversas intervenções humanas, que são essenciais para o funcionamento da inteligência artificial. A primeira delas, e talvez a mais fundamental, é a definição do problema a ser resolvido⁶. Isso determina vários aspectos, como o tipo de dados necessários e os possíveis resultados da execução da tarefa. No exemplo das imagens de cães e gatos, trata-se de uma tarefa baseada em dados visuais, da qual se espera que o sistema forneça uma das duas respostas possíveis: indicar se a imagem representa um cão ou um gato.

Depois que o problema é definido, conforme mencionado acima, é necessário ter dados rotulados. Ou seja, precisamos de exemplos, geralmente algumas centenas ou alguns milhares de exemplos, de dados semelhantes⁷ aos que a máquina terá de usar para resolver a tarefa. Obviamente, a coleta desses dados também é uma tarefa humana, mas ainda mais importante é adicionar o conhecimento necessário a cada exemplo, conforme indicamos anteriormente. Para o aprendizado de máquina, o conhecimento necessário para resolver a tarefa deve ser adicionado. Nesse caso, trata-se de indicar, para cada exemplo, qual deve ser o resultado que a máquina deve fornecer para resolver a tarefa de interesse.

Para trazer essas ideias ainda mais para a realidade, vamos continuar com o exemplo da classificação ou diferenciação de cães e gatos. Em termos práticos, os dados são imagens representadas em um computador por uma série de números que indicam a cor de cada parte da imagem (que geralmente é dividida em pequenos

⁶ Isso não quer dizer que algumas tecnologias que foram projetadas para um problema não possam ser aplicadas para resolver outros. Esse é o caso da arquitetura dos transformers, que foi originalmente planejada para tradução e hoje é a base dos grandes modelos de linguagem (LLM) usados na geração de texto.

⁷ Exemplos semelhantes, mas não idênticos, e geralmente variados.

quadrados chamados de pixels). Em outras palavras, o conhecimento que fornecemos à máquina para aprender o conceito de "cão" e de "gato", neste exemplo, é simplesmente uma sequência de números associada a cada uma das imagens que nós, humanos, indicamos como pertencentes a uma categoria ou outra.



→ 3, 2, 5, 8 → cão

Figura 5. Exemplo de imagem rotulada, com sua representação computacional correspondente como vetor de números.

Os dados de treinamento podem ser parecidos com os seguintes (provavelmente com mais números para cada imagem):

3, 2, 5, 8 → cão

2, 3, 5, 4 → gato

1, 5, 4, 7 → cão

2, 1, 2, 5 → gato

7, 9, 2, 2 → cão

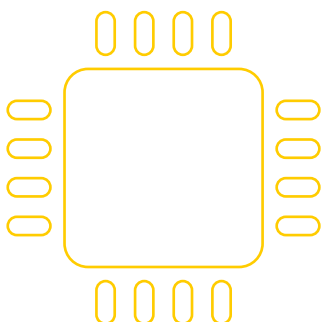
1, 2, 5, 4 → gato

5, 4, 4, 9 → gato

2, 5, 4, 6 → gato

8, 6, 6, 7 → cão

59



Vale dizer, então, que a máquina só sabe sobre o conceito “cão” ou o conceito “gato” com base nas informações contidas nesses números de exemplo que fornecemos, nos valores de cada parte das imagens de uma e outra categoria. Ela não sabe que são animais, não sabe que têm quatro patas, sabe apenas que há conjuntos de números que correspondem a imagens que pertencem a uma classe e outros números que correspondem a exemplos da outra classe. A representação computacional do cão ou do gato se limita a essas características que são dadas por esses números⁸.

Esse processo de ensinar o computador é, portanto, uma maneira diferente de programá-lo, em comparação com o que estávamos acostumados. No próximo capítulo, vamos nos aprofundar na diferença entre a programação tradicional e o aprendizado de máquina, mas vale a pena dizer que a programação tradicional de uma máquina está associada a indicar uma série de regras, de etapas a serem seguidas, o que chamamos de “algoritmos”, para que ela execute uma determinada tarefa. No caso do aprendizado de máquina, o processo é diferente: definimos o problema — no exemplo, uma classificação entre cães e gatos —, determinamos os conceitos com os quais nomeamos cada categoria (o conhecimento é representado como cão ou gato) e mostramos exemplos de cada uma delas.

Por fim, há um terceiro e último aspecto importante em que a intervenção humana é essencial, que é informar à máquina as etapas a serem seguidas para que ela aprenda. Observe que isso é semelhante à programação tradicional: informamos à máquina as etapas a serem seguidas, os algoritmos, mas não com o objetivo de resolver a tarefa, mas, nesse caso, a finalidade é aprender com os dados para encontrar a melhor maneira de resolver a tarefa. O que se busca é que seja a máquina, ao experimentar diferentes opções, que obtenha as melhores regras ou etapas a serem seguidas para resolver a tarefa dada, com base nos exemplos apresentados. Na próxima seção, procuraremos ilustrar esse processo.

⁸ Que podem ser bastante complexos, pois a representação de cada conceito pode ocorrer em espaços com muitas dimensões.

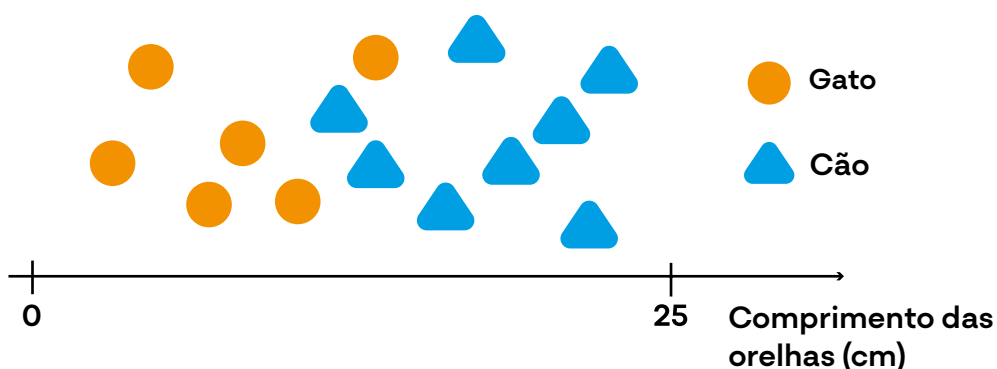
Como um computador pode aprender? Aprendizado computacional

Embora o objetivo desta seção não seja se aprofundar nos algoritmos que realmente possibilitam que as máquinas aprendam a resolver diferentes tarefas e problemas, procuraremos ilustrar como é possível que isso funcione. Vamos continuar com nosso exemplo de cães e gatos. Vimos que, para a máquina, cada um desses conceitos estava associado a uma série de exemplos, que são representados como uma sequência de números para cada imagem. Neste caso, faremos uma simplificação para facilitar a explicação do que significa para uma máquina aprender e como ela pode realizar essa tarefa.

A simplificação consiste em reduzir cada imagem de exemplo, cada sequência de números, neste caso, a um único número que corresponde ao comprimento das orelhas do animal em cada imagem. Isso nos ajudará a ilustrar com mais facilidade o processo de aprendizagem e os diferentes algoritmos possíveis que nós, humanos, poderíamos indicar ao computador para que ele aprenda.

Em primeiro lugar, se a representação de cada imagem for reduzida a um único número, isso significa que a máquina terá que aprender com esses números. Além disso, para uma nova imagem, terá que decidir a qual categoria ela pertence, com base exatamente nesse único número.

Supondo que as orelhas dos cães sejam, normalmente, maiores do que as dos gatos, podemos considerar que as imagens de treinamento são distribuídas conforme mostrado na figura abaixo:



Todas as imagens representadas por círculos e triângulos devem estar no eixo determinado; elas foram afastadas do eixo para melhor visualização. Nessa representação, podemos ver claramente que os gatos têm orelhas mais curtas do que os cães (os círculos se agrupam mais próximos do 0 e os triângulos mais próximos do 25).

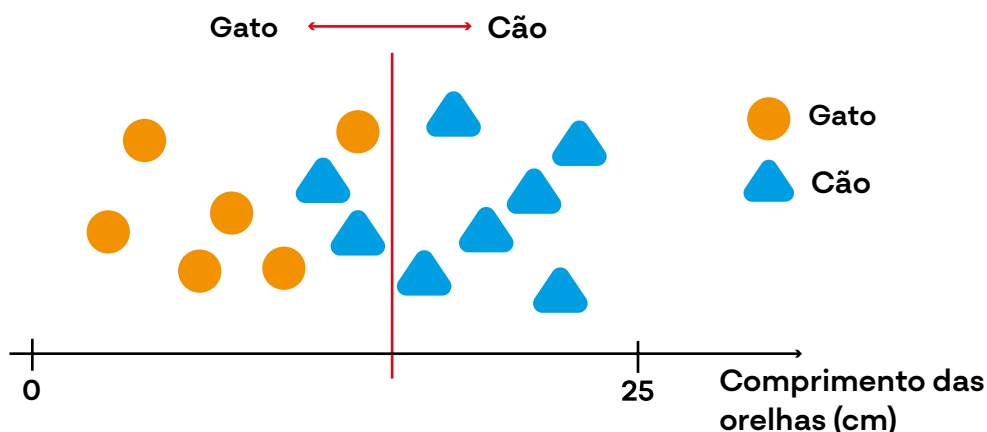
Então, como o computador poderia resolver a tarefa para novas imagens? Uma resposta possível, ancorada no aprendizado com base nesses exemplos, vem por meio de outra pergunta: qual é o valor do comprimento das orelhas que melhor separa as duas categorias? Assim, novas imagens com valores abaixo desse número serão identificadas como gatos e, ao contrário, quando estiverem acima desse valor, serão identificadas como cães. Em outras palavras, o problema de fazer a máquina aprender se reduz a encontrar um valor ideal, um número, que melhor separe as duas classes do problema definido.

Para encontrar esse número, precisamos dizer duas coisas. Em primeiro lugar, como mencionamos no início, será necessário fazer cálculos. Em segundo lugar, é possível informar à máquina diferentes etapas a serem seguidas, ou seja, diferentes algoritmos, para encontrar esse valor ideal. Embora todos eles exijam cálculos, alguns podem requerer mais do que outros, e nem todos necessariamente chegarão ao mesmo resultado (ou seja, alguns podem aprender melhor do que outros). Quando dissemos no início que estamos procurando algoritmos de aprendizado eficientes, estávamos nos referindo justamente àqueles que operam com poucos cálculos e ainda assim aprendem da melhor forma possível.

Vamos dar uma olhada em alguns exemplos para trazer essa ideia para a realidade.

Uma opção para encontrar o valor ideal é classificar as imagens de acordo com o comprimento das orelhas dos exemplos e identificar qual é o maior valor para os gatos. Observe que essa classificação exige a realização de cálculos — neste caso, comparações para verificar se um número é maior ou menor que outro⁹. Quando temos o maior valor, definimos um número ligeiramente superior como limite para separar as duas categorias. Isso resultaria na seguinte imagem para os dados de treinamento.

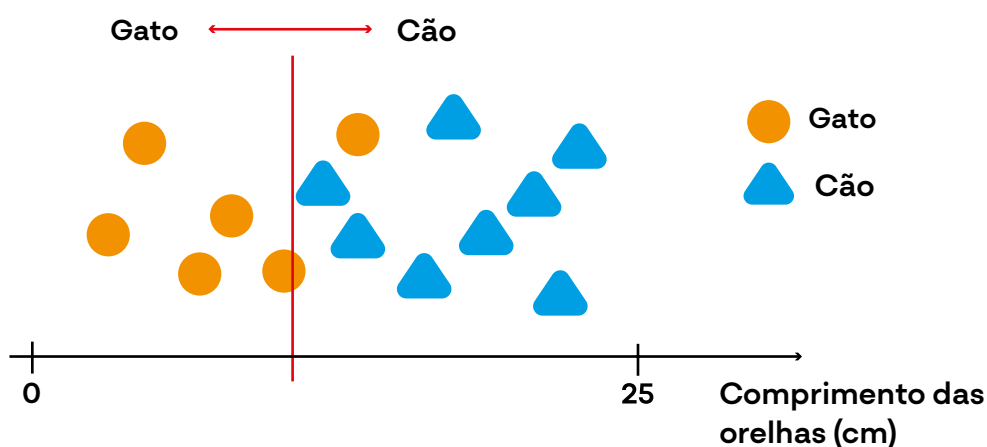
⁹ Nesse caso, cada uma das imagens de cães e gatos já foi ordenada para representá-las no eixo.



Na imagem, podemos ver que, ao seguir esse caminho, há dois exemplos de cães no conjunto de treinamento que são classificados incorretamente (os triângulos à esquerda da linha que divide o eixo em dois), enquanto todos os exemplos de gatos são classificados corretamente. Isso ilustra um ponto importante sobre IA: em geral, os sistemas de aprendizado de máquina baseados em dados não são infalíveis. Dependendo das diferentes características do processo de aprendizagem, as chances de erro podem ser maiores ou menores, mas sempre haverá uma probabilidade de que a máquina falhe ao tentar resolver a tarefa, pois o resultado não é dado de forma determinística.

63

Agora vamos comparar o algoritmo de aprendizado que usamos antes com outro ligeiramente diferente. Novamente, consideramos os exemplos de imagens ordenadas conforme o comprimento das orelhas, mas, nesse caso, vamos ficar com o valor do cão cujo comprimento das orelhas seja o menor e tomaremos como valor ideal — para diferenciar as duas categorias — um número um pouco abaixo, como mostrado na figura a seguir.



Nesse caso, podemos ver que todas as imagens de cães são classificadas corretamente, enquanto apenas uma imagem de gato é classificada incorretamente como um cão. Podemos dizer que esse método de aprendizado é melhor do que o anterior, pois o erro que obtemos é menor (erramos uma imagem em vez de duas).

O número de cálculos necessários em cada caso não difere muito neste exemplo, mas pode haver outras situações em que isso também aconteça e, portanto, na comparação, deve-se considerar não apenas o erro obtido, mas também a quantidade de cálculos necessários para atingir o aprendizado ideal.

O exemplo acima ilustra, de forma simplificada, o que chamamos de aprendizado de máquina — ou aprendizado automático —, um processo pelo qual o computador é capaz de encontrar a melhor maneira de resolver um problema a partir de um conjunto de exemplos que lhe é apresentado. É importante observar que, para uma máquina, “aprendizado” acaba sendo “encontrar números ideais”. No nosso exemplo, é apenas um valor, mas em casos mais complexos, são muitos — milhares, milhões ou bilhões. No final deste capítulo, discutiremos como, com essa mesma ideia do exemplo simples de cães e gatos, podemos abordar o que está por trás de sistemas mais complexos, como o ChatGPT.

64

Diferentes tipos de aprendizado computacional

Ao longo do capítulo, sempre falamos sobre aprendizado com base em dados rotulados e voltado para a resolução de uma decisão específica (por exemplo, indicar se uma imagem corresponde a um cão ou a um gato). Na inteligência artificial e, em particular, no aprendizado de máquina, isso é conhecido como aprendizado supervisionado. Vale observar que essa não é a única forma possível de aprendizado de máquina — há outras duas vertentes principais, que discutiremos a seguir: aprendizado não supervisionado e aprendizado por reforço.

O aprendizado não supervisionado, como o próprio nome sugere, refere-se ao caso em que não temos rótulos, mas apenas dados com os quais



gerar conhecimento. Uma das aplicações mais relevantes associadas a esse tipo de aprendizado é o que se conhece como “agrupamento”, ou clustering em inglês. Como Escudero (2019) descreve em seu livro Big Data, podemos pensar nesse problema como a classificação dos objetos que temos na segunda gaveta da cozinha — aquela onde há dois parafusos, uma tampinha, três elásticos, uma porca que não encaixa em nenhum parafuso e uma longa lista de objetos sem uma relação clara entre si. Então, como faríamos para agrupá-los se eles aparentemente não têm muito em comum? Que aspectos devemos considerar? Em geral, usamos características diferentes, por exemplo, o tamanho, a cor ou a utilidade de cada objeto, e, com base nisso, formamos grupos distintos. Esse agrupamento não é único, e é bem provável que diferentes pessoas agrupem os mesmos objetos de maneiras diferentes. Isso também vale para os diversos métodos de agrupamento, que também podem gerar resultados variados. Portanto, depois que os grupos são formados por meio do aprendizado não supervisionado, há um trabalho humano posterior que é essencial para interpretar os agrupamentos obtidos.

O aprendizado por reforço, diferentemente dos anteriores, é aplicado a problemas que exigem a execução contínua de uma tarefa — ou seja, não apenas uma decisão isolada, mas uma sequência de decisões a serem tomadas. Exemplos típicos desse caso são jogos como o da velha, o xadrez ou qualquer outro em que é necessário escolher um movimento entre várias opções possíveis em cada situação do jogo, até que a partida chegue ao fim. Nesses casos, geralmente há um modelo um pouco diferente: cada decisão da máquina — que chamamos de “ação” — recebe uma recompensa, que é determinada tanto pela ação tomada quanto pela situação do sistema naquele instante, chamada de “estado” (por exemplo, a configuração do tabuleiro de xadrez no momento em que uma jogada é realizada).

O objetivo nesse tipo de problema é encontrar um mecanismo de tomada de decisão que, a cada instante, escolha a ação que maximize as chances de obter a maior recompensa acumulada ao longo do tempo ou no final. Por exemplo, no caso de jogos como o da velha, o xadrez ou outros, o objetivo é que cada jogada selecionada seja aquela que oferece a maior probabilidade de vencer o jogo em cada momento.

Do reconhecimento de cães e gatos à construção do ChatGPT

Recentemente, o ChatGPT é um dos aplicativos de IA mais populares e amplamente usados. Trata-se de um sistema de bate-papo interativo, no qual uma pessoa escreve um texto e recebe um texto como resposta¹⁰. Alguns exemplos foram surpreendentemente bons (ao pedir que escreva uma história ou uma música sobre um determinado tópico ou usando algumas palavras), enquanto outros apresentaram falhas notórias (ao pedir raciocínio lógico ou solicitar que faça cálculos matemáticos simples que descrevemos em palavras).

Além de quando funciona e quando não funciona, como é possível criar um sistema com a complexidade do ChatGPT? A resposta detalhada está além do escopo deste livro, uma vez que alguns aspectos não foram divulgados publicamente e que se trata de um produto em desenvolvimento contínuo. Mas o que podemos dizer é que tudo o que discutimos neste capítulo está envolvido: uma enorme quantidade de dados, uma significativa intervenção humana na rotulagem de respostas corretas e incorretas e muitos cálculos e computadores envolvidos em sua elaboração.

66

De modo geral, podemos pensar no ChatGPT como um grande sistema de autocompletar texto, assim como o teclado preditivo de um telefone celular opera quando sugere a próxima palavra, mas em uma escala muito maior (por exemplo, com a capacidade de escrever uma história inteira a partir de uma frase-guia que fornecemos, o chamado prompt). Como termina a frase: “Los de afuera son de ____”¹¹? Quem conhece a história da final de 1950 no Maracanã não hesitará em completar a frase sem a menor dificuldade. No entanto, para quem não é do Uruguai ou não é apaixonado por futebol, também não levará muito tempo para preencher o espaço em branco e dar sentido à frase, embora provavelmente não com a mesma palavra.

Vamos imaginar que podemos coletar todo o texto disponível na Internet. Ou seja, todas as informações que estão na Wikipédia, em portais de notícias, em páginas de países, na Biblioteca País do Ceibal, entre muitas outras. Embora essas informações não sejam rotuladas, elas seguem

¹⁰ As versões mais recentes também incluem outras modalidades, como imagens e áudios.

¹¹ Frase famosa de Obdulio, el Negro Jefe, Varela durante o Maracanazo em 1950.

os padrões do idioma em que cada texto está escrito. Isso nos permite formular um problema de aprendizado supervisionado, simplesmente mascarando palavras aleatoriamente, para construir o que é conhecido como Grande Modelo de Linguagem (LLM na sigla em inglês, que corresponde ao componente GPT no caso do ChatGPT).

Na imagem a seguir, vemos um exemplo de distribuição das proporções de palavras que poderiam completar a frase da música de Zitarrosa com maior significado para esse modelo de linguagem¹². O modelo de IA poderia completar os versos: "Dice mi padre que ya llegará / Desde el fondo del tiempo otro ____"¹³ com a seguinte lista de palavras.



67

Neste caso, a IA usaria a palavra "día", porque é a mais provável para o modelo, ao contrário da letra da música, onde a palavra é "tempo".

Embora o caso dos grandes modelos de linguagem seja bem diferente do exemplo que vimos anteriormente de imagens de cães e gatos, também para prever o próximo texto ou a palavra que está faltando, a máquina precisa tomar uma decisão entre várias opções possíveis. Conceitualmente, a ideia é semelhante, só que agora a decisão é mais complexa e as opções não são apenas duas, como no caso de cães e gatos. O modelo de linguagem deve escolher qual palavra ou palavras são as mais adequadas para completar a resposta. Nesse sentido, o processo de aprendizagem também será marcado pela estimativa de um conjunto

¹² Exemplo de aplicativo da Web no qual podemos ver um caso desse problema, no qual o objetivo de cada tarefa é encontrar a palavra oculta: https://huggingface.co/spaces/CeibalUY/enmascaramiento_lenguaje

¹³ *Adagio en mi país*. Alfredo Zitarrosa.

de números, que normalmente chamamos de “parâmetros do modelo”. No exemplo que mostramos anteriormente, baseado no comprimento das orelhas, o problema foi reduzido a encontrar apenas um número para identificar o limite entre as duas categorias. Em um sistema como o ChatGPT, a quantidade de números é um pouco maior: mais de 175 milhões de parâmetros no GPT-3.5 e, no caso de seu sucessor, o GPT4, estamos falando de 1,76 bilhão de parâmetros.

Um modelo dessa magnitude, que precisa aprender um número tão grande de parâmetros, claramente requer muito poder de computação para encontrar os melhores parâmetros. Isso comprova a importância do avanço dos processadores no desenvolvimento da IA, ou seja, a capacidade de fazer mais e mais contagens por segundo a cada dia. Além disso, os avanços nos algoritmos de aprendizado de máquina também são fundamentais, pois permitem que os processos de treinamento sejam realizados com o menor número possível de cálculos.

No caso do ChatGPT ou de aplicativos de conversação semelhantes, há também uma etapa extra muito relevante na construção do sistema: à intervenção humana que rotula um conjunto de perguntas e respostas, indicando quais são adequadas e quais não são. Dessa forma, o sistema — ou seja, os milhões de parâmetros — é ajustado para que os resultados gerados correspondam aos exemplos rotulados de entradas e saídas corretas.

Como funciona?

Há duas dimensões intimamente relacionadas que envolvem a mesma pergunta que estamos respondendo ao longo do capítulo, com foco em entender melhor como a IA é construída e como funciona. Nesse sentido, essas dimensões buscam aprofundar a compreensão dos conceitos fundamentais por trás dos aspectos mais técnicos da área, visando o uso, o entendimento e o desenvolvimento de técnicas de IA em diferentes níveis de complexidade.

Representação do conhecimento

A primeira dimensão relacionada ao funcionamento da IA, conforme mencionado acima, tem a ver com a representação computacional do conhecimento. Ou seja, procuramos responder à questão de como o conhecimento é modelado em um computador, qual é o seu modelo do mundo. Isso envolve trabalhar com **dados, sensores, representações** e a análise do **papel humano** nas definições associadas a esses elementos (Long e Magerko, 2020; Olari e Romeike, 2021).

69

As competências específicas a serem promovidas nessa dimensão são:

- Compreender os conceitos básicos de tipos de dados.
- Coletar informações relevantes de um conjunto de dados para processamento posterior com ferramentas baseadas em IA.
- Visualizar dados com algoritmos de IA.
- Reconhecer que sensores diferentes geram dados distintos e identificar sensores em dispositivos diferentes.
- Compreender que os computadores percebem o mundo usando sensores.

- Reconhecer diferentes representações computacionais do conhecimento e descrever alguns exemplos.
- Explicar os resultados, inclusive os erros, analisando as respostas fornecidas pela IA e desafiando-as com perguntas.
- Reconhecer o papel fundamental que as pessoas desempenham na representação computacional do conhecimento em soluções baseadas em IA.

	AI4K12	AI Literacy
	Grandes ideias #1 Percepção #2 Representação e raciocínio #4 Interação natural	Competências #7 Representações #10 Papel humano na IA #11 Alfabetização em dados #15 Sensores

Aprendizado computacional

A segunda dimensão associada ao funcionamento da IA concentra-se no aprendizado computacional, ou seja, nos mecanismos que permitem que um computador aprenda. Isso envolve a definição de uma tarefa específica e o uso de algoritmos para que as máquinas adquiram o conhecimento necessário para resolvê-la com sucesso.

No campo do aprendizado computacional, destaca-se o **aprendizado de dados**, que inclui a análise e o processamento de grandes volumes de informações para extrair padrões e conhecimentos relevantes. Por meio do **aprendizado de máquina**, as máquinas são capazes de aprender de forma autônoma com os dados, identificando regularidades e gerando modelos preditivos ou descritivos. A **programação** desempenha um papel fundamental, pois permite a implementação de algoritmos de aprendizado e o desenvolvimento de soluções inteligentes. Além disso, o **papel humano** na definição de tarefas, na avaliação de resultados, na interpretação de modelos e na responsabilidade ética no uso da IA deve ser considerado (Kim et al., 2021; Long e Magerko, 2020; Ng et al., 2021; Sentance e Waite, 2002).

As competências específicas a serem promovidas nessa dimensão são:

- Reconhecer que os computadores são capazes de aprender com os dados, inclusive com seus próprios dados.
- Descrever como os dados de treinamento podem afetar os resultados de um algoritmo de IA.
- Reconhecer e descrever exemplos de como um computador raciocina e toma decisões. Aprender sobre a simulação do processo de raciocínio lógico humano com um modelo de computador.
- Compreender o processo de aprendizagem de máquina e as práticas associadas e os desafios envolvidos.
- Compreender que os computadores são agentes programáveis que podem ser informados sobre as tarefas a serem realizadas por meio de uma sequência de códigos.
- Projetar e programar aplicativos usando IA. Avaliar, prever e projetar com aplicativos de IA.
- Explorar modelos criados por outras pessoas. Remixar ou reutilizar o código.
- Reconhecer que as pessoas desempenham um papel fundamental na programação, na seleção de modelos e no ajuste fino dos sistemas de IA.

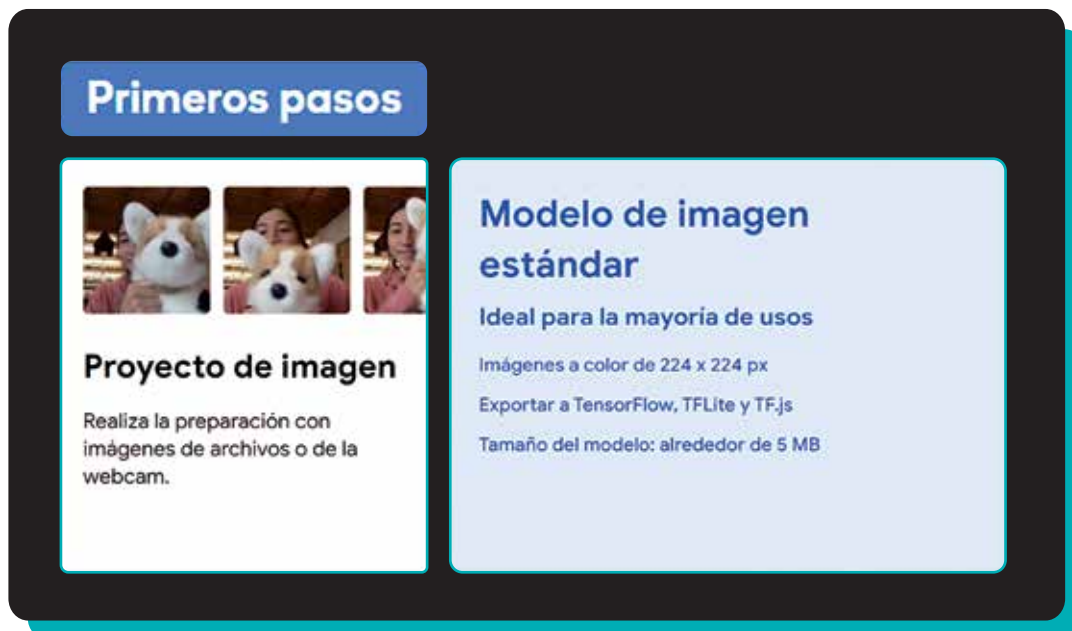
71

	AI4K12	AI Literacy
	Grandes ideias	Competências
	#2 Representação e raciocínio	#8 Tomada de decisões
	#3 Aprendizagem	#9 Etapas do aprendizado de máquina
	#4 Interação natural	#10 Papel humano na IA
		#12 Aprender com os dados
		#13 Interpretação crítica dos dados
		#14 Ação e reação
		#17 Programabilidade

SorriA, você está sendo treinado

Desafiar o grupo a treinar seu próprio modelo de aprendizado de máquina para classificar imagens.

Usando o recurso Teachable Machine¹⁴, propomos a criação de um projeto de imagem.



Para descrever a atividade e como exemplo, criaremos um modelo que distinga se uma pessoa está sorrindo ou não. Portanto, formularemos duas classes: "Sorriso detectado" e "Nenhum sorriso detectado". Assim, o problema definido é elaborar um detector de sorrisos. Agora precisamos de um conjunto de dados com o rótulo correspondente para criar a representação de Sorriso e Não-sorriso do computador.

¹⁴ <https://teachablemachine.withgoogle.com/>

Sonrisa detectada ✎

Añadir muestras de imágenes:

Webcam

Subir

No se detecta sonrisa ✎

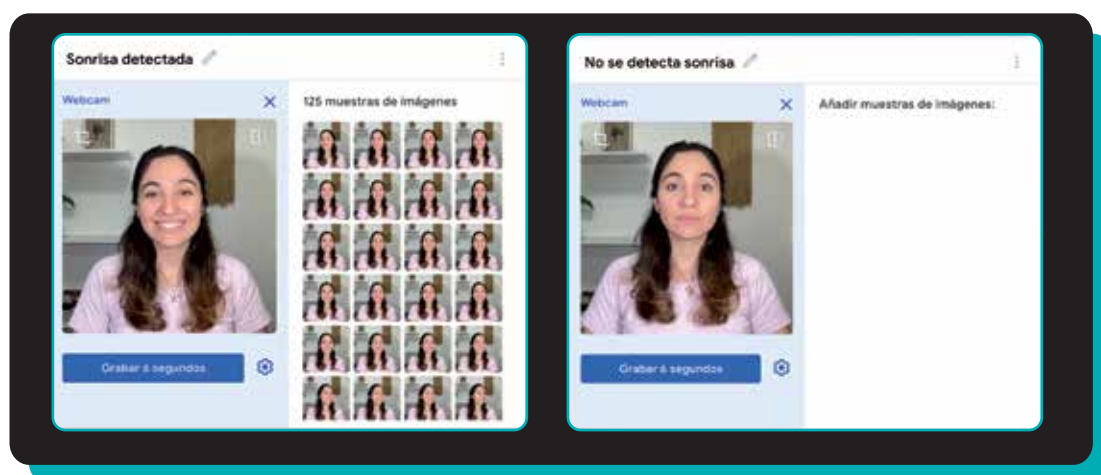
Añadir muestras de imágenes:

Webcam

Subir

73

É possível incluir imagens usando fotos ou a câmera. Para fazer várias capturas, é preciso manter o botão pressionado.



Depois de definir o problema e o conjunto de dados, o modelo é treinado e o desempenho testado.

O que acontece ao testá-lo no mesmo local onde foi treinado? E se for testado por outra pessoa?

Sugere-se que testem o modelo afastando-se e aproximando-se da câmera, mudando o cenário onde se encontram, com diferentes iluminações e objetos, incorporando elementos no rosto, como óculos ou mudanças de penteado. Desta forma, é possível avaliar se a previsão da classe está correta. Também pode-se exportar o modelo e, assim, evitar que sejam usadas as imagens com as quais foi feito o treinamento.

Os modelos são compartilhados para testar e encontrar falhas.
Perguntas-guia:

- *Como podemos melhorar a resposta do modelo?*
- *A quantidade de dados é importante para a criação?*
- *O que poderíamos fazer se quiséssemos que isso funcionasse para toda a classe?*
- *Que outras ideias para o reconhecimento de imagens podem ser criadas?*



Sugestões

Contextualizar em um problema real para o grupo. Tornar mais complexo o modelo e refletir junto com o grupo sobre a representação durante o treinamento.



Recursos



[Teachable Machine](#)



Objetivos da IA

Compreender o processo de aprendizagem das máquinas, bem como as práticas associadas e os desafios envolvidos.

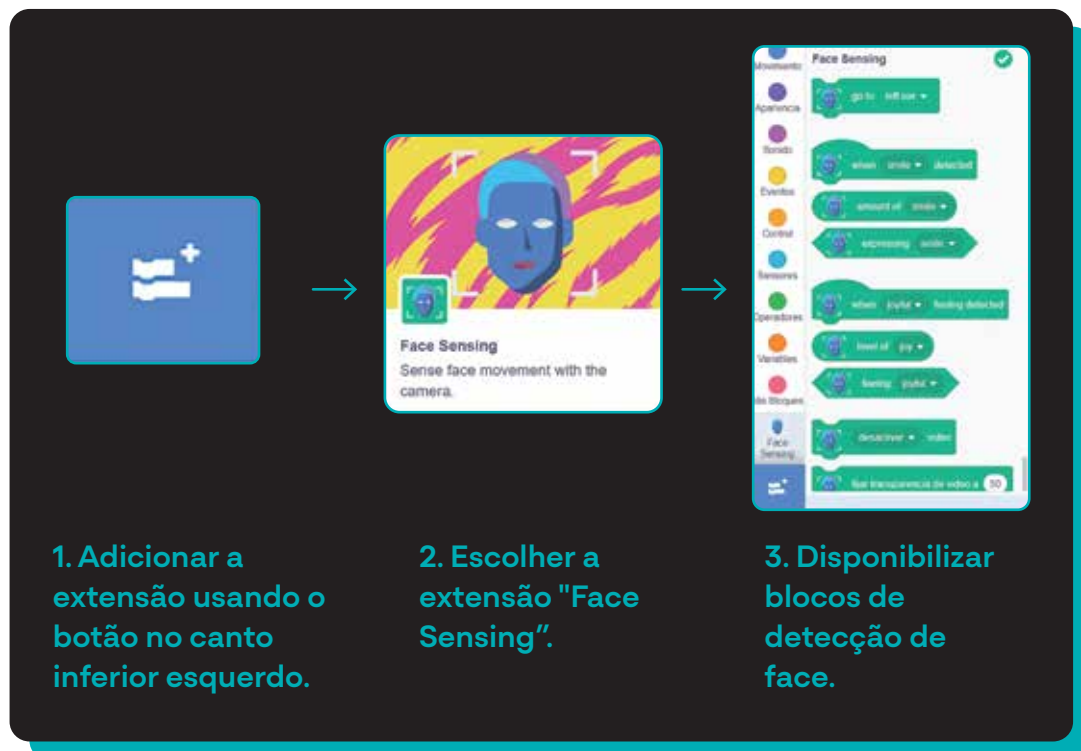
Reconhecer que os computadores são capazes de aprender com os dados, inclusive com seus próprios dados.

Colocando as emoções em movimento

Programar um personagem para agir de acordo com o reconhecimento facial.

No início da atividade, apresentamos a ferramenta de programação PoseBlocks¹⁵ e desafiamos o grupo de alunos a explorar o recurso, especialmente as extensões. Caso o grupo já tenha experiência com programação no Scratch, pode-se propor uma pesquisa sobre semelhanças e diferenças entre as duas ferramentas.

As etapas a seguir são necessárias para acessar os blocos de reconhecimento facial:



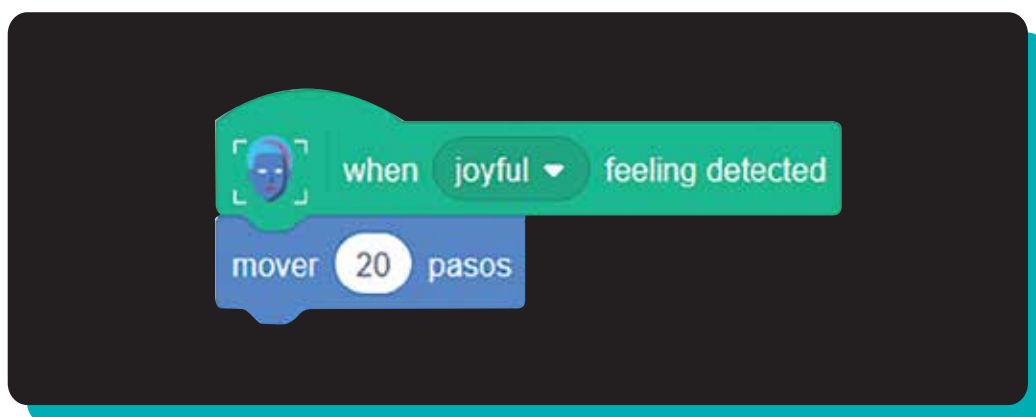
¹⁵ <https://playground.raise.mit.edu/create/>

Propor que cada aluno explore os blocos, identificando o que eles fazem.

No caso da detecção de felicidade, o bloco referente a sentimentos ou sorrisos pode ser usado. Essa comparação pode ser feita para outras emoções.

Após a exploração guiada, o grupo de alunos será convidado a criar um programa que mova um personagem ao detectar uma emoção — por exemplo, a alegria.

Um programa possível poderia ser este:



A complexidade do programa pode ser ajustada de acordo com a experiência e a motivação do grupo. Eles podem ser convidados a adicionar outro personagem e explorar outros blocos. Os programas são compartilhados para que cada aluno possa experimentar outras criações.

Em seguida, é proposta uma reflexão, com base em perguntas do tipo:

- *Como o computador detecta que estamos felizes, tristes ou com raiva? Que sensor permite que ele nos reconheça?*
- *Como vocês acham que esses blocos de detecção de face foram criados? Quantas pessoas precisam ter posado alegremente na frente da câmera para que o computador detecte nossa emoção?*
- *Vocês conhecem algum outro aplicativo que detecta nossos rostos? Já usaram filtros de imagem? O que vocês sabem sobre esses filtros de imagem usados por algumas redes sociais?*



Sugestões

Recomenda-se ter conhecimento prévio de programação em Scratch. É possível trabalhar em conjunto com inglês, já que os blocos não podem ser traduzidos para o espanhol.

Tornar mais complexo o comportamento do personagem no Scratch e promover uma reflexão em grupo sobre como o modelo foi treinado.



Objetivos da IA

Entender que os computadores são agentes programáveis que podem receber instruções para realizar tarefas através de uma sequência de código.

Reconhecer e descrever exemplos de como um computador raciocina e toma decisões.



Recursos



[PoseBlocks](#)

Que palavra está faltando?

Testar um modelo de IA para identificar as palavras que estão faltando em uma frase.

Pegue uma frase de um(a) autor(a) de uma obra, um livro ou um tópico sobre o qual esteja trabalhando em sala de aula e remova uma palavra da frase. Vamos pegar uma frase do livro: Dom Quixote de la Mancha como exemplo:¹⁶

"Em um lugar da Mancha, cujo nome não quero lembrar, não faz muito tempo vivia um fidalgo dos de lança em estaleiro, adarga ____, cavalo magro e galgo corredor".

Peça aos alunos que preencham a palavra que está faltando. *Quais palavras aparecem? Qualquer palavra pode ocupar esse espaço? Alguma palavra se repete? Por que o autor teria escolhido essas palavras e não outras? O que vocês teriam escolhido e por quê?*

Use o recurso de Mascaramento de palavras¹⁷ para conferir a distribuição das palavras que podem preencher o espaço vazio. No exemplo de Cervantes, o prompt seria:

"Em um lugar da Mancha, cujo nome não quero lembrar, não faz muito tempo vivia um fidalgo dos de lança em estaleiro, adarga [MASK], cavalo magro e galgo corredor".

As palavras que aparecem são: preta, grande, longa, velha, branca.

¹⁶ Disponível na Biblioteca País do Ceibal:

<https://bibliotecapais.ceibal.edu.uy/info/don-quijote-de-la-mancha-00019362>

¹⁷ https://huggingface.co/models?pipeline_tag=fill-mask&sort=trending

As palavras no recurso são semelhantes às aquelas fornecidas pelo grupo e, se for uma frase conhecida, como no exemplo, a palavra que realmente ocupa o lugar aparece?

O recurso é explorado ainda mais com o uso da mesma frase e a ocultação de palavras diferentes.

Refleta com o grupo sobre as perguntas a seguir:

- *Como vocês acham que essas porcentagens mostradas no recurso são calculadas?*
- *Será que nós, humanos, fazemos algo semelhante quando se trata de completar frases?*
- *Se a máquina usar a IA para completar frases dessa forma, ela sempre dirá a verdade?*
- *Como podemos alterar as porcentagens mostradas no recurso?*



Sugestões

É necessário que o grupo tenha domínio da leitura e da escrita.



Objetivos da IA

Uso de ferramentas de IA.

Abordagem para o funcionamento da IA.

Introdução ao conceito de IA generativa.

81



Recursos



Word Masking

Frases semelhantes

Comparar a similaridade de diferentes frases usando um modelo de inteligência artificial.

Seguindo a ideia da atividade anterior, pegue uma frase de um(a) autor(a) de uma obra, de um livro ou de um tópico que esteja sendo trabalhado em sala de aula. Vamos tomar como exemplo uma parte de uma frase do livro Dom Quixote de la Mancha¹⁸:

"Em um lugar da Mancha, cujo nome não quero lembrar,"

Peça aos alunos que escrevam uma frase semelhante à anterior. *O que significa "frases semelhantes"? Que características elas devem ter para serem parecidas? As frases se repetem no grupo?*

Use o recurso *Similaridade de frases*¹⁹ para verificar o grau de semelhança, em termos percentuais entre cada frase. Copie alguns exemplos do grupo.

No exemplo, escrevemos:

- *"Em um lugar no Uruguai, cujo nome eu não quero lembrar".*
- *"Não consigo me lembrar do nome do lugar onde isso aconteceu".*
- *"Não quero me lembrar do nome do lugar da Mancha".*

Qual dessas frases apresenta o maior percentual de similaridade?

¹⁸ Disponível na Biblioteca País do Ceibal: <https://bibliotecapais.ceibal.edu.uy/info/don-quijote-de-la-mancha-0001936>

¹⁹ https://huggingface.co/models?pipeline_tag=sentence-similarity

Permita que o grupo use frases diferentes, extraídas da mesma fonte ou de onde for relevante para a dinâmica.

Reflita com o grupo sobre as seguintes questões:

- *Como vocês acham que essas porcentagens mostradas no recurso são calculadas?*
- *Nós, seres humanos, fazemos algo semelhante quando pensamos que duas frases são parecidas?*
- *Se duas frases forem semelhantes, posso usá-las indistintamente?*
- *Quando vocês acham que as pessoas fazem algo semelhante? Ao ler um texto e resumi-lo? Quando alguém não entende algo e eu preciso explicar de uma maneira diferente? Vocês conseguem pensar em outros exemplos?*



Sugestões

É necessário que o grupo tenha domínio da leitura e da escrita.



Objetivos da IA

Uso de ferramentas de IA.

Abordagem para o funcionamento da IA.

Introdução ao conceito de IA generativa.



Recursos



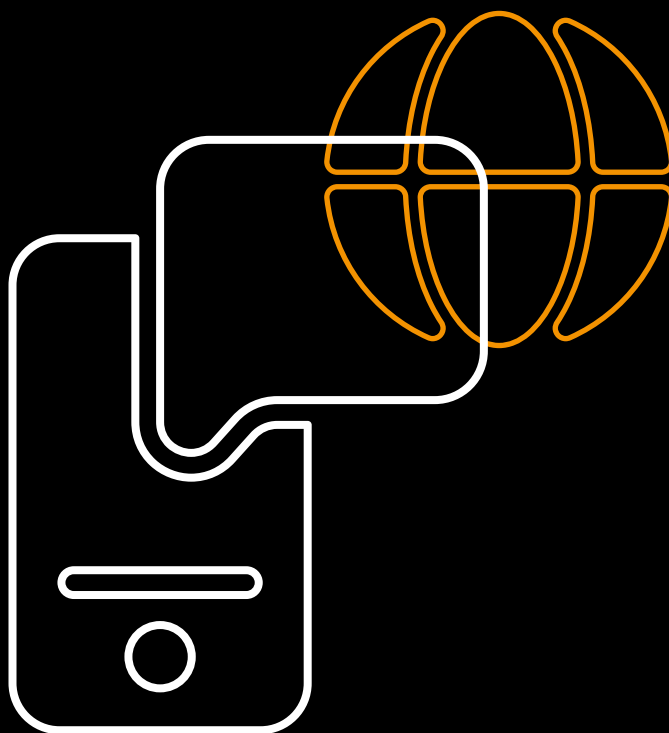
[Similaridade de frases](#)

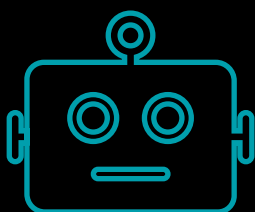


Capítulo 4.1

Como usar a IA?

Abordagem computacional





Como usar a IA?

Abordagem computacional

Depois de descrever, em termos gerais, os fundamentos da IA, enfrentamos a terceira e última grande questão que abordamos no livro: para que e como usar a IA? Dividimos a resposta em dois aspectos (organizados em dois capítulos) que devem estar presentes na abordagem de qualquer problema e fazem parte das respostas à pergunta sobre o que buscamos alcançar com a incorporação da IA no contexto do sistema educacional. Os dois lados da moeda são: como podemos fazer isso e quais são os efeitos e as consequências? Embora a consideração dos possíveis impactos seja inerente à resolução de problemas, a reflexão ética também pode ocorrer de forma independente. Neste capítulo, começamos com o primeiro componente e vamos descrever em que podemos nos basear para enfrentar a solução desse tipo de problema.

87



O **potencial** dos computadores

Quanto maior for o impacto da IA, mais relevante se torna promover o pensamento crítico e a criatividade para gerar aprendizado ao longo da vida e uma cidadania preparada para os desafios que esses algoritmos envolvem. Nesse sentido, o vínculo que geramos entre cada aluno e a ciência da computação é fundamental porque pode impulsionar, ou não, abordagens participativas que nos permitam desmistificar a IA e desenvolver a consciência ética, a fim de tomar decisões informadas em suas atividades sociais e profissionais (Romero, 2023).

88

Daí a ideia, em muitos países, de considerar a ciência da computação — e sua incorporação sistemática na sala de aula — com o pensamento computacional em seu núcleo. No caso do Uruguai, desde o Ceibal²⁰. O pensamento computacional envolve a resolução de problemas, o pensamento crítico e criativo e as habilidades de tomada de decisões informadas nesse mundo complexo e dinâmico da IA. Essa amplitude dá origem a marcos e abordagens que promovem a análise e a reflexão empática de diversas situações, a variedade de representações e a operacionalização de soluções, colocando em ação estratégias metacognitivas associadas ao pensamento computacional (Romero, 2023). É sob esse guarda-chuva que concebemos a abordagem computacional, ao mesmo tempo em que reconhecemos que certas visões do pensamento computacional, centradas na programação tradicional, exigem um reajuste (Tedre et al., 2021b).

Pensamento computacional

Quando falamos de uma abordagem computacional, consideramos algumas características que impulsionam a visibilidade de alguns tipos de pensamento que são considerados valiosos. É que o pensamento

20 Programa de PC e IA: pensamientocomputacional.ceibal.edu.uy

computacional é, em sua essência, baseado na criação de artefatos que externalizam e materializam as ideias humanas de uma forma que o computador possa interpretá-las e processá-las (Kong e Abelson, 2019).

Assim, o pensamento computacional envolve tanto os processos de resolução de problemas quanto os processos de expressão e criação de linguagem que permitem e possibilitam a criação desses artefatos externos mencionados acima.

Algumas ideias poderosas²¹ são materializadas e tornadas mais tangíveis para cada aluno por meio da mediação da tecnologia digital (Papert, 2000). É nesse sentido que a programação é um meio e uma ferramenta para o pensamento computacional (Bers, 2020). Ela envolve maneiras de representar e formular ideias de forma que possam ser compreendidas por outras pessoas (Schulman, 1986) e pelos computadores. Ao programar, cada aluno pode ser visto como alguém que está ensinando o computador a executar uma tarefa e, nesse processo, recebe um feedback imediato sobre se a meta foi alcançada ou não.

Como vimos nos capítulos anteriores, uma das principais funções humanas na criação de artefatos de IA é a formulação de um problema. Esse processo, juntamente com o design de soluções, tem esses recursos ricos para o pensamento. São processos incrementais e iterativos que envolvem diferentes etapas com alguma sistematização: identificar problemas, imaginar ideias e perguntas, planejar, criar e desenvolver soluções, testar e melhorar, refletir e compartilhar (Bers, 2020; Resnick, 2007).

No processo de resolução, entram em jogo diferentes elementos associados ao pensamento computacional. De certa forma, a abstração, ligada à análise da situação e à necessidade de identificar os aspectos mais relevantes do problema. Se voltarmos ao exemplo da classificação de cães e gatos, esse ponto está relacionado à revisão de quais características podemos considerar para a classificação (pode ser a forma, a cor, o tamanho do animal, o comprimento das orelhas, entre outras possibilidades). Esse processo de análise também inclui a decomposição em partes, considerando também a totalidade da

²¹ O conceito de ideias poderosas proposto por Papert (1990) tem a ver com esses pilares ou blocos de fundação da cultura e do conhecimento.

situação, o que pode ocorrer em diferentes níveis. Voltando ao exemplo, para resolver o problema preciso dividi-lo em diferentes tarefas: por um lado, o processo de coleta de dados e sua rotulagem, por outro, o treinamento e, em seguida, a avaliação.

Se considerarmos o processo de treinamento de um modelo de IA, surge a tarefa de encontrar padrões e semelhanças nos dados utilizados para generalizar novos casos. A generalização e a transferência também são elementos constitutivos do pensamento computacional e podem ser visualizadas pela aplicação de diferentes soluções a esse ou a outros problemas. Como vimos no aprendizado de máquina com o exemplo de cães e gatos, foi necessário fazer cálculos e seguir determinadas etapas para encontrar o valor de classificação ideal segundo o comprimento das orelhas.

Ou seja, a forma que o computador usa para resolver a tarefa de encontrar padrões está associada a quais algoritmos estão envolvidos no treinamento. Em termos de pensamento computacional, pensar algorítmicamente para entender e criar a partir dessa operação tem a ver com pensar em termos de sequências e regras para criar algoritmos.

90

Mas o processo não termina aí: saber se é o melhor valor para o problema a ser resolvido também envolve a avaliação do desempenho, a análise de alternativas e soluções e a tomada de decisões sobre o uso de recursos.

Das habilidades mencionadas acima, a abstração, a decomposição, a generalização, o pensamento algorítmico e a avaliação sintetizam amplamente os processos que constituem o pensamento computacional (Dagienè e Sentance, 2016).

Assim, os ambientes de programação têm recursos muito valiosos em termos de promoção do aprendizado: há feedback imediato e tangível; ao executar o programa, é possível visualizar os erros lógicos que possam existir, os resultados obtidos e as diferenças em relação ao que se pretendia alcançar. Quando nos deparamos com um problema em um programa, formulamos hipóteses sobre o que pode estar errado e elaboramos testes para confirmar ou refutar essas hipóteses. Com base nos resultados, ajustamos nossas ideias e repetimos o processo.

A introdução à programação é um meio, uma forma de promover o pensamento computacional. Também pode ser uma oportunidade de aprendizado para estimular certas atitudes, como a autoconfiança e a perseverança. Isso pode ocorrer mediante a elaboração de projetos ou da depuração e avaliação de erros, buscando impulsionar o esforço para enfrentar dificuldades crescentes cada vez mais complexas (Bers, 2020). A abordagem pedagógica da programação em pares favorece a colaboração, a comunicação e incentiva o trabalho complementar, assim como o ato de pedir e receber ajuda (Hanks et al., 2011).

Inteligência artificial

O pensamento computacional é um processo sistemático que busca criar sinergias entre as capacidades humanas e o potencial dos computadores. Nesse sentido, há pelo menos dois aspectos ligados à IA. Por um lado, elementos em termos de desenvolvimento de aplicativos e tecnologias, que envolvem parcial ou totalmente aspectos de aprendizado de máquina. Por outro lado, estratégias de pensamento²² ou cadeias de pensamento aplicadas a processos que usam IA para resolver problemas.

No primeiro caso, um exemplo é o desenvolvimento de um aplicativo que combina programação tradicional (com base em um conjunto de instruções) com módulos de IA para resolver problemas concretos, como o reconhecimento de imagens. Pode ser o caso de alguns aplicativos de celulares que agrupam as fotos por categorias, utilizando processamento de imagens para reconhecer pessoas ou lugares. Esse procedimento permite agrupar as imagens com base nessas características, criando uma espécie de índice que, depois, habilita a pessoa a usar um mecanismo de busca para encontrar o que deseja. Tanto a interface com a qual o usuário interage quanto o algoritmo de pesquisa são programados da maneira tradicional.

É importante ressaltar as diferenças entre o ciclo de programação com IA e o paradigma de programação tradicional, que, em última análise, são complementares. Na programação tradicional, o que fazemos é escrever regras para o computador seguir e, assim, obter uma saída de acordo

²² Do inglês Chain-of-Thought, entendido como a cadeia de pensamento e as interações com aplicativos de IA generativa, associadas ao prompting (Chen et al., 2023).

com cada entrada. Nos módulos de IA, por sua vez, um dos elementos centrais são os dados (tanto em quantidade quanto em qualidade), e o que se busca é que o computador infira regras a partir de um conjunto de dados para os quais o resultado esperado é conhecido. Em outras palavras, a principal diferença é que a programação tradicional é baseada em regras, enquanto o aprendizado de máquina é orientado por dados.

Outro aspecto importante a considerar é o processo iterativo na criação de modelos de IA. No exemplo da classificação de cães e gatos, podemos encontrar diferentes problemas ou erros. O processo de avaliação desses modelos difere da depuração da programação tradicional. No caso do classificador de cães e gatos, isso envolve fazer testes com conjuntos de imagens novas que não foram usadas durante o treinamento. A partir daí, podem ser obtidas métricas que dão pistas sobre os pontos fracos e fortes do modelo e, dependendo do problema a ser resolvido, podem surgir perguntas como: será necessário realizar um novo treinamento com um conjunto de dados maior para melhorar os resultados? É preciso adicionar outra categoria na classificação para quando a imagem não for nem de cão nem de gato? Uma lebre poderia ser classificada como gato? Será necessária a interação do nosso modelo com alguma outra camada que module ou regule as respostas?

92

Para se referir às estratégias de pensamento aplicadas ao uso de ferramentas de IA, podemos mencionar a engenharia de prompts, ou prompt engineering. Trata-se de um processo iterativo de estruturação de texto para fazer com que modelos de IA generativos resolvam um problema ou retornem um resultado desejado. Como vimos no capítulo anterior, o ChatGPT é, em essência, um grande autocompletador automático de texto, que funciona com base em probabilidades (não determinísticas). Isso ajuda a entender por que as respostas do ChatGPT a *prompts* semelhantes — ou até idênticos — podem variar. Esse fenômeno abre um universo de possibilidades na construção de *prompts* ou frases que considerem o funcionamento desses grandes modelos de linguagem, com o objetivo de favorecer ou melhorar a chance de obter uma boa resposta do aplicativo. Vejamos um exemplo: se quisermos uma resposta detalhada do ChatGPT, com os passos para resolver um determinado problema, qual das instruções a seguir seria mais eficaz?²³

23 Exemplo original: www.deeplearning.ai/the-batch/issue-211

Prompt 1: [Descrição do problema] + Indique a resposta e explique o raciocínio;

Prompt 2: [Descrição do problema] + Explique o raciocínio e, em seguida, indique a resposta.

Nesse caso, o segundo prompt é mais eficaz para obter uma resposta detalhada, devido às características dos Grandes Modelos de Linguagem²⁴. O modelo gera a resposta prevendo repetidamente as próximas palavras. Com o prompt 1, que começa indicando a resposta, o modelo tentará prever a resposta e, em seguida, escreverá o processo de análise passo a passo, o que pode acabar não tendo relação com a resposta inicial. Em contraste, o prompt 2 orienta o modelo a pensar com mais cuidado antes de chegar a uma conclusão (Ng, 2023).

A gama de opções de prompts é, portanto, ampla, e certas estratégias de pensamento podem ajudar a estruturar o texto ou a fazer um processo iterativo sistemático na busca de respostas. No caso acima, a diferença entre os dois prompts do ChatGPT está refletida na ideia de pensamento passo a passo (Kojima et al., 2022), que é bastante semelhante ao processo de decomposição do pensamento computacional.

Outros usos possíveis do ChatGPT para determinados prompts envolvem fornecer vários exemplos resolvidos (rotulados), a partir dos quais se busca generalizar para novos casos. O uso dessas ferramentas pode gerar textos ou imagens imprecisos, que são aprimorados à medida que o prompt é aperfeiçoado, pois são, em última análise, um feedback imediato para o usuário (Quinn e Poole, 2023).

Pontos fortes e fracos da inteligência artificial

Um aspecto que deve ser lembrado é que, ao usar a IA, os computadores podem cometer erros. Diferentemente da programação tradicional, há um fator probabilístico associado à resposta. Assim como os seres humanos, os sistemas baseados em IA cometem erros, o que nos leva

²⁴ Esse exemplo pode não ser exato, pois os aplicativos de IA conversacionais estão adicionando complexidade em diferentes camadas de processamento, que muitas vezes conseguem incorporar processos como esse.

a refletir sobre seus pontos fortes e fracos. Para avaliar os pontos fortes, é preciso considerar o desenvolvimento da IA em diferentes áreas.

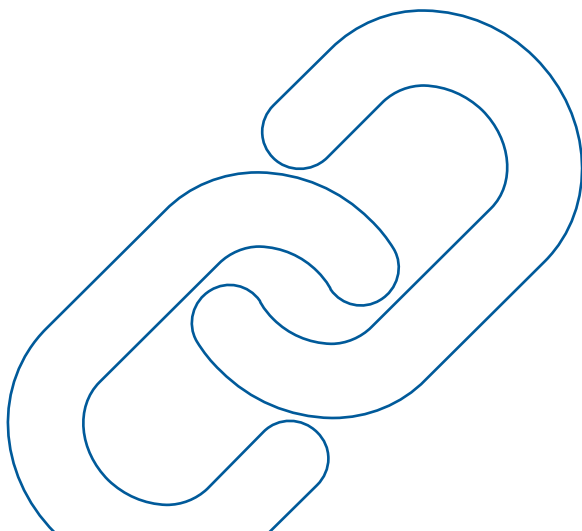
Ao longo dos capítulos anteriores, fizemos referência ao processamento de imagens (ou visão computacional) e ao processamento de linguagem natural (PNL). Mas será que tudo exige IA? Há exemplos claros em que parece não haver espaço para a IA: o que ela poderia acrescentar ao funcionamento de um elevador ou de um controle remoto? Nesses casos, as entradas são específicas, ou seja, há um conjunto limitado de escolhas que podem ser feitas pelos botões do elevador ou do controle remoto (mesmo que tenham muitos botões) ou por um teclado. Para cada botão, o sistema ou computador tem apenas uma saída esperada (ir para o andar 5, ligar a TV, pressionar Enter). Em outras palavras, não faz sentido incluir a IA, a menos que haja uma mudança conceitual ou de paradigma, como substituir o modo de funcionamento por algo que integre a voz. Esse é o caso da funcionalidade do telefone celular que provavelmente temos por perto e que está pedindo atenção (sua função original era substituir o telefone para fazer chamadas — ele ainda serve para isso?). A operação do telefone quando digitamos um número nunca falhará, mas se tentarmos fazer uma chamada por meio de um assistente de voz, poderemos ligar para alguém por engano.

A chave é que, ao contrário do elevador ou do controle remoto, no caso da voz, como no exemplo da classificação de cães e gatos, é muito difícil para a programação tradicional captar a variabilidade das opções de entrada, que é onde a IA apresenta seus pontos fortes.

Três dos eixos centrais do pensamento computacional — abstração, automação e análise (Lee et al., 2011) — estão diretamente ligados à avaliação da necessidade ou do potencial de uso da IA e constituem a abordagem computacional proposta neste capítulo. A abstração serve para entender e formular o problema; a automação, para buscar expressar uma solução que incorpore o poder computacional; a análise, para executar e avaliar essas soluções.

Para colocar a abordagem computacional em prática, é necessário lidar com alguns conceitos e ideias ligados à IA e seus campos de

aplicação, como visão computacional, reconhecimento de voz, tradução, geração de texto ou imagem. Esses elementos permitem aplicar a IA na resolução de problemas em diferentes cenários e contextos, reconhecendo suas características e a adequação dessas tecnologias a cada caso. Parece, então, que o pensamento computacional é uma condição necessária para promover o ensino da IA (Dohn et al., 2022).



Como se usa?

Abordagem computacional

“A dimensão da abordagem computacional abrange as ideias acima e pode ser resumida como **estratégias de resolução de problemas**, tais como a divisão em partes, a implementação de diferentes soluções e a avaliação de sua viabilidade e escopo. Nesse caso, envolvendo particularmente a possibilidade de identificar **os pontos fortes e fracos** da IA. Isso pretende identificar os problemas ou subproblemas mais adequados para serem abordados com uma solução baseada em IA (Kim et al., 2021; Longe Magerko, 2020; Ng et al., 2021). Essa dimensão é análoga e complementar àquela do marco de Pensamento Computacional do Ceibal (2022), denominada *Problemas computacionais*.

96

As competências associadas a essa dimensão são:

- Conhecer o atual campo de aplicação da IA: visão computacional, reconhecimento de voz, tradução, geração de imagens, textos e sons, entre outros.
- Usar a IA para solucionar problemas. Aplicar conhecimentos, conceitos e aplicações de IA em diferentes cenários.
- Reconhecer os tipos de problemas de aplicação direta da IA e aqueles que são mais desafiadores para ela.
- Discernir quando o uso da IA é apropriado e quando outras abordagens são mais adequadas.

	AI4K12	AI Literacy
	Grandes ideias #1 Percepção #2 Representação e raciocínio #3 Aprendizagem #4 Interação natural	Competências #1 Reconhecer a IA #3 Interdisciplinaridade #5 Pontos fortes e fracos da IA #12 Aprender com os dados #14 Ação e reação #17 Programabilidade

Quem copia quem?

Desafiar o grupo de alunos a imitar uma imagem usando um gerador de imagens de IA.

Mostre ao grupo de alunos uma imagem que tenha sido criada anteriormente com um gerador de imagens de IA. Um exemplo:



Imagem criada com o prompt "cão correndo e jogando futebol".

Peça ao grupo de alunos que descreva a imagem que está vendo.

Como eles explicariam a imagem que estamos vendo para uma pessoa? O que chama mais a atenção na imagem e ajudaria a recriá-la?

Por fim, o grupo deve obter uma imagem semelhante à original, usando uma ferramenta de geração de imagens de IA.

Cada grupo apresenta a imagem que obteve junto com o prompt que usou.

Reflita com o grupo:

- *Qual foi o processo pelo qual eles passaram para gerar a imagem?*
- *O que aprenderam com o processo?*
- *Se usarmos a mesma descrição mais de uma vez, a mesma imagem será gerada?*
- *Como deve ser a descrição para que a imagem se adeque com maior precisão à desejada?*



Sugestões

As imagens originais podem ser criadas por humanos ou por computadores. Incentivar o grupo a experimentar diferentes ferramentas de geração de imagens.



Objetivos da IA

Uso de ferramentas de IA.

99

Usar a IA para resolver problemas, neste caso usando a habilidade de depuração.

Introdução ao conceito de IA generativa.



Recursos

Gerador de imagens a partir de um texto.

Desafie a IA

Usar um chatbot com IA para resolver um problema.

Selecione um problema que o grupo de alunos esteja motivado a resolver. Os desafios do Bebras²⁵ podem ser úteis. Selecione um problema que possa ser resolvido por meio de texto, sem a necessidade de imagens.

Peça ao grupo de alunos que o resolva. Pergunte sobre as metodologias para resolver o problema.

Apresente o *chatbot* ao grupo e peça que o usem para resolver o problema.

Quais são as limitações que eles encontram? Todos os problemas podem ser resolvidos usando o chatbot de IA?

Reflita com o grupo:

- *O chatbot resolveu o problema corretamente? Ele explicou como fez isso?*
- *Como podemos fazer para que nos ajude a resolver o problema se não conseguirmos fazê-lo por conta própria?*
- *Que outros usos poderiam ser dados a ele?*

²⁵ <https://pensamientocomputacional.ceibal.edu.uy/bebras-recursos/>



Sugestões

Usar o *chatbot* para refletir sobre seu próprio processo de resolução de problemas e mostrar ao grupo de alunos diferentes estratégias.



Objetivos da IA

Uso de ferramentas de IA.

Uso de IA para resolução de problemas.



Recursos

IA conversacional.

Classificando emoções

Treinar um modelo próprio de aprendizado de máquina que classifique textos.

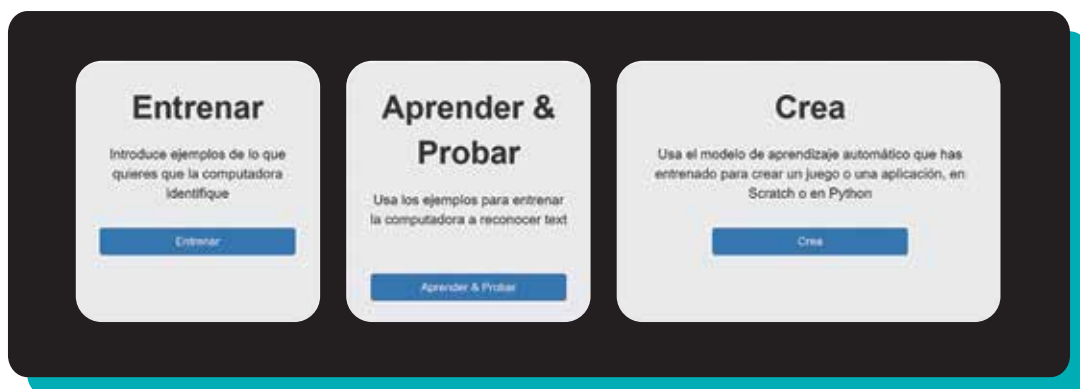
Junto com o grupo, será criado um classificador de texto usando o recurso *Machine Learning for Kids*²⁶. Peça ao grupo de alunos que crie um projeto que reconheça texto (como exemplo, eles podem investigar as outras opções).

Cada grupo pode escrever o nome do projeto que está considerando e o idioma em que deseja trabalhar.



The screenshot shows a form for creating a project. It has three main sections: 'Recommend' with a dropdown menu set to 'texto', 'Idiom' with a dropdown menu set to 'Spanish', and 'Storage' with a dropdown menu set to 'In your web browser'. To the right of the 'Storage' dropdown, there is a small informational box titled 'Where do you want to store this project?' with text explaining that storing in the cloud allows access from any computer and a link to learn more.

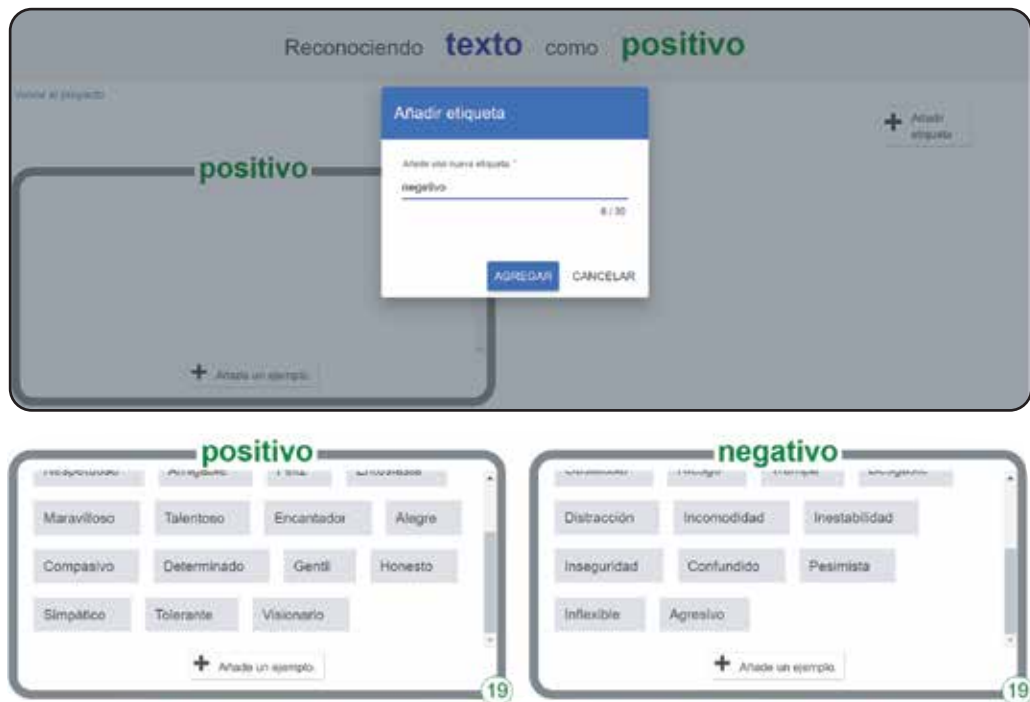
O modelo será então treinado e testado.



The diagram consists of three rounded rectangular boxes arranged horizontally. The first box is titled 'Entrenar' (Train) and contains the text 'Introduce ejemplos de lo que quieres que la computadora identifique' (Introduce examples of what you want the computer to identify) and a blue button labeled 'Entrenar'. The second box is titled 'Aprender & Probar' (Learn & Test) and contains the text 'Usa los ejemplos para entrenar la computadora a reconocer text' (Use the examples to train the computer to recognize text) and a blue button labeled 'Aprender & Probar'. The third box is titled 'Crea' (Create) and contains the text 'Usa el modelo de aprendizaje automático que has entrenado para crear un juego o una aplicación, en Scratch o en Python' (Use the trained machine learning model to create a game or application, in Scratch or in Python) and a blue button labeled 'Crea'.

²⁶ <https://machinelearningforkids.co.uk/#!/projects>

Durante o treinamento, é importante incluir as classes a serem distinguidas e fornecer exemplos para cada uma.



Para adicionar exemplos, é possível explorar, junto com o grupo de alunos, as próprias ideias deles, assim como buscar na internet palavras associadas a cada categoria. Neste caso, trabalha-se com palavras que tenham conotação positiva ou negativa, mas é possível experimentar com o tema que estiver sendo trabalhado em sala de aula.

Quando as classes estiverem carregadas com exemplos, voltar ao projeto e treinar.



O modelo criado é testado e desafiado com perguntas.

Two screenshots of a text classification interface. The first screenshot shows a text input field with the word "Inseguro" and a "Probar" button. Below the input, it says "Identificado como **negativo** with 91% confidence". The second screenshot shows a text input field with the word "Luna" and a "Probar" button. Below the input, it says "Identificado como **positivo** with 4% confidence".

Nesse caso, por que a lua seria negativa? Isso está certo ou errado?

104

Por fim, é possível refletir sobre todo o processo de criação e os diferentes resultados obtidos:

- *O que significa a porcentagem que aparece abaixo da categoria correspondente?*
- *Como podemos fazer para que o modelo responda de forma mais precisa aos nossos exemplos?*
- *Que problemas são identificados nesses modelos? O que acontece se ele classificar uma palavra na categoria errada?*
- *Seria possível criar um programa sem usar IA para resolver esse problema? Quais seriam as limitações dessa abordagem?*



Sugestões

Tornar mais complexa a classificação das emoções e explorar maneiras de obter dados de forma fácil e rápida para criar o modelo.



Recursos



[Machine Learning for Kids](#)



Objetivos da IA

Conhecer o atual campo de aplicação da IA: visão computacional, reconhecimento de voz, tradução, geração de imagens, textos e sons, entre outros.

Compreender o processo de aprendizagem de máquina, bem como as práticas associadas e os desafios envolvidos.

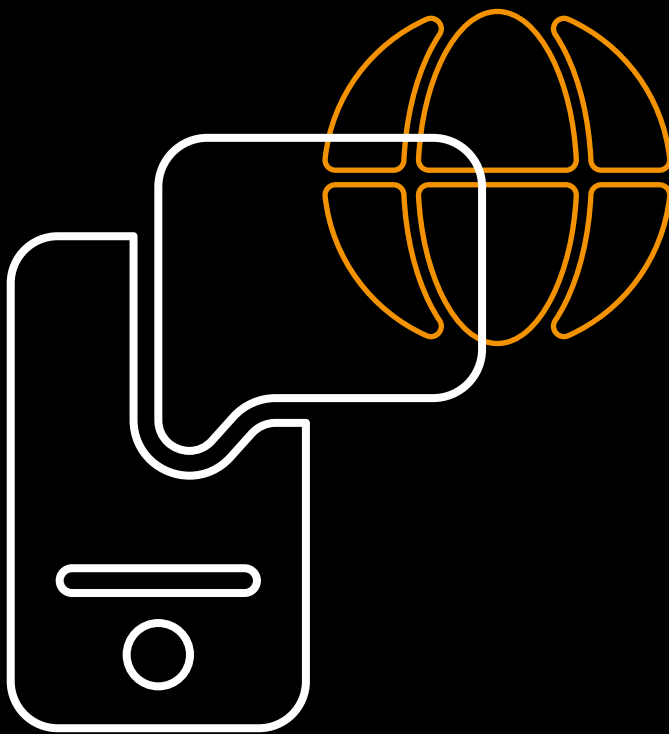
Reconhecer que os computadores são capazes de aprender com os dados, inclusive com seus próprios dados.

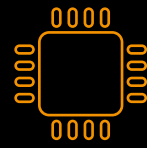
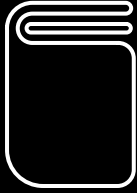


Capítulo 4.2

Como usar a IA?

Aspectos éticos e impacto social





Utopia ou **distopia?**

Como tem sido o caso desde as origens da humanidade, todo avanço tecnológico nos confronta com o dilema ético dos diferentes usos possíveis que uma tecnologia pode ter. No caso da inteligência artificial, não é diferente. Assim como em épocas passadas, precisamos estar preparados para lidar com os eventuais usos negativos das tecnologias que a IA permite construir, além de reconhecer as implicações que sua existência pode trazer. Essa reflexão está relacionada ao fato de que, em geral, é inevitável que existam usos mal-intencionados — algo que é frequentemente ilustrado em filmes de ficção científica ou de super-heróis. Seguindo essa analogia, nosso objetivo deve ser garantir que, ao final do caminho, o bem prevaleça.

Além disso, outro aspecto relevante, não necessariamente associado ao uso mal-intencionado, é o impacto social dos avanços tecnológicos. Isso também é algo que já foi evidenciado no passado: as máquinas substituem tarefas humanas, e a Revolução Industrial foi um grande exemplo disso. Esse tipo de transformação leva à eliminação de milhares de empregos (embora também possam surgir muitos outros) e provoca mudanças culturais, econômicas e ambientais. Saber como lidar com esse processo de forma adequada, para evitar rupturas que gerem sérios problemas sociais, é um grande desafio — e algo que deve estar sempre presente nas discussões sobre transformação digital.

109

Problemas intrínsecos à inteligência artificial

Um dos principais problemas da IA está associado ao processo de aprendizagem e aos dados de treinamento necessários para criar sistemas baseados nessa tecnologia. Como vimos anteriormente, esse mecanismo gera um sistema não determinístico e, portanto, não é infalível, pois não importa quão baixa seja a probabilidade de erro, sempre haverá pelo menos uma chance mínima de que isso aconteça. A esse fator soma-se outro desafio: o adequado tratamento e seleção dos dados de treinamento durante o processo de aprendizagem.

Se voltarmos ao nosso exemplo de imagens de cães e gatos, é muito importante que o conjunto de dados de treinamento seja o mais abrangente possível das diferentes raças de ambos os tipos de animais. Se esse não for o caso e, por exemplo, determinadas raças estiverem sub-representadas ou não forem amostradas no conjunto de treinamento, isso se refletirá no desempenho do sistema resultante. Essas raças provavelmente não serão reconhecidas de forma adequada, o que gerará um viés nos resultados do sistema. Isso aconteceu em vários sistemas reais que, por exemplo, não foram treinados com dados suficientes de grupos étnicos com diferentes características fenotípicas. Se esses resultados forem sistemáticos, eles não serão mais erros, mas vieses (Ferrante et al., 2022).

Outro problema semelhante ocorre quando o conjunto de treinamento inclui os vieses que nós, humanos, temos — também conhecidos popularmente como preconceitos. Um exemplo claro desse problema pode ser encontrado hoje nos tradutores que usamos diariamente, quando traduzimos de um idioma que nos permite escrever frases com um sujeito sem gênero definido (por exemplo, *The teacher is very smart and pretty*) para outro idioma em que isso não é possível, como o espanhol. Embora muitos tradutores tenham começado a corrigir isso, incorporando as diferentes opções possíveis quando o idioma força a definição de gênero, em geral ainda não funcionam com frases mais complexas (por exemplo, *The teacher is very smart and pretty, while standing in front of the classroom*)²⁷. Esse problema está diretamente associado aos dados de treinamento utilizados para construir o tradutor: a maioria dos textos traz professores, enfermeiras e faxineiras, geralmente associadas ao gênero feminino, enquanto engenheiros, advogados e contadores costumam estar associados ao gênero masculino. Em outras palavras, o problema se deve a um desequilíbrio nos dados, um viés que existe na realidade e, portanto, será refletido no sistema resultante, a menos que seja devidamente considerado no treinamento para corrigi-lo. Da mesma forma, estão os problemas associados ao que “o olho do computador não vê”, por exemplo, na detecção de pessoas de diferentes etnias pela visão computacional.

Outros aspectos que evidenciam a complexidade estão ligados aos vieses e às formas de mitigá-los, sendo que, na tentativa de evitá-los, às vezes acabam sendo introduzidos comportamentos indesejados.

27 O Tradutor do Google apresenta o seguinte resultado: “A professora é muito inteligente e bonita, enquanto está parada em frente à sala de aula.” em agosto de 2024.

Muitas IA generativas, sejam elas baseadas em texto ou em imagem, têm camadas em sua arquitetura que tentam evitar ou corrigir esses problemas. No entanto, ao tentar não reproduzir vieses ou dar respostas politicamente corretas, podem surgir exemplos de contradições históricas (como no caso do Gemini, que gerou imagens de vikings com características de pessoas de ascendência africana)²⁸.

Aspectos éticos e de responsabilidade da inteligência artificial

Há outro dilema associado ao uso da IA, especialmente em determinadas aplicações em que a responsabilidade de quem toma as decisões é fundamental. Um professor que dá uma nota a um aluno, uma juíza que decide um caso complexo, um médico que faz um diagnóstico e define o tratamento correspondente são todos exemplos de aplicações que, atualmente, poderiam fazer uso da IA, pelo menos para auxiliar em determinadas tarefas específicas. Entretanto, é complexo imaginar que a decisão final — seja ela uma nota, um veredicto ou um tratamento — possa ser determinada por uma máquina, sem que haja um ser humano responsável por ela.

Além disso, em muitos casos, a explicabilidade da IA não é um problema pequeno. Ou seja, pode até ser possível treinar uma máquina para resolver uma tarefa e tomar uma decisão, mas pode ser extremamente complexo compreender ou justificar por que ela chegou a essa conclusão. Em muitos dos exemplos mencionados acima, isso é relevante, pois é preciso entender por que uma pontuação de teste é boa ou ruim, por que uma determinada decisão judicial é tomada ou como se chega a um determinado diagnóstico e tratamento clínico.

Outro aspecto importante associado à incorporação da IA nessas decisões é que os erros, ao automatizar o processo, tornam-se sistemáticos. É claro que os seres humanos também estão sujeitos a erros: um professor pode atribuir uma nota incorreta, uma juíza proferir uma sentença no mínimo discutível, e o mesmo vale para diagnósticos médicos ou outros casos. Entretanto, esses erros não costumam ser sistemáticos, pois cada profissional é um indivíduo singular, com formação, experiência e vivências diferentes — o que faz com que os erros sejam distribuídos globalmente e exista uma certa aleatoriedade no sistema como um

28 <https://elpais.com/tecnologia/2024-02-24/nazis-chinas-y-vikings-negros-google-suspende-su-ia-de-imagenes-por-sobrerrepresentar-a-minorias.html>

todo. O problema com a IA é que, ao treinarmos um sistema que possa cometer erros, esses erros passam a ser sistemáticos: ou seja, se para uma determinada entrada o resultado estiver incorreto, ele tenderá a se repetir sempre. Em muitos casos, especialmente em aplicações de grande escala, isso pode gerar consequências significativas.

Há também ocasiões em que não está tão claro qual é a decisão correta, e pessoas diferentes podem nem sequer concordar. Nesses casos, como devemos proceder? Qual opção devemos escolher ao automatizar esse processo? Um exercício interessante que ilustra bem esse dilema é o apresentado pela máquina moral do MIT²⁹: em que enfrentamos diferentes situações nas quais um veículo autônomo deve decidir qual é a melhor opção, sendo que todas têm consequências graves. Portanto, não é óbvio qual é a decisão mais adequada em cada situação; além disso, os valores morais de cada pessoa ou grupo são levados em consideração.

Como a inteligência artificial deve ser usada?

É difícil responder a essa pergunta, mas é sempre mais fácil falar sobre as áreas em que não queremos que a tecnologia seja aplicada, como a guerra, a geração de informações e notícias falsas, ataques cibernéticos, entre muitas outras. Isso não resolve os dilemas, mas deve incentivar o debate. Para obter mais informações sobre esse aspecto, consulte a Declaração de Montevideu sobre IA e seu impacto na América Latina³⁰, feita em 2023 no âmbito de uma reunião da comunidade latino-americana de pesquisa e desenvolvimento de IA, ou a regulamentação da União Europeia sobre a regulamentação de riscos de IA³¹.

Imaginando o futuro da inteligência artificial

É difícil imaginar o futuro da IA quando já existem avanços atuais que nos deixam maravilhados, mesmo alguns dos quais não conseguimos explicar por que funcionam tão bem. Isso não quer dizer que as máquinas superarão os humanos na execução de todo tipo de tarefas; estão claras as limitações e os desafios que a IA ainda enfrenta para continuar avançando. Mas é de se esperar que, à medida que avançarmos, dia

29 www.moralmachine.net/hl/es

30 https://docs.google.com/document/d/1maolc9BKkJbM_iv1QXvbU0DofgmmOQne3qjmQb0rFHM/edit?usp=sharing

31 <https://digital-strategy.ec.europa.eu/es/policies/regulatory-framework-ai>

após dia veremos modelos melhores e maiores capacidades em termos dos tipos de problemas que os sistemas baseados em IA podem resolver. Uma espécie de acúmulo cultural em torno da IA.

Os modelos estão se tornando mais complexos, com avanços na estrutura e nas tecnologias que possibilitam maior capacidade de computação ou mais velocidade. Surgem arquiteturas que apresentam aideia de multimodalidade em termos de representação computacional do mundo e de agentes que podem tomar decisões de acordo com o tipo de problemas e tarefas a serem resolvidos. Em outras palavras, adicionam-se camadas que podem incorporar novos recursos, como o planejamento de uma tarefa, sua divisão em partes e a consulta a “especialistas” de cada modalidade (diferentes LLMs ou modelos fundamentais que resolvem tarefas específicas, como programação, matemática e linguagem), com todo o processo sendo controlado de forma centralizada. Não isentos de debate, surgem elementos que, para muitos, se aproximam da chamada inteligência geral artificial (AGI na sigla em inglês), que poderia, de alguma forma, alternar entre o uso de diferentes módulos, dependendo da complexidade — em certa medida, semelhante ao pensar rápido, pensar devagar descrito por Kahneman (2012).

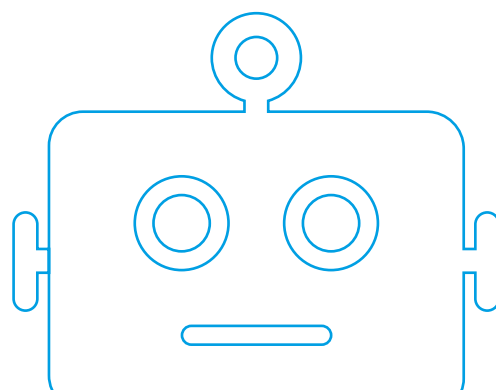
No entanto, há outros tipos de desafios, não necessariamente tecnológicos, que a humanidade terá de resolver paralelamente para que a irrupção da IA nos ajude a avançar no caminho desejado e não seja algo que prejudique nosso progresso como sociedade. Exemplos como os mencionados acima, em que a responsabilidade pela tomada de decisões é um aspecto fundamental, serão questões a serem levadas em conta ao incorporar a tecnologia baseada em IA em vários campos de aplicação. Isso também se aplica ao treinamento das pessoas em termos de sua capacidade crítica, algo que sempre foi um aspecto mais do que relevante, mas que agora assume novas dimensões com as possibilidades que a IA oferece para gerar todo tipo de conteúdo que nem sempre é verdadeiro.

Provavelmente há mais perguntas do que respostas hoje, mas o que é certo é que esses aspectos não podem ser ignorados nas mais variadas áreas de aplicação da IA e, em particular, no impacto que isso tem sobre o sistema educacional.

Como é usada?

Uso ético e Impacto social

A dimensão ética e social está relacionada à questão de como a IA deve ser usada, ou seja, os aspectos éticos e o impacto social relacionado ao uso da IA. É essencial promover uma **visão crítica** e reconhecer que a IA tem um impacto na sociedade (Touretzky et al., 2019). Isso implica uma análise crítica dos dados utilizados nos sistemas que empregam IA, entendendo que eles devem ser analisados e interpretados rigorosamente e associados ao contexto. Além disso, **o trabalho interdisciplinar** desempenha um papel crucial no reconhecimento de que há diferentes atores na tecnologia e na compreensão de como eles podem colaborar para criar soluções mais completas e eficientes. Também é necessário ser capaz de **imaginar o futuro da IA**, explorando possíveis aplicações e considerando seus efeitos no mundo (Kim et al., 2021; Long e Magerko, 2020).



As competências associadas a essa dimensão que se destacam são:

- Identificar que o uso da IA tem um impacto social. Reconhecer os efeitos positivos e negativos da IA na sociedade e ter uma perspectiva crítica sobre o uso dessa tecnologia.
- Entender que, em muitos casos, os dados precisam ser analisados e interpretados e não podem ser considerados sem essa revisão.
- Avaliar como as tecnologias de IA podem refletir ou ampliar preconceitos, estereótipos e desigualdades humanas, reconhecendo como elas podem afetar a justiça social e a inclusão.
- Imaginar as possíveis aplicações da IA no futuro e considerar seus efeitos no mundo.
- Reconhecer a colaboração com outros atores, tendo em mente que há muitas maneiras diferentes de pensar e desenvolver máquinas “inteligentes”.

	AI4K12	AI Literacy
	Grandes ideias #5 Impacto social	Competências #3 Interdisciplinaridade #6 Imaginar a IA do futuro #10 Papel humano na IA #13 Interpretação crítica dos dados #16 Ética

A vaca de apartamento

Testar um modelo de aprendizado de máquina criado por outras pessoas.

A partir de um conjunto de dados rotulados com informações sobre animais que *vivem em apartamentos ou casas com quintal*, o modelo é treinado no Teachable Machine³² para ser testado.

Um novo projeto é criado e o modelo é aberto usando o link do Drive ou a partir do próprio computador.

O modelo³³ é aberto, ele é preparado usando o botão correspondente e é testado o funcionamento com imagens novas de animais. É importante que não tenham sido usadas previamente.

Algumas imagens para teste estão disponíveis na pasta³⁴. Porém, é sugerido que cada aluno possa avaliar o modelo com imagens de animais que considerar pertinentes.



³² <https://teachablemachine.withgoogle.com/>

³³ https://drive.google.com/file/d/1qeZIKVzxe9dEi7yp3YgSQGI2jznShYg/view?usp=drive_link

³⁴ https://drive.google.com/drive/folders/14bNaA4FMLJh2AqIDQ6KsXnruu2qVDlrp?usp=drive_link

Depois de testar o modelo, compartilhar as seguintes perguntas com o grupo:

- *Como ele funciona? Ele previu corretamente os resultados das imagens que analisou?*
- *Esse algoritmo serviria para classificar qualquer animal como um animal de estimação adequado para cada espaço? Por quê?*
- *Vocês confiam no resultado que seu algoritmo lhes dá para escolher seu animal de estimação? Por quê?*
- *Como podemos melhorar a previsão nos casos em que ela não está correta?*
- *E quanto aos animais de estimação que podem viver em um apartamento e em uma casa com quintal? Ou seja, não há restrições.*

Essa particularidade dos dados e como eles são organizados para treinar o algoritmo reflete uma preferência na seleção dos dados para cada categoria e, conseqüentemente, a previsão do modelo reflete os valores representados nesses dados. Isso é chamado de *viés*.



Sugestões

Pode ser selecionado um problema relevante para o grupo, no qual a classificação faça sentido.



Objetivos da IA

Identificar que o uso da IA tem um impacto social.

Reconhecer os efeitos positivos e negativos da IA na sociedade e ter uma perspectiva crítica sobre o uso da tecnologia de IA.



Recursos

Teachable Machine

Atividade extraída da sequência didática do programa de PC e IA do Ceibal: "A vaca é um bom animal de estimação de apartamento".³⁵

³⁵ https://pensamientocomputacional.ceibal.edu.uy/wp-content/uploads/2023/06/2022-Inteligencia-artificial_Guia-Docentes.pdf

O que o autocompletador acha?

Investigar os vieses do autocompletador do navegador para refletir sobre os dados com os quais esses sistemas são treinados.

Trabalhar com o recurso de autocompletar dos mecanismos de busca. Peça a cada aluno que digite uma frase iniciada com o gênero feminino e outra com o gênero masculino.

Por exemplo:

As uruguaias são...

Os uruguaio são...

O que o mecanismo de busca sugere?

Que diferenças os alunos encontram entre as duas frases?

Peça aos alunos que reflitam sobre os vieses por trás dessas sugestões. É possível testar com profissões, nacionalidades ou outros temas que estimulem a motivação e o pensamento crítico do grupo.

Reflita com o grupo sobre as seguintes perguntas:

- *O que são vieses? Como esses vieses surgem nos mecanismos de busca?*
- *Esse é o único lugar onde encontramos esse tipo de viés? O que acontece com as sugestões nas recomendações de séries ou músicas?*
- *Como vocês acham que isso pode impactar a sociedade? Por que pode ser importante estar bem informado sobre esses assuntos?*



Sugestões

Avaliar usando outros idiomas.



Recursos

[Bing](#)
[Duck Duck Go](#)
[Ecosia](#)
[Google](#)



Objetivos da IA

Identificar que o uso da IA tem um impacto social.

Refletir sobre como as tecnologias de IA podem refletir ou ampliar preconceitos.

Tradução e vieses

Explorar os vieses presentes nos tradutores automáticos para refletir sobre os dados com os quais esses sistemas são treinados.

A tradução de um idioma para outro, em muitos casos, devido à quantidade de dados, é feita usando IA. Isso pode significar que o sistema foi treinado com conteúdo que apresenta erros e vieses. Essa limitação é utilizada como ponto de partida para trabalhar com o grupo de alunos.

No início, propõe-se a exploração do recurso para quem nunca tenha utilizado um tradutor online. Explore com o grupo de alunos a tradução das frases a seguir:

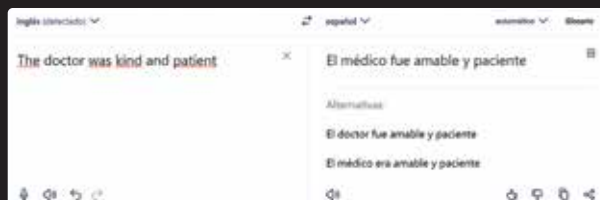
"The doctor was kind and patient"

"The nurse was kind and patient"

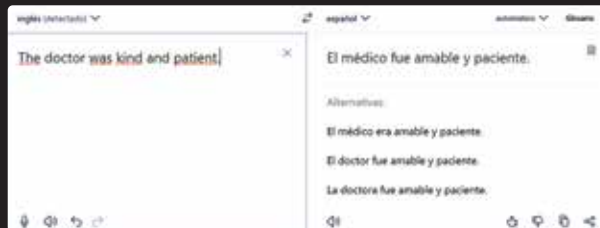
"The teacher was kind and patient"

"My hairdresser cut my hair a lot"

No primeiro caso, na hora de escrever este livro, encontramos o seguinte resultado:



Entretanto, ao adicionar um ponto final, uma alternativa é incorporada:



Esses vieses estão sendo progressivamente corrigidos ou reduzidos; portanto, talvez esse exemplo já esteja obsoleto, e recomendamos a busca por outros.

Explore com o grupo outros vieses que possam ser reproduzidos, com relação a gênero, etnia e contexto, conforme as necessidades e motivações do grupo.

Reflita sobre as seguintes perguntas:

- *Como surgem esses vieses?*
- *Que pontos fracos eles veem que podem surgir se nada for feito a respeito?*
- *Que outros vieses podem ser reproduzidos nesse tipo de sistemas?*
- *Além das profissões, existem outras áreas que podem ser mais exploradas?*



Sugestões

Trabalhar em conjunto com professores de línguas estrangeiras.



Objetivos da IA

Identificar que o uso da IA tem um impacto social.

Analisar como as tecnologias de IA podem refletir ou ampliar preconceitos.



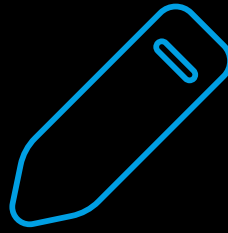
Recursos



[DeepL](#)

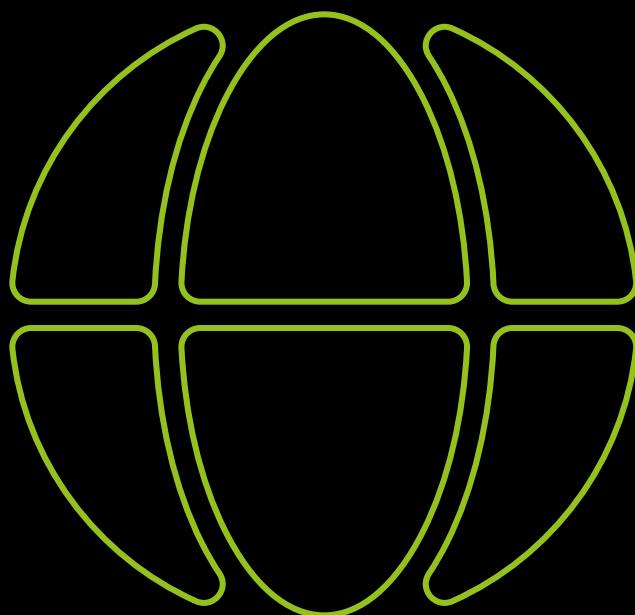


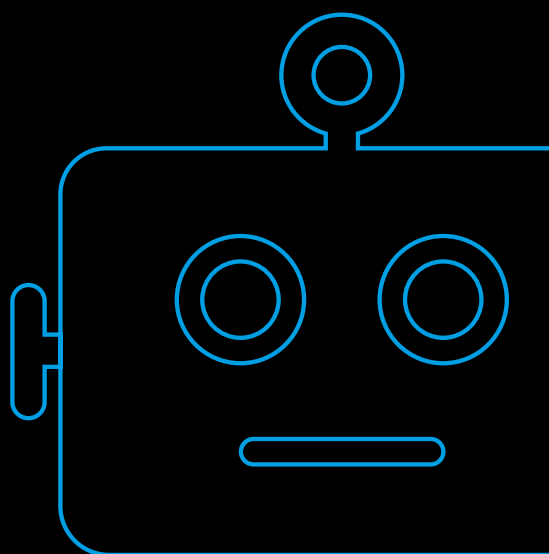
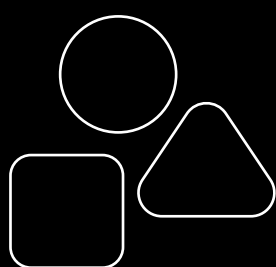
[Translate de Google](#)



Capítulo 5

IA e a autonomia digital dos sistemas educacionais





Tecnologias e Educação

Em 24 de julho de 2023, o lançamento global do Relatório GEM sobre o Estado da Educação Mundial³⁶ ocorreu em Montevideu, Uruguai. Foi um relatório muito aguardado, com foco em tecnologias digitais para a educação, divulgado no ano seguinte à contenção e culminação da emergência sanitária global provocada pela COVID-19. O Uruguai foi selecionado para sediar o evento devido ao grau de progresso que fez na transformação digital na educação e na ampla penetração das tecnologias digitais. No entanto, esse relatório solicitado à equipe do GEM pela Unesco contempla a realidade de países que ainda não têm todas as suas escolas conectadas à rede elétrica, bem como países que estão usando o reconhecimento facial para registrar a presença em sala de aula. Deve-se observar, portanto, que o universo de implantação tecnológica estudado é díspar.

Entretanto, nessa diversidade, há pontos em comum e algumas conclusões promissoras sobre a inovação educacional. Em primeiro lugar, o uso estratégico de plataformas e dispositivos no sistema educacional pode trazer bons resultados — mas não os garante. Embora sejam dados exemplos de muitos países que conseguiram atenuar os efeitos adversos do fechamento de centros educacionais por meio de uma melhor implementação de tecnologia, também se menciona que quase todas as iniciativas fracassam quando não há uma visão clara do que se quer alcançar com seu uso. A principal contribuição e conclusão do relatório é que os sistemas educacionais devem avançar para a construção de tecnologias “nos nossos termos”. Isso se refere, entre outras coisas, a tecnologias construídas com comunidades educacionais, regidas por intenções pedagógicas concretas, a serviço do aprendizado e dos seres humanos.

³⁶ <https://www.unesco.org/gem-report/en/technology>

Em suma, uma trajetória muito semelhante à que o Uruguai seguiu com o Ceibal e seu ecossistema educacional. Ter um centro de inovação com tecnologias digitais a serviço das políticas educacionais do país permitiu ao sistema educacional uruguaio alcançar uma autodeterminação digital bastante incomum no restante da região e em grande parte do mundo. Mas, para construir essas tecnologias “nos nossos termos”, é preciso enfrentar desafios concretos para aproveitar as oportunidades associadas às tecnologias digitais. Para a IA — que, como vimos nos capítulos anteriores, é apenas mais uma tecnologia digital — não é diferente.



Contexto global das políticas de inteligência artificial na educação

Vários países progrediram no desenvolvimento de diretrizes claras para o uso da IA na educação, reconhecendo tanto seu potencial para aprimorar os processos de ensino e aprendizagem quanto os desafios éticos e de privacidade que ela representa.

Os Estados Unidos, por exemplo, desenvolveram uma regulamentação de IA na educação que pode variar de estado para estado. Agências federais e associações nacionais emitiram recomendações e diretrizes para orientar o uso ético e responsável da IA na educação. No entanto, optaram por um marco legal claro que cada estado aplica de acordo com suas possibilidades, em vez de regras específicas para cada comunidade educacional. Isso faz com que agências e organizações como ISTE, Digital Promise, Ed Safe AI ou a iniciativa Teach AI se tornem essenciais para equilibrar o campo de atuação entre as empresas de tecnologia — tanto nos estados mais desenvolvidos quanto naqueles com menor nível de desenvolvimento.

A União Europeia tem sido líder na regulamentação da IA de forma geral, com o Regulamento Geral de Proteção de Dados (GDPR na sigla em inglês)³⁷ estabelecendo padrões rigorosos para a proteção de dados pessoais, inclusive no setor educacional. Além disso, a Comissão Europeia propôs um marco regulatório específico para IA que aborda aspectos como transparência, equidade e segurança. De fato, no momento em que este texto foi escrito, essa é a região com o maior número de regulamentações publicadas sobre essa tecnologia e seu uso na educação.

37 <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj>

A China implementou políticas ambiciosas para o desenvolvimento da IA em todos os setores, inclusive na educação. O governo chinês emitiu diretrizes que promovem o uso de IA nas escolas, com foco na melhoria da personalização do aprendizado e na otimização dos sistemas educacionais, mas também incluindo disposições sobre a proteção da privacidade dos alunos e a segurança dos dados. O país tem, inclusive, adotado uma postura proativa ao discutir suas iniciativas na cúpula das Nações Unidas realizada em Nova Iorque, em 2022. No entanto, sua estratégia de proteção de dados se distancia daquelas propostas pelos países ocidentais. Está claro que a China busca ser uma potência de IA e colocou todo o seu maquinário a serviço desse objetivo.

O Reino Unido publicou vários relatórios e marcos estratégicos relacionados ao uso de IA na educação que abordam questões como inovação tecnológica, ética em IA e como a IA pode apoiar os objetivos educacionais nacionais. O Escritório do Comissário de Informações do Reino Unido (ICO, na sigla em inglês) fornece orientações sobre proteção de dados no contexto educacional.

O Canadá demonstrou interesse em estabelecer um marco ético e de governança para a IA que inclua o setor educacional, com ênfase na transparência, na responsabilidade e no respeito à privacidade e aos direitos humanos.

A Austrália também avançou no debate sobre o equilíbrio entre a inovação e a regulamentação da IA na educação, com documentos de políticas e diretrizes que exploram como a tecnologia pode ser usada com segurança e eficácia para apoiar os resultados educacionais.

A Unesco, por sua vez, no âmbito do Consenso de Pequim³⁸, iniciou a tarefa de fornecer plataformas adequadas para o intercâmbio internacional de marcos regulatórios, ferramentas e abordagens sobre IA na educação, por meio da Semana de Aprendizagem Digital da Unesco e de outras agências da ONU. Além disso, criou parcerias com várias partes interessadas e mobilizou recursos para reduzir a lacuna da IA e aumentar o investimento na aplicação da IA na educação. Em 2021 e 2023, publicou guias sobre IA e educação para formuladores de políticas públicas (Fengchun et al., 2021; Unesco 2023b).

38 <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368303>

Em todos os exemplos acima, as regulamentações para IA na educação variam de acordo com o país e a região, mas há vários princípios e diretrizes comuns que geralmente são seguidos. Embora não entremos em detalhes específicos para cada jurisdição exata, aqui está um resumo dos principais aspectos que normalmente são cobertos por essas regulamentações, que também se aplicam ao Uruguai e à região:

- **Proteção de dados e privacidade:** as regulamentações geralmente enfatizam a importância de proteger a privacidade de alunos e educadores, incluindo o manuseio seguro de dados pessoais, o consentimento para seu uso e a transparência sobre como esses dados são coletados, armazenados e usados.
- **Equidade e acessibilidade:** o objetivo é garantir que as ferramentas de IA não ampliem os vieses ou a discriminação presentes na sociedade e que sejam acessíveis a todos os alunos, inclusive em situações de deficiência. Isso pode incluir diretrizes sobre a necessidade de realizar auditorias de viés algorítmico e implementar medidas corretivas quando detectadas. O Uruguai tem uma organização abrangente para esse fim (Ceibal) que é integrada a outros responsáveis por políticas digitais em nível nacional. Isso garante que haja talento e capacidade suficientes para abordar a equidade e a acessibilidade às tecnologias digitais, como a IA, no sistema educacional público.
- **Qualidade e eficácia educacional:** muitas regulamentações exigem que as soluções de IA na educação sejam rigorosamente avaliadas para garantir que contribuam positivamente para o processo de aprendizagem e atendam a determinados padrões de qualidade educacional. Para dar um exemplo local, o Ceibal usa plataformas adaptativas que são revisadas para verificar se proporcionam interações de qualidade para alunos e educadores. É fundamental contar com ferramentas de avaliação que tragam clareza sobre os níveis de qualidade e eficácia educacional, que nem sempre estão disponíveis nos sistemas educacionais públicos.
- **Ética e responsabilidade:** as diretrizes éticas geralmente abordam a importância de desenvolver e usar a IA de uma forma que respeite os direitos e a dignidade de todos os envolvidos no processo educacional.

Isso inclui questões como a transparência dos algoritmos, a possibilidade de os usuários entenderem e contestarem as decisões tomadas pelos sistemas de IA e a clara alocação de responsabilidades em caso de erros ou problemas. Para ilustrar esse ponto, poderíamos dizer que as soluções de IA para educação precisam ser capazes de “explicar” quais regras foram usadas para dar uma resposta. Se não puderem fazer isso, os algoritmos que empregam serão menos transparentes para quem os estiver usando.

- **Segurança e proteção:** além da proteção de dados, as regulamentações geralmente abrangem a necessidade de proteger as infraestruturas de TI educacionais contra ataques cibernéticos, garantindo que os sistemas de IA não se tornem vetores de vulnerabilidade. Ter uma política adequada de IA na educação exige a defesa adequada das infraestruturas e dos dados. Em última análise, isso também contribui para a autonomia digital necessária para um sistema educacional “nos nossos termos”, conforme mencionado acima.
- **Cooperação e intercâmbio de conhecimentos:** algumas regulamentações incentivam a colaboração entre instituições educacionais, desenvolvedores de IA e outros atores para compartilhar as melhores práticas, inovações e lições aprendidas no uso da IA na educação. No Uruguai, a Agesic, as universidades e o setor privado colaboram para garantir que essa tecnologia seja implementada de forma que o conhecimento mais recente disponível chegue à maior parte da população.

Mas mesmo com marcos regulatórios como os descritos acima, que minimizam as externalidades negativas que podem resultar do uso descontrolado de tecnologias digitais na educação, ainda haverá oportunidades e desafios ao implementar essas tecnologias na sala de aula.

Oportunidades da IA na educação latino-americana

Os sistemas educacionais da América Latina também podem capitalizar as diversas oportunidades que os sistemas baseados em IA oferecem, tanto nos processos de aprendizagem de seus alunos quanto nas tarefas administrativas que os educadores e líderes educacionais desempenham.

- **Personalização da aprendizagem:** a IA oferece a possibilidade de adaptar o conteúdo educacional e as estratégias de ensino às necessidades individuais de cada aluno, o que poderia melhorar significativamente a eficácia da aprendizagem e reduzir as lacunas de desempenho. Para ilustrar esse ponto, podemos pensar no Desenho Universal para Aprendizagem (DUA). Trata-se de uma abordagem à educação que busca maximizar a acessibilidade e a eficácia do aprendizado criando um ambiente adequado a todos os alunos, independentemente de suas habilidades ou deficiências. Esse conceito tem suas raízes no design universal, um princípio da arquitetura e do design de produtos que defende a criação de soluções acessíveis para o maior número possível de pessoas. A tecnologia que chamamos de inteligência artificial é particularmente benéfica para fornecer feedback personalizado, algo que geralmente é muito caro na educação e difícil de dimensionar. Nesse sentido, a IA oferece aos modelos pedagógicos, como o DUA, grandes vantagens para a implementação em uma escala maior.
- **Acesso à educação:** a IA pode facilitar o acesso à educação de qualidade em regiões remotas ou mal atendidas, fornecendo recursos educacionais personalizados e plataformas de aprendizagem online que podem ser acessadas de qualquer lugar, com ou sem conexão à Internet. A capacidade de geração dessa tecnologia significa que, com o poder de computação necessário fisicamente instalado em um único local, uma multiplicidade de respostas diferentes pode ser gerada a partir de um grande data lake, diminuindo potencialmente a dependência de conectividade permanente.

- **Avaliação e *feedback* aprimorados:** os sistemas de avaliação de IA podem fornecer feedback instantâneo e personalizado para cada aluno, permitindo que a equipe docente identifique áreas de melhoria e adapte suas abordagens pedagógicas, conforme descrevemos acima.
- **Gestão educacional eficiente:** a IA pode ajudar na gestão de instituições educacionais, otimizando a alocação de recursos, o planejamento curricular e a tomada de decisões baseadas em dados para melhorar a qualidade e a eficiência do sistema educacional como um todo. Se há algo que a IA faz muito bem, é extrair padrões de grandes volumes de dados para fornecer evidências sobre ações que funcionam ou não funcionam. Isso tem um grande potencial para reduzir a carga de trabalho administrativo, por exemplo.

Desafios a serem superados

O outro lado da moeda está relacionado às desvantagens ou limitações da inclusão dessa tecnologia no sistema educacional.

- **Lacuna digital:** apesar do potencial da IA para democratizar alguns elementos da educação, a lacuna digital continua sendo um grande obstáculo na América Latina, pois o acesso a dispositivos e a uma conectividade confiável não atinge todos os alunos. E mesmo com conectividade confiável, a lacuna digital não é uma, mas pelo menos três: a lacuna no acesso a dispositivos e infraestrutura tecnológica, a lacuna no uso da conectividade e a lacuna no conteúdo digital de qualidade. No caso do Uruguai, a primeira parte da lacuna começou a ser enfrentada em 2007, mas mesmo em 2024 alguns aspectos ainda persistem. Para se ter uma ideia, foi somente em 2023 que o Ceibal, juntamente com a Antel³⁹, conseguiu garantir que 100% dos centros educacionais em áreas rurais contassem com internet de alta velocidade, embora desde 2010 todos já estivessem conectados a algum tipo de internet.
- **Privacidade e proteção de dados:** a adoção da IA na educação levanta preocupações quanto à privacidade e à proteção de dados dos alunos, exigindo medidas robustas para garantir a segurança e a confidencialidade das informações pessoais. Estratégias de anonimização, cibersegurança e monitoramento são apenas algumas delas.
- **Formação docente:** o treinamento adequado dos professores para o uso eficaz da IA é essencial para maximizar seu potencial em sala de aula, o que exige investimentos significativos em programas de desenvolvimento profissional e atualização de habilidades, bem como a renovação dos programas e currículos básicos de formação docente.

133

³⁹ ANTEL (Administração Nacional de Telecomunicações), principal provedora de acesso à Internet no Uruguai.

- **Equidade e viés algorítmico:** existe o risco de que os sistemas de IA na educação reproduzam ou ampliem as desigualdades existentes em escalas e velocidades maiores do que o normal, seja por meio de vieses algorítmicos ou pela falta de acesso equitativo a essas tecnologias, o que poderia exacerbar as disparidades educacionais na região.

O papel dos **professores** na integração da IA

Em um caminho rumo a políticas que promovam a autonomia digital na educação, o papel dos professores se torna um facilitador essencial do aprendizado orientado pela tecnologia. Esse papel é fundamental na integração efetiva da IA às políticas educacionais regionais na América Latina e requer habilidades concretas para a participação ativa nesse processo.

- **Liderança na adoção de tecnologia:** todo professor é um líder na sala de aula. Ele tem a responsabilidade de orientar seus alunos quanto ao uso ético e eficaz da tecnologia, inclusive da IA. Atuar como modelo na exploração e adoção de ferramentas digitais pode inspirar confiança e motivação nos alunos para usar a tecnologia de forma responsável. Modelar o tipo de uso é fundamental para promover o aproveitamento dessas tecnologias para o aprendizado.
- **Desenvolvimento profissional e formação contínua:** a alfabetização em IA e o treinamento no uso de ferramentas baseadas em IA são essenciais para que cada professor possa desenvolver todo o seu potencial em sala de aula. Os programas de desenvolvimento profissional devem oferecer oportunidades de aprendizagem prática e colaborativa, que permitam aos professores adquirir as habilidades necessárias para integrar efetivamente a IA em sua prática educacional.
- **Colaboração interdisciplinar:** a integração da IA às políticas educacionais exige uma estreita colaboração entre professores, gestores escolares, especialistas em tecnologia e outros profissionais da educação. O trabalho em equipe permite valorizar uma diversidade de perspectivas e experiências na elaboração e implementação de estratégias educacionais que beneficiem todos os alunos.

135

- **Elaboração de políticas educacionais centradas no aluno:** cada professor tem uma visão única das necessidades e capacidades de seus alunos. Isso faz dele uma peça fundamental para a reformulação de políticas educacionais baseadas em IA. Sua participação ativa no processo de implementação e feedback garante que as políticas sejam elaboradas considerando a realidade da sala de aula e o bem-estar de cada aluno.
- **Promover a inovação e a criatividade:** todo professor pode promover um ambiente de inovação e criatividade na sala de aula usando a IA como uma ferramenta para explorar novas formas de ensino e aprendizagem. Ao incentivar seus grupos de alunos a experimentar e colaborar em projetos baseados em IA, ele pode cultivar habilidades essenciais, como pensamento crítico, resolução de problemas e criatividade. Mas, para isso, ele precisa se tornar hábil na criatividade humana para facilitar o desencadeamento de processos criativos em seus alunos. Não apesar da IA, mas com a IA.

O papel dos professores na integração da IA às políticas educacionais regionais é fundamental para garantir que a tecnologia seja usada de forma eficaz e ética na sala de aula. Ao liderar a adoção da tecnologia, participar do desenvolvimento profissional, colaborar de forma interdisciplinar e elaborar políticas centradas no aluno, eles podem contribuir significativamente para a melhoria contínua da educação na América Latina na era digital. Mas, fundamentalmente, serão eles que construirão grande parte da soberania digital que o sistema educacional poderá desfrutar.



Avaliação de políticas educacionais em IA: métricas e indicadores

Para garantir o sucesso e a eficácia das políticas educacionais em IA, é fundamental estabelecer métricas claras e processos de avaliação robustos. Medir a efetividade dessas políticas cumpre um papel crucial no feedback de educadores, alunos e da indústria, assim como na melhoria e aperfeiçoamento dessas políticas.

Diferentes estratégias para medir a eficácia das políticas educacionais de IA:

- **Identificar os principais indicadores de desempenho que reflitam os objetivos e os resultados desejados das políticas educacionais de IA,** como o desempenho dos alunos, a equidade no acesso à educação, os níveis de participação e o desenvolvimento de habilidades digitais. Essa talvez seja uma das principais questões. No caso do Uruguai e do Ceibal, o uso da IA na educação tem o objetivo inicial de gerar maior equidade no aprendizado e no acesso às oportunidades do futuro. Isso faz com que os indicadores escolhidos tenham esse enfoque.
- **Usar dados quantitativos e qualitativos para avaliar o impacto das políticas sobre o aprendizado dos alunos,** a qualidade do ensino e o uso eficaz da tecnologia em sala de aula. Não é porque os dados quantitativos são os mais amplamente disponíveis nos sistemas de tecnologia que devemos dispensar as informações qualitativas, que são fundamentais para melhorar a experiência do usuário e os níveis de envolvimento com o aprendizado.

137

- **Incorporar o feedback de diferentes partes interessadas**, incluindo educadores, alunos, pais e líderes do setor, para compreender melhor os desafios e os sucessos da implementação de políticas. Se entendermos o sistema educacional como um ecossistema com vários participantes colaborando em equilíbrios delicados, é fundamental incorporar as informações provenientes da interação desses atores.

Algumas chaves do processo iterativo para o aprimoramento contínuo das políticas projetadas:

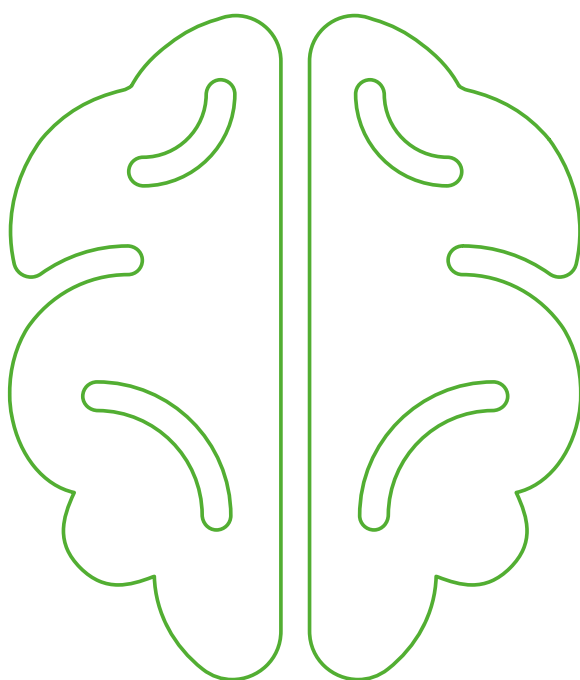
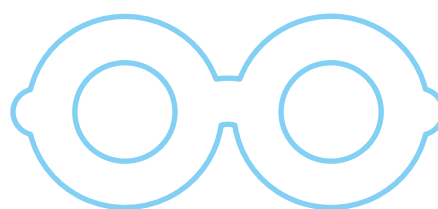
Ouvir e valorizar as experiências e opiniões de educadores e alunos na avaliação das políticas educacionais de IA, reconhecendo sua experiência e perspectiva única. Isso não apenas com o objetivo de ouvir essas opiniões, mas também para promover a colaboração entre o setor educacional e o setor de tecnologia. O propósito é identificar áreas de aprimoramento e oportunidades de inovação na política educacional de IA, adotando uma posição firme de defesa sobre o tipo de desenvolvimento tecnológico gerado para a educação.

138

Esse processo de escuta deve ser acompanhado de formação. À medida que as pessoas envolvidas compreendem melhor as possibilidades e limitações oferecidas pela tecnologia digital, podem aprimorar a interação que têm com aqueles que estão criando as soluções tecnológicas que utilizam — desde um grande modelo de linguagem (LLM, na sigla em inglês) até um sistema de gestão da aprendizagem (LMS, na sigla em inglês).

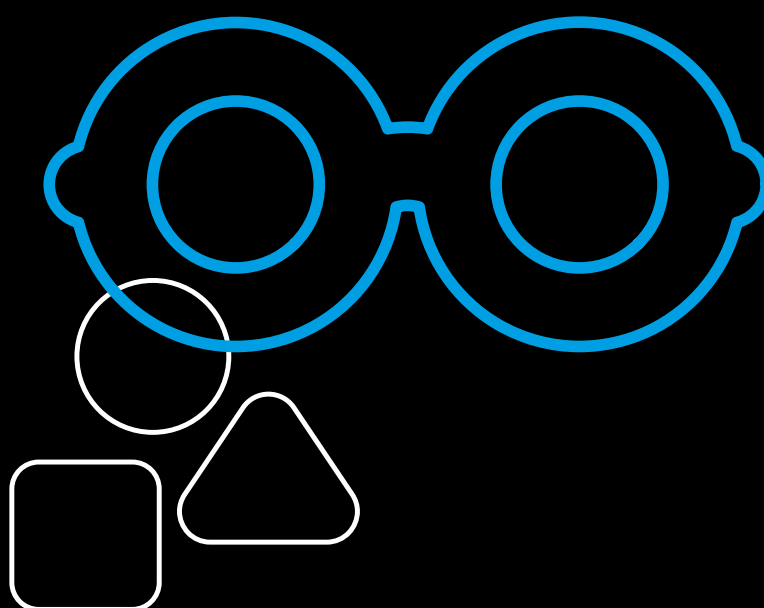
O desenvolvimento e a implementação de políticas educacionais de IA são um processo iterativo e em evolução, que exige flexibilidade e adaptação à medida que a tecnologia e as necessidades educacionais evoluem. Antecipar tendências futuras em IA, como o desenvolvimento de novas ferramentas e aplicativos educacionais, e ajustar as políticas educacionais de acordo para aproveitar ao máximo as oportunidades emergentes parece sensato. Isso, aliado a um grande esforço de todo o sistema educacional, é o que pode aproximar o Uruguai e os países da região de sistemas educacionais

com graus de autonomia digital que garantam o uso da tecnologia “nos nossos termos” e nos ofereçam os maiores benefícios de uma das tecnologias mais revolucionárias dos últimos tempos.





Visão prospectiva





Necessidades e oportunidades oferecidas pela IA

Há pelo menos dois pontos de vista a serem analisados sobre a introdução da IA nas salas de aula. Por um lado, a alfabetização no assunto é fundamental. Da mesma forma que os sistemas educacionais foram difundidos no século XIX para entender o mundo da primeira revolução industrial, é essencial que toda a população (especialmente os jovens) desenvolva um nível de alfabetização em pensamento computacional e IA no contexto da quarta revolução industrial. Isso lhes permitirá entender o mundo ao seu redor, exercer sua cidadania e participar ativamente de discussões sobre os impactos éticos e as possibilidades oferecidas por essa tecnologia. É necessário adquirir conceitos básicos sobre como a IA funciona para se preparar para o futuro.

Por outro lado, não podemos ignorar a irrupção de ferramentas que incluem IA na sala de aula, problematizando seu uso por parte de professores e alunos. Desde a antiguidade, temos usado tecnologias para resolver problemas. Hoje parece imperativo discutir quais problemas nos sistemas educacionais podem ser resolvidos com a ajuda da computação e da IA.

A personalização do processo de ensino-aprendizagem, a criação e o fornecimento eficientes de conteúdo, o apoio à diversidade na aprendizagem, a acessibilidade e a inclusão, a assistência à tradução, a aprendizagem colaborativa, o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico e a solução criativa de problemas são algumas das áreas em que a IA é promissora ou tem potencial para melhorar. Além disso, a pesquisa e a redação aceleradas, os métodos inovadores de avaliação, o maior envolvimento e motivação dos alunos, bem como o apoio e a orientação acadêmicos, também se beneficiam dessa tecnologia. (Mohebi, 2024).

A IA pode ser uma ferramenta valiosa para promover a inclusão e a diversidade na sala de aula. Os sistemas habilitados para IA podem adaptar o conteúdo educacional de acordo com as necessidades individuais de cada aluno, oferecendo materiais e atividades personalizados que correspondam ao seu nível de conhecimento prévio. Ao fornecer recursos e suporte personalizados, podem atender às necessidades especiais de cada aluno para que ele possa participar de forma mais ativa e bem-sucedida do processo educacional. Além disso, o surgimento de chatbots e sistemas de tutoria baseados em IA permite a tutoria personalizada, que pode oferecer suporte individualizado a cada aluno, oferecendo explicações, solucionando dúvidas e fornecendo feedback imediato sobre seu progresso. A IA também pode facilitar a tradução e o acesso ao conteúdo em diferentes idiomas, beneficiando alunos de diversas comunidades linguísticas e culturais.

O processamento de dados em larga escala pode ajudar a identificar padrões e tendências, auxiliando os professores a criar sequências de ensino mais eficazes e adaptadas às necessidades de seus alunos. Não são apenas as abordagens que podem se beneficiar, mas também as ferramentas de avaliação. Os sistemas habilitados para IA podem dar suporte à criação de testes e avaliações adaptativos que são feitos sob medida para o nível de conhecimento e habilidades de cada aluno, oferecendo perguntas e exercícios que constituem desafios personalizados. Os EdGPTs (Modelos Educacionais-GPT) têm como objetivo refinar grandes modelos de linguagem treinados com massivas quantidades de dados para conjuntos de dados menores, de alta qualidade e específicos do domínio educacional (Unesco, 2023b). Por meio desses modelos EdGPTs, orientados para a concepção conjunta de currículos, professores e alunos poderiam gerar materiais educacionais alinhados ao que foi mencionado anteriormente.

Os sistemas que incluem IA também podem melhorar a gestão educacional, analisando dados administrativos e acadêmicos para identificar áreas de melhoria na gestão de recursos, alocação de pessoal, planejamento curricular e outros aspectos importantes da gestão educacional. Por exemplo, na previsão de evasão escolar, por meio da análise de dados históricos e do acompanhamento em tempo real do desempenho dos alunos, bem como na geração de sinais de alerta precoce que indiquem o risco de evasão escolar, permitindo a

intervenção proativa do professor para oferecer apoio adicional aos alunos em risco.

A possibilidade real e o impacto real em termos de aprendizado ou práticas de ensino ainda constituem uma dificuldade. O debate sobre a necessidade ou a relevância de incorporar a IA será parte dos desafios a serem resolvidos no curto prazo. Este livro tem o objetivo de contribuir para essa discussão.

Condições básicas para a introdução da inteligência artificial nos sistemas

Neste livro, já exploramos algumas das diretrizes políticas necessárias para esse fim. Neste segmento, apresentaremos, de forma resumida, algumas condições fundamentais para iniciar a implementação de uma estratégia de inclusão da inteligência artificial em nossos sistemas educacionais:

- **Infraestrutura tecnológica:**

- **Dispositivos:** computadores e dispositivos com capacidade suficiente para executar programas de IA e acessar recursos na Internet.
- **Conectividade:** acesso à Internet de banda larga para permitir o uso eficiente de aplicativos baseados em nuvem e recursos online.
- **Plataformas:** licenças para ferramentas e plataformas especializadas em IA, bem como acesso a APIs e ambientes de desenvolvimento adequados.
- **Suporte técnico contínuo:** assistência para a manutenção da infraestrutura tecnológica e a resolução de problemas técnicos.

- **Desenvolvimento profissional docente:**

- **Formação conceitual básica em IA:** os professores precisam entender os princípios fundamentais da IA.

- **Formação em ética da IA:** treinamento e reflexão sobre os dilemas éticos associados à IA e seu impacto na sociedade.
- **Desenvolvimento de habilidades técnicas:** formação em programação, gestão de dados e uso de ferramentas específicas de IA.
- **Didática para o ensino de IA:** estratégias para integrar a IA ao currículo para estimular o pensamento crítico e a resolução de problemas nos alunos. Essa habilidade pode e deve ser interdisciplinar, a estratégia de desenvolvimento profissional do professor deve ser projetada para todas as áreas temáticas.
- **Atualização constante:** programas de formação contínua para que os professores mantenham suas habilidades atualizadas com os rápidos avanços da tecnologia de IA.
- **Desenvolvimento curricular:**
 - **Integração curricular:** desenvolvimento de currículos que incorporem a IA de forma transversal ou como disciplina particular.
 - **Materiais didáticos específicos:** criação e adaptação de recursos educacionais para facilitar o aprendizado de IA.
- **Considerações éticas e legais:**
 - **Definições e políticas éticas:** estipulação de normas e regulamentações para garantir o uso ético e a criação responsável de sistemas baseados em IA.
 - **Privacidade e segurança dos dados:** implementação de políticas e práticas para a proteção dos dados dos alunos e conformidade com as normas legais vigentes.

O que deve permanecer humano?

O que decidimos fazer com essa tecnologia é uma questão exclusivamente humana; a direção que tomamos depende inteiramente de nós. É fundamental reconhecer que a IA é uma ferramenta e, como tal, reflete as intenções e os valores daqueles que a projetam e usam.

Nesse sentido, é preciso ter cuidado, promover a pesquisa e dar atenção especial ao rigor diante do surgimento de “espelhos coloridos” e tecnologias disruptivas, por exemplo, ao concentrar a aprendizagem apenas na plataformização orientada para problemas fechados (close-ended problems). Há uma visão mais ampla que envolve a valorização dos aspectos positivos das plataformas e a complementação do trabalho em sala de aula para desenvolver projetos, aprendizagem colaborativa, espaços de reflexão e metacognição, entre outras competências.

148

Outro aspecto importante é a definição das habilidades básicas necessárias para determinadas práticas não necessariamente associadas às tecnologias digitais (por exemplo, alfabetização e aritmética). É fundamental identificar esses processos cognitivos.

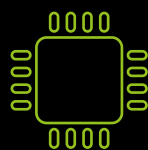
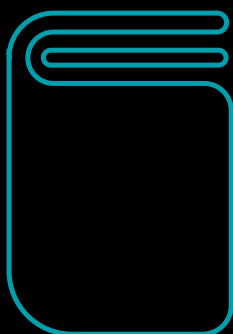
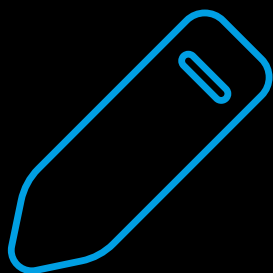
Acreditamos que tanto o pensamento crítico quanto a criatividade podem ser promovidos pela incorporação da IA na sala de aula. Para isso, é necessário colocá-los explicitamente em debate, trabalhá-los de forma interdisciplinar, mas sempre ancorados em conteúdos, problemas ou propostas concretas. O marco de IA descrito no livro apresenta algumas competências relevantes a serem impulsionadas nesse sentido.

É essencial que enfrentemos o desafio de localizar a IA do sul global, reconhecendo o desafio das diferenças no uso e na produção de tecnologias de IA em nossa região. A contextualização cultural é fundamental e, para isso, é necessário gerar uma rede entre países

que trabalhe de forma cooperativa para não correr o risco de reduzir a diversidade de opiniões e marginalizar ainda mais as vozes já marginalizadas.

Vinculada a esses pontos está a promoção de estratégias que contribuam para romper o ciclo associado ao risco de reduzir a diversidade de opiniões e evitar a ampliação das lacunas, ao mesmo tempo em que expandem as oportunidades para minorias e grupos sub-representados.

Nesse contexto, é essencial que promovamos um debate ético contínuo e rigoroso para garantir que sua implementação beneficie a sociedade como um todo. Devemos ser proativos na criação de normas e diretrizes que preservem o uso responsável e ético da IA, impulsionando assim um futuro em que a tecnologia amplie nossas capacidades sem comprometer nossos princípios humanísticos. Para conseguir isso, uma base global de alfabetização nessa tecnologia é uma condição necessária.



Depoimentos





Depoimentos

Construindo inteligência artificial para a educação, do Ceibal, oferece um conjunto sólido de princípios e dimensões para a integração eficaz da inteligência artificial na sala de aula. Este livro vai além de simplesmente apresentar conceitos básicos de computação. Ele enfatiza um conjunto de valores fundamentais que orientam o trabalho dos educadores na criação de ambientes de aprendizagem envolventes e equitativos. A principal força desta obra está em seu foco na equidade. Ao defender uma educação que atenda às necessidades individuais e coletivas de diversas comunidades, o livro destaca a importância de que todos os alunos tenham a oportunidade de prosperar, independentemente de seu contexto; algo particularmente relevante no desigual campo das áreas STEM. Na Digital Promise, acreditamos que o uso seguro e eficaz da IA requer usuários informados. Com este livro, o Ceibal promove a alfabetização em IA para todos os grupos — alunos, educadores e membros da comunidade educacional — capacitando-os a usar essas tecnologias emergentes de forma responsável. Esta obra fornece uma base valiosa para aqueles que desejam integrar a IA à educação de forma envolvente e inclusiva. Ao enfatizar a equidade, o aprendizado ativo e o pensamento crítico, *Construindo inteligência artificial para a educação* serve como guia para educadores em sua missão de formar uma geração capaz de resolver problemas de forma criativa e responsável.

153

Pati Ruiz,
diretora Sênior de Edtech and Emerging Technologies na Digital Promise

Construindo inteligência artificial para a educação combina de forma única fundamentos teóricos com aplicações práticas em sala de aula, tornando o ensino de IA acessível e envolvente para professores iniciantes e alunos. O livro desmistifica a IA por meio de atividades que incentivam o pensamento crítico e a experimentação prática. As considerações éticas presentes no manual e sua abordagem para integrar a IA em diversos contextos ajudam os educadores a refletir sobre o papel da IA em suas salas de aula. A liderança do Ceibal no ensino de IA dá continuidade à sua rica tradição no ensino da ciência da computação.

Pat Yongpradit,
diretor acadêmico da Code.org e líder da TeachAI

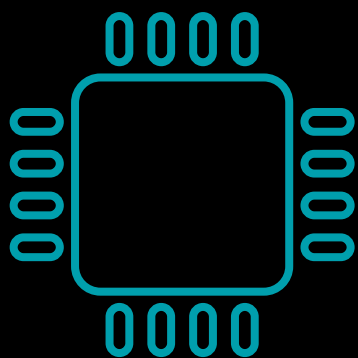
Este livro é um excelente guia sobre inteligência artificial em seu estado atual. Embora sua linguagem seja acessível para um público não especializado, ainda é muito preciso em suas definições, fazendo um percurso pelo que entendemos hoje sobre IA, em particular sobre aprendizado de máquina. Além disso, propõe atividades que ajudam a materializar todos os conceitos abordados, a fim de completar a compreensão desse assunto tão atual e vasto.

154

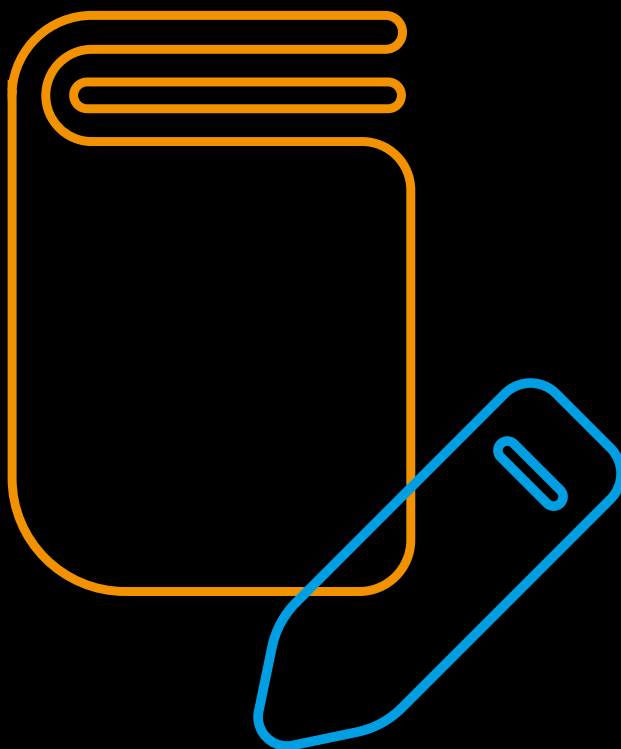
María Inés Fariello,
professora adjunta do Instituto de Matemática e Estatística, Faculdade de Engenharia, Universidad de la República

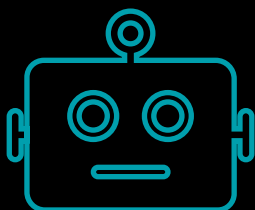
Construindo inteligência artificial para a educação combina com maestria teorias fundamentais e estratégias práticas em sala de aula, garantindo que o ensino de IA seja acessível e envolvente para iniciantes, sejam eles professores ou alunos. A obra detalha conceitos complexos de IA por meio de atividades que incentivam o pensamento crítico e o aprendizado prático. O manual também aborda as dimensões éticas envolvidas e fornece orientações sobre como integrar a IA em diferentes contextos educacionais, permitindo que cada educador reflita cuidadosamente sobre o papel da IA em suas salas de aula.

Armand Doucet,
educador e membro da Ordem do Canadá



Referências bibliográficas





- AGESIC. (2020). *Estrategia de Inteligencia Artificial para el Gobierno Digital*: <https://www.gub.uy/agencia-gobierno-electronico-sociedad-informacion-conocimiento/comunicacion/publicaciones/estrategia-inteligencia-artificial-para-gobierno-digital/estrategia>
- BANSAL, D. (2023). The Benefits of AI for Kids and How to Introduce It in Their Everyday Lives. *Medium*. <https://medium.com/@dishubansal/the-benefits-of-ai-for-kids-and-how-to-introduce-it-in-their-everyday-lives-dbbd1e997542>
- BERS, M. U. (2020). *Coding as a playground: Programming and computational thinking in the early childhood classroom*. Routledge.
- BOCCONI, S., CHIOCCARIELLO, A., KAMPYLIS, P., DAGIENÉ, V., WASTIAU, P., ENGELHARDT, K., ... & STUPURIENÉ, G. (2022). *Reviewing computational thinking in compulsory education: State of play and practices from computing education*.
- CASAL-OTERO, L., CATALA, A., FERNÁNDEZ-MORANTE, C., TABOADA, M., CEBREIRO, B. Y BARRO, S. (2023). AI literacy in K-12: a systematic literature review, *en International Journal of STEM Education*, 10(1), 29. <https://bibliotecapais.ceibal.edu.uy/info/pensamiento-computacional-propuesta-para-el-aula-00018977>
- CEIBAL (2022). Pensamiento computacional. Propuestas para el aula: <https://doi.org/10.1007/s13218-021-00751-5>
- CHEN, J., CHEN, L., HUANG, H., & ZHOU, T. (2023). *When do you need Chain-of-Thought Prompting for ChatGPT?*. *arXiv preprint arXiv:2304.03262*.
- DAGIENÉ, V., & SENTANCE, S. (2016). It's computational thinking! Bebras tasks in the curriculum. In *Informatics in Schools: Improvement of Informatics Knowledge and Perception: 9th International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution, and Perspectives, ISSEP 2016, Münster, Germany, October 13-15, 2016, Proceedings 9* (pp. 28-39). Springer International Publishing.

- DOHN, N. B., KAFI, Y., MØRCH, A., & RAGNI, M. (2022). Survey: Artificial Intelligence, Computational Thinking and Learning. *Künstl Intell* 36, 5–16 (2022). <https://doi.org/10.1007/s13218-021-00751-5>
- ESCUADERO, W. S. (2019). *Big data: breve manual para conocer la ciencia de datos que ya invadió nuestras vidas*. Siglo XXI Editores.
- FENGCHUNG, M., HOLMES, W., RONGHUAI, H. Y HUI, Z. (2021). *AI and education: A guidance for policymakers*. Unesco Publishing. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379376.locale=es>
- FERRANTE, E. (DIRECTOR), ALONSO ALEMANY, L., FERNANDEZ SLEZAK, D., FERRER, L., MILONE, D. & STEGMAYER, G. (2022). *¿Aprendizaje automático?: un viaje al corazón de la inteligencia artificial contemporánea*. Universidad Nacional del Litoral.
- GENNARI, R., MELONIO, A., PELLEGRINO, M., Y D'ANGELO, M. (2023) How to Playfully Teach AI to Young Learners: a Systematic Literature Review, en *Proceedings of the 15th Biannual Conference of the Italian SIGCHI Chapter (CHIItaly '23)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 1, 1–9. <https://doi.org/10.1145/3605390.3605393>
- HANKS, B., FITZGERALD, S., MCCAULEY, R., MURPHY, L., & ZANDER, C. (2011). Pair programming en education: A literature review. *Computer Science Education*, 21(2), 135-173.
- HERFT, A. (2023). *A Teacher's Prompt Guide to ChatGPT aligned with 'What Works Best'*. <https://content-calpoly-edu.s3.amazonaws.com/ctlit/1/images/A%20Teacher%27s%20Prompt%20Guide%20to%20ChatGPT%20accessible%20version.pdf>
- HOLMES, W., BIALIK, M. Y FADEL, C. (2019). *Artificial Intelligence in Education. Promise and Implications for Teaching and Learning*.
- HOLMES, W., BIALIK, M., Y FADEL, C. (2023). *Artificial Intelligence in Education*. Globethics Publications.

ISTE (2023). *Bringing AI to school: tips for school leaders*. https://cms-live-media.iste.org/Bringing_AI_to_School-2023_07.pdf

ISTE (2022). *Proyectos prácticos de IA en el aula*: https://cdn.iste.org/www-root/Libraries/Documents%20%26%20Files/Artificial%20Intelligence/AIGDK5_1120_ES.pdf?ga=2.164345084.213503642.1694613114-1449447776.1694613113

KAHNEMAN, D. (2012). *Pensar rápido, pensar despacio*. Debate.

KIM, S., JANG, Y., KIM, W., CHOI, S., JUNG, H., KIM, S. Y KIM, H. (2021). Why and What to Teach: AI Curriculum for Elementary School, en *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 35(17), 15569-15576. <https://doi.org/10.1609/aaai.v35i17.17833>

KNUTH, D. E. (1974). Computer science and its relation to mathematics. *The American Mathematical Monthly*, 81(4), 323-343.

KOJIMA, T., GU, S. S., REID, M., MATSUO, Y., & IWASAWA, Y. (2022). Large language models are zero-shot reasoners. *Advances in neural information processing systems*, 35, 22199-22213.

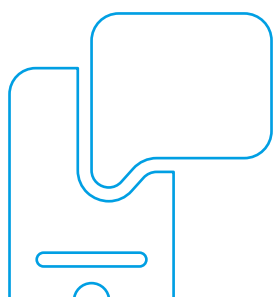
161

KONG, S. C., & ABELSON, H. (2019). Computational thinking education (p. 382). Springer Nature.

LONG, D. Y MAGERKO, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations, en *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1-16.

LEE, I., MARTIN, F., DENNER, J., COULTER, B., ALLAN, W., ERICKSON, J., ... & WERNER, L. (2011). Computational thinking for youth in practice. *Acm Inroads*, 2(1), 32-37.

MILLER, M. (2023). *AI for Educators: learning strategies, teacher efficiencies, and a vision for an artificial intelligence future*. Dave Burgess Consulting, Inc..



MINEDUC. (2023). *Guía docente: cómo usar ChatGPT para potenciar el aprendizaje activo*.

MOHEBI, L. (2024). Empowering learners with ChatGPT: insights from a systematic literature exploration. *Discover Education*, 3(1), 36.

MOLLIK, E. R., Y MOLLIK, L. (2023). *Using AI to Implement Effective Teaching Strategies in Classrooms: Five Strategies, Including Prompts*. SSRN Electronic Journal. Elsevier BV. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4391243>

NG, ANDREW (2023). *The Batch - Weekly Issues*. Issue 211 <https://www.deeplearning.ai/the-batch/issue-211/>

NG, D. T. K., LEUNG, J. K. L., CHU, S. K. W. Y QIAO, M. S. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review, en *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100041. 10.1016/j.caeai.2021.100041.

NG, D.T.K., LEE, M., TAN R.J.Y., HU, X., DOWNIE, J.S., & CHU, S.K.W. (2022). A review of AI teaching and learning from 2000 to 2020. *Educ Inf Technol* 28, 8445–8501. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11491-w>

OLARI, V. Y ROMEIKE, R. (2021). Addressing AI and Data Literacy in Teacher Education: A Review of Existing Educational Frameworks, en *The 16th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, pp. 1-2.

OPEN AI (2023). *Teaching with AI*. <https://openai.com/blog/teaching-with-ai>

PAPERT, S. (1990). *Children, computers and powerful ideas*. New York: Basic Books, 10(1990), 1095592.

PAPERT, S. (2000). What's the big idea? Toward a pedagogy of idea power. *IBM systems journal*, 39(3.4), 720-729.

- QUINN, S. Y POOLE, F. (2023). *DALL-E: An "Intelligent" Illustrator for your Language Classroom*. The FLTMAG. <https://fltmag.com/dall%C2%B7e/>
- RESNICK, M. (2007). All I really need to know (about creative thinking) I learned (by studying how children learn) in kindergarten. *Proceedings of the 6th ACM SIGCHI conference on Creativity & cognition* (pp. 1-6).
- ROMERO, M. (2023) *Lifelong learning challenges in the era of artificial intelligence: a computational thinking perspective*. IRMBAM, France.
- RITCHHART, R., CHURCH, M., & MORRISON, K. (2014). Hacer visible el pensamiento. *Cómo promover el compromiso, la comprensión y la autonomía de los estudiantes*.
- RITCHHART, R., TURNER, T., & HADAR, L. (2009). Uncovering students' thinking about thinking using concept maps. *Metacognition and Learning*, 4 (2), 145–159.
- SENTANCE, S. Y WAITE, J. (2022). *Perspectives on AI and data science education*. https://www.raspberrypi.org/app/uploads/2022/12/Perspectives-on-AI-and-data-science-education- Sentance-Waite_2022.pdf
- SHULMAN, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4-14.
- TEDRE, M., TOIVONEN, T., KAHILA, J., VARTIAINEN, H., VALTONEN, T., JORMANAINEN, I., Y PEARS, A. (2021A). Teaching Machine Learning in K–12 Classroom: Pedagogical and Technological Trajectories for Artificial Intelligence Education. *IEEE Access* (Vol. 9, pp. 110558–110572). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <https://doi.org/10.1109/access.2021.3097962>

TEDRE, M., DENNING, P. Y TOIVONEN, T. (2021B). CT 2.0, en *Proceedings of the 21st Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, pp. 1-8.

TOURETZKY, D., GARDNER-McCUNE, C., MARTIN, F. Y SEEHORN, D. (2019). Envisioning AI for K-12: What Should Every Child Know about AI?, en *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 33(01), 9795-9799. <https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.33019795>

UNESCO (2023A). *Currículos de IA para la enseñanza preescolar, primaria y secundaria: un mapeo de los currículos de IA aprobados por los gobiernos*.
https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602_spa

UNESCO (2023B). *Guía para el uso de IA generativa en educación e investigación*.

