

Currículos de IA para a educação básica

Um mapeamento de currículos de IA aprovados pelos governos

UNESCO – líder mundial em educação

A educação é a principal prioridade da UNESCO, porque é um direito humano básico e o pilar para a paz e o desenvolvimento sustentável. A UNESCO é a agência especializada das Nações Unidas para a educação e fornece liderança mundial e regional para impulsionar o progresso, fortalecendo a resiliência e a capacidade dos sistemas nacionais de atender a todos os estudantes. A UNESCO enfrenta os desafios globais por meio da aprendizagem transformadora, com foco especial na igualdade de gênero e na África, em todas as suas ações.

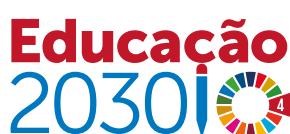


unesco

Organização
das Nações Unidas
para a Educação,
a Ciência e a Cultura

Agenda Mundial da Educação 2030

A UNESCO, no papel de agência especializada das Nações Unidas para a educação, está encarregada de liderar e coordenar a Agenda 2030 para a Educação, a qual faz parte de um movimento global para erradicar a pobreza por meio de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) até 2030. A educação, essencial para o cumprimento de todos esses objetivos, tem seu próprio ODS, o de número 4, que visa a “assegurar a educação inclusiva, equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todas e todos”. O Marco de Ação da Educação 2030 fornece orientações para a implementação desses ambiciosos objetivos e compromissos.



Publicado em 2022 pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, 7, place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP, França e pela Representação da UNESCO no Brasil.

© UNESCO 2022



Esta publicação está disponível em acesso livre ao abrigo da licença Attribution-ShareAlike 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO) (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>). Ao utilizar o conteúdo da presente publicação, os usuários aceitam os termos de uso do Repositório UNESCO de acesso livre (www.unesco.org/open-access/terms-use-ccbysa-port).

As indicações de nomes e a apresentação do material ao longo deste livro não implicam a manifestação de qualquer opinião por parte da UNESCO a respeito da condição jurídica de qualquer país, território, cidade, região ou de suas autoridades, tampouco da delimitação de suas fronteiras ou limites.

As ideias e opiniões expressas nesta publicação são as dos autores e não refletem obrigatoriamente as da UNESCO nem comprometem a Organização.

Título original: *K-12 AI curricula: a mapping of government-endorsed AI curricula*. Publicado em 2022 pela UNESCO.

Créditos da versão original:

Design da capa: Marie Moncet

Crédito da capa: Ryzhi/Ryzhi/Shutterstock.com

Ícone interno (p. 52-54): Marie Moncet

Coordenador: Fengchun Miao

Créditos da versão em português:

Coordenação técnica da Representação da UNESCO no Brasil:

Marlova Jovchelovitch Noleto, diretora e representante

Maria Rebeca Otero Gomes, coordenadora do Setor de Educação

Revisão técnica: Ana Laura Martínez Tessore, Daniela Costa e Luiza Carvalho Santos, analistas do Cetic.br/NIC.br; Aline Vieira, consultora da UNESCO no Brasil

Revisão editorial e diagramação: Unidade de Publicações da UNESCO no Brasil



unesco

Currículos de IA para a educação básica

Um mapeamento de currículos de IA aprovados pelos governos

Agradecimentos

O relatório foi produzido pela Unidade de Tecnologia e Inteligência Artificial em Educação da UNESCO, que faz parte da Equipe de Futuros de Aprendizagem e Inovação.

Fengchun Miao, chefe desta Unidade, concebeu e executou a metodologia para a coleta de dados, elaborou e gerenciou as pesquisas e liderou a autoria do relatório. Kelly Shiohira, da JET Education Services, apoiou a coleta de dados, analisou os dados da pesquisa, realizou o mapeamento do currículo e redigiu o relatório.

Agradecemos especialmente a Juan David Plaza Osses e Iaroslava Kharkova, membros desta Unidade, que organizaram a administração das pesquisas e entrevistas com especialistas focais indicados pelos Estados-membros, e aos colegas Glen Hertelendy e Samuel Grimonprez, pela coordenação da produção do relatório.

A UNESCO agradece aos seguintes representantes governamentais por suas contribuições e pelo tempo disponibilizado durante as entrevistas para fornecer informações mais detalhadas sobre os currículos de IA de seus respectivos países: Noha Alomari, especialista em Educação em TIC do Departamento de Currículo e Recursos de Aprendizagem do Ministério da Educação e Ensino Superior do Catar, Peter Bauer, chefe do Departamento de Informática e Tecnologia de Mídia da HTBLA Leonding na Áustria; Marie-Thérèse Delhoune, inspetora da Educação Secundária do Serviço de Inspeção Geral da Fédération Wallonie-Bruxelles na Bélgica; Helder Pais, chefe do Departamento de Desenvolvimento Curricular do Diretório Geral para Educação do Ministério da Educação de Portugal; e Zhang Xiong, professor da Escola de Informática e Engenharia na Universidade de Beihang na China.

O relatório também se beneficiou de informações coletadas em entrevistas com os seguintes pontos focais: Shalini Kapoor, Bettina Culter, Anne Forbes Joyeeta Das e Lucy Qu, da IBM; Anshul Sonak e Shweta Khurana, da Intel; Ki-Sang Song, da Universidade Nacional de Educação da Coreia, na Coreia do Sul; Alexa Joyce e Simran Jha, da Microsoft; Irene Lee e Cynthia Breazeal, do MIT; Muna Al Ansari, do Kuwait; Laila Mohammend Al Atawy, da Jordânia; Mohammed Jumah F. Al-Enazi, da Arábia Saudita; Stefan Badza, da Sérvia; Kyungsuk Chang, da Coreia do Sul; Saffin Mathew, da Índia; Marília Neres, de Portugal; Ashutosh Raina, da Índia; Ralitsa Voynova, da Bulgária; Isabelle Sieh, da Alemanha; Paula Thompson, do Canadá; Artashes Torosyan, da Armênia; Ralitsa Voynova, da Bulgária; e Stephan Waba, da Áustria.

Agradecemos a Patrick Molokwane, da JET Education Services, pelo apoio na pesquisa documental.

Também estendemos nossa gratidão a Jenny Webster, pela edição e revisão do texto, e a Marie Moncet, pela concepção da diagramação.

Por fim, a UNESCO gostaria de agradecer ao TAL Education Group, pelo apoio financeiro para lançamento do projeto sobre IA e os Futuros da Aprendizagem, por meio do qual este relatório também foi possível.

Sumário

Objetivo e escopo do relatório 6

Escopo do mapeamento..... 6

■ Introdução 7

Uma introdução sobre termos e tecnologias de IA 8

Inteligência artificial.....9

Técnicas de IA9

Tecnologias de IA 10

Ética da IA 10

Alfabetização em IA 11

Conceitos e terminologias pedagógicas..... 11

Marcos de ação existentes em currículos de IA..... 12

Alfabetização em IA: considerações sobre competências e *design* 13

AI4K12: cinco grandes ideias e orientações curriculares de IA para a educação básica 15

Marco de Ação de Educação em Aprendizagem de Máquina..... 15

■ Metodologia 19

Coleta de dados 19

Critérios para seleção de currículos de IA aprovados pelos governos..... 19

Lista de currículos de IA aprovados pelos governos 20

Limitações da análise da pesquisa 21

■ Principais constatações da análise de currículos de IA aprovados pelo governo..... 22

Desenvolvimento e aprovação curricular..... 22

Desenvolvimento de currículo de IA e mecanismos de aprovação 22

Visão e motivações para o desenvolvimento de currículos de IA 23

Teste-piloto e avaliação de currículos de IA..... 23

Exemplo: fundamentos e princípios de desenvolvimento curricular do Catar..... 24

Integração e gestão curricular 25

Alocação de horas curriculares 26

Condições essenciais para apoiar os currículos de IA..... 28

Exemplo: a introdução do currículo de IA pelo CBSE da Índia 28

Conteúdo do currículo de IA..... 31

Principais categorias de conteúdo curricular de IA 31

Alocações de tempo para categorias de currículo de IA 31

Cobertura das categorias curriculares de IA 32

Exemplo: conteúdo curricular de IA na Áustria..... 37

Resultados da aprendizagem dos currículos de IA 39

Metodologia para análise dos resultados da aprendizagem 39

Marco de ação para a categorização de resultados da aprendizagem 39

Mapeamento dos resultados da aprendizagem por categorias de IA..... 40

Exemplo: progressão dos resultados da aprendizagem de IA na Coreia do Sul 46

Implementação curricular	47
Formação e apoio a professores	47
Ferramentas e ambientes de aprendizagem	47
Pedagogias sugeridas	49
Exemplo: implementação do currículo de ciências e tecnologias da informação para escolas do segundo nível da educação secundária na China.....	50
■ Principais conclusões e recomendações.....	52
Desenvolvimento e aprovação curricular.....	52
Integração e gestão curricular	53
Conteúdo curricular e resultados da aprendizagem	53
Implementação curricular	54
■ Considerações finais	55
Referências	57
Anexo	61
Pesquisa enviada aos representantes dos Estados-membros	61
Mapeamento da UNESCO de currículos de IA aprovados pelos governos.....	61
Informações gerais	61
Currículo de IA 1	61

Lista de figuras

Figura 1. Número de currículos de IA por tipo de integração.....	26
Figura 2. Alocação de tempo de currículos de IA, por ano escolar	27
Figura 3. Porcentagem de currículos envolvendo cada nível educacional.....	27
Figura 4. Apoio para a implementação realizada	29
Figura 5. Abordagem temática para a integração interdisciplinar da IA no currículo	29
Figura 6. Atores e procedimentos de implementação de IA.....	30
Figura 7. <i>Boxplot</i> das áreas de foco por porcentagem de horas do currículo	32
Figura 8. Alocação do tempo do currículo por área temática.....	33
Figura 9. Alocações percentuais para "Fundamentos de IA"	34
Figura 10. Alocações percentuais para "Ética e impacto social"	35
Figura 11. Alocações percentuais para "Compreensão, utilização e desenvolvimento de IA"	36
Figura 12. Alocações percentuais por área temática	38
Figura 13. Padrões curriculares, Coreia do Sul	46
Figura 14. Perfil médio de engajamento pedagógico.....	50

Lista de tabelas

Tabela 1.	Estrutura de competências em alfabetização em IA.....	14
Tabela 2.	Conceitos e resultados de aprendizagem para a Grande ideia 1: percepção	16
Tabela 3.	Marco de ação de educação em Aprendizagem de Máquina, com resultados e definições de aprendizagem	18
Tabela 4.	Currículos de IA para educação básica, aprovados e implementados pelos governos.....	20
Tabela 5.	Currículos de IA para a educação básica em desenvolvimento pelos governos	21
Tabela 6.	Currículos de IA não governamentais incluídos no estudo como referência	21
Tabela 7.	Condições essenciais para apoiar os currículos de IA.....	28
Tabela 8.	Áreas do currículo de IA.....	31
Tabela 9.	Engajamento curricular por área temática	32
Tabela 10.	Engajamento curricular para a categoria "Fundamentos de IA" por área temática.....	34
Tabela 11.	Engajamento curricular para a categoria "Ética e impacto social" por área temática ...	35
Tabela 12.	Engajamento curricular para a categoria "Compreensão, utilização e desenvolvimento da IA" por área temática	37
Tabela 13.	Mapeamento dos resultados de conhecimento.....	40
Tabela 14.	Mapeamento dos resultados de habilidades	43
Tabela 15.	Mapeamento dos resultados de valores e atitudes.....	45
Tabela 16.	Abordagens e especificações pedagógicas sugeridas.....	49

Objetivo e escopo do relatório

Como a tecnologia de IA representa uma nova área de estudo para escolas de educação básica em todo o mundo, existe uma falta de conhecimento histórico para governos, escolas e professores, a fim de definir as competências em IA e elaborar currículos de IA. Este exercício de mapeamento analisa os currículos de IA existentes com foco específico no conteúdo curricular e nos resultados de aprendizagem e delineia mecanismos de desenvolvimento e aprovação, alinhamento curricular, preparação de ferramentas de aprendizagem e ambientes necessários, pedagogias sugeridas e formação de professores. As principais considerações são extraídas da análise, a fim de orientar o planejamento futuro de políticas capacitadoras, a elaboração de currículos nacionais ou programas de estudos institucionais e estratégias de implementação para o desenvolvimento de competências em IA.

Escopo do mapeamento

A UNESCO tem investigado as práticas atuais de desenvolvimento e implementação de currículos de IA na educação primária e secundária, a partir de uma perspectiva mundial. Na pesquisa, os *currículos de IA* referem-se a programas estruturados de aprendizagem sobre tópicos relacionados à IA que: 1) são aprovados pelos governos nacionais ou regionais; e 2) visam a estudantes na educação básica geral,¹ desde a pré-escola até o 12º ano da educação secundária.² Este estudo não abrange currículos de IA elaborados para instituições especializadas de Educação e Formação Técnica e Profissional (EFTP), instituições de ensino superior ou oportunidades de aprendizagem informal.

1 Nota de Tradução (NT): O documento analisa currículos que se baseiam em sistemas educacionais conhecidos como K-12, que abrangem os níveis educacionais desde a educação pré-escolar até o 12º ano de educação secundária. No decorrer do documento, alguns textos farão referência aos níveis educacionais K-12, mas na medida do possível, foi realizada a correspondência entre tais níveis para aqueles implementados em países africanos de língua oficial portuguesa (Palops).

2 NT: A nomenclatura adotada para os níveis educacionais no Brasil e nos Palops são diferentes dos definidos pela Classificação Internacional Padronizada da Educação (*International Standard Classification of Education – Isced*), por exemplo, no Brasil, o segundo nível da educação secundária é chamado de “ensino médio”. Essa correspondência de nomenclatura pode ser encontrada nas páginas 66-67 do “Glossário de terminologia curricular do UNESCO-IBE” (2016), disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000223059_por>.

Introdução

Atualmente, uma gama diversificada de tecnologias de IA está em uso internacionalmente e há um reconhecimento cada vez maior da importância da IA no contexto do trabalho, e em termos de seu impacto na vida cotidiana. Existe um “amplo consenso” de que a IA “afetará as profissões em todos os níveis de remuneração e de formação” (Royal Society, UK, 2018, citado no *Microsoft Computer Science Framework*, 2021). Uma análise de 2018 realizada pela empresa McKinsey concluiu que, até 2030, espera-se que 70% das empresas do mundo adotem pelo menos um tipo de tecnologia de IA. Todavia, a adoção da IA aumentará as desigualdades existentes entre os países (Bughin et al., 2018a). Atualmente, nos Estados Unidos, as máquinas realizam até 30% das tarefas da força de trabalho (Kelly, 2020). Além disso, os descompassos cada vez mais evidentes entre as habilidades ensinadas em escolas – e em instituições de EFTP – e as habilidades necessárias para o mercado de trabalho são antecipados em correlação com taxas mais altas de automação e integração de IA (Bughin et al., 2018b). A pandemia da COVID-19 apenas aumentou o ritmo da automação, o que pode resultar em até um em cada 16 trabalhadores³ que necessitam de reciclagem até 2030, além de um declínio adicional na disponibilidade de empregos de média e baixa qualificação (Lund et al., 2021).

O impacto da tecnologia de IA não se limita à força de trabalho. A IA tem profundas implicações na cultura, na diversidade, na educação, no conhecimento científico, na comunicação e na informação, especialmente no que diz respeito à paz, à sustentabilidade, à igualdade de gênero e aos desafios específicos da África (COMEST, 2019). Todas essas são áreas de interesse significativo para órgãos internacionais e nacionais que se concentram no desenvolvimento e nas políticas. Os cidadãos têm aumentado suas interações com a IA, de forma consciente ou inconsciente. A IA tem sido utilizada para dirigir carros, automatizar o atendimento ao cliente, identificar alvos para bombas militares, realizar a triagem de requerentes em portos nacionais de entrada, direcionar esforços de policiamento, determinar notas e anos escolares, selecionar estudantes e bolsistas para ingressar em universidades, além de ajudar os indivíduos a tomar decisões sobre suas finanças (Engler, 2021; Frantzman; Atherton, 2019; Shiohira, 2021).

A orientação política internacional sugere que se busquem as áreas comuns por meio de diferentes abordagens

contextualizadas, como a promoção do uso inclusivo e equitativo da IA na educação; o impulso da IA para melhorar a educação e a aprendizagem; a promoção do desenvolvimento de habilidades para empregos e para a vida por meio da IA; e a salvaguarda de dados educacionais, de modo que sua utilização seja ética, transparente e aditável (UNESCO, 2019a). Contudo, na atualidade, relativamente poucas iniciativas se concentram na IA em contextos de educação básica, levando a uma recomendação recente de que “os formuladores de políticas devem fornecer ambiente político e espaços curriculares propícios para explorar a IA” (Miao et al., 2021, p. 34).

Como liderança na comunidade internacional e na discussão sobre tecnologia educacional, a UNESCO coordenou vários desenvolvimentos em IA importantes para a educação.

Em 2015, a *Declaração de Qingdao* (UNESCO, 2015) incluiu um ponto sobre a exploração do potencial de *big data* para melhorar a aprendizagem digital, subsidiar a compreensão sobre o comportamento do estudante, bem como elaborar e oferecer cursos *online* de melhor qualidade. A declaração insiste que “os governos deveriam desenvolver políticas e sistemas para garantir a utilização dos dados de forma segura, adequada e ética, incluindo a proteção da privacidade e da confidencialidade das informações de identificação pessoal dos estudantes”.

- O documento “Consenso de Beijing sobre a inteligência artificial e a educação” (UNESCO, 2019b) inclui várias recomendações e considerações para a IA na educação, demonstrando um foco marcante em equidade e inclusão. Uma das recomendações desse Consenso é garantir que a IA promova educação de alta qualidade e oportunidades de aprendizagem para todos, independentemente de gênero, deficiência, *status* social ou econômico, origem étnica ou cultural ou localização geográfica.
- Como parte da estratégia da UNESCO sobre inovação tecnológica em educação, “UNESCO Strategy on Technological Innovation in Education (2022-2025)” (UNESCO, 2021a), além de ser um observatório e de oferecer capacitação, a Organização busca desenvolver instrumentos prescritivos e instrumentos normativos, incluindo orientações e marcos de ação, “de modo a fortalecer as competências digitais (compreensão,

3 Oito países foram incluídos nesta análise, a saber, Alemanha, China, Espanha, Estados Unidos, França, Índia, Japão e Reino Unido, representando quase metade da população mundial e 62% do PIB.

habilidades e valores) de professores e estudantes, e garantir um uso seguro, ético e significativo de tecnologias, com base nos direitos humanos e em uma perspectiva de aprendizagem ao longo da vida” (UNESCO, 2021a). As áreas transversais de ação são a ampliação do acesso à educação, particularmente para grupos e indivíduos marginalizados, e a qualidade do ensino e da aprendizagem.

- A UNESCO publicou o título “AI and education: guidance for policy-makers” [IA e educação: orientação para formuladores de políticas, em tradução livre], em abril de 2021, com o objetivo de promover a prontidão de resposta para a IA entre os formuladores de políticas (Miao et al., 2021). Tal relatório fornece uma orientação para os leitores interessados em políticas de IA, incluindo oportunidades, riscos, principais definições, tendências em IA, implicações para o ensino e a aprendizagem e o modo como a educação pode preparar os estudantes para a era da IA. Em sua conclusão, o documento apresenta recomendações para o planejamento de políticas locais.
- Em outubro de 2021, a UNESCO lançou o projeto *AI and the Futures of Learning* [IA e os Futuros da Aprendizagem]⁴ com três vertentes independentes, mas complementares: 1) um relatório que propõe recomendações sobre futuros de aprendizagem possibilitados pela IA; 2) orientação sobre princípios éticos para o uso da IA na educação; e 3) um marco de ação sobre competências em IA para estudantes.

As realidades cotidianas dos usos atuais da IA e seu impacto no mundo do trabalho estimulam um senso de urgência para criar um consenso internacional sobre seus papéis aceitáveis na sociedade, as considerações humanísticas que se espera em seu desenvolvimento e sua implantação, bem como o modo de equipar as crianças com as competências de que necessitarão para navegar com sucesso no mundo existente – não no mundo futuro, mas no existente. O “Consenso de Beijing sobre a inteligência artificial e a educação” pede a todos os Estados-membros que “estejam cientes do surgimento de um conjunto de habilidades de educação em IA necessárias para uma colaboração homem-máquina eficaz, sem perder de vista a necessidade de habilidades fundamentais, como a alfabetização e habilidades matemáticas” (UNESCO, 2019b, p. 8). O Consenso aprova uma *abordagem humanística* para “preparar todas as pessoas com os valores e as habilidades apropriadas necessárias para uma colaboração homem-máquina eficaz na vida, aprendizagem e trabalho, e para o desenvolvimento sustentável” (UNESCO, 2019b, p. 6).



Os cidadãos do mundo precisam entender qual pode ser o impacto da IA, o que a IA pode e o que não pode fazer, quando essa tecnologia é útil e quando o seu uso deve ser questionado, além de que maneira ela pode ser direcionada para o bem público (Miao; Holmes, 2021, p. 6).

O Fórum enfatizou a centralidade das competências orientadas para o ser humano, como a compreensão da ética da IA e seus impactos sociais, e as competências orientadas para a tecnologia, como as habilidades e os conhecimentos para usá-la, interpretá-la e desenvolvê-la. Foram recomendadas abordagens específicas e interdisciplinares para a IA na educação, incluindo a construção de currículos de TIC existentes, bem como a integração de análises das oportunidades e dos impactos da IA nos cursos de ciências humanas, ciências naturais e artes (Miao; Holmes, 2021).

Este relatório contribui ainda mais para a compreensão da IA na educação básica, especialmente sobre as maneiras pelas quais os estudantes estão sendo preparados para a vida e para o trabalho na era da IA, fornecendo uma análise do cenário mundial dos currículos de IA aprovados pelos governos para a educação escolar e de sua concepção, conteúdo e implementação. Ele destina-se a informar a criação de ferramentas e marcos de ação de apoio, no sentido de permitir o desenvolvimento de um marco de ação orientador sobre competências em IA. Este relatório também faz parte do trabalho conduzido na “UNESCO Strategy on Technological Innovation in Education (2022-2025)” (UNESCO, 2021a).

Uma introdução sobre termos e tecnologias de IA

Este relatório envolve uma variedade de conceitos e termos de áreas específicas tanto da IA quanto da educação. Apesar da presença onipresente da IA em áreas como comércio, finanças e, cada vez mais, em educação, alguns tomadores de decisão e profissionais podem não estar familiarizados com alguns dos termos utilizados nesta análise. Da mesma forma, não é garantido que todos os profissionais e tomadores de decisão de IA estejam cientes das tendências proeminentes em pedagogia referenciadas nos currículos. Portanto, esta seção fornece uma breve introdução sobre algumas das tecnologias, dos termos e das pedagogias discutidas neste texto, de modo a facilitar a compreensão geral dos leitores sobre cada conceito principal. Em primeiro lugar, cinco termos do campo da IA são explicados de maneira sucessiva e, em seguida, a seção sobre conceitos pedagógicos analisa vários deles, que incluem *avaliação*

4 Consultar <<https://events.unesco.org/event?id=2883602288>>.

baseada em competências, construtivismo, construcionismo e design thinking.

Quase todos esses conceitos e termos produziram pelo menos algum debate acadêmico e possuem defensores e opositores, porém o objetivo deste relatório não é se aprofundar em pontos de vista conflitantes. Tais definições aqui descritas não devem ser tomadas como uma exploração exaustiva.

Inteligência artificial

A expressão *inteligência artificial* foi cunhada em 1956, quando Marvin Minsky e John McCarthy organizaram o *Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence* [Projeto de Pesquisa de Verão sobre Inteligência Artificial de Dartmouth] (COMEST, 2019; Haenlein; Kaplan, 2019). A IA ganhou popularidade devido ao aumento dos *big data* e ao crescimento exponencial do poder de computação (Haenlein; Kaplan, 2019). A definição de IA se expandiu e evoluiu ao longo do tempo (Miao et al., 2021) e, atualmente, refere-se a máquinas que imitam algumas características da inteligência humana, como percepção, aprendizagem, raciocínio, resolução de problemas, interação linguística e trabalho criativo (COMEST, 2019).

A análise neste relatório divide a IA em duas categorias, *técnicas de IA* e *tecnologias de IA*. A primeira engloba os métodos utilizados para construir diferentes tipos de IA, enquanto a segunda se refere aos campos de estudo e a produtos que são criados por essas técnicas.

Técnicas de IA

As técnicas de IA incluídas nos currículos que são analisadas neste relatório são brevemente descritas abaixo⁵:

- A **IA clássica** é baseada em regras e utiliza instruções condicionais se/então para gerar saídas. O raciocínio com base em regras pode ser usado em tecnologias como *chatbots* (por exemplo, “se a entrada contiver as palavras ‘o quê’, ‘preço’ e ‘?’ então devolva o valor do preço do produto listado”).
- A **Aprendizagem de Máquina** (*Machine Learning*) se refere a qualquer tipo de programa de computador que pode “aprender” sem programação explícita, acessando e processando grandes quantidades de dados. O que se entende por “aprender” é que o programa pode produzir novas saídas sem ser “informado” de forma explícita sobre quais deveriam ser essas saídas,

como seria o caso da IA clássica. O restante desta lista é composto por algumas das muitas subcategorias diferentes de Aprendizagem de Máquina.

- A **aprendizagem supervisionada** é um tipo de Aprendizagem de Máquina treinada em dados conhecidos e rotulados a fim de produzir saídas. Por exemplo, um **classificador** é um algoritmo projetado para classificar as coisas em categorias (por exemplo, *spam* ou *não spam*), utilizando dados rotulados. As **árvores de decisão** (*decision trees*) são um tipo de algoritmo de classificação em que vários de “nós” (pontos de decisão, representados como perguntas) levam a “ramificações”, nas quais os resultados de diferentes opções de resposta são separados. Por exemplo, no “MIT DAILY Curriculum”, que é discutido de maneira detalhada mais adiante neste relatório, os estudantes criam uma árvore de decisão para classificar diferentes tipos de massas. Um nó pode perguntar: “Possui mais de quatro polegadas (ou mais de 10 cm)?”, com espaguete, linguine e outras massas longas em uma ramificação do próximo nó; e, em outra ramificação, macarrão, farfalle e outras massas curtas.
- Na **aprendizagem não supervisionada**, a Aprendizagem de Máquina cria saídas com base em semelhanças de agrupamento, em grupos de dados desconhecidos e não rotulados.
- A **aprendizagem por reforço** é um tipo de Aprendizagem de Máquina contínua, treinada para maximizar uma recompensa (por exemplo, para retornar a quantia máxima do valor financeiro de um investimento).
- **Redes neurais** são algoritmos de Aprendizagem de Máquina modelados a partir da arquitetura do cérebro. Eles são compostos por camadas de entrada, camadas ocultas e camadas de saída. Nas camadas ocultas, os dados são processados em nós, com base em seu valor e um peso atribuído, e apenas os dados que passam por um determinado limite são permitidos. Os dados filtrados passam por uma ou mais camadas ocultas até a camada de saída. A “aprendizagem” em redes neurais ocorre por meio da “retropropagação”, um algoritmo que busca minimizar o erro, ajustando os pesos na(s) camada(s) oculta(s) de diferentes nós com base na correção e influência das entradas de cada nó.
- **Aprendizagem profunda** (*Deep learning*) se refere a redes neurais com várias camadas ocultas. Enquanto a Aprendizagem de Máquina, em geral, depende de dados estruturados (por exemplo, selecionados, rotulados e organizados em tabelas), a aprendizagem profunda pode processar dados não estruturados, como texto e imagens. As redes neurais

⁵ As explicações fornecidas aqui são adaptações de Miao et al. (2021), complementadas por exemplos e definições dos currículos incluídos neste relatório, especialmente o “MIT DAILY Curriculum”, o “AI4K12 Curriculum Framework” e o “IBM Youth Challenge”.

e/ou a aprendizagem profunda são utilizadas no reconhecimento de imagem e de fala.

- **Redes Adversárias Generativas** (*Generative Adversarial Networks* – GAN) são um tipo de Aprendizagem de Máquina projetado para gerar novos conteúdos, como, por exemplo, imagens.⁶

Tecnologias de IA

As tecnologias de IA incluídas nos currículos analisados neste relatório são descritas de forma breve a seguir:

- **Chatbots** são programas de computador projetados para simular conversas orais e/ou escritas.⁷
- **Visão computacional (VC)** é o campo da IA que se preocupa em derivar e utilizar informações coletadas de imagens e entradas visuais. A visão computacional impulsiona produtos como vídeos de destaques automatizados (*automated highlight reels*), carros autônomos e ferramentas de controle de qualidade (para a identificação de defeitos) na fabricação.⁸
- **Processamento de linguagem natural (PLN)** baseia-se na combinação da ciência da computação com a linguística computacional, um campo interdisciplinar de estudo da linguagem humana, a fim de criar modelos com base em regras da fala humana ou em texto que podem ser utilizados por computadores. Isso permite que os computadores processem e respondam de maneira adequada à linguagem humana. Essa tecnologia impulsiona a tradução por computador de uma língua para outra e a capacidade de resposta a comandos verbais por parte de tecnologias, como navegação por satélite ou assistentes digitais.
- **Sensores** são dispositivos ou sistemas que medem propriedades físicas, como temperatura ou pressão, e transmitem esses dados para outros eletrônicos (como um processador de computador). Os sensores são um método de coleta de dados utilizado na IA. Eles são parte fundamental da *internet das coisas* (*Internet of Things* – IoT), sistemas nos quais as ações são realizadas sem intervenção humana, com base em entradas de diferentes sensores (Mahdavejad et al., 2018). Um exemplo simples seria um sistema de irrigação com base em IoT que reúne informações de sensores embutidos no solo e ativa um dispositivo de rega apropriado.⁹

Ética da IA

Conforme observado, a IA possui uma ampla gama de aplicações e muitos benefícios demonstráveis. Por exemplo,

a IA forneceu informações importantes e emitiu alertas no início da pandemia da COVID-19. No entanto, o uso da IA também levanta várias considerações éticas. Vieses podem ser introduzidos na IA pelos conjuntos de dados utilizados e pelas escolhas de seus desenvolvedores, levando à discriminação. Devido a elementos como as camadas ocultas de alguns tipos de IA, os processos e os fatores na tomada de decisão da IA não podem ser vistos, verificados ou corrigidos por seres humanos, levantando problemas em termos de explicabilidade e transparência. Outros desafios incluem equilibrar o uso de dados pessoais com o direito individual à privacidade; a segurança dos dados e a exposição potencial ao cibercrime; e o reforço de crenças prévias por meio de algoritmos de IA com base no interesse do usuário, o que pode limitar a exposição das pessoas a ideias e a informações e, como se tem argumentado, infringir o direito de um indivíduo à liberdade de expressão (UNDESA et al., 2021).

O documento “First Draft of the Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence” (UNESCO, 2020) destaca alguns dos principais desafios éticos da IA, observando impactos em: tomada de decisões, emprego e trabalho, interação social, na saúde, educação, mídia, liberdade de expressão, acesso à informação, privacidade, democracia, discriminação e armamento.

A Recomendação sobre Ética da Inteligência Artificial propõe que a IA seja monitorada por terceiros, de modo a garantir que seja confiável e que atue para o bem da humanidade, dos indivíduos, das sociedades e do ambiente natural e seus ecossistemas. Ela estabelece dez princípios para a ética da IA:

1. **Proporcionalidade e não causar dano.** Sugere que a IA estabeleçam objetivos e metas legítimos que sejam adequados ao contexto e com base em fundamentos científicos rigorosos.
2. **Segurança e proteção.** Sugere que a IA não cause danos, e sim proteja de riscos de segurança ao longo de seu ciclo de vida.
3. **Justiça e não discriminação.** Sugere que os sistemas de IA sejam imparciais ao evitar vieses, e que o acesso à IA e a seus benefícios sejam compartilhados em âmbitos nacional, local e internacional, e igualmente distribuídos sem preferência por “raça, cor, ascendência, gênero, idade, língua, religião, opinião política, nacionalidade, origem étnica e social, condição econômica, social ou de nascimento, deficiência ou quaisquer outros motivos” (UNESCO, 2022).

6 A RAG inclui duas redes neurais profundas. Uma delas produz conteúdo e a outra o avalia. As GAN (ainda) não funcionam muito bem com texto.

7 Consultar, por exemplo, <<https://towardsdatascience.com/building-a-chatbot-with-rasa-3f03ecc5b324>>.

8 Para obter mais informações, consulte <<https://www.ibm.com/topics/computer-vision>>.

9 Consultar, por exemplo, <<https://www.digiteum.com/iot-solutions-agricultural-irrigation-system>>.

4. **Sustentabilidade.** Sugere que o impacto social, cultural, econômico e ambiental das tecnologias de IA seja avaliado de forma contínua no contexto de um conjunto de objetivos em constante evolução.
5. **Privacidade.** Sugere que os dados destinados aos sistemas de IA sejam coletados, utilizados, compartilhados, arquivados e apagados, de maneira a proteger o exercício dos direitos pelos titulares dos dados e garantir um *objetivo legítimo* e uma *base jurídica válida* para o processamento de dados pessoais.
6. **Supervisão e determinação humana.** Sugerem que seres humanos ou outras pessoas jurídicas sejam responsáveis pela IA de forma ética e legal.
7. **Transparência e explicabilidade.** Sugere que as pessoas estejam plenamente informadas quando as decisões são baseadas em algoritmos de IA e que indivíduos e entidades sociais devem ter a oportunidade de solicitar explicações do ator de IA ou das instituições do setor público pertinentes, incluindo percepções sobre fatores e tendências de decisão. **Explicabilidade** é mais pormenorizada dessa forma: “os resultados e os subprocessos que conduzem a resultados devem almejar serem compreensíveis e rastreáveis, conforme o contexto” (UNESCO, 2022).
8. **Responsabilidade e prestação de contas (responsabilização).** Reforça o princípio da supervisão e da determinação humana e sugere que os mecanismos de avaliação de impacto, monitoramento e devida diligência sejam implementados para garantir a responsabilização pelos sistemas de IA. A *auditabilidade*¹⁰ deve ser assegurada.
9. **Conscientização e alfabetização.** Referem-se às responsabilidades dos governos, bem como do setor público, da academia e da sociedade civil, para promover educação aberta e acessível além de outras iniciativas com foco nas interseções de IA e direitos humanos, a fim de garantir que “todos os membros da sociedade possam tomar decisões conscientes sobre o uso de sistemas de IA e estejam protegidos de influências indevidas”.
10. **Governança e colaboração adaptáveis e com múltiplas partes interessadas.** Sugere que os Estados devam regulamentar os dados gerados ou transmitidos em seus territórios; que as partes interessadas, a partir de uma ampla gama de organizações civis e dos setores público e privado, sejam engajadas em todo o ciclo de vida da IA; e que medidas sejam adotadas de modo a permitir a participação significativa de grupos marginalizados, comunidades e indivíduos.

Alfabetização em IA

O relatório síntese do Fórum, “UNESCO International Forum on AI and the Futures of Education under the theme of Developing Competencies for the AI Era” (Miao; Holmes, 2020) observou que os cidadãos do mundo precisam entender qual pode ser o impacto da IA, o que essa tecnologia pode e não pode fazer, quando ela é útil, quando seu uso deve ser questionado e de que maneira ela pode ser direcionada para o bem público. Isso exige que todos alcancem algum nível de competência em relação à IA, incluindo conhecimento, compreensão, habilidades e orientação de valor. Juntos, esses elementos podem ser chamados de *alfabetização em IA*. A alfabetização em IA compreende a alfabetização em dados, ou seja, a capacidade de entender como a IA coleta, limpa, manipula e analisa dados; e a alfabetização em algoritmos, ou seja, a capacidade de entender como os algoritmos de IA encontram padrões e conexões nos dados, que podem ser utilizados para interações de um humano com uma máquina. Esta é uma tentativa de enquadrar o escopo, a estrutura e as principais categorias do campo emergente da alfabetização em IA. Esta expressão foi utilizada para orientar o estudo apresentado neste relatório.

Conceitos e terminologias pedagógicas

A *educação baseada em competências* (EBC) é um modelo adotado com frequência na educação superior e na EFTP, mas tem sido cada vez mais aplicada de várias formas na educação básica. A EBC pretende fazer a transição da educação de modelos de tempo fixo e de aprendizagem flexível para tempo flexível e aprendizagem fixa. Nos modelos da EBC, espera-se que os estudantes demonstrem conhecimentos, habilidades e valores aplicados no contexto por meio de avaliações, e eles recebem tanto apoio adicional quanto necessário até atingirem os referenciais exigidos (NCLSorg, 2017).

No cerne da EBC está o conceito de *competência*, um termo que evoluiu para descrever “a mobilização de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores para atender a demandas complexas” (OECD, 2019, p. 5). Geralmente, as competências pretendidas de um currículo são expressas por meio de resultados da aprendizagem, ou pelo que se espera que um estudante saiba, entenda e seja capaz de fazer após a conclusão de um curso (Biggs; Collis, 1982; Cedefop, 2017;

¹⁰ Embora a *auditabilidade* não esteja definida de forma explícita na Recomendação, esse termo se refere à capacidade de acessar, revisar, monitorar e criticar algoritmos, por parte de terceiros (Jobin et al., 2019).

Kinta, 2013). A terminologia *resultado da aprendizagem* é uma modificação da expressão anteriormente utilizada, *objetivo de aprendizagem*, que garante que o foco dessa terminologia esteja nas ações ou realizações dos estudantes, e não nas dos professores, sendo ainda definida por meio de aplicações mensuráveis (Lopez et al., 2015; Sinhá, 2020). A relação entre o currículo, os resultados da aprendizagem e a competência é complexa na prática, mas é muito direta teoricamente: um currículo descreve um conjunto de resultados da aprendizagem pretendidos, e as avaliações dos estudantes demonstram a obtenção desses resultados por meio da aplicação de conhecimentos, habilidades e atitudes/valores dentro do domínio ou do objeto de estudo e, preferencialmente, em novos domínios – ao que a taxonomia SOLO¹¹ de Biggs e Collis (1982) se refere como capacidade *abstrata estendida*.

As estruturas e os currículos examinados para este relatório também fazem referência ao **construtivismo**, ao **construcionismo**, ao **pensamento computacional** e **design thinking**.

Construtivismo(s) é(são) uma ampla gama de conceitos acadêmicos que se aplica(m) às maneiras pelas quais o conhecimento é criado ou construído por indivíduos (e, eventualmente, construído de forma coletiva), por meio de interações recíprocas e com seus ambientes físicos, culturais, institucionais ou sistêmicos (Taber, 2016). Com frequência, os tipos de *construtivismo* aplicados na educação baseiam-se, em grande parte, no trabalho de Piaget (1972), que esboça uma teoria dos tipos e das formas de aprendizagem que são e não são acessíveis às crianças em vários estágios de desenvolvimento; por exemplo, a aplicação concreta precederia à abstração.

Um conceito relacionado é o *construcionismo*, a filosofia segundo a qual os estudantes aprendem melhor por meio da aplicação do conhecimento em projetos que possuem um interesse pessoal para eles (Papert; Harel, 1991). O *construcionismo* é particularmente aplicável aos currículos digitais, devido às suas origens nas áreas de TIC e matemática e à sua preocupação com as maneiras pelas quais o significado é gerado por meio do processo de engajamento, manipulação e mudança de artefatos digitais (Kynigos, 2015). Embora os construtivistas e os construcionistas tenham uma base comum, os construcionistas desafiam as hierarquias do conhecimento estabelecidas por Piaget (1972), e argumentam que os estudantes podem se envolver de forma produtiva com conceitos mais complexos em idades mais jovens por meio do uso de mídias digitais e de métodos como a programação baseada em blocos (Papert, 1996).

O *pensamento computacional*, ou a série de processos mentais e físicos realizados para construir uma solução digital para um problema (identificação de um problema, sua divisão em partes, construção e assimilação de soluções, seu teste e seu refinamento), é teorizado de modo a ser aplicado a uma matriz de domínios fora da ciência da computação (Lodi e Martini, 2021). Eventualmente, as quatro “partes” do *pensamento computacional* são citadas como *decomposição*, *abstração*, *análise* e *algoritmos* (Kush, 2019). Lee e seus colegas (2011) estudaram várias iniciativas de *pensamento computacional* na educação básica e determinaram que seus processos poderiam, de fato, ser implantados por estudantes de diferentes origens demográficas. Os pesquisadores propuseram ainda um modelo de progressão de aprendizagem com base em “utilizar-modificar-criar”, para envolvimento com o *pensamento computacional* e observaram que os professores qualificados, as considerações de desenvolvimento e a tecnologia adequada eram mecanismos de apoio essenciais.

Um recurso final apresentado no contexto de alguns dos currículos incluídos neste estudo é o *design thinking*. Esse recurso é apresentado como “um processo analítico e criativo para envolver as pessoas em oportunidades para experimentar, criar e montar protótipos de modelos, coletar comentários (*feedbacks*) e reformular o processo (*redesign*)” (Razzouk; Shute, 2012). Originalmente desenvolvido em áreas como arqueologia, *marketing* e economia (Buchanan, 1992), o *design thinking* começou a surgir no meio industrial no início da década de 1990, onde foi desenvolvido na forma de uma metodologia orientada ao consumidor, com o intuito de elaborar produtos ou modelos de negócios inovadores, particularmente aqueles que envolvem tecnologia (Hobcraft, 2017). O processo de *design thinking* inclui empatia (por exemplo, com os consumidores), definição de uma demonstração de problema, criação de ideias para soluções e, em seguida, prototipagem e testagem em um ciclo de projeto iterativo, até que uma inovação desejável seja alcançada (Hasso Plattner Institute of Design, 2010). Nas escolas, o *design thinking* pode oferecer um procedimento claro para responder a alguma necessidade por meio de atividades e competências digitais e interdisciplinares.

Marcos de ação existentes em currículos de IA

Existem algumas iniciativas recentes para mapear ou criar marcos de ação curriculares de IA para a educação básica. Três deles são detalhados nesta seção: Alfabetização em

¹¹ SOLO significa *Structure of Observed Learning Outcome* (estrutura de resultados da aprendizagem observados).

IA: considerações sobre competências e *design* (*AI Literacy: Competencies and Design Considerations*); AI4K12: diretrizes de IA para a educação básica (*AI4K12: K-12 AI Guidelines*¹²); e Marco de Ação de Educação em Aprendizagem de Máquina (*Machine Learning Education Framework*). Esta não é uma lista exaustiva, pois várias ONGs, indústrias e organizações acadêmicas e/ou diversos indivíduos desenvolveram marcos de ação curriculares de IA para apoiar seus próprios programas e empreendimentos. Alguns desses marcos estão em uso por parte de governos, como o *Microsoft Computer Science Framework*, e foram incluídos no mapeamento de resultados da aprendizagem que será discutido posteriormente neste relatório. Os três marcos abordados nesta seção foram desenvolvidos com o objetivo principal de fundamentar o desenvolvimento de currículos de IA por vários parceiros e não estão vinculados a produtos ou a cursos específicos.

Alfabetização em IA: considerações sobre competências e *design*

Long e Magerko (2020) apresentam várias considerações sobre competências e *design* (elaboração de projetos) para a alfabetização em IA com base no estudo do escopo de pesquisas existentes, buscando determinar temas emergentes sobre: 1) o que os especialistas em IA acreditam que um público não técnico deve saber; e 2) percepções e equívocos comuns entre os estudantes.

Seu estudo de escopo revela 17 considerações sobre competências e 13 sobre *design*. As descrições indicam que, para essa proposta, as competências estão universalmente nos níveis mais baixos de uma taxonomia do conhecimento, em grande parte confinadas à compreensão, descrição e identificação. As competências propostas por Long e Magerko (2020) estão descritas na **Tabela 1**.

As considerações sobre a elaboração propostas por Long e Magerko (2020) se concentram em métodos pedagógicos e de aprendizagem, mas também em elementos sociais e interpessoais. De modo geral, elas enfatizam a aprendizagem experiencial e material relevante, uma apreciação das demandas cognitivas e da teoria do desenvolvimento infantil, bem como o posicionamento da IA nos contextos do estudante. As 15 considerações específicas sobre elaboração que os pesquisadores apresentam são:

1. **Explicabilidade** – incluir visualizações gráficas, simulações, explicações dos processos de tomada de decisão dos gestores educacionais

ou demonstrações interativas para ajudar os estudantes a entender a IA.

2. **Interações incorporadas** – projetar intervenções nas quais os indivíduos possam atuar como gestores educacionais ou segui-los, como forma de dar sentido ao processo de raciocínio do educador. Isso pode envolver simulações incorporadas de algoritmos e/ou experimentação física prática com tecnologia de IA.
3. **Contextualização de dados** – incentivar os estudantes a investigar quem criou o conjunto de dados, como os dados foram coletados e quais são as limitações do conjunto de dados. Isso pode envolver a escolha de conjuntos de dados que são relevantes para a vida dos estudantes, são de baixa dimensão e estão “sujos” (*messy*, ou seja, não estão limpos ou categorizados de forma organizada).
4. **Promover transparência** – promover a transparência em todos os aspectos da elaboração de IA (ou seja, eliminação da funcionalidade de caixa preta, compartilhamento das intenções do criador e das fontes de financiamento ou de dados etc.).
5. **Revelar gradualmente** – para evitar sobrecarga cognitiva, fornecer aos usuários a opção de inspecionar e aprender acerca dos diferentes componentes do sistema; explicar apenas alguns componentes de cada vez; ou introduzir estruturas de apoio que desaparecem à medida que o usuário aprende mais sobre as operações do sistema.
6. **Oportunidades para programar** – fornecer maneiras para os indivíduos programarem e/ou ensinarem os gestores de IA (*AI agentes*). Manter o mínimo de pré-requisitos de codificação, concentrando-se em elementos visuais, auditivos e/ou incorporando estratégias, como os problemas de Parsons e o código de preenchimento em branco.
7. **Marcos** – considerar de que maneira as percepções de IA são afetadas por marcos de ação de desenvolvimento (por exemplo, desenvolvimento da teoria da mente), idade e experiência anterior com tecnologia.
8. **Pensamento crítico** – incentivar os estudantes a serem consumidores críticos de tecnologias de IA, questionando a inteligência e a confiabilidade das aplicações de IA.
9. **Identidades, valores e origens** – considerar de que forma as identidades, os valores e as origens dos estudantes afetam seu interesse por IA e os preconceitos que atribuem à IA. As intervenções de aprendizagem que incorporam a identidade pessoal ou os valores culturais podem estimular seu interesse e sua motivação.

¹² Consultar <<https://ai4k12.org>>.

Tabela 1. Estrutura de competências em alfabetização em IA

Competência	Descrição/resultados de aprendizagem
1. Reconhecimento da IA	Distinguir entre artefatos tecnológicos que utilizam e não utilizam IA.
2. Compreensão da inteligência	Analisar e discutir com senso crítico os recursos que tornam uma entidade “inteligente”. Discutir as diferenças entre inteligência humana, animal e de máquina.
3. Interdisciplinaridade	Reconhecer que há muitas maneiras de pensar e desenvolver máquinas “inteligentes”. Identificar uma variedade de tecnologias que utilizam IA, incluindo tecnologia que abrange sistemas cognitivos, robótica e Aprendizagem de Máquina.
4. IA geral vs. restrita	Distinguir entre IA geral e restrita.
5. Pontos fortes e fracos da IA	Identificar os tipos de problemas nos quais a IA se distingue ou não. Determinar quando é apropriado utilizar a IA e quando impulsionar as habilidades humanas.
6. Imaginar a IA do futuro	Imaginar possíveis aplicações futuras de IA e considerar os efeitos de tais aplicações no mundo.
7. Representações	Entender o que é uma representação de conhecimento e descrever alguns exemplos dessas representações.
8. Tomada de decisão	Reconhecer e descrever exemplos de como os computadores raciocinam e tomam decisões.
9. Etapas da Aprendizagem de Máquina	Entender as etapas envolvidas na Aprendizagem de Máquina, bem como as práticas e os desafios que cada etapa envolve.
10. O papel humano na IA	Reconhecer que os seres humanos desempenham um papel importante na programação, na escolha de modelos e no ajuste fino dos sistemas de IA.
11. Alfabetização em dados (<i>data literacy</i>)	Entender os conceitos básicos de alfabetização em dados.
12. Aprendizagem a partir dos dados (<i>learning from data</i>)	Reconhecer que, em geral, os computadores aprendem a partir dos dados (incluindo os próprios dados).
13. Interpretação crítica de dados (<i>critically interpreting data</i>)	Entender que os dados requerem interpretação. Descrever como os exemplos de treinamento fornecidos em um conjunto de dados inicial podem afetar os resultados de um algoritmo.
14. Ação e reação	Entender que alguns sistemas de IA possuem a capacidade de agir fisicamente no mundo. Essa ação pode ser direcionada por raciocínio de nível superior (por exemplo, caminhar ao longo de uma trajetória planejada) ou impulsos reativos (por exemplo, pular para trás para evitar um obstáculo percebido).
15. Sensores	Entender o que são sensores e que os computadores percebem o mundo por sensores. Identificar sensores em uma variedade de dispositivos. Reconhecer que diferentes sensores oferecem apoio a diferentes tipos de representação e de raciocínio sobre o mundo.
16. Ética	Identificar e descrever diferentes perspectivas sobre as principais questões éticas em torno da IA: privacidade, emprego, desinformação, <i>singularidade</i> ¹³ , tomada de decisão, diversidade, viés, transparência e responsabilidade.
17. Programabilidade	Entender que os agentes são programáveis.

Fonte: Long; Magerko, 2020.

- 10. **Apoio aos pais e aos responsáveis** – ao criar a IA para famílias, ajudar os pais e os responsáveis a desenvolver as experiências de aprendizagem de IA de seus filhos.
- 11. **Interação social** – criar experiências de aprendizagem de IA que promovam a interação social e a colaboração.
- 12. **Promover os interesses dos estudantes** – explorar questões atuais, experiências cotidianas ou passatempos comuns, como jogos ou música, ao elaborar intervenções de alfabetização em IA.

- 13. **Reconhecer preconceitos** – considerar o fato de que os estudantes podem ter preconceitos politizados ou sensacionalistas sobre IA provenientes da mídia popular, além de levar em conta as maneiras para se respeitar, abordar e ampliar essas ideias nas intervenções de aprendizagem.
- 14. **Novas perspectivas** – introduzir perspectivas que não são tão bem representadas na mídia popular (por exemplo, subcampos de IA menos divulgados e discussões equilibradas sobre os perigos e os benefícios da IA).

¹³ Descreve o ponto em que a IA se torna mais inteligente que os humanos e pode ser acompanhada por preocupações de que a IA prejudicaria os seres humanos de maneira intencional.

15. **Baixa barreira de entrada** – considerar as formas de informar sobre os conceitos de IA para estudantes que não possuem ampla experiência em matemática ou ciência da computação (por exemplo, reduzir os conhecimentos e as habilidades prévias, relacionar a IA ao conhecimento prévio e abordar as inseguranças dos estudantes acerca de sua capacidade).

AI4K12: cinco grandes ideias e orientações curriculares de IA para a educação básica

A Iniciativa AI4K12 foi lançada em 2018 pela Associação para o Avanço da Inteligência Artificial (*Association for the Advancement of Artificial Intelligence* – AAAI), pela Associação dos Professores de Ciência da Computação (*Computer Science Teachers Association* – CSTA) e pela AI4All, como um grupo de trabalho conjunto que busca desenvolver orientações nacionais para o ensino de IA aos estudantes de educação primária e secundária (AAAI, 2018).

Esse grupo reuniu acadêmicos, pesquisadores e professores para trabalhar em um marco de ação integral de IA com base em *cinco grandes ideias*:

1) os computadores percebem o mundo por meio de sensores; 2) os agentes mantêm representações do mundo e as utilizam para raciocinar; 3) os computadores podem aprender a partir de dados; 4) agentes inteligentes requerem muitos tipos de conhecimento para interagir de maneira natural com os humanos; e, acima de tudo, 5) a IA pode impactar a sociedade de maneira positiva e negativa. O pôster “Cinco Grandes Ideias em Inteligência Artificial” foi traduzido para 15 línguas até o momento¹⁴; e foi, pelo menos em parte, a base para o desenvolvimento de currículos em diversos contextos, incluindo vários dos currículos pesquisados neste estudo.

O grupo de trabalho foi convocado para descompactar cada uma dessas ideias em um marco de ação curricular dividido em quatro partes, para K–2; 3–5; 6–8; e 9–12.¹⁵ Até o momento, as orientações curriculares para as três primeiras *grandes ideias* foram elaboradas e, atualmente, estão disponíveis para comentários públicos.¹⁶

Nas orientações, cada *grande ideia* é subdividida em conceitos de aprendizagem, que, por sua vez, são divididos em componentes conceituais. Por exemplo, os conceitos de aprendizagem, os componentes de conceito e os resultados de aprendizagem associados à *Grande ideia 1: percepção* estão resumidos na **Tabela 2**.

Cada *grande ideia* é dividida de maneira semelhante com um caminho concreto de resultados da aprendizagem, desde a educação primária até o final da educação secundária. Além desses resultados, as orientações curriculares oferecem exemplos do *conhecimento duradouro* que os estudantes devem reter, por exemplo: “Os sons são codificados de maneira digital pela amostragem da forma de onda em pontos discretos (tipicamente, vários milhares de amostras por segundo), produzindo vários números” ou “A hierarquia da linguagem falada é: formas de onda ➔ gestos articulatórios ➔ sons ➔ morfemas ➔ palavras ➔ orações ➔ frases”. Eventualmente, os resultados de aprendizagem e o conhecimento duradouro são ainda mais descompactados, como neste segundo exemplo: “para passar de sinais ruidosos e ambíguos até o significado, é necessário reconhecer a estrutura e aplicar o conhecimento de domínio em vários níveis de abstração. Um exemplo clássico: as frases *How to recognize speech* [Como reconhecer a fala] e *How to wreck a nice beach* [Como destruir uma bela praia] são praticamente idênticas no nível da forma de onda sonora”.¹⁷

Ocasionalmente, são sugeridas atividades. Por exemplo, para explicar sobre as árvores de decisão no nível 3 a 5, recomenda-se o jogo “adivinha o bicho”, a atividade de solução de problemas e a atividade da “terra das massas”.

As grandes ideias se reforçam de forma mútua. Por exemplo, a *Grande ideia 3* aproveita o conhecimento dos componentes de detecção para facilitar a discussão sobre as diferenças no modo como as pessoas e os computadores aprendem. Da mesma forma, ela se baseia no conhecimento de componentes de processamento para equipar os estudantes com conhecimentos sobre como rotular um conjunto de dados para Aprendizagem de Máquina, treinar classificadores e envolver conceitos de IA, como árvores de decisão, redes neurais, aprendizagem supervisionada, aprendizagem não supervisionada e aprendizagem por reforço.

Marco de Ação de Educação em Aprendizagem de Máquina

Embora nunca mencione a educação baseada em competências, o Marco de Ação de Educação em Aprendizagem de Máquina (Lao, 2020) segue o conhecido marco de ação, “EBC de conhecimento, habilidades e atitudes” (que, em outros contextos, incluía itens como habilidades e/ou valores) (Brewer; Comyn, 2015;

¹⁴ Consultar <<https://ai4k12.org/resources/big-ideas-poster>>.

¹⁵ NT: O texto original faz referência às etapas de ensino do modelo K-12, que abarca a pré-escola (*Kindergarten*) e os 12 anos de educação primária e secundária.

¹⁶ Consultar <<https://ai4k12.org/gradeband-progression-charts>>.

¹⁷ NT: Em inglês, as frases “How to recognize speech” e “How to wreck a nice beach” possuem sons muito semelhantes.

Tabela 2. Conceitos e resultados de aprendizagem para a *Grande ideia 1: percepção*

Conceitos de aprendizagem	Componentes de conceito	Progressão do resultado da aprendizagem ¹⁸
Detecção	Seres vivos	K-2: Identificar os sentidos e órgãos sensoriais humanos. 3 a 5: Comparar as percepções humana e animal. 6 a 8: Fornecer exemplos de como os humanos combinam informações de múltiplas modalidades. 9 a 12: N/A
	Sensores de computador	K-2: Localizar e identificar sensores (câmera, microfone) em computadores, telefones, robôs e outros dispositivos. 3 a 5: Ilustrar como a detecção por computador difere da detecção humana. 6 a 8: Fornecer exemplos de como agentes inteligentes combinam informações de múltiplos sensores. 9 a 12: Descrever as limitações e as vantagens de vários tipos de sensores de computador.
	Codificação digital	K-2: N/A 3 a 5: Explicar como as imagens são representadas digitalmente em um computador. 6 a 8: Explicar como os sons são representados digitalmente em um computador. 9 a 12: Explicar como os dados de radar, lidar, GPS e acelerômetro são representados.
Processamento	Detecção vs. percepção	K-2: Fornecer exemplos de máquinas inteligentes vs. não inteligentes e discutir o que torna uma máquina inteligente. 3 a 5: Utilizar uma ferramenta de <i>software</i> , por exemplo, uma transcrição de fala ou uma demonstração de reconhecimento de objetos visuais, para exibir a percepção da máquina e explicar por que isso é percepção e não uma mera detecção. 6 a 8: Fornecer exemplos de diferentes tipos de percepção de computador que podem extrair significado de sinais sensoriais. 9 a 12: Explicar algoritmos de percepção e o modo como são usados em aplicações do mundo real.
	Extração de recursos	K-2: Fornecer exemplos das características que alguém procuraria, caso desejasse reconhecer uma determinada classe de objetos ou entidades em uma imagem (por exemplo, gatos). 3 a 5: Ilustrar como a detecção de rosto funciona por meio da extração de características faciais. 6 a 8: Ilustrar o conceito de extração de características de imagens por meio da simulação de um detector de bordas. 9 a 12: Explicar como os recursos são extraídos a partir de formas de onda e de imagens.
	Fluxo de processamento (<i>pipeline</i>) de abstração: língua	K-2: Descrever os diferentes sons que compõem a língua falada e, para cada som de vogal, fornecer uma palavra que contenha esse som. 3 a 5: Ilustrar como sequências de sons podem ser reconhecidas como palavras candidatas, mesmo que alguns sons não sejam claros. 6 a 8: Ilustrar o modo como sequências de palavras podem ser reconhecidas como frases, mesmo que algumas das palavras não sejam claras. 9 a 12: Ilustrar a hierarquia de abstração para compreensão da fala, desde formas de onda até frases.
	Fluxo de processamento (<i>pipeline</i>) de abstração: visão	K-2: Demonstrar a segmentação da figura/do fundo, identificando as figuras de primeiro plano e o plano de fundo em uma imagem. 3 a 5: Ilustrar como os contornos de objetos parcialmente oclusos (bloqueados) em uma imagem diferem das formas completas dos objetos. 6 a 8: Descrever como os detectores de borda podem ser compostos para formar detectores de recursos mais complexos, por exemplo, para letras ou formas. 9 a 12: Demonstrar como o raciocínio perceptivo em um nível mais alto de abstração se baseia em níveis anteriores e mais baixos de abstração.
Conhecimento de domínio	Tipos de conhecimento de domínio	K-2: Descrever algumas coisas que um agente inteligente deve “saber” para entender uma pergunta. 3 a 5: Demonstrar como um sistema de conversão de texto em fala pode resolver uma ambiguidade por meio do contexto e como a taxa de erro aumenta graças a entradas não gramaticais. 6 a 8: Classificar uma determinada imagem e descrever os tipos de conhecimento que um computador precisaria para entender cenas desse tipo. 9 a 12: Analisar um ou mais conjuntos de dados de imagens digitais. Descrever as informações que os conjuntos de dados fornecem e como isso pode ser utilizado para extrair conhecimento de domínio para um sistema de visão computacional.
	Inclusão	K-2: Discutir sobre as razões pelas quais os agentes inteligentes precisarem entender outras línguas. 3 a 5: Discutir de que maneira o conhecimento de domínio deve ser amplo o suficiente para todos os grupos que uma aplicação deve atender. 6 a 8: Descrever de que maneira um sistema de visão pode mostrar viés cultural, caso não tenha conhecimento de objetos não encontrados na cultura de quem o criou. 9 a 12: Descrever algumas das dificuldades técnicas em fazer com que os sistemas de percepção do computador funcionem bem para diversos grupos.

Fonte: AI4K12, 2020.

¹⁸ NT: Na Tabela 2, K-12 corresponde à pré-escola; 3-5, aos anos da educação primária; 6 a 8, aos anos da educação secundária; 9 a 12, aos anos da educação secundária.

CANTA, 2014; European Parliament; Council of the European Union, 2006). A EBC foi criticada no passado por algumas pessoas por sua falta de atenção ao significado da tarefa para os estudantes e uma visão reducionista de competência que, embora muito enraizada no contexto de desempenho, é menos sensível a fatores individuais, como experiência anterior e flexibilidade para explorar recursos externos, por exemplo, o conhecimento dos companheiros de equipe (Rutayuga, 2014). Contudo, a integração gradual de teorias, como o construtivismo e a aprendizagem experiencial (Brunner, 1990; Kolb, 2015; Piaget, 1972; Williams, 2017), resultou em um marco de ação com base em competências que se concentra em “cabeça, coração e mãos”, no qual a *cabeça* representa o domínio cognitivo (o que você sabe sobre isso), o *coração* representa o domínio afetivo (por que isso é importante) e as *mãos* representam o domínio psicomotor (o que você pode fazer com isso) (Gazibara, 2013; Singleton, 2015; Sipos et al., 2008). Essa integração também expandiu o conceito de competência para incluir habilidades socioemocionais (European Parliament; Council of the European Union, 2006; Mulder, 2007).

Além disso, Lao (2020) se baseia em:

- teorias do construcionismo, ou a ideia de que a aprendizagem é potencializada quando empreendida por meio da construção de um item que tenha significado pessoal para os estudantes;
- pensamento computacional, uma proposta de reformulação de conceitos familiares de competência para aplicação concreta ao mundo da programação: *conceitos técnicos, práticas de programação e perspectivas* sobre as relações entre um indivíduo e a tecnologia;
- um modelo para se compreender os resultados de aprendizagem em aulas de pensamento computacional dividido em abstração, ou a capacidade de aplicar conceitos a novos casos de uso; automação, ou a utilização de um computador para aumentar a eficiência em tarefas repetidas; e análise, ou a reflexão sobre as suposições e os métodos de implementação de um estudante (Lee et al., 2011).
- utilizar-modificar-criar (UMC), uma progressão em camadas, empregada com frequência em aulas de pensamento computacional, na qual os estudantes, primeiramente, se envolvem com o *software* existente e, em seguida, modificam-no para atender às novas necessidades e, por fim, criam um novo *software* (Lee et al., 2011).

O Marco de Ação de Educação em Aprendizagem de Máquina (descrito na **Tabela 3**) consiste em seis “cursos mínimos necessários para cidadãos engajados

na Aprendizagem de Máquina” e é direcionado a um público de “desenvolvedores amadores/consumidores” (Lao, 2020, p. 61). Em seu marco de ação, Lao argumenta que entender o viés e as implicações sociais da IA são requisitos fundamentais para todas as habilidades.

Lao (2020) também apresenta uma rubrica para avaliar os programas de aprendizagem de Aprendizagem de Máquina em relação a esse marco de ação, estabelecendo a base para um conjunto de padrões no nível de saída que podem ser construídos. Por exemplo, as quatro *pontuações máximas* na rubrica para os quatro resultados de aprendizagem em *Conhecimento* são:

1. **Conhecimento geral** – os graduados deste curso podem fornecer uma definição precisa de Aprendizagem de Máquina e propiciar uma descrição detalhada das etapas do fluxo de processamento (*pipeline*) de Aprendizagem de Máquina, com considerações técnicas, sociais e éticas para cada etapa.
2. **Conhecimento de métodos de Aprendizagem de Máquina** – os graduados deste curso são capazes de discernir com precisão quando utilizar uma variedade de métodos de Aprendizagem de Máquina em toda a amplitude do campo. Eles são capazes de descrever os principais conceitos técnicos desses métodos e utilizá-los ou implementá-los de forma confortável em aplicações apropriadas. Lao lista, em seguida, seus pontos de vista sobre métodos adequados para diferentes níveis educacionais:
 - **Educação secundária (segundo nível) e educação superior** – *k*-vizinhos mais próximos (*k-nearest neighbours*), árvore de regressão e classificação (CART) árvores de decisão (*decision tree*), regressão, redes neurais convolucionais; métodos não supervisionados, como clusterização usando método *k-means* (*k-means clustering*), análise de componentes principais, redes adversárias generativas (GAN) e vetores de associação (*embeddings*); redes neurais recorrentes (*recurrent neural network* – RNN) ou memória longa de curto prazo (*Long short-term memory* – LSTM); aprendizagem por reforço; aprendizagem por transferência; e métodos de conjunto.
 - **Educação primária e educação secundária (primeiro nível)** – envolver aplicações que permitem que os estudantes concluam tarefas específicas utilizando Aprendizagem de Máquina, por exemplo, explorar redes neurais e aplicações de GAN para criar arte ou música, ou implantar aprendizagem de reforço para jogos etc.

3. **Viés** – os graduados deste curso são capazes de descrever como os sistemas de Aprendizagem de Máquina podem se tornar tendenciosos de maneira imprevisível em relação a grupos específicos em cada etapa do fluxo de processamento (*pipeline*) da Aprendizagem de Máquina. Com senso crítico, eles são capazes de incorporar práticas de ética e *design thinking* em seu próprio trabalho.
4. **Implicações sociais** – os graduados deste curso reconhecem que é necessário que os criadores de tecnologias de Aprendizagem de Máquina considerem as implicações sociais de seu trabalho. Eles são capazes de aplicar perspectivas e conceitos éticos e culturais à análise de artefatos de Aprendizagem de Máquina de maneira abrangente, interrelacional e sensível (ou seja, consideram a privacidade, a segurança, o potencial de abuso e o equilíbrio de benefícios e danos; assim como avaliam a recepção etnográfica e os impactos por meio de ferramentas como análises de partes interessadas, matrizes éticas e cartões-modelo).

Tabela 3. Marco de Ação de Educação em Aprendizagem de Máquina, com resultados e definições de aprendizagem

Conhecimento	
1. Conhecimento geral de Aprendizagem de Máquina*	Saber o que é – e o que não é – Aprendizagem de Máquina. Entender todo o fluxo de processamento (<i>pipeline</i>) da criação de sistemas de Aprendizagem de Máquina.
2. Conhecimento de métodos de Aprendizagem de Máquina	Identificar quando utilizar uma variedade de métodos de Aprendizagem de Máquina em toda a amplitude do campo, por exemplo, k-vizinhos mais próximos (<i>k-nearest neighbours</i>), árvore de regressão e classificação (<i>classification and regression trees</i> – CART) ou árvores de decisão, redes neurais, métodos de conjunto. Entender como funcionam os diferentes métodos.
3. Viés em sistemas de Aprendizagem de Máquina*	Entender que os sistemas podem ser tendenciosos, bem como os diferentes níveis e maneiras nos quais o viés pode ser introduzido.
4. Implicações sociais da IA*	Entender que os sistemas de Aprendizagem de Máquina podem ter impactos positivos e negativos generalizados. Considerar as implicações éticas, culturais e sociais do que eles fazem.
Habilidades	
1. Escopo do problema da Aprendizagem de Máquina	Determinar quais problemas podem e devem ser resolvidos pela Aprendizagem de Máquina.
2. Planejamento de projeto de Aprendizagem de Máquina	Planejar uma solução que seja sensível a considerações técnicas e contextuais.
3. Criação de artefatos de Aprendizagem de Máquina	Utilizar ferramentas para criar artefatos apropriados.
4. Análise de interações e resultados de projeto de Aprendizagem de Máquina*	Descrever as intenções de projeto explícitas e implícitas de um sistema de Aprendizagem de Máquina. Analisar com senso crítico as intenções em relação as maneiras pelas quais o sistema pode e deve ser utilizado.
5. Defesa da Aprendizagem de Máquina*	Discutir com senso crítico sobre as políticas, os produtos e educação por meio da Aprendizagem de Máquina.
6. Aprendizagem independente fora da sala de aula	Estudantes procuram experiências de aprendizagem fora da sala de aula.
Atitudes	
1. Interesse	Os estudantes estão engajados e motivados para estudar o tema.
2. Identidade e comunidade	Os estudantes contribuem e aprendem com uma comunidade de colegas e/ou comunidades digitais mais amplas interessadas na Aprendizagem de Máquina.
3. Autoeficácia	Os estudantes são formados para construir coisas novas e significativas.
4. Persistência	Os estudantes continuam e ampliam seu engajamento com a Aprendizagem de Máquina.

*Os itens com asterisco são os seis cursos obrigatórios descritos no marco de ação.

Fonte: Lao, 2020.

Metodologia

Coleta de dados

Duas pesquisas foram distribuídas: a primeira para representantes de 193 Estados-membros da UNESCO e a segunda para mais de 10 mil atores do setor privado e do terceiro setor.¹⁹ As pesquisas solicitavam aos entrevistados que relatassem sobre currículos de IA direcionados a estudantes de educação básica em geral. O Anexo A contém as perguntas da pesquisa enviada aos representantes dos Estados-membros. O questionário sofreu pequenas alterações quando aplicado aos atores do setor privado e do terceiro setor.

Depois que as pesquisas foram devolvidas, a equipe enviou, por mensagem eletrônica, para os entrevistados que indicaram que possuíam currículos de IA em algum estágio de desenvolvimento, perguntas adicionais sobre resultados de aprendizagem, implementação e preparação.

Além disso, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com informantes essenciais entre os representantes, os líderes e os desenvolvedores de organizações sem fins lucrativos, os acadêmicos e os profissionais da indústria dos Estados-membros, com o propósito de obter mais clareza sobre os currículos e sua implantação nas escolas. As entrevistas investigaram as motivações para o desenvolvimento dos currículos de IA e as razões para as decisões em relação aos métodos de implementação e à pedagogia adotada.

Por fim, foi realizado um exercício de mapeamento para os currículos que foram elaborados ou publicados e estavam disponíveis para análise. O exercício se concentrou nos resultados de aprendizagem declarados em cada currículo. Sempre que possível, os livros didáticos ou materiais associados também foram analisados, a fim de obter uma maior compreensão do conteúdo coberto pelo currículo.

Crítérios para seleção de currículos de IA aprovados pelos governos

Este estudo tem seu foco em currículos da educação básica aprovados pelos governos. Os resultados incluem apenas os currículos que foram ou estão em processo de aprovação pelos governos nacionais ou locais. Conforme

afirmado anteriormente, *currículos de IA*, neste estudo, referem-se a programas estruturados de aprendizagem que cobrem temas no campo da IA e se envolvem com os resultados de aprendizagem relacionados à IA.

Dos 193 Estados-membros contatados por meio dos canais oficiais de correspondência da UNESCO, um total de 51 responderam, indicando pelo menos um interesse geral pelo tema. Entre eles, 29 países e um território concluíram a pesquisa completa.

- Representantes de 10 países relataram não haver currículos de IA em seus países. São eles: Bahrein, Canadá, Colômbia, Costa Rica, Estônia, Guiné, Macedônia, Maldivas, Singapura e Ucrânia.
- Representantes de 20 países e um território responderam que estavam cientes de pelo menos um currículo de IA, desenvolvido e aprovado pelo governo ou que está em desenvolvimento. São eles: Alemanha, Arábia Saudita, Argélia, Armênia, Áustria, Bélgica, Bulgária, Canadá (território de Yukon), Catar, Coreia do Sul, Emirados Árabes Unidos, Eslovênia, França, Jordânia, Kuwait, Laos, Peru, Portugal, Sérvia e Síria.

Além disso, um total de 31 ONGs, acadêmicos e parceiros do setor responderam à pesquisa não governamental e indicaram que possuíam um currículo de IA.

Todos os representantes e as organizações dos Estados-membros que relataram ter um currículo de IA foram contatados com perguntas de acompanhamento por mensagem eletrônica e solicitados a fornecer quaisquer documentos curriculares disponíveis.

Durante o processo de acompanhamento dessas mensagens e dos exercícios de mapeamento curricular, descobriu-se que alguns dos currículos relatados não atendiam aos critérios rigorosos estabelecidos para serem incluídos neste estudo. Os currículos seriam excluídos das análises posteriores, caso não tivessem resultados de aprendizagem específicos de IA, não cobrissem os níveis regulares da educação básica (por exemplo, tivessem o foco na EFTP, não fossem aprovados pelo governo em âmbito nacional ou regional e/ou não fornecessem informações suficientes para análise).

¹⁹ Os contatos desses atores foram obtidos por meio de uma lista de organizações importantes no campo das TIC na educação acumulada pela UNESCO ao longo da organização de nove edições da Mobile Learning Week [Semana de Aprendizagem Móvel], de 2011 a 2020.

Tabela 4. Currículos de IA para educação básica, aprovados e implementados pelos governos

País/região	Título do currículo	Desenvolvedor do currículo ²⁰	Níveis educacionais		
			Ed. 1 ^{ária}	Ed. 2 ^{ária} (1º nível)	Ed. 2 ^{ária} (2º nível)
Armênia	Currículo de TIC	Governo		X	X
Áustria	Ciência de dados e inteligência artificial	Ministério Federal da Educação, Ciência e Pesquisa			X
Bélgica	Repositório de TI	Fédération Wallonie-Bruxelles [Comunidade francófona da Bélgica]			X
China	Currículo de IA incorporado ao currículo de ciência e tecnologias da informação	Ministério da Educação da China	X	X	X
Índia	Módulos de IA do Atal Tinker Labs	Atal Tinker Labs, Atal Innovation Mission, NITI Aayog		X	X
Coreia do Sul	"Matemática de IA", no âmbito do Grupo Disciplinar de Matemática para escolas secundárias	Fundação Coreana para o Avanço da Ciência e da Criatividade			X
	"Noções básicas de IA", no âmbito do Grupo Disciplinar de Tecnologia e Economia Doméstica para escolas de educação secundária	Fundação Coreana para o Avanço da Ciência e da Criatividade			X
Kuwait	Currículo padrão	Especialistas e professores de currículos de orientação técnica	X	X	
Portugal	Tecnologias da informação e comunicação	Professores de TIC e matemática de escolas estatais	X	X	X
Catar	Computação e tecnologias da informação	Binary Logic, Ministério da Educação e Ensino Superior	X	X	X
	Computação e tecnologias da informação (Trilha de Alta Tecnologia)	Binary Logic, Ministério da Educação e Ensino Superior			X
Sérvia	Informática e programação – 8º ano	Grupo de trabalho do Ministério da Educação		X	
	Tecnologias modernas em ginásios – 3º e 4º anos da educação secundária (segundo nível)	Grupo de trabalho do Ministério da Educação			X
Emirados Árabes Unidos	Currículo de IA incorporado no Marco de Ação Disciplinar de Tecnologia	Ministério da Educação	X	X	X

Fonte: UNESCO, 2021b.

Lista de currículos de IA aprovados pelos governos

Os currículos são categorizados como *governamentais* se forem fornecidos em resposta à pesquisa distribuída aos Estados-membros da UNESCO e forem desenvolvidos por ou sob a orientação de agências governamentais.²¹ Para serem elegíveis para análise, as respostas da pesquisa e da entrevista deveriam fornecer informações claras, consistentes e significativas sobre o currículo.

Após aplicar os critérios de seleção a todos sobre os dados das pesquisas governamentais e não governamentais, verificou-se que:

- 11 Estados-membros desenvolveram, aprovaram e implementaram currículos de IA.
- O território de Yukon, do Canadá, desenvolveu e implementou um currículo intitulado *Applied Design, Skills, and Technologies* [Design aplicado, habilidades e tecnologias], que foi aprovado em âmbito local, em vez de nacional.

Além dos currículos implementados, também foram analisados aqueles que estão em desenvolvimento e que provavelmente serão aprovados pelos órgãos governamentais. Conforme mostrado na **Tabela 5**, foram considerados mais três currículos de IA da Sérvia e um currículo de cada um dos quatro países: Alemanha, Arábia Saudita, Bulgária e Jordânia.

Os currículos não governamentais foram incluídos no estudo caso abrangessem os resultados de aprendizagem em IA e estivessem em algum estágio de implementação em cooperação com pelo menos um governo local. Entretanto, esses currículos não foram confirmados como oficialmente aprovados por agências governamentais e são incluídos apenas como referências não governamentais.

Alguns desses desenvolvedores realizaram outros trabalhos relacionados aos currículos listados que também foram examinados para o mapeamento curricular. Entre eles estão uma adaptação curricular intitulada "IBM-CBSE AI Curriculum for Grade XI & XII"

²⁰ Esta coluna mostra as respostas conforme apareceram nas pesquisas concluídas.

²¹ NT: No Brasil, assim como em outros países, as *agências governamentais* são chamadas de *secretarias*.

Tabela 5. Currículos de IA para a educação básica em desenvolvimento pelos governos

País/região	Título do currículo	Desenvolvedor do currículo	Níveis educacionais		
			Ed. 1 ^{ária}	Ed. 2 ^{ária} (1º nível)	Ed. 2 ^{ária} (2º nível)
Alemanha	1. Identificação e formulação de algoritmos [Algorithmen erkennen und formulieren]	Conferência Permanente dos Ministros de Educação e Assuntos Culturais dos Länder	X	X	X
Jordânia	2. Habilidades digitais	Centro Nacional de Desenvolvimento Curricular		X	X
Bulgária	3. Modelagem computacional, tecnologias da informação e informática	Grupos de especialistas (academia, professores, especialistas em educação)	X	X	X
Arábia Saudita	4. Habilidades digitais	Binary Logic e Tatweer Co.	X	X	X
Sérvia	5. Técnica e tecnologia	Grupo de trabalho do Ministério da Educação		X	
	6. IA em ginásios	Grupo de trabalho do Ministério da Educação			X
	7. IA em todas as escolas secundárias	Grupo de trabalho do Ministério da Educação			X

Fonte: UNESCO, 2021b.

[Currículo de IA da IBM-CBSE para os anos XI e XII] e a série de livros didáticos da Microsoft denominados “Artificial Intelligence” (Inteligência artificial), “Data Analytics” (Análise de dados) e “Machine Learning”

(Aprendizagem de Máquina), elaborados para uso na Índia; e o *Microsoft Computer Science Curriculum Toolkit* (Kit de Ferramentas do Currículo de Ciência da Computação da Microsoft).

Tabela 6. Currículos de IA não governamentais incluídos no estudo como referência

País/região	Título(s) do currículo	Desenvolvedor do currículo	Níveis educacionais		
			Ed. 1 ^{ária}	Ed. 2 ^{ária} (1º nível)	Ed. 2 ^{ária} (2º nível)
Internacional	1. IBM EdTech Youth Challenge	IBM		X	X
	2. AI Youth Skills	Microsoft		X	X
	3. Programa Global de Preparação para IA (Trilha de Alta Tecnologia)	Intel		X	X
	4. Programa Global de Preparação para IA (Trilha Geral)	Intel		X	X
Estados Unidos	5. DAILy Curriculum	MIT		X	X

Fonte: UNESCO, 2021b.

Limitações da análise da pesquisa

Conforme observado anteriormente, esta análise não captura todas as atividades relacionadas ao desenvolvimento de competências em IA para crianças em idade escolar, nem mesmo abrange todas as informações disponíveis nos currículos governamentais de IA.

Uma ampla gama de currículos está fora do escopo deste estudo.

Por exemplo, três currículos foram apresentados pela Áustria, porém dois operavam no setor de EFTP, que não é abordado na pesquisa. Vários fornecedores com fins lucrativos oferecem formação em tecnologia de sua propriedade; além disso, muitos programas de formação em IA são oferecidos por ONGs como estudo independente por meio de canais de aprendizagem não formais; nenhum deles foi analisado.

Outras limitações incluem:

- **Alguns currículos de IA aprovados pelos governos talvez não tenham sido incluídos.** A pesquisa foi enviada para todos os 193 Estados-membros; todavia, é possível que alguns países que possuem currículos de IA não tenham respondido.
- **Existem lacunas nos dados.** Alguns dos dados procurados, principalmente sobre o número de escolas e de estudantes, não estavam disponíveis para muitos currículos, possivelmente não são monitorados ou a sua divulgação não é autorizada.
- **A relevância futura pode ser questionável.** O mapeamento é limitado no tempo, uma vez que muitos currículos ainda estão em desenvolvimento e podem ser revisados. Este conjunto de dados fornece apenas um panorama das atividades no setor não governamental e privado e pode ter utilidade limitada no futuro.

Principais constatações da análise de currículos de IA aprovados pelo governo

As cinco seções a seguir apresentam os resultados da análise:

1. A seção sobre **desenvolvimento curricular e mecanismos de aprovação** aborda as orientações, a motivação e os meios de aprovação para os currículos de IA.
2. A seção sobre **integração e gestão curricular** inclui abordagens para incorporar currículos de IA nos sistemas educacionais, incluindo alocações de tempo em termos de porcentagens e horas totais e a preparação de condições essenciais para apoiar os currículos de IA.
3. A seção sobre **conteúdo curricular** descreve as alocações de tempo para as áreas temáticas em três categorias principais de conteúdo, ou seja, “Fundamentos de IA”; “Ética e impacto social”; e “Compreensão, utilização e desenvolvimento de ferramentas de IA”.
4. A seção apresenta os **resultados da aprendizagem** dos currículos de IA mapeados, definidos sob as áreas de competência de conhecimento, habilidades e valores.
5. A seção sobre **implementação curricular** resume as principais estratégias para formação e apoio a professores, preparação das ferramentas e ambientes de aprendizagem necessários, além de pedagogias sugeridas.

Desenvolvimento e aprovação curricular

Conforme listado acima, 14 currículos de IA foram aprovados e oficializados para uso nas escolas por órgãos governamentais em 11 países, enquanto sete currículos em cinco países ainda estão em desenvolvimento. Apenas a Sérvia possui currículos aprovados e, ao mesmo tempo, em desenvolvimento. Outros dois currículos foram aprovados em âmbito local: o currículo “Applied Design, Skills, and Technologies”, do território de Yukon, no Canadá, e o “DAILY Curriculum”, do MIT, nos Estados Unidos. Em algumas partes da análise, os quatro currículos de IA não governamentais do setor privado também foram incluídos como referências.

Desenvolvimento de currículo de IA e mecanismos de aprovação

• Abordagem centralizada na liderança do governo

A maioria desses currículos foi desenvolvida por órgãos públicos nacionais e aprovada por meio de uma abordagem centralizada, liderada pelo governo, eventualmente com a participação ou em colaboração com as principais partes interessadas. Por exemplo, na Coreia do Sul, o desenvolvimento do currículo foi realizado por especialistas sob uma diretriz governamental; e na China, no Kuwait e na Bulgária, o desenvolvimento incluiu professores, acadêmicos e especialistas.

• Oferta privada comissionada pelo governo

Uma segunda abordagem foi a oferta privada comissionada pelo governo. Na Arábia Saudita e no Catar, as empresas foram comissionadas pelo governo para desenvolver o currículo nacional. O representante da Arábia Saudita comentou que:

// **Novas tecnologias surgem todos os dias e os recursos da aplicação são atualizados com frequência. Por isso, optamos por trabalhar com uma empresa privada de qualidade, com forte reputação na elaboração de currículos em TIC e que incorpora as mais recentes tecnologias e aplicações de TI.**

• Abordagem descentralizada coordenada pelo governo

A terceira abordagem para o desenvolvimento e a aprovação foi a descentralizada coordenada pelo governo. Na Bélgica, uma determinação parlamentar criou normas adotadas por redes de escolas. Essas redes determinam aspectos, tais como as tecnologias e as pedagogias a serem utilizadas. Uma abordagem semelhante é vista na Alemanha, onde uma determinação e padrões nacionais são desenvolvidos pelos governos locais ou provinciais para o currículo a ser implementado nas escolas.

• Currículos de IA não governamentais orientados para o setor privado

Por fim, alguns currículos são não governamentais e conduzidos por atores do setor privado. Eles podem ser adotados por parte das escolas exatamente como se encontram ou adaptados por especialistas locais que desenvolvem currículos para órgãos governamentais. Esses currículos visam a oferecer um grau de flexibilidade para que possam ser incorporados a vários marcos de ação e requisitos governamentais e, também, para que permitam uma personalização adicional para contextos específicos de cada país. Uma parte importante do desenvolvimento e do endosso desses currículos é a aprovação, tanto em âmbito nacional, como internacional. O representante da Intel observou que:

// Tivemos o currículo aprovado de forma ampla pelos países... Criamos um grupo global de especialistas aprovadores e fornecemos a eles o conteúdo para modificar e fazer recomendações. Quando começamos a implementá-lo em 2019 e 2020, fizemos uma extensa avaliação.

Porém, nenhuma evidência mostrou que esses currículos conduzidos pelo setor privado tenham sido aprovados como currículos governamentais de IA. Em exemplos dessa abordagem, as partes interessadas da indústria ou da academia, incluindo IBM, Intel, Microsoft e MIT, produziram seus próprios currículos e recursos em consulta com especialistas e professores.

Visão e motivações para desenvolvimento de currículos de IA

Os entrevistados indicaram duas razões importantes para o desenvolvimento de currículos de IA: melhorar a capacidade e responder às habilidades necessárias ao mercado de trabalho, além de garantir que os estudantes se formem com as habilidades necessárias para as interações cotidianas na vida social e política. No entanto, a extensão que essas considerações foram enfatizadas diferiu de forma ampla. Por exemplo, um país indicou que não estava preocupado com as habilidades para o mercado de trabalho, enquanto outros citaram esse fator como a principal consideração.

O objetivo de desenvolver habilidades para o mercado de trabalho refletia uma compreensão das mudanças nas necessidades do setor de tecnologia e do mundo do trabalho em geral. Para a maioria dos países, mas não para todos, esse objetivo estava ligado ao desejo de desenvolver uma força de trabalho competitiva internacionalmente. Os desenvolvedores corporativos

também mencionaram essa razão como uma forte motivação para incluir o desenvolvimento de cursos de formação em IA para estudantes em suas atividades de responsabilidade social corporativa.

A segunda razão estava associada a uma compreensão da IA como impulsionadora da transformação social e econômica e ao desejo de promover o conhecimento geral sobre a IA, suas funções e seu uso na sociedade entre os estudantes. Vários participantes da pesquisa observaram que a IA já está incorporada em várias interações interpessoais cotidianas, e que os cidadãos deveriam reconhecer a IA em seus ambientes, entender seus benefícios e desafios potenciais e ter o poder de defender tecnologias de IA seguras, benéficas e transparentes. Essa razão está exemplificada nos três comentários a seguir, oriundos de contribuições de representantes de Portugal, Áustria e Jordânia, respectivamente:

// Temos uma visão clara do impacto da tecnologia no futuro e da necessidade de uma força de trabalho e de cidadãos que se relacionem com a tecnologia de forma saudável no cotidiano, incluindo os conceitos, a conscientização e as habilidades para aprimorar essas áreas, trabalhar com máquinas e ver a robótica como algo complementar à sociedade. Esse é o grande cenário.

A inteligência artificial é vista como uma questão transversal que tem o potencial de mudar áreas essenciais e conceitos de vida, de forma disruptiva. Portanto, não apenas a experiência de especialistas e de desenvolvedores é de grande importância na consideração da IA na educação, como também o conhecimento geral sobre as noções básicas, para que todas as pessoas possam levar uma vida segura e autodeterminada em um mundo moldado pela IA.

O plano é desenvolver um currículo de habilidades digitais adequado aos desenvolvimentos globais e à transformação digital esperada, além de alcançar as competências digitais mundiais relevantes para nosso contexto.

Teste-piloto e avaliação de currículos de IA

Os seguintes currículos governamentais de IA foram implementados e avaliados: “Modelagem computacional, tecnologias da informação e informática”, da Bulgária; “Ciência e tecnologias da informação”, da China; “DAILY Curriculum”, do MIT; “Informática e programação, tecnologias modernas e técnica e tecnologia”, da Sérvia; e o “Marco de Ação Disciplinar de Tecnologia”, implementado nos Emirados Árabes Unidos.

Além disso, foi avaliada a implementação dos seguintes currículos de IA não governamentais: “IBM EdTech Youth Challenge”; ambas as versões do “Intel AI for Youth: Programa Global de Preparação para IA”; e “Microsoft AI Youth Skills”.

Alguns dos currículos foram revisados com base na avaliação, incluindo os da China, dos Emirados Árabes Unidos, da IBM, da Intel (ambas as versões), da Microsoft e do MIT. Alguns ainda estão sendo testados e podem ser revisados, como o da Bulgária, o “MIT DAILY Curriculum” e o “Técnica e tecnologia”, da Sérvia.

As metodologias comuns de avaliação incluíram:

- **Análises especializadas de currículo.** Por exemplo, nos Emirados Árabes Unidos, o currículo foi compartilhado com diferentes atores sociais, incluindo acadêmicos e especialistas em IA. Análises interdisciplinares foram conduzidas por especialistas em psicologia e educação.
- **Pesquisa realizada por desenvolvedores.** As metodologias incluíram testar os estudantes e realizar entrevistas e pesquisas com professores e representantes de departamentos administrativos regionais e/ou nacionais. As informações coletadas incluíram os resultados da aprendizagem, a percepção da utilidade do currículo e os desafios na implementação.
- **Avaliação externa.** Alguns governos encomendaram avaliações externas do currículo e/ou de seus resultados. Por exemplo, a Bulgária encomendou uma avaliação externa nacional que mediu as competências digitais dos estudantes.

Poucas dessas análises ou avaliações são publicadas.

Um ponto importante revelado pelas entrevistas foi que os currículos de IA devem ser coordenados com o currículo de matemática e com os requisitos da sala de aula. Por exemplo, uma análise curricular na China determinou que o nível de requisitos para o currículo de ciência e tecnologias da informação estava acima do das disciplinas de matemática e ciências, de modo que as expectativas precisaram ser revisadas. O currículo também deveria atender a uma ampla gama de contextos, bem como às oportunidades e aos desafios exclusivos de ambientes urbanos e rurais.

Um estudo piloto de uma parte do “MIT DAILY Curriculum” descobriu que, de acordo com os professores, os estudantes pareciam mais engajados do que o normal, e era fundamental a compreensão dos estudantes sobre “o que era e o que não era IA”.

Alguns professores acharam os módulos de ética estranhos e confusos, mas outros os adotaram. O uso de *hardware* foi percebido como o componente mais difícil de gerenciar no piloto, pois exigiu forte investimento e atenção dos professores, principalmente quando o equipamento não funcionava corretamente, embora isso ajudasse os estudantes a aprender habilidades importantes, como resiliência (Williams et al., 2021).

Exemplo: fundamentos e princípios de desenvolvimento curricular do Catar²²

A iniciativa Visão Catar 2030²³ reconhece a tecnologia como um fator essencial para uma economia moderna baseada no conhecimento, e o Marco de Ação Curricular Nacional do Catar (QCNC) define TI como uma disciplina escolar importante do 1º ao 12º ano da educação básica, que visa a “apoiar a aprendizagem das crianças, oferecendo oportunidades benéficas nas áreas de pensamento lógico e matemático, linguagem e comunicação, alfabetização emergente e criatividade”.

Para apoiar essas políticas nacionais, foram criados padrões para servir como base para o currículo nacional “Computação e tecnologias da informação”, por meio de uma colaboração entre especialistas do setor, a equipe de especialistas em TIC do Ministério da Educação e Ensino Superior do Catar e supervisores de TIC em escolas primárias, preparatórias e secundárias. Os padrões foram analisados por especialistas em ciência da computação e especialistas em desenvolvimento de currículos de três instituições de ensino superior do Catar. Os currículos desenvolvidos de acordo com os padrões incluem uma trilha obrigatória universal para todos os níveis educacionais e uma trilha eletiva de “alta tecnologia” para escolas secundárias. Ambas as trilhas incluem resultados da aprendizagem de IA relacionados a algoritmos, programação, ética e impacto social e compreensão e utilização de ferramentas e tecnologias de IA. Os estudantes da trilha de alta tecnologia também se envolvem no desenvolvimento de tecnologias de IA.

A intenção é analisar os padrões de forma periódica, a fim de garantir que eles capturem as tecnologias e as tendências atuais em ciência da computação e TI. Garantir que o currículo não dependa de tecnologias, plataformas ou aplicações específicas é mais um passo para garantir a sustentabilidade dos padrões ao longo do tempo. O marco de ação curricular sugere ainda a incorporação de comentários dos professores e análises

²² As informações nesta seção são provenientes do “Currículo de computação e tecnologias da informação do Catar 2018”, elaborado pelo Ministério da Educação e Ensino Superior do país. Elas podem ser fornecidas mediante solicitação por mensagem eletrônica.

²³ Consultar <<https://www.gco.gov.qa/en/about-qatar/national-vision2030>>.

internacionais de melhores práticas, com o intuito de fazer ajustes adicionais que reforçam sua eficácia.

O desenvolvimento dos padrões curriculares de “Computação e tecnologias da informação”, do Catar, foi conduzido pelos seguintes princípios centrais:

1. Alinhamento com um marco de ação curricular nacional, incluindo “competências, valores, objetivos, princípios e questões transversais”, com competências vinculadas de forma explícita aos padrões nacionais. O currículo abrange conhecimentos, habilidades e atitudes com foco em:
 - Princípios e práticas de informática, mais propriamente programação, robótica e IA;
 - Alfabetização digital, definida no currículo como “utilização e aplicação criativa e produtiva de sistemas de computador”, incluindo aspectos de ética, propriedade intelectual e segurança eletrônica;
 - Promoção de habilidades interpessoais, neste caso, de acordo com a definição da *American Association of School Librarians*: colaboração, comunicação, trabalho em equipe,
2. Desenvolvimento *espiral*, para que os conceitos reapareçam em diferentes níveis educacionais com dificuldade cada vez maior e mais profundidade a cada iteração. Ao mesmo tempo, o desenvolvimento de habilidades deve ser coerente e eficiente, de modo que tanto a repetição desnecessária, como as lacunas acadêmicas sejam eliminadas.
3. Aprendizagem centrada no estudante e abordagens práticas baseadas em projetos. O pensamento computacional é um elemento central, e espera-se que os estudantes desenvolvam o processo de abstração, automação e análise como uma nova abordagem para a resolução de problemas, começando com a compreensão dos princípios básicos do pensamento computacional no 1º ano.
4. Independência de linguagens de computação, *hardware* e plataformas, o que significa que o currículo não depende de determinado fornecedor, marca ou linguagem de programação, mas procura abranger uma ampla gama de ferramentas e tecnologias que os estudantes encontram na vida real.

Integração e gestão curricular

Os currículos são integrados aos sistemas educacionais existentes por meio de vários modelos diferentes:

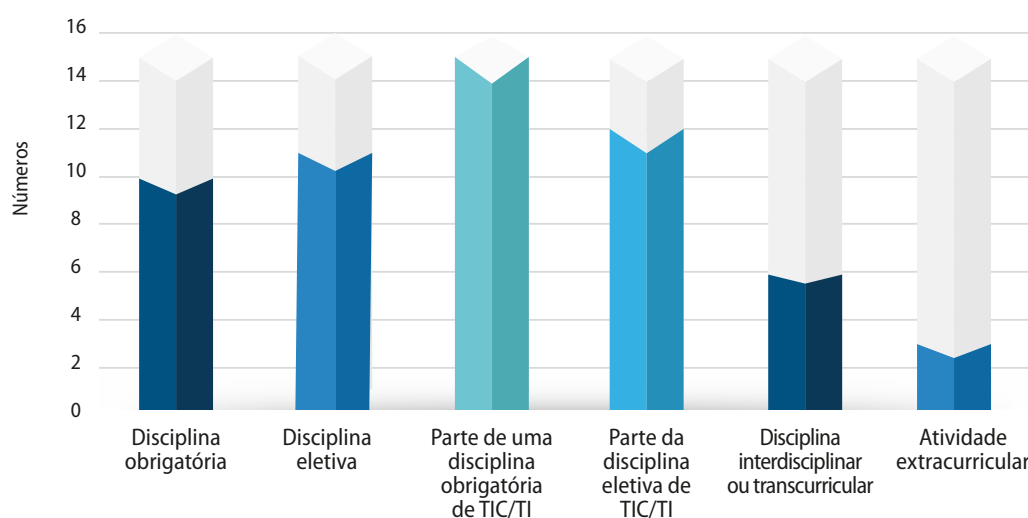
- Os **currículos de IA específicos** são desenvolvidos em uma categoria de disciplina independente dentro do marco de ação curricular nacional ou local. Esses currículos têm suas próprias alocações de tempo, livros didáticos e recursos, como no caso do currículo do 10º ao 12º ano da China, “Fundamentos de IA em ciência e tecnologias da informação”.
- Os **currículos de IA incorporados** são desenvolvidos e incluídos em outras categorias de disciplinas no marco de ação curricular nacional ou local. Geralmente, a IA se torna um tópico dentro das TIC ou da ciência da computação, mas de forma alternativa, pode fazer parte das aulas de linguagem, matemática, ciências ou engenharia (ver a **Figura 1**). Na Coreia do Sul, duas disciplinas eletivas de IA foram desenvolvidas, uma no grupo de disciplinas de matemática e outra em tecnologia e economia doméstica. Os currículos também podem ser elaborados para serem incorporados de forma flexível em qualquer disciplina, dependendo da capacidade e do interesse do professor. Este é o caso do “MIT DAILY Curriculum”.
- Os **currículos interdisciplinares de IA** são implementados em sistemas com orientações específicas para trabalho entre disciplinas e tempo associado. Esses currículos visam aos resultados de aprendizagem da IA por meio da aprendizagem baseada em projetos, envolvendo várias áreas disciplinares. Um exemplo é visto nos marcos de ação curriculares de Portugal, que apresentam “domínios curriculares autônomos” ou projetos que devem envolver duas ou três disciplinas em uma abordagem interdisciplinar. Nos Emirados Árabes Unidos, a IA está integrada em várias disciplinas, tais como TIC, ciências, matemática, linguagem, estudos sociais e educação moral.
- Os **currículos de IA de múltiplas modalidades** possuem requisitos essenciais que são implementados durante o horário escolar e apoiados por recursos tradicionais, como guias para facilitadores e livros didáticos, mas também aproveitam oportunidades de aprendizagem informal, como redes de recursos fora da escola e competições nacionais ou internacionais. Um exemplo de tal currículo é o “IBM-CBSE AI Curriculum for Grade XI & XII”, que fornece uma transição gradual, que transfere da aprendizagem guiada para a independente, além de vínculos com competições e mentoria do setor.
- Os **currículos flexíveis de IA** podem ser implementados por meio de um ou mais mecanismos de integração, a critério das regiões, redes escolares ou de escolas individuais.

Os exemplos incluem o “Currículo modular da ATL AI”, da Índia, que pode ser integrado de maneira interdisciplinar ou ofertado por meio de modelos extraescolares, tais como atividades extracurriculares; e “Habilidades digitais”, da Arábia Saudita, que pode ser implementado como um currículo específico ou integrado. Para alguns currículos, os mecanismos de incorporação ficam a critério das regiões, das escolas ou das redes, tal como acontece com o “Repositório de TI”, da Bélgica francófona (transição técnica de 2º e 3º grau) e o currículo

“Algorithmen erkennen und formulieren” [Identificação e formulação de algoritmos], da Alemanha.

Os currículos também podem ser obrigatórios, o que significa que todos os estudantes devem participar; ou eletivos, o que significa que os estudantes optam por participar. Em alguns currículos, como o “Ciência e tecnologias da informação”, da China, alguns módulos são obrigatórios e outros eletivos.

Figura 1. Número de currículos de IA por tipo de integração (n = 27, várias respostas possíveis)



Fonte: UNESCO, 2021b.

Um ponto importante levantado foi que os currículos de IA e os currículos de TIC, de maneira mais ampla, não devem depender de uma tecnologia específica, visto que é importante diversificar as habilidades desenvolvidas em diferentes plataformas e provedores. Alguns países, como a Áustria e a China, enfatizam uma “abordagem agnóstica” da tecnologia, o que significa que o currículo não está vinculado a nenhuma marca, dispositivo ou linguagem de programação específica. Esses currículos, portanto, visam a assegurar (i) que a formação de professores esteja firmemente enraizada na teoria, garantindo uma compreensão dos princípios subjacentes que podem ser aplicados em várias tecnologias; e (ii) caso seja utilizado *hardware* ou *software* específico, que professores e estudantes sejam apresentados a várias opções e envolvidos com diferentes fornecedores de ferramentas de IA.

Alocação de horas curriculares

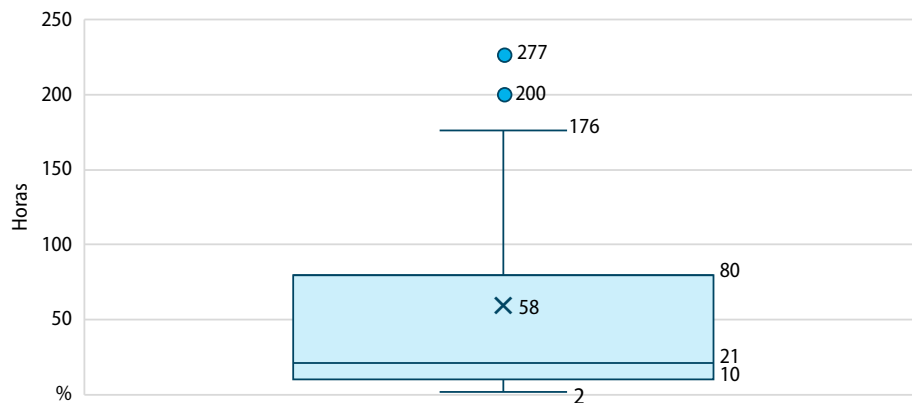
Os respondentes da pesquisa foram solicitados a fornecer o número total de horas de aprendizagem

para cada um dos quatro níveis de educação cobertos pela educação básica: 1) da pré-escola até o 2º ano da educação primária; 2) do 3º ano da educação primária ao 6º ano da educação secundária (primeiro nível); 3) do 7º ao 9º ano da educação secundária (primeiro nível) e 4) do 1º ao 3º ano da educação secundária (segundo nível).

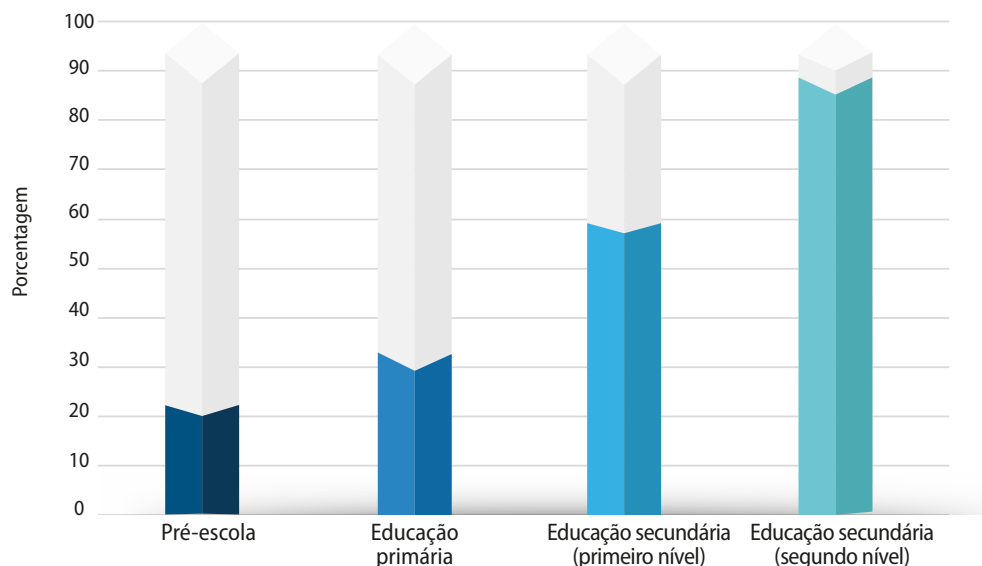
As alocações totais de tempo para os currículos variaram de duas a 924 horas, distribuídas entre um e doze níveis educacionais. O *boxplot*²⁴ do tempo previsto por ano (ver **Figura 2**) mostra que as alocações variam muito.

Dois pontos atípicos: o currículo “Computação e tecnologias da informação (Trilha de alta tecnologia)”, do Catar, e o currículo “Repositório de TI”, da Bélgica, possuem uma média de mais de 200 horas por ano. A média de 58 horas é mais que o dobro da mediana de 21 horas, revelando que existe um conjunto de currículos que exigem relativamente poucas horas de envolvimento com a IA. De fato, cinco dos 22 currículos

²⁴ Os *boxplots* mostram a distribuição dos dados, incluindo valor mínimo, valor do primeiro quartil, valor da mediana, valor do terceiro quartil e valor máximo. O valor médio é exibido como um “X” e os valores discrepantes aparecem como pontos acima do gráfico de caixa.

Figura 2. Alocação de tempo de currículos de IA, por ano escolar (n = 22)

Fonte: UNESCO. 2021b.

Figura 3. Porcentagem de currículos envolvendo cada nível educacional (n = 27)

Fonte: UNESCO. 2021b.

que forneceram alocações de tempo exigem menos de cinco horas de estudo de IA por ano, enquanto cinco exigem 150 horas ou mais. Aqueles que exigiam mais de 150 horas eram currículos desenvolvidos pela indústria (dois dos cinco) ou por trilhas eletivas de alta tecnologia (também dois dos cinco). Aqueles que exigiam poucas horas de estudo de IA estavam todos incorporados a outras disciplinas.

É mais provável que os currículos tenham como alvo estudantes do último ano do primeiro ou do segundo nível da educação, bem como a proporção de currículos envolvendo cada nível educacional aumenta de forma constante, desde os anos iniciais da educação primária até o final da educação secundária (ver a **Figura 3**).

O total de horas previsto para currículos por nível educacional variou de 1 a 680 horas. Da pré-escola até o

2º ano da educação primária, era mais provável que a IA fosse integrada a outras disciplinas e não tivesse alocação de tempo específica. Apenas “Computação e tecnologias da informação”, do Catar, dedicou uma alocação de tempo específica da pré-escola até o 2º ano da educação primária, em um total de 100 horas. Do 3º ano da educação primária ao 6º ano da educação secundária, foi relatada uma média de 156 horas. O tempo médio como um todo do 7º ao 9º ano da educação secundária foi previsto para 109 horas e, para as escolas de segundo nível da educação secundária (do 1º ao 3º ano), a média foi de 153,5 horas. A média de horas por ano foi relativamente estática entre a pré-escola e o 9º ano da educação secundária: 33,3 horas nos anos da pré-escola até o 2º ano da educação primária; 39 do 3º ano da educação primária ao 6º ano da educação secundária; e 36,3 do 7º ao 9º ano da educação secundária. Nas escolas secundárias, o tempo médio previsto por ano aumenta para 51,2 horas.

Condições essenciais para apoiar os currículos de IA

Os respondentes da pesquisa foram questionados sobre as maneiras pelas quais as condições essenciais foram planejadas e preparadas para apoiar a elaboração e a implementação do currículo de IA. As sete opções que foram apresentadas no questionário estão descritas na **Tabela 7**. Múltiplas respostas foram possíveis e uma opção de resposta livre também foi fornecida.

As respostas mostram que a implementação de um currículo de IA requer vários ajustes nos recursos e na capacidade humana dos sistemas educacionais (ver a **Figura 4**). A maioria dos currículos foi apoiada por meio do desenvolvimento de recursos e da formação de professores (89%); 15 (56%) por meio de pesquisa preliminar ou de análise de necessidades; 13 (48%) por meio de investimentos em melhorias de infraestrutura escolar; 12 (44%) por meio de participação do setor privado ou do terceiro setor; e 11 (41%) por meio da aquisição de recursos adicionais para as salas de aula. A área menos enfatizada foi a contratação de pessoal escolar adicional para implementar o currículo, porém essa ainda foi uma atividade relevante relatada para oito dos currículos de IA incluídos neste estudo (30%).

Exemplo: a introdução do currículo de IA pelo CBSE da Índia²⁵

Em 2019, o Conselho Central de Educação Secundária da Índia (*Central Board of Secondary Education – CBSE*) anunciou a IA como uma disciplina opcional nas mais de 22 mil escolas sob sua jurisdição, com o objetivo de garantir que os futuros cidadãos do país compreendam

a IA e sejam capazes de implantá-la para abordar problemas locais e globais. O currículo se concentra em *aprender fazendo* e oferece oportunidades para os estudantes aprenderem IA, utilizando-a para criar soluções para os desafios da comunidade (CBSE, 2020).

Em apoio ao currículo, o CBSE fez parceria com fornecedores do setor, incluindo IBM, Intel e Microsoft, para desenvolver materiais e conteúdo de formação e de apoio. As ONGs também apoiam a oferta do currículo.²⁶

Para preparar a implementação, foram criados um programa de formação de professores e um de formação de mentores e materiais, que incluem guias de facilitadores, planos de aula multidisciplinares e livros didáticos para a educação secundária (8º e 9º anos) e para o segundo nível da educação secundária (do 1º ao 3º ano). O CBSE também realizou vários eventos, com o objetivo geral de “suavizar a integração da IA nas escolas”. Eles incluíram competições, simpósios virtuais para dar aos jovens oportunidades de explorar tecnologias de IA e acampamentos de três dias de “IA-ton”, nos quais os estudantes executam uma concepção de projeto e um ciclo de protótipo utilizando IA para resolver um desafio identificado na comunidade. Mais de 10 mil professores e 120 mil estudantes foram formados em IA por meio de várias atividades de parceria como essas.

O currículo de IA é integrado como disciplina eletiva ou interdisciplinar em escolas auto-selecionadas. O CBSE distribui um convite a todas as escolas para participar deste currículo e os gestores escolares enviam uma solicitação ao CBSE em resposta à oportunidade. As escolas então selecionam professores para formação,

Tabela 7. Condições essenciais para apoiar os currículos de IA

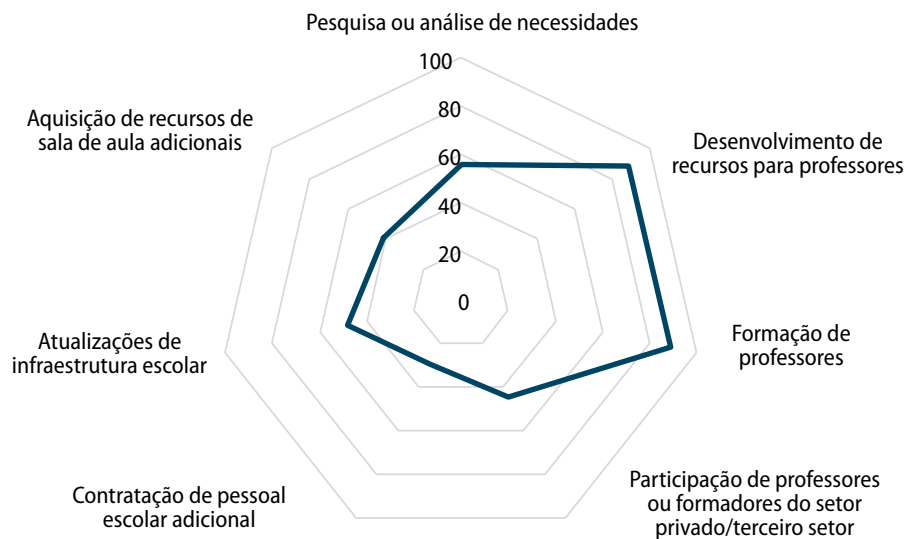
Opções de resposta	Comentário
Pesquisa ou análise de necessidades	Refere-se apenas à pesquisa ou à análise de necessidades relacionadas à implementação do currículo.
Desenvolvimento de recursos para professores	Livros didáticos e planos de aula foram fornecidos como exemplos.
Formação de professores	Os entrevistados foram questionados sobre formação específica para o currículo de IA e os recursos que o facilitam.
Contratação de pessoal/capacidade adicional	Refere-se à seleção de professores mais remunerados para implementar o currículo.
Participação do setor privado ou do terceiro setor	Além de, ou em vez de, pessoal escolar extra, alguns países contrataram organizações privadas ou do terceiro setor, como formadores contratados por meio período nas escolas ou para as escolas.
Melhorias na infraestrutura das escolas	Refere-se ao fornecimento de <i>hardware</i> e/ou de conexões de internet para escolas em relação ao currículo de IA. Isso inclui itens como laboratórios de informática e servidores.
Aquisição de recursos adicionais para escolas ou salas de aula	Compra de kits de sala de aula, recursos de codificação, ferramentas de IA etc.

Fonte: UNESCO, 2021b.

²⁵ Extraído de: CBSE *Artificial intelligence* (Índia, 2020); *Artificial intelligence curriculum, class 9 facilitator handbook* (CBSE; Intel, 2019); entrevistas e apresentações de representantes da IBM, Intel, 1M1B Foundation e Microsoft. Note que essas informações podem não representar as opiniões oficiais do Governo da Índia.

²⁶ Por exemplo, a 1M1B apoia a implementação do currículo “AI Youth Skills”, em parceria com a CBSE e a IBM. Consultar <<https://www.youtube.com/watch?v=wKl5pghCIFY>>.

Figura 4. Apoio para a implementação realizada

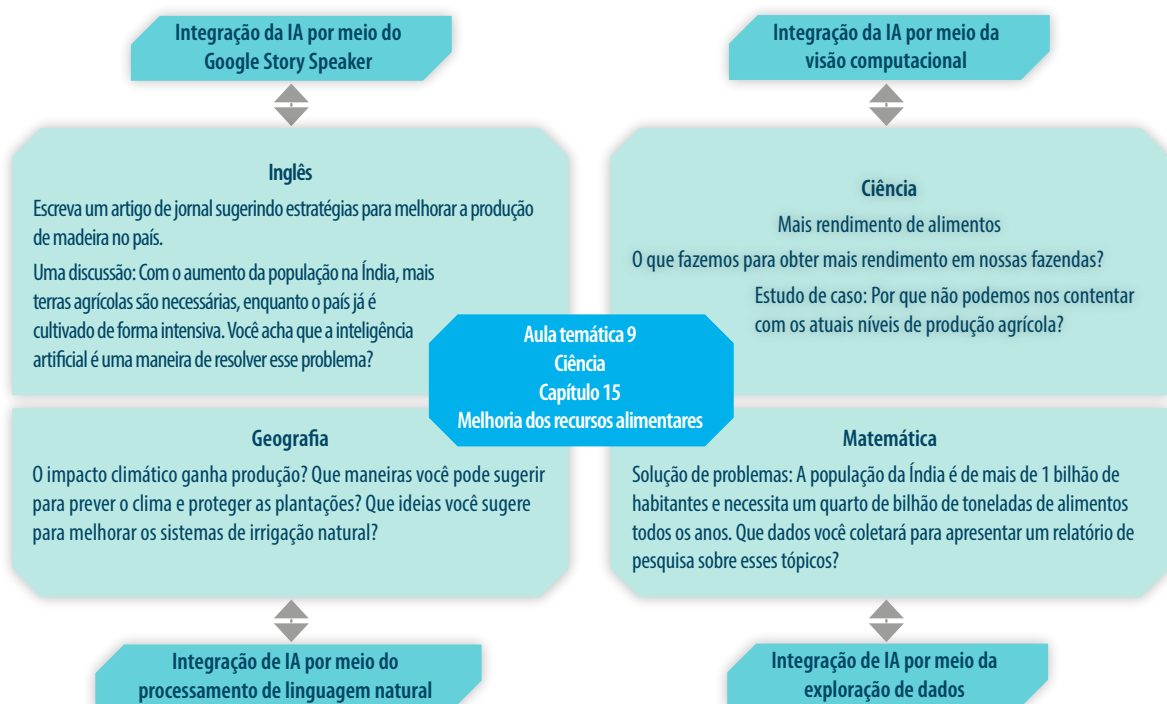


Fonte: UNESCO, 2021b.

planejam a inclusão de IA no horário escolar e elaboram estratégias em torno da integração interdisciplinar da IA com base em temas comuns, tais como *melhoria nos recursos alimentares*, assim como o exemplo da Figura 5 (CBSE; Intel, 2019).

No âmbito escolar, a formação de professores é facilitada pela indústria e/ou por parceiros de implementação, por intermédio de cursos e materiais personalizados. Vários fornecedores, como IBM e Microsoft, desenvolveram livros didáticos de acordo com os objetivos do currículo do CBSE.

Figura 5. Abordagem temática para a integração interdisciplinar da IA no currículo



Fonte: CBSE; Intel, 2019.

Integração curricular, programa de estudos, pedagogia, abordagem e aquisição de recursos necessários também são gerenciados no âmbito institucional. Além disso, espera-se que as escolas envolvam as partes interessadas, especialmente pais

ou responsáveis e estudantes, a fim de garantir que eles entendam a lógica e os objetivos necessários para a integração da IA no currículo. A **Figura 6** descreve a relação entre o CBSE, as escolas e as partes interessadas.

Figura 6. Atores e procedimentos de implementação de IA



Fonte: CBSE; Intel, 2019.

Conteúdo do currículo de IA

Principais categorias de conteúdo curricular de IA

Esta análise abrange nove áreas temáticas dos currículos de IA: algoritmos e programação; alfabetização em dados; resolução de problemas contextuais; ética da IA; implicações sociais da IA; aplicações de IA para outros domínios; compreensão e utilização de técnicas de IA; compreensão e utilização de tecnologias de IA; e desenvolvimento de IA.

Conforme descrição na **Tabela 8**, essas nove áreas temáticas são agrupadas em três categorias: “Fundamentos de IA”; “Ética e impacto social”; e “Compreensão, utilização e desenvolvimento de IA”.

Os respondentes da pesquisa foram solicitados a fornecer informações sobre a porcentagem de alocação de tempo para essas áreas temáticas, que são mostradas na **Tabela 9**.

Alocações de tempo para categorias de currículo de IA

Deve-se notar que existe um grau de ambiguidade quanto ao que poderia ser considerado como parte do currículo de IA. Especialmente para países nos quais a IA está incorporada nos currículos de TIC, os entrevistados podem não incluir alfabetização em dados, ou algoritmos e programação, como parte do componente de IA, visto que eles a consideram como parte do currículo de TIC. Isso também afeta as respostas em termos de alocação de

Tabela 8. Áreas do currículo de IA

Categoria	Área temática	Competências e considerações curriculares
Fundamentos de IA	Algoritmos e programação	Juntamente com a alfabetização em dados, os algoritmos e a programação podem ser vistos como a base do envolvimento técnico com a IA.
	Alfabetização em dados	A maioria das aplicações de IA é executada em <i>big data</i> . A gestão do ciclo de dados, desde a coleta até a limpeza, a rotulagem, a análise e a geração de relatórios é um dos fundamentos para o envolvimento técnico com a utilização e/ou o desenvolvimento de IA. Uma compreensão dos dados e de suas funções também podem ajudar os estudantes a entender as causas de alguns dos desafios éticos e logísticos da IA e seu papel na sociedade.
	Resolução de problemas contextuais	Com frequência, a IA é considerada como uma solução potencial para desafios sociais ou relacionados a negócios. O engajamento neste nível requer uma estrutura para a resolução de problemas no contexto, abrangendo metodologias como <i>design thinking</i> e aprendizagem baseada em projetos.
Ética e impacto social	Ética da IA	Independentemente do conhecimento técnico, os estudantes das sociedades futuras se envolverão com a IA em suas vidas pessoais e profissionais – muitos já o fazem desde a tenra idade. Será importante que todos os cidadãos compreendam os desafios éticos da IA; o que se entende por ética da IA; por conceitos, como o uso transparente, aditável e justo de IA; e as vias de reparação em caso de uso antiético ou ilegal da IA, por exemplo, que contenha viés prejudicial ou que viole os direitos de privacidade.
	As implicações sociais ou societárias da IA	Os impactos sociais da IA vão desde a exigência de ajustes nas leis de responsabilidade até transformações inspiradoras da força de trabalho. Os entrevistados da pesquisa foram questionados sobre até que ponto seus currículos tinham essas questões como objetivo. Foram fornecidas como exemplos as tendências como o deslocamento da força de trabalho, as mudanças na legislação e a criação de novos mecanismos de governança.
	Aplicações de IA para domínios diferentes das TIC	A IA possui uma ampla gama de aplicações fora da ciência da computação. A pesquisa perguntou aos participantes se, e em que medida, as aplicações de IA em outros domínios foram consideradas. Arte, música, estudos sociais, ciências e saúde foram as áreas fornecidas como exemplos.
Compreensão, utilização e desenvolvimento da IA	Compreensão e utilização de técnicas de IA	Essa área incluiu (i) até que ponto os entendimentos teóricos dos processos de IA foram desenvolvidos (por exemplo, definição ou demonstração de padrões ou rotulagem de partes de um modelo de Aprendizagem de Máquina); e (ii) até que ponto os estudantes utilizaram algoritmos de IA existentes para produzir resultados (por exemplo, treinamento de um classificador). A Aprendizagem de Máquina geral, a aprendizagem supervisionada e a não supervisionada, a aprendizagem por reforço, a aprendizagem profunda e as redes neurais foram fornecidas como exemplos de técnicas de IA.
	Compreensão e utilização de tecnologias de IA	As tecnologias de IA, em geral, são aplicações voltadas para seres humanos, que podem ser oferecidas “como um serviço”. O processamento de linguagem natural (PLN) e a visão computacional (VC) foram fornecidos como exemplos. Os entrevistados foram questionados sobre até que ponto os estudantes utilizaram as tecnologias de IA existentes para concluir tarefas ou projetos e/ou estudaram os processos de criação dessas tecnologias.
	Desenvolvimento de tecnologias de IA	O desenvolvimento de tecnologias de IA trabalha com a criação de novas aplicações de IA, que podem abordar um desafio social ou fornecer um novo tipo de serviço. Esse é um campo especializado que requer conhecimento de uma variedade de técnicas e habilidades complexas em codificação, matemática (especialmente estatística) e ciência de dados.

Fonte: UNESCO, 2021b.

horas, o que, para alguns currículos, pode não incluir todos os aspectos relacionados à IA. Portanto, as respostas para esta seção devem ser interpretadas como conteúdo de IA em um currículo ou um componente curricular, de acordo com o conhecimento dos respondentes.

Para currículos liderados pelos governos, os representantes oficiais forneceram suas estimativas sobre a porcentagem de alocação de tempo, com base em seu conhecimento do currículo e do sistema educacional. Alguns respondentes não conseguiram estimar percentuais devido à descentralização das decisões sobre alocação de tempo ou integração de assuntos. Além disso, para alguns currículos, incluindo os da IBM, Intel, Microsoft e MIT, as alocações percentuais foram calculadas pelos pesquisadores a partir do conteúdo curricular fornecido e não são estimativas dos entrevistados.

Por fim, nem todas as porcentagens curriculares somaram 100%, mas nem todos os países responderam aos pedidos de esclarecimento ou enviaram informações adicionais sobre esses desafios em pesquisas de acompanhamento.

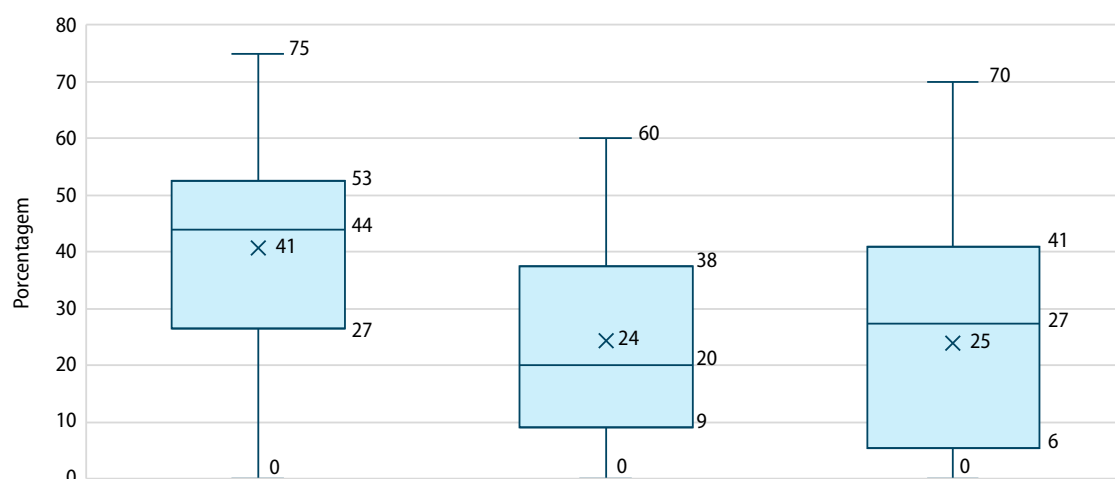
Portanto, para alguns currículos, há uma porcentagem e/ou uma alocação de tempo que é considerada com “não especificada”.

Cobertura das categorias curriculares de IA

Os “Fundamentos de IA”, que abrangem algoritmos e programação, alfabetização em dados e resolução de problemas contextuais, formaram a base para a maioria dos currículos, representando uma média combinada de 41% do tempo do currículo. O tempo restante do currículo é dividido quase igualmente entre “Ética e impacto social” (representando uma média de 24% das horas) e “Compreensão, utilização e desenvolvimento de IA” (representando uma média de 25%). A **Figura 7** fornece uma comparação dessas três áreas.

Quando a alocação total de tempo em horas é considerada, em vez de porcentagens, fica mais claro que em muitos currículos, a maior parte das horas é dedicada aos “Fundamentos da IA”. Esta área recebe mais do que o triplo de alocação que “Ética e de impacto social” e mais do que o dobro de alocação que “Compreensão, utilização e desenvolvimento da IA” (consultar a **Tabela 9**).

Figura 7. Boxplot das áreas de foco por porcentagem de horas do currículo (n = 21)²⁷



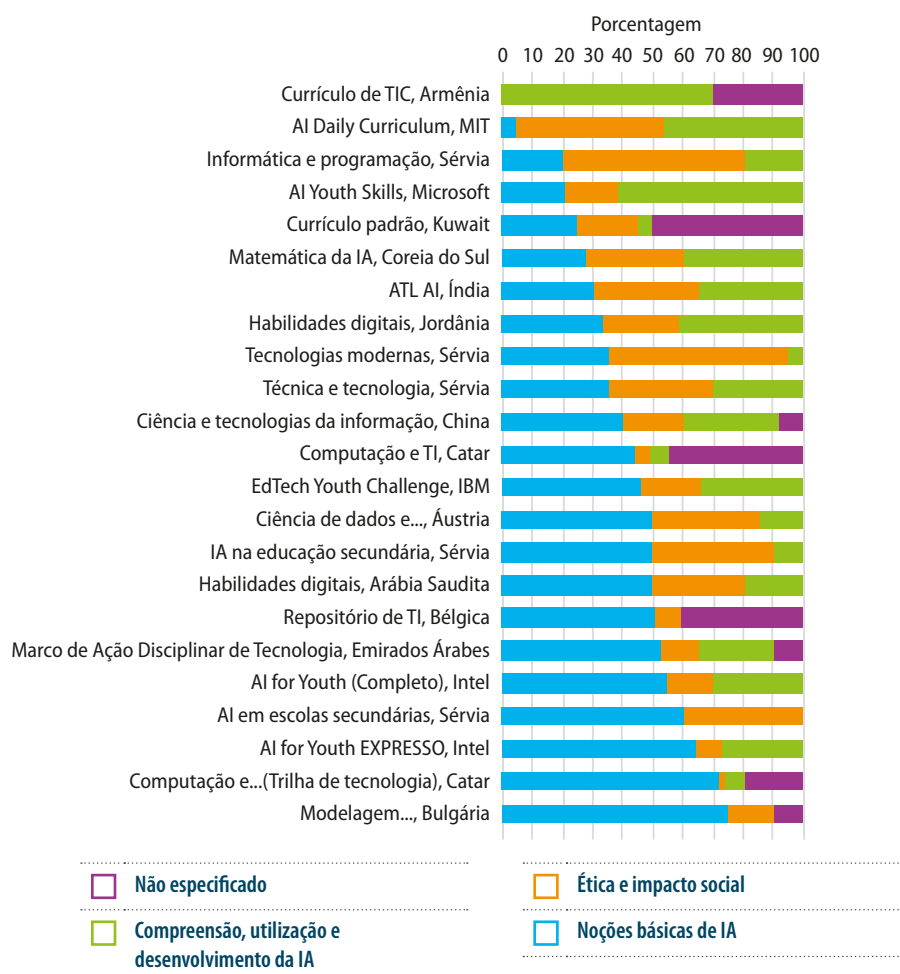
Fonte: UNESCO, 2021b.

Tabela 9. Engajamento curricular por área temática

	Fundamentos de IA	Ética e impacto social	Compreensão, utilização e desenvolvimento da IA
Número de currículos que abordam a área temática (n = 21)	20	20	18
Intervalo de horas	0 – 432	0 – 185	0 – 465
Alocação média de horas (todos)	99,8	29,7	39,0
Alocação média de horas (para aqueles com alocações)	104,8	31,2	45,5
Mediana de alocação de horas (para aqueles com alocações)	31,3	13,7	11,9

Fonte: UNESCO, 2021b.

²⁷ As alocações percentuais para um currículo da Coreia do Sul e o currículo do território de Yukon do Canadá não foram relatadas.

Figura 8. Alocação do tempo do currículo por área temática (n = 23)

Fonte: UNESCO, 2021b.

Conforme implícito pela distribuição na **Figura 8** e pelo intervalo na **Tabela 8**, os currículos possuem diferentes perfis de foco. Os “Fundamentos da IA” compreendiam de zero a 75% do tempo curricular alocado; “Ética e impacto social”, de zero a 60%; e “Compreensão, utilização e desenvolvimento da IA”, de zero a 70%.

Dadas as alocações de horas e percentuais, podemos concluir que os currículos com foco em “Ética e impacto social”, em geral, possuem compromissos de alocações de tempo mais curtas do que currículos sobre “Fundamentos de IA” ou “Compreensão, utilização e desenvolvimento da IA”. O que se segue é um exame mais detalhado dos subtópicos incluídos em cada área.

Fundamentos de IA

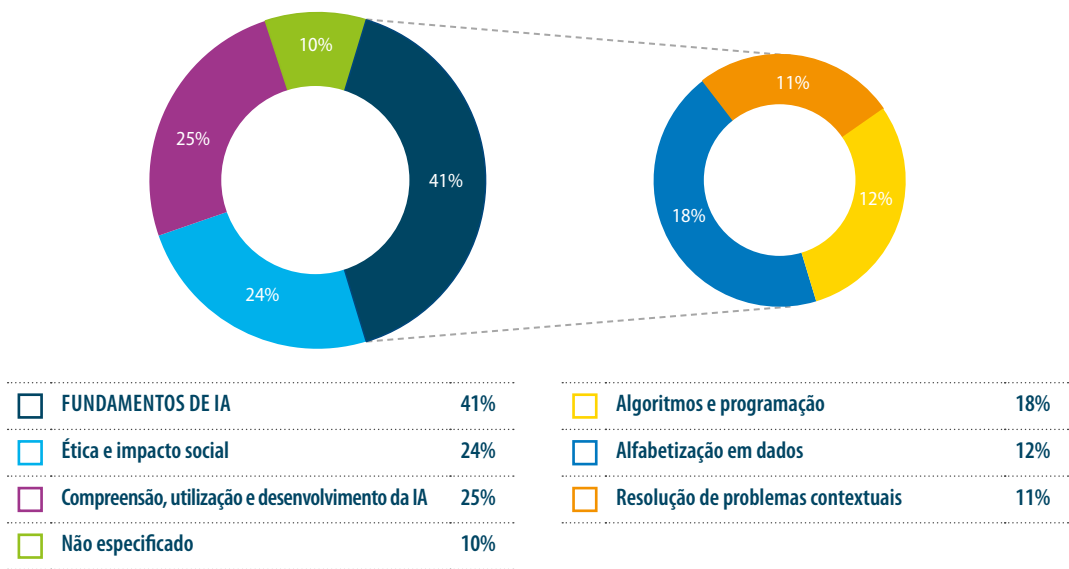
A categoria “Fundamentos de IA” inclui alfabetização em dados, algoritmos e programação e resolução de problemas contextuais. De modo geral, os “Fundamentos de IA” responderam por 41% da alocação total de tempo, com a

maior parte sendo alocada para algoritmos e programação, seguida por alfabetização em dados e resolução de problemas contextuais, em uma medida quase igual.

Apenas um currículo não possuía tempo para a categoria de “Fundamentos de IA”: o “Curriculo de TIC”, da Armênia. Ele dedicou um total de sete horas ao envolvimento com a IA, como parte da disciplina de TIC exigida na educação secundária. A **Figura 9** fornece uma visão detalhada dos componentes dos “Fundamentos da IA” e suas alocações percentuais.

A área temática de algoritmos e programação foi coberta por 21 dos 23 currículos, sendo as exceções o “Curriculo de TIC”, da Armênia e o currículo “IBM EdTech Youth Challenge”. Outros seis currículos alocam 10% ou menos do tempo de ensino de IA para essa área. Na outra extremidade do espectro, o currículo “Modelagem computacional, tecnologias da informação e informática”, da Bulgária, dedica 65% do tempo de ensino a esse tópico. No geral, os currículos eram

Figura 9. Alocações percentuais para “Fundamentos de IA” (n = 21)



Fonte: UNESCO, 2021b.

Tabela 10. Engajamento curricular para a categoria “Fundamentos de IA” por área temática

	Algoritmos e programação	Resolução de problemas contextuais	Alfabetização em dados
Número que aborda a área temática (n = 21)	19	14	17
Intervalo de horas	0 – 269	0 – 198	0 – 78
Alocação média de horas (todos)	50,0	28,3	21,5
Alocação média de horas (para aqueles com alocações)	55,3	42,5	26,5
Mediana de alocação de horas (para aqueles com alocações)	10,8	18,6	25,5

Fonte: UNESCO, 2021b.

menos propensos a envolver a resolução de problemas contextuais. Contudo, os currículos que incluem a resolução de problemas contextuais investem, em média, 42,5 horas para isso. São casos atípicos esses currículos que investem muito na resolução de problemas contextuais como parte de um ciclo de aprendizagem baseada em projetos.

A **Tabela 10** mostra o número de currículos que cobrem cada uma dessas áreas temáticas, juntamente com seus intervalos de horas e alocações médias de tempo.

Ética e impacto social

Os tópicos para a categoria “Ética e impacto social” incluem ética da IA, implicações sociais da IA e aplicações da IA para outros domínios, sendo este último particularmente pertinente às interações cotidianas que crianças e adultos terão com a IA.

Em geral, essa categoria representou 24% do conteúdo em média, mas com uma ampla gama de

investimentos de tempo, de zero hora no “Currículo de TIC”, da Armênia, a 185 horas no “Currículo padrão”, do Kuwait. Em termos de porcentagem, “Computação e tecnologias da informação (Trilha de alta tecnologia)”, do Catar alocou menos de 5%, enquanto no outro extremo do espectro, o currículo “Informática e programação”, da Sérvia, e o de “Habilidades digitais”, da Jordânia, dedicaram 60% de seu tempo a essa área temática. Todavia, em termos de horas, o currículo do Catar dedica 12 horas a essa categoria, enquanto os da Sérvia e da Jordânia dedicam apenas duas horas.

Quando consideradas as áreas temáticas para esta categoria, fica claro que metade do tempo é dedicado para as aplicações da IA para outros domínios, com uma média geral de 5% gastos em implicações sociais e 7% em ética (ver **Figura 10**). Deve-se notar que nos dois currículos do Catar, as aplicações da IA para outros domínios são abordadas como parte de matemática, linguagem e ciências, mas não foi especificado um percentual de comprometimento com essa área temática.

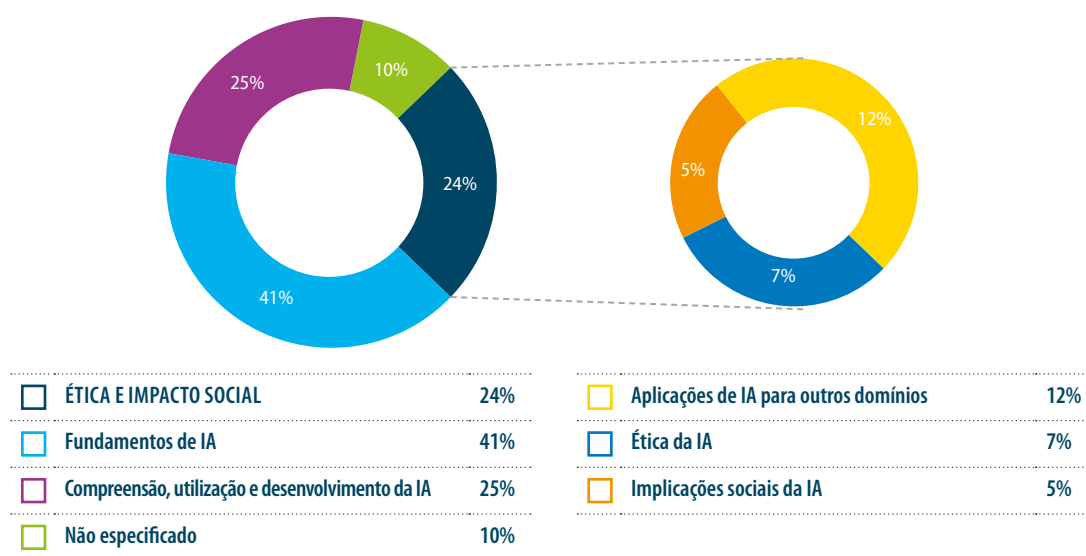
Em média, menos horas foram alocadas para “Ética e impacto social” do que para “Fundamentos de IA”, e a alocação percentual de aplicações de IA para outros domínios é muito maior do que “Ética ou implicações sociais”.

Contudo, uma análise mais detalhada mostra que essa discrepância se deve a uma combinação de menos currículos que envolvem os dois últimos tópicos e currículos com alocações gerais de horas mais altas que incorporam essas duas áreas em porcentagens muito baixas. Como resultado, quando apenas os currículos que possuem foco em cada área de tópico são considerados, as alocações médias de horas de todos os três são quase iguais e a alocação média de horas é mais baixa para a aplicação de IA para outros domínios (consultar a **Tabela 11**).

Os dados permitem ter algumas percepções importantes sobre as maneiras pelas quais os currículos aprovados pelo governo estão cobrindo essas áreas temáticas.

- Em primeiro lugar, nem todos os currículos envolvem as áreas temáticas desta categoria e apenas 12 incluem implicações sociais.
- Em segundo lugar, os formuladores do currículo parecem acreditar que os conceitos e os resultados de aprendizagem para todos os três tópicos podem ser alcançados com um baixo número de horas.
- Essa categoria tende a ser uma pequena parte dos currículos mais longos, representando menos de 10% dos currículos de 144 horas de “Ciência de dados e inteligência artificial”, da Áustria, os dois currículos de “Computação e ciência da informação”, do Catar (ambos com 600 horas), e o “Repositório de TI” de 680 horas, da Bélgica francófona.
- Por fim, esta categoria tende a atrair um alto percentual de alocação dos currículos com as menores alocações de horas. Para os quatro currículos com as alocações gerais mais curtas, a “Ética e o impacto social” representam uma média de 45% do tempo do currículo, com aplicações da IA para outros domínios representando 33% deste, ética da IA respondendo por 10% e implicações sociais representando 1,5%.

Figura 10. Alocações percentuais para “Ética e impacto social” (n = 21)

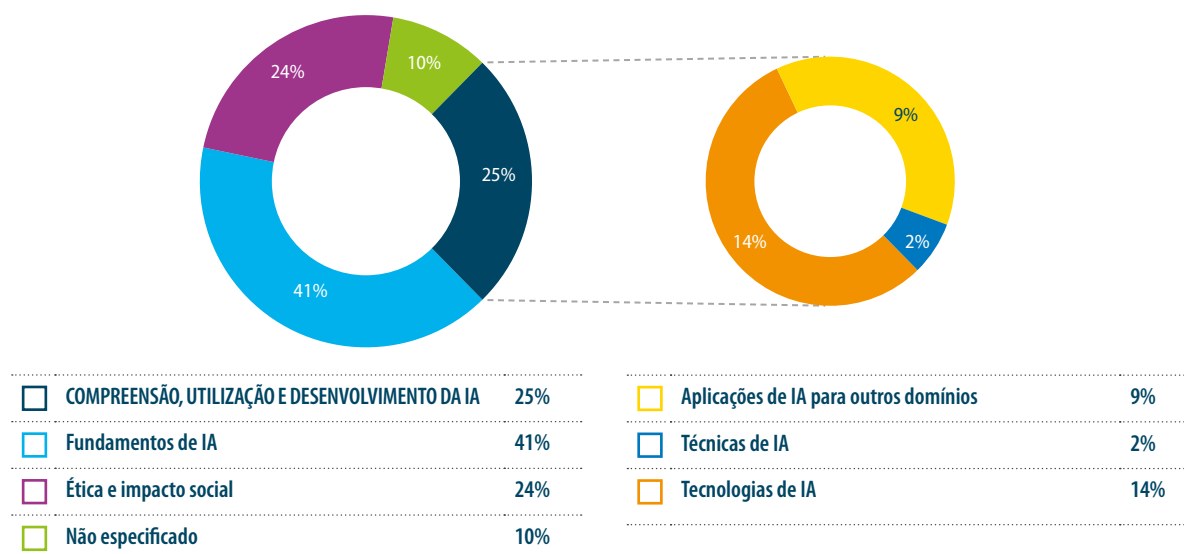


Fonte: UNESCO, 2021b.

Tabela 11. Engajamento curricular para a categoria “Ética e impacto social” por área temática

	Aplicações de IA para outros domínios	Ética da IA	Implicações sociais da IA
Número que aborda a área temática (n = 21)	18	17	12
Intervalo de horas	0 – 92	0 – 54	0 – 78
Alocação média de horas (todos)	11,9	10,8	8,1
Alocação média de horas (para aqueles com alocações)	14,1	13,3	14,2
Mediana de alocação de horas (para aqueles com alocações)	5,2	6	7,3

Fonte: UNESCO, 2021b.

Figura 11. Alocações percentuais para “Compreensão, utilização e desenvolvimento de IA” (n = 21)

Fonte: UNESCO, 2021b.

Compreensão, utilização e desenvolvimento da IA

Esta categoria inclui os tópicos de compreensão e utilização de técnicas de IA (como Aprendizagem de Máquina, aprendizagem profunda, árvores de decisão e redes neurais); compreensão e utilização das ferramentas de IA existentes (tais como visão computacional (VC), classificadores, processamento de linguagem natural (PLN) e geradores de GAN); e desenvolvimento de tecnologias de IA, que lidam com a programação de IA e a criação de novas ferramentas ou técnicas.

“Compreensão, utilização e desenvolvimento da IA” foi representado em 25% dos currículos. As técnicas de IA representaram mais da metade dessa categoria, enquanto o desenvolvimento de IA foi, em média, a menos coberta, com uma alocação média de apenas 2% (ver a **Figura 11**).

De modo semelhante, às constatações sobre a resolução de problemas contextuais e as implicações sociais da IA, a baixa alocação para o desenvolvimento de tecnologias de IA surge em grande parte porque poucos currículos sequer contêm esse aspecto. Apenas seis deles o incluíam, com alocações variando de dois a 14%. Destas, apenas quatro indicaram mais de 10 horas de engajamento nessa área: “Currículo de ciência e tecnologias da informação”, da China, “Habilidades de desenvolvimento global do AI for Youth”, da Intel (versão completa), “AI Youth Skills”, da Microsoft e “Tecnologias da informação e computação (Trilha de alta tecnologia)”, do Catar. Três desses quatro currículos exigem, pelo menos, 150 horas de estudo por ano.

Em entrevistas, alguns informantes desses países indicaram que sentiam que o papel da educação primária era expor os estudantes à IA e a suas aplicações no trabalho e na vida cotidiana, mas que o desenvolvimento da IA era mais adequado à educação superior especializada.

Os entrevistados enfatizaram que os currículos sobre o desenvolvimento de IA devem ser fundamentados de forma adequada no conhecimento do assunto relevante. O exemplo mais citado foi a matemática, na qual é necessário o alinhamento entre os princípios matemáticos e as expectativas em torno do uso de codificação e de algoritmos. As respostas a este requisito variam. Portugal é um exemplo de país que incorporou grande parte de seus resultados da aprendizagem de IA no “pensamento computacional” dentro da disciplina de matemática, enquanto a China elaborou seu currículo de TIC de acordo com os requisitos de matemática ano a ano. Ao elaborar um currículo para escolas de educação secundária (segundo nível), que se envolveriam mais com o desenvolvimento da IA, inicialmente, o MIT direcionou esses conteúdos para as disciplinas de ciências, mas descobriu que os professores de ciências estão mais interessados nas aplicações da IA do que em seu desenvolvimento. O MIT está considerando que, possivelmente, os professores de matemática estão mais fundamentados na teoria computacional que sustenta o desenvolvimento da IA.

A **Tabela 12** fornece as médias, medianas e intervalos de horas dedicados às áreas temáticas para “Compreensão, utilização e desenvolvimento da IA”.

Tabela 12. Engajamento curricular para a categoria “Compreensão, utilização e desenvolvimento da IA” por área temática

	Desenvolvimento de tecnologias de IA	Compreensão e utilização de técnicas de IA	Compreensão e utilização de tecnologias de IA existentes
Número que aborda a área temática (n = 21)	6	18	12
Intervalo de horas	0 – 30	0 – 128	0 – 307,5
Alocação média de horas (todos)	3,3	14,6	21,1
Alocação média de horas (para aqueles com alocações)	11,7	17,0	36,9
Mediana de alocação de horas (para aqueles com alocações)	11,3	5,5	11,1

Fonte: UNESCO, 2021b.

Curiosamente, existe uma preferência por técnicas de IA sobre as tecnologias de IA. Isso deve ser interpretado no contexto do fato de que existem ferramentas de IA elaboradas especificamente para ajudar os estudantes a analisar e a entender as técnicas de IA por meio de aprendizagem ativa ou experimental, como o “Teachable Machine” e o “MachineLearning4Kids”. Ferramentas de IA como essas foram citadas como recursos no currículo “Ciência de dados e inteligência artificial”, da Áustria, no “Currículo de TIC”, da Armênia, no “Modelagem de computador, tecnologias da informação e informática”, da Bulgária, no “IBM EdTech Youth Challenge”, os dois currículos “AI for Youth”, da Intel, os módulos do “ATL AI”, da Índia, o “DAILY Curriculum”, do MIT, o currículo “Microsoft AI Youth Skills”, os dois currículos “Computação e tecnologias da informação”, do Catar, o “Marco de Ação Disciplinar de Tecnologia”, dos Emirados Árabes Unidos, e o currículo “Applied Design, Skills and Technologies”, do território canadense de Yukon.

Exemplo: conteúdo curricular de IA na Áustria

// A educação moderna e os processos de trabalho dificilmente são concebíveis sem a utilização de tecnologias digitais, assim como a participação em nossa sociedade.

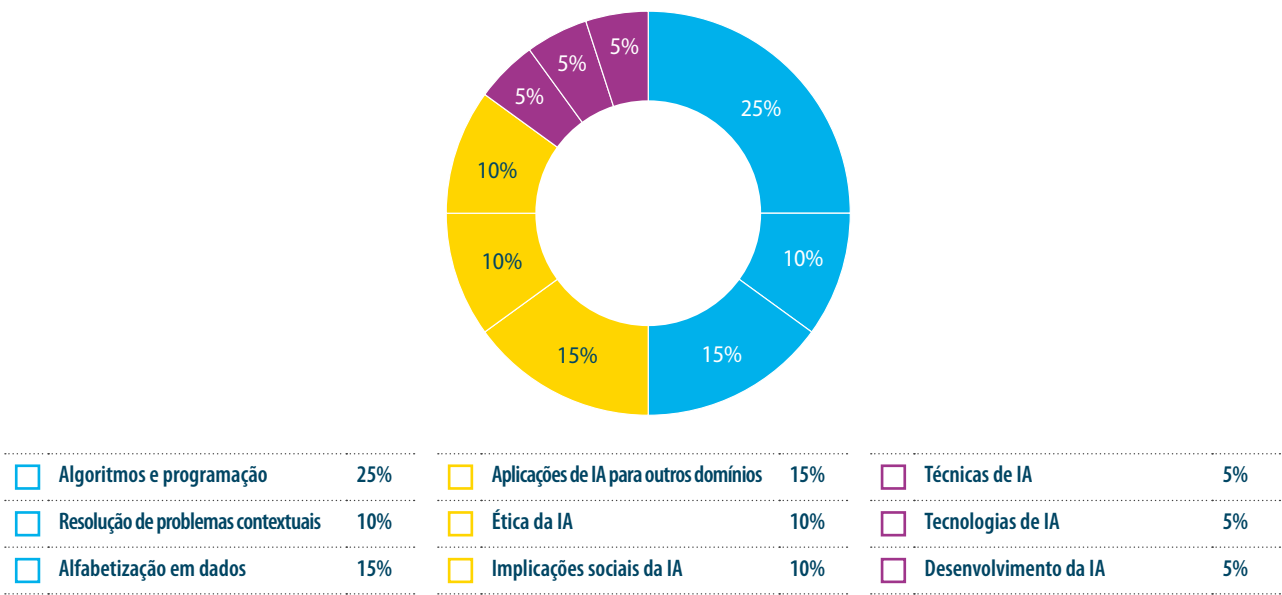
– “Currículo de Educação Digital”, Áustria (Austria, 2018)

O currículo austríaco “Ciência de dados e inteligência artificial” inclui noções básicas digitais, como a utilização de um sistema operacional para armazenar e imprimir arquivos, criar apresentações e utilizar planilhas e *software* de processamento de texto. Ele também abrange a concepção e a reflexão sobre diversas questões sociais em mídias digitais, bem como uso seguro de mídias digitais.

Os estudantes da educação secundária são envolvidos por linguagens de programação, algoritmos e simulações. Eles aprendem os princípios básicos da alfabetização em dados, incluindo a coleta de dados, a estruturação de uma planilha e a realização de análises e visualizações. Eles aplicam critérios para avaliar a credibilidade e a confiabilidade das fontes de dados, bem como do conteúdo digital. Espera-se que os estudantes conheçam carreiras em TIC, incluindo IA, e as aplicações sociais de tecnologias emergentes. Eles criam mídias digitais e aprendem sobre a nuvem e como conectar computadores em rede. Eles também ganham uma compreensão sobre os dilemas éticos que estão associados ao uso dessas tecnologias e tornam-se participantes ativos no discurso social sobre essas questões. Por fim, os estudantes são encarregados de utilizar a tecnologia para fazer declarações públicas e entender de que maneira isso se reflete no processo democrático.

O currículo é oferecido nas escolas como disciplina obrigatória para acúmulo de créditos e inclui 144 horas de aprendizagem. Cinquenta por cento do tempo alocado, ou 72 horas, é despendido em “Fundamentos de IA”: 25% sobre algoritmos e programação, 10% sobre resolução de problemas contextuais e 15% sobre alfabetização em dados. “Ética e impacto social” ocupa 35% do tempo, ou 50 horas curriculares: 15% sobre aplicação da IA para outros domínios e 10% cada sobre ética e implicações sociais. Os 15% restantes são gastos em “Compreensão, utilização e desenvolvimento da IA”, divididos igualmente em sete horas alocadas para cada um de seus subtópicos (compreensão e utilização de técnicas de IA, compreensão e utilização de tecnologias de IA e desenvolvimento de IA). A **Figura 12** fornece as alocações percentuais por área temática para esse currículo austríaco.

Figura 12. Alocações percentuais por área temática



Fonte: Áustria, 2018.

Resultados da aprendizagem dos currículos de IA

Metodologia para análise dos resultados da aprendizagem

Para construir esta seção, os resultados de aprendizagem dos currículos foram extraídos por meio de uma análise dos marcos de ação e dos programas de estudo. De acordo com os objetivos desta pesquisa, os currículos não foram analisados de forma comparativa, mas examinados em conjunto para mapear as especificações entre os níveis educacionais. Os resultados mostram os tipos de engajamentos que foram citados como objetivos curriculares. É importante observar que esta seção não direciona o que deve ou não ser incluído ou coberto em um currículo de IA para educação básica, mas apenas representa o que as práticas atuais abrangem.

Além dos resultados da aprendizagem apresentados nesta seção, alguns currículos abordam determinadas competências que são necessárias para o trabalho posterior no estudo avançado de tecnologia, mas que não estavam diretamente relacionadas à IA. Tais competências incluíam ganho de familiaridade com computadores e seus sistemas operacionais; desenvolvimento de uma consciência da internet como um veículo para troca de informações; utilização de *software* para trabalho com texto, som, fotos e desenhos; criação e compartilhamento de mídia por meio das TIC; prática de habilidades de digitação; utilização de *software* colaborativo; e compreensão sobre redes de computadores.

Marco de ação para a categorização de resultados da aprendizagem

A apresentação desta seção corresponde aos principais aspectos da educação baseada em competências. A OCDE (2016) define *competência* como uma combinação de conhecimentos, habilidades, valores e atitudes que é executada para atender demandas complexas em um contexto particular. Embora seja importante não perder de vista as interrelações entre os domínios cognitivo, psicomotor e afetivo, para facilitar a referência, este relatório se concentra nos resultados da aprendizagem dos currículos em três partes: (i) **conhecimento**, (ii) **habilidades** e (iii) **valores e atitudes**.

O **conhecimento** lida com as demandas cognitivas, tanto gerais como específicas de um domínio, consideradas necessárias para o envolvimento em competências. Geralmente, os resultados de conhecimento utilizam verbos como *conhecer*, *entender*, *refletir* e *comparar*.

As **habilidades** referem-se aos aspectos psicomotores e os resultados relacionados a elas comumente incluem

verbos como *utilizar*, *criar*, *construir*, *revisar* e *escrever*. Para esta classificação, as *habilidades* ou *competências* também incluem a análise e a revisão de artefatos e produtos tecnológicos.

Os **valores** compreendem os princípios orientadores que determinam como são designadas as prioridades ao tomar uma decisão ou agir e, juntamente com as crenças, formam a base para atitudes e atributos e sua influência no comportamento (IBE, 2013). Os valores e atributos podem ser implícitos e não declarados, ou declarados de forma explícita nos currículos, ou incorporados nos resultados da aprendizagem por meio de adjetivos como *criativo* ou *independente*, ou compostos de substantivos adjetivados como *pensamento crítico*.

O desenvolvimento de valores é cada vez mais enfatizado em fóruns e na literatura internacional. O objetivo deste texto não é questionar a viabilidade ou a lógica da incorporação de valores na educação, mas destacar os valores e as atitudes que estão entrelaçados nos currículos de IA de forma implícita ou explícita. Entretanto, é importante notar uma característica essencial dos valores, pois eles não são atributos imutáveis. Eles podem mudar de acordo com o contexto ou a situação (Haste, 2004, 2018). Portanto, os valores apresentados nesta seção devem ser entendidos dentro dos contextos do conjunto fixo (embora diverso) de países desta pesquisa.

Este relatório apresenta os valores implícitos e explícitos dos currículos analisados em quatro categorias apresentadas pela OCDE (2019): *pessoal*, que trata do modo como se define e busca por objetivos pessoais; *social*, que trata das relações interpessoais; *societárias*, que lida com as prioridades compartilhadas por culturas ou sociedades e pode ser consagrada em lei; e *humana*, ou valores que refletem prioridades compartilhadas que transcendem as fronteiras nacionais e culturais.

Os resultados de conhecimentos e habilidades estão sistematizados nas categorias e nas áreas temáticas apresentadas na seção anterior (intitulada “Conteúdo do currículo de IA”). As categorias são: “Fundamentos de IA”, incluindo as áreas temáticas de algoritmos e programação, resolução de problemas contextuais e alfabetização em dados; “Compreensão, utilização e desenvolvimento da IA”, incluindo as áreas temáticas de técnicas de IA, tecnologias de IA existentes e desenvolvimento de novas tecnologias de IA; e “Ética e impacto social”, incluindo as áreas temáticas de aplicações da IA para outros domínios, ética da IA e implicações sociais da IA.

Mapeamento dos resultados da aprendizagem por categorias de IA

Conhecimento

Tabela 13. Mapeamento dos resultados de conhecimento

Domínio	Subdomínio	Resultados da aprendizagem	Níveis educacionais envolvidos		
			Ed. 1 ^{ária}	Ed. 2 ^{ária} (1º nível)	Ed. 2 ^{ária} (2º nível)
Fundamentos de IA					
Algoritmos	Pensamento computacional	Entende abstração.	X		
		Entende decomposição.	X		
		Explica os papéis de decomposição, abstração, reconhecimento de padrões e algoritmos na computação.		X	
		Descobre semelhanças e regras (padrões) em instruções.			X
	Definições e aplicações de algoritmos	Entende o que os algoritmos são e o que fazem.	X	X	X
		Entende que algoritmos de aprendizagem são conjuntos de instruções criadas por seres humanos para modificar uma entrada com o intuito de criar uma saída.		X	
		Identifica exemplos de tipos de algoritmos (classificadores, geradores, regressão).		X	
		Reconhece e descreve aplicações diárias de algoritmos.			X
		Reconhece a importância dos algoritmos em processos digitais automatizados.			X
	Componentes e processos de algoritmo	Compreende as partes de um algoritmo (entrada, etapas para alteração de entrada, saída).		X	X
		Compreende o processo de treinamento, teste e implantação de algoritmos.		X	
		Compara e contrasta a busca e a classificação de algoritmos.			X
		Analisa o fluxo de execução de um algoritmo recursivo.			X
		Entende algoritmos de regressão.			X
		Compara como as estruturas de dados avançadas são utilizadas pelos algoritmos.			X
Programação	Linguagens de programação	Desenvolve conhecimento de ferramentas de programação baseadas em blocos e de outros tipos.		X	
		Conhece diferentes linguagens de programação e processos de produção.		X	X
	Representação e simulações	Entende o raciocínio com base em regras.		X	
		Desenvolve uma consciência de processos iterativos na criação de artefatos.			X
		Desenvolve conhecimento sobre simulações/modelos/abstrações computacionais de sistemas físicos do mundo real.		X	
		Reflete sobre os limites e as possibilidades das simulações.			X
Resolução de problemas contextuais		Discute e avalia o poder e a aplicabilidade de várias abordagens da IA para problemas práticos.		X	
Alfabetização em dados		Entende tendências de dados.	X		
		Compreende os princípios e os processos de coleta de dados e de análise simples.	X		
		Compreende como coletar, processar, analisar e relatar por meio de dados.		X	X
		Compreende os tipos de fontes de informação.		X	X
		Descreve a estrutura básica de uma tabela em uma planilha.		X	X
		Descreve as características de dados e informações.			X
		Avalia os recursos de gestão de <i>big data</i> (por exemplo, processos de armazenamento).			X
		Discute as vantagens e as desvantagens do armazenamento de <i>big data</i> em nuvem.			X
		Compara dados estruturados e não estruturados.			X
		Explora técnicas de codificação para representar dados de forma eficiente.			X
		Desenvolve uma consciência de como a transformação e a apresentação de grandes conjuntos de dados, por meio de visualização/modelagem, pode ser utilizada para tomada de decisões.			X

Domínio	Subdomínio	Resultados da aprendizagem	Níveis educacionais envolvidos		
			Ed. 1 ^{ária}	Ed. 2 ^{ária} (1º nível)	Ed. 2 ^{ária} (2º nível)
Compreensão, utilização e desenvolvimento da IA					
Técnicas de IA	Definições e componentes da IA	Entende a IA “fraca” e a “forte”.	X		
		Descreve termos básicos relacionados à IA.		X	
		Entende o que é IA (e o que não é).		X	X
		Compreende as partes da IA (conjunto de dados, algoritmo de aprendizagem, previsão).		X	X
		Compreende e utiliza termos básicos e gerais relacionados à IA e à aprendizagem de máquina.			X
		Descreve os recursos básicos da IA.			X
		Entende que a IA possui algoritmos subjacentes.			X
		Compreende a convergência na IA.			X
	Uso de dados na IA	Explica como os dados são utilizados para fazer previsões.		X	X
		Descreve o fluxo de dados por meio de uma rede de aprendizagem profunda para problemas de classificação.		X	X
	História da IA	Conhece a história da IA e seu desenvolvimento ao longo do tempo.		X	X
		Entende diferentes abordagens para o desenvolvimento da IA.			X
	Entendimento de como a IA funciona	Explica os tipos de técnicas de IA e como elas funcionam (supervisionada, não supervisionada, reforço, Aprendizagem de Máquina/aprendizagem profunda).		X	X
		Entende como as redes neurais funcionam e suas partes (alimentação de avanço, avaliação de uma predição de acurácia, retropropagação).		X	X
		Compreende os conceitos e os desafios da inteligência artificial geral.		X	X
		Sabe como funcionam as GAN e identifica suas partes.			X
		Explica as pesquisas heurísticas e como elas funcionam.			X
Tecnologias de IA	Percepção do computador e humana	Compara as percepções do computador e a humana.	X		
		Entende o reconhecimento do computador.	X		
		Entende métodos de medição com sensores.		X	
		Entende o papel dos sensores na coleta de dados.			X
		Entende a diferença entre IA e inteligência humana.			X
	Entendimento das tecnologias de IA	Explora a tecnologia e as ferramentas de IA (por exemplo, classificador).	X		
		Entende os processos de criação e utilização do processamento de linguagem natural (PLN).		X	X
		Explora os princípios de dados para o processamento de linguagem natural (PLN).			X
		Entende sistemas autônomos.			X
		Entende os sistemas de recomendação e a tecnologia necessários.			X
		Entende o processo de criação e utilização de visão computacional.			X
		Desenvolve uma compreensão de tecnologias avançadas (IoT, computação em nuvem).			X
		Compara e contrasta um sistema operacional de dispositivo de IoT com um típico sistema operacional de escritório.			X
	Design thinking	Entende o <i>design thinking</i> .		X	X
		Desenvolvimento de produtos	Entende o ciclo de desenvolvimento de produtos.		
Ética e impacto social					
Aplicações de IA para outros domínios		Identifica/explica sobre casos de utilização e aplicações de IA na vida cotidiana.	X	X	X
		Descreve como a IA impulsiona muitos <i>softwares</i> e sistemas físicos.			X
		Entende novos avanços e aplicações de IA.			X
		Conhece áreas importantes de aplicação de IA e tecnologias da informação nas profissões.			X

Domínio	Subdomínio	Resultados da aprendizagem	Níveis educacionais envolvidos		
			Ed. 1 ^{ária}	Ed. 2 ^{ária} (1º nível)	Ed. 2 ^{ária} (2º nível)
Ética da IA	Termos éticos, definições e exemplos	Entende o que significam os termos éticos, como <i>preconceito</i> , <i>imparcialidade</i> e <i>representação</i> , em relação à IA.		X	X
		Reflete sobre direitos humanos e questões éticas no uso de tecnologia e IA.		X	X
		Descreve as limitações da IA.			X
		Compreende as considerações éticas e os dilemas que podem surgir da IA.			X
	Acesso	Compreende questões de acesso à tecnologia.			X
	Viés	Explica como os vieses dos programadores influenciam a imparcialidade das regras da IA.			X
		Entende os efeitos da qualidade da informação na tomada de decisões.			X
		Entende o viés algorítmico, bem como os tipos e as fontes de viés.		X	X
		Entende métodos de mitigação e diminuição de viés em algoritmos de IA.		X	
		Entende diferentes tipos de viés (representação, seleção etc.).			X
		Analisa casos em que a IA foi claramente justa ou injusta.			X
	Propriedade intelectual	Entende direitos de propriedade intelectual.	X		
		Defende uma posição acerca da propriedade da arte criada ou aprimorada pela IA.		X	
		Compreende e respeita as leis básicas de propriedade intelectual.		X	
	Privacidade e segurança	Desenvolve uma conscientização sobre segurança cibernética.	X		
		Desenvolve conhecimento profundo do conceito de identidade digital.			X
		Compreende como os provedores de serviços digitais informam os usuários sobre como as informações pessoais são utilizadas.			X
		Compreende como as informações de identificação pessoal podem ser utilizadas e compartilhadas.			X
	Transparência/explicabilidade	Entende os mecanismos de manipulação de imagens e dados.			X
		Compreende o princípio da IA explicável e seus princípios.			X
	Capacidade de ação humana	Entende que os seres humanos controlam a IA e a Aprendizagem de Máquina.		X	X
		Compreende a usabilidade, a segurança e a acessibilidade dos sistemas computacionais como características essenciais de seu projeto.			X
		Compreende como criar e/ou utilizar a IA de maneira ética.			X
Implicações sociais da IA	Vantagens e desvantagens da IA	Entende como a IA pode beneficiar os seres humanos.	X	X	X
		Reflete sobre as vantagens e as desvantagens das novas tecnologias.	X	X	X
		Descreve as vantagens e as desvantagens da IA em diferentes contextos sociais, educacionais e profissionais.			X
	IA na vida cotidiana e no trabalho	Considera o papel, a importância e/ou o impacto das novas tecnologias na sociedade (vida, trabalho e educação).	X	X	X
		Explora tecnologias emergentes que têm o potencial de afetar a forma como as pessoas vivem, aprendem e trabalham.		X	X
		Desenvolve a consciência da cidadania digital.	X		
		Entende como a IA tem transformado o emprego (mesmo fora do STEM). ²⁸		X	
		Entende os benefícios e as demandas de trabalhos do STEM.		X	
		Reconhece as interações de natureza, tecnologia e sociedade.			X
	Impactos ambientais	Entende os impactos ambientais positivos e negativos da tecnologia.	X	X	X
		Conhece os custos computacionais e ambientais da geração da IA.		X	
		Entende como os custos computacionais e ambientais podem ser reduzidos (modelos mais eficientes, avaliação de custos e benefícios).		X	
		Entende como os custos computacionais e ambientais levam à desigualdade no desenvolvimento da IA.		X	
	Falsificações (fakes) e desinformação	Reflete sobre aspectos positivos e negativos, bem como consequências sociais de <i>deepfakes</i> . ²⁹		X	
		Reflete sobre as implicações sociais da tecnologia de GAN (por exemplo, lição de casa falsa).		X	
		Conhece as seis principais características da desinformação. ³⁰		X	
		Entende como a desinformação se espalha.		X	
	Gênero	Desenvolve uma consciência das consequências e das oportunidades de gênero em tecnologia.			X

Fonte: UNESCO, 2021b.

28 NT: Sigla em inglês que engloba as áreas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática (*Science, Technology, Engineering e Mathematics* – STEM).

29 NT: O termo *deepfake* é um *portmanteau* de *deep learning* e *fake*. Envolve a tecnologia da IA na criação de conteúdo fraudulento, por vezes de natureza pornográfica, que é virtualmente indetectável. É usado em ataques cibernéticos para desacreditar pessoas, inclusive jornalistas. Ver: Cuthbertson, A. What is 'deepfake' porn? AI brings face-swapping to disturbing new level in Newsweek. 2018. Disponível em: <<http://www.newsweek.com/what-deepfake-porn-ai-brings-face-swapping-disturbing-new-level-801328>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

30 Citado pelo "DAILY Curriculum", do MIT, como: "Invoca emoção; polarização; disseminação de teorias da conspiração; desvio de culpa; falsificação de contas; e 'trogagem' de pessoas na rede".

Habilidades

Tabela 14. Mapeamento dos resultados de habilidades

Área temática	Descrição de habilidades	Níveis educacionais envolvidos		
		Ed. 1 ^{ária}	Ed. 2 ^{ária} (1º nível)	Ed. 2 ^{ária} (2º nível)
Fundamentos de IA				
Algoritmos	Reconhece padrões.	X		
	Segue instruções claras para ação (algoritmos) e as executa.		X	X
	Formula instruções claras para ação (algoritmos) verbal e por escrito.		X	X
	Cria um algoritmo e o fluxograma relevante de forma iterativa.		X	X
	Cria um modelo preditivo.			X
	Implementa estruturas de dados complexas e algoritmos fundamentais (por exemplo, para classificação e pesquisa).			X
	Avalia a eficiência de um algoritmo em termos de tempo e espaço.			X
	Otimiza os procedimentos computacionais (para requererem menos etapas).			X
Programação	Controla um robô por meio de programação.	X		
	Constrói roteiros de código simples utilizando programação baseada em blocos.	X		
	Cria uma aplicação móvel com uma linguagem de programação baseada em blocos.		X	
	Converte algoritmos em código utilizando uma ferramenta de programação baseada em texto.		X	
	Codifica em uma ou mais linguagens de programação.		X	X
	Domina estruturas básicas de programação (por exemplo, ramificações, ciclos, procedimentos).		X	X
	Avalia interfaces de usuário (usabilidade, intuitividade) e os processos técnicos necessários.			X
	Utiliza, cria e reflete sobre codificação (por exemplo, cifrado, código QR).			X
	Cria código para manipulação de arquivos de dados locais.			X
	Cria <i>software</i> para controlar um robô ou outro dispositivo de computação.			X
	Utiliza métodos de programação modulares em uma variedade de linguagens de programação.			X
	Desenvolve uma aplicação utilizando programação orientada a objetos.			X
Desenvolve programas seguros e fáceis de usar, levando em consideração os requisitos de acessibilidade.			X	
Resolução de problemas contextuais	Cria programas ou aplicações de rede simples, por meio de ferramentas adequadas para resolução de um problema específico ou realização de uma tarefa específica.		X	X
	Elabora, desenvolve e emprega estratégias para resolução de problemas da vida real, por meio da decomposição e identificação de padrões.			X
	Avalia possíveis soluções tecnológicas e seleciona uma adequada, levando também em consideração <i>software</i> proprietário e <i>software</i> livre.			X
Alfabetização em dados	Salva, altera e classifica bancos de dados simples.	X		
	Cria visualizações de dados numéricos e textuais.	X		
	Pesquisa, seleciona e coleta dados de uma variedade de fontes utilizando estratégias de pesquisa adequadas.	X	X	X
	Organiza as informações coletadas (por exemplo, utilizando rótulos de dados e categorização).	X	X	X
	Manipula dados, efetua cálculos e cria gráficos simples com uma planilha.	X	X	X
	Utiliza ferramentas de TIC para gerenciar e manter um banco de dados relacional.		X	X
	Trabalha com bancos de dados relacionais para produzir relatórios.		X	X
	Avalia a qualidade, a autenticidade e a precisão dos dados.		X	X
	Aplica critérios para avaliar a credibilidade e a confiabilidade das fontes de dados.			X
	Implementa processos automatizados de coleta de dados e gerencia o armazenamento de dados em uma ampla variedade de mídias físicas e plataformas de nuvem.			X
	Analisa fluxos de dados de IoT e cria alertas para condições anômalas, por exemplo, ventos extremos.			X
	Transforma dados não estruturados em dados estruturados.			X
	Utiliza ferramentas ou plataformas de <i>software</i> para organizar, calcular, apresentar e proteger dados.			X
	Cria roteiros SQL para gerenciar bancos de dados normalizados.			X
	Utiliza ferramentas de TIC para transformar dados em informações, com o intuito de apoiar a tomada de decisões precisas.			X
	Utiliza uma variedade de modelos e métodos de criação de gráficos para analisar, prever e informar relatórios de dados.			X

Área temática	Descrição de habilidades	Níveis educacionais envolvidos		
		Ed. 1 ^{ária}	Ed. 2 ^{ária} (1º nível)	Ed. 2 ^{ária} (2º nível)
Compreensão, utilização e desenvolvimento da IA				
Técnicas de IA	Classifica objetos por características.	X		
	Constrói uma árvore de decisão (protótipo de papel).		X	
	Cria um fluxo de trabalho para treinar e testar um algoritmo de IA.		X	X
	Limpa e prepara dados textuais para análise e Aprendizagem de Máquina.			X
	Elabora e testa soluções de aprendizagem supervisionada para problemas de classificação.			X
	Utiliza estruturas de aplicações de IA de código aberto para criar sistemas inteligentes simples.			X
	Interpreta o desempenho de um modelo de Aprendizagem de Máquina (por exemplo, uso de uma matriz de confusão).			X
	Identifica se vários produtos de mídia são uma GAN ou não.			X
	Cria GAN em diferentes áreas temáticas (música, arte, biologia).			X
	Cria uma história e ilustrações com o uso de GAN.			X
Tecnologias de IA	Cria e testa um classificador com uma máquina ensinável ou uma ferramenta de IA semelhante.		X	
	Cria um <i>chatbot</i> com apoio.		X	
	Constrói e controla um robô simples que pode utilizar IA.		X	
	Programa um robô autônomo.		X	
	Define uma nova meta para um algoritmo de IA existente.		X	
	Utiliza tecnologias de IA existentes para desenvolver novos produtos.			X
	Constrói e prepara um conjunto de dados para o processamento de linguagem natural (PLN).			X
	Cria um <i>chatbot</i> com interfaces humanas/robóticas apropriadas.			X
Desenvolvimento de IA	Trabalha com parte de uma equipe.	X		
	Utiliza a metodologia de <i>design thinking</i> para implementar um projeto como parte de uma equipe.		X	X
	Cria soluções inovadoras por meio de ferramentas de IA.			X
	Gerencia um projeto de desenvolvimento de tecnologia.			X
	Verifica a exatidão das soluções tecnológicas aplicadas.			X
Ética e impacto social				
Aplicações de IA	Utiliza algoritmos para produzir arte, música etc.	X	X	X
Ética da IA	Protege os dados pessoais e a privacidade própria e de terceiros.	X	X	X
	Identifica instâncias de viés em algoritmos de IA.		X	
	Identifica as partes interessadas/os beneficiários de um algoritmo de IA.		X	
	Constrói uma matriz ética para um algoritmo (partes interessadas e seus valores).		X	
	Pesquisa dados privados expostos na internet.		X	X
	Gerencia identidades e reputações digitais e demonstra uma compreensão das pegadas digitais.			X
	Consulta dados confusos em uma tabela e encontra viés.			X
	Empreende autodefesa e reparação (por exemplo, caso os direitos sejam violados).			X
	Cria um processo de Aprendizagem de Máquina de ponta a ponta que maximiza a transparência e assegura imparcialidade.			X
	Escreve orientações para desenvolvedores de IA, de modo a assegurar que a IA seja feita de maneira ética.			X
Implicações sociais da IA	Descarta a tecnologia de maneira adequada.	X		
	Identifica <i>deepfakes</i> (de forma independente e por meio da IA).		X	
	Reconhece os desenvolvimentos que representam uma ameaça à igualdade de oportunidades no uso de TI e identifica opções de ação.		X	X
	Compara, analisa e avalia informações e conteúdo digital de forma crítica (por exemplo, para reconhecer manipulação).		X	X
	Evita riscos à saúde e ameaças ao bem-estar físico e mental relacionados à TI.			X
	Ajuda a moldar o desenvolvimento social, participando do discurso público.			X

Fonte: UNESCO, 2021b.

Valores

Tabela 15. Mapeamento dos resultados de valores e atitudes

Valor/atitude a ser desenvolvida	Exemplos dos resultados de conhecimentos e habilidades relacionados	Níveis escolares envolvidos		
		Ed. 1 ^{ária}	Ed. 2 ^{ária} (1º nível)	Ed. 2 ^{ária} (2º nível)
Pessoal				
Interesse em TIC	Explora as ferramentas de IA existentes. Cria soluções inovadoras por meio de ferramentas de IA.	X	X	X
		X	X	X
Persistência/resiliência	Resolve problemas e utiliza metodologia de programação. Testa e reprojeta artefatos e produtos.	X	X	X
Autonomia pessoal	Cria um projeto por meio do <i>design thinking</i> . Pesquisa dados privados expostos na internet. Identifica vias de remediação, caso os direitos pessoais sejam violados.		X	X
Reflexão	Reflete sobre como “meu futuro trabalho pessoal” pode ser impactado pela IA. Descreve o papel e a importância da IA e de suas aplicações. Explora tecnologias emergentes que têm o potencial de afetar a forma como as pessoas vivem, aprendem e trabalham.		X	X
Pensamento crítico e reflexão	Cria, desenvolve e emprega estratégias para resolução de problemas da vida real e utiliza o pensamento computacional. Explica como o viés dos programadores influencia a imparcialidade das regras de IA. Compara, analisa e avalia informações e conteúdo digital de forma crítica (por exemplo, para reconhecer manipulação).			X
Empreendedorismo	Utiliza a metodologia de <i>design thinking</i> para produzir um protótipo. Desenvolve a consciência dos princípios e dos processos de empreendedorismo para implementar ideias inovadoras.			X
Social				
Colaboração/trabalho em equipe	Trabalha como parte de uma equipe ou um grupo. Implementa um projeto como parte de uma equipe. Colabora pela rede como membro de uma equipe.	X	X	X
Comunicação	Cria uma história e ilustrações com o uso de GAN. Escreve orientações para desenvolvedores de IA, de modo a assegurar que a IA seja feita de maneira ética.			X
Relacionamento social				
Respeito às outras pessoas	Envolve-se de forma respeitosa com as outras pessoas. Protege os dados pessoais e a privacidade própria e a de terceiros.	X	X	X
Responsabilidade pessoal	Descarta a tecnologia de maneira correta. Entende que os seres humanos controlam a IA e a Aprendizagem de Máquina.	X	X	X
Integridade	Compreende métodos de mitigação e diminuição de viés em algoritmos de IA. Cria um processo de Aprendizagem de Máquina de ponta a ponta, que maximiza a transparência e garante imparcialidade.		X	X
Tolerância	Mostra tolerância para diferentes ideias e posições.		X	X
Humano(a)				
Respeito ao meio ambiente/à mentalidade sustentável	Entende o impacto ambiental da tecnologia. Reconhece as interações de natureza, tecnologia e sociedade. Entende de que maneira os custos computacionais e ambientais podem ser reduzidos.	X	X	X
Compromisso com a equidade	Reflete sobre o acesso à IA. Entende de que maneira os custos computacionais e ambientais levam à desigualdade no desenvolvimento da IA.		X	

Fonte: UNESCO, 2021b.

Exemplo: progressão dos resultados da aprendizagem de IA na Coreia do Sul³¹

Os padrões curriculares de IA para a educação primária e a secundária da Coreia do Sul foram publicados em 2020, além disso, um currículo nacional para IA está em desenvolvimento. Os governos locais e as escolas podem modificar os currículos de forma flexível para se adequarem às horas e às estruturas dos padrões. Em 2020, foi implementado um currículo escolar de IA para a educação secundária (segundo nível). Como esse currículo é ofertado a critério do diretor, ele tem potencial para atingir 2.367 escolas. O país possui 500 escolas “líderes em educação de IA”, dedicadas especificamente na produção de talentos no setor de tecnologia.

O currículo se baseia em módulos de codificação obrigatórios em escolas de educação primária e secundária, mas não exige conhecimento prévio de IA.

Os padrões de conteúdo para o currículo de IA coreano abrangem três domínios:

1. Compreensão da IA, com os subdomínios *IA e sociedade* e *agentes inteligentes*.
2. Princípios de IA e sua aplicação, com os subdomínios *dados*, *reconhecimento*, *classificação*, *exploração* e *raciocínio*, *aprendizagem de máquina* e *aprendizagem profunda*.
3. O impacto social da IA, com os subdomínios *influência da IA* e *ética da IA*.

A **Figura 13** descreve a progressão curricular para algumas das metas de aprendizagem em quatro áreas principais: “Compreensão da IA”; “Dados”; “Aprendizagem de Máquina” (incluindo classificação); e “Impacto social”.

Figura 13. Padrões curriculares, Coreia do Sul



Fonte: Entrevista e observações escritas do Professor Ki-Sang Song.

31 As informações nesta seção são derivadas de respostas verbais e escritas fornecidas pelos respondentes às perguntas da entrevista.

Implementação curricular

Formação e apoio a professores

Requalificação do corpo docente

A maioria das estratégias de formação para currículos aprovados pelo governo buscavam a qualificação do corpo docente. Alguns países, por exemplo, China e Portugal, demonstraram que a estratégia de preparação impulsionou iniciativas ou projetos nacionais de formação para os professores de disciplinas em que a IA está inserida. Em outros locais, como na Bélgica, os programas de formação de professores são descentralizados e realizados por redes de ensino e, portanto, podem variar dependendo da região, da língua e do tipo de escola (por exemplo, pública ou privada).

Atores não governamentais tendem a adotar outros métodos de formação de professores. Para o “MIT DAILY Curriculum”, professores de três distritos dos Estados Unidos participaram de um curso de formação que incluiu aulas gerais e 30 horas de prática de implementação em acampamentos de verão organizados por ONGs parceiras. Os parceiros do setor dedicam-se à oferta de cursos de formação à distância ou por meio de metodologias de aprendizagem híbrida. Por exemplo, uma parceria entre a IBM e a Escola de Educação da Universidade Macquarie deu origem ao curso *Artificial Intelligence (AI) Education for Teachers* [Educação em Inteligência Artificial (IA) para Professores], com duração de 16 horas, hospedado no Coursera. O curso abrange temas como a história da IA, comparação entre a IA e a inteligência humana e considerações éticas no desenvolvimento e na utilização da IA. Algumas instituições oferecem certificação, como a Intel, que oferece essa certificação para instrutores e instrutores líderes. Com frequência, os instrutores líderes assumem o papel de formadores de formadores.

Integração da IA na formação inicial do professor

Na Áustria, a principal estratégia adotada para a formação de professores foi a de incorporar tópicos de IA na formação inicial de professores em instituições de ensino superior, que deveriam abranger não apenas questões gerais de IA, mas também o uso da IA para apoiar os processos pedagógicos e de ensino e aprendizagem.

Apoio aos professores em serviço

Além da criação de padrões, os governos nacionais e regionais apoiam a implementação de currículos de IA por meio do desenvolvimento de recursos.

Por exemplo, na Sérvia, a implementação é apoiada por ferramentas digitais, incluindo vídeos, apresentações e tarefas interativas que foram desenvolvidas para os diversos currículos de IA oferecidos no país. As iniciativas nacionais ou regionais também elaboram recursos educacionais, como livros didáticos e diretrizes de avaliação, para apoiar o currículo de IA antes de sua implementação.

O “MIT DAILY Curriculum” fornece materiais para professores, incluindo apresentações de *slides*, pontos de discussão e planos de aula completos que eles podem utilizar ou adaptar. Os parceiros do setor, como IBM, Intel e Microsoft, fornecem a eles percursos de aprendizagem e conteúdos por meio de recursos educacionais digitais abertos e globais. Tais parceiros também criaram recursos educacionais para professores, considerando o contexto específico dos países participantes, que incluem manuais, guias para facilitadores e livros sobre IA.

Ferramentas e ambientes de aprendizagem

Além de impulsionar as iniciativas de infraestrutura existentes para fornecer conexões de *hardware* e de internet, os currículos envolvem vários recursos educacionais para apoiar a implementação nas escolas. Em casos como o da Bélgica e o da China, a decisão sobre ferramentas e ambientes não foi centralizada e, portanto, não foi possível fornecer detalhes específicos. Do outro lado do *continuum*, no caso da Sérvia, as ferramentas digitais, incluindo tarefas interativas, estão sendo criadas para fortalecer o currículo. Outros currículos aproveitam ambientes e ferramentas existentes, envolvendo uma variedade de produtos gratuitos. Os representantes da Áustria e dos Emirados Árabes Unidos fizeram as seguintes observações, respectivamente:

// Usamos Jupyter Notebook/Lab, Python, PyCharm e bibliotecas Python de IA (Scikit-learn, Keras, Tensorflow). Nós nos concentramos em processamento de linguagem natural, análise de imagens e análise de *big data*.

Utilizamos diferentes recursos e plataformas com base nas séries dos estudantes. Ferramentas digitais como Code.org, Microsoft and AI, MachineLearning4Kids, IBM e Kits de Robótica de IA, tais como Magkinder Labeeb, Fateen, Maker, Maker with Robotics Car e Raspberry-Pi, que são usadas em diferentes projetos de IA. As ferramentas são utilizadas para treinar diferentes modelos, entender algoritmos de Aprendizagem de Máquina e concluir tarefas digitais relacionadas à IA. Os estudantes dos anos mais avançados serão apresentados ao Python para que possam implementar diferentes algoritmos de Aprendizagem de Máquina.

Os currículos de IA não envolveram codificação ou programação, mas muitos incluíram esses elementos, utilizando as com frequência linguagens de programação introdutórias e as ferramentas como PictoBlocks ou Scratch. Uma introdução à linguagem de programação Python foi comum, particularmente em currículos voltados para as escolas secundárias, embora alguns currículos também incluíssem HTML e Java.

Uma variedade de tecnologias de IA, como Alexa, geradores de imagens de GAN, Google Assistant, Pix2Pix, PoseNet, kits de robótica e *software* de simulação foram incluídos nos currículos, permitindo que os estudantes explorassem muitas maneiras pelas quais a IA pode ser utilizada em diferentes áreas.

Os estudantes que se envolveram na criação de IA provavelmente o fizeram por meio de *softwares* livres, como MachineLearning4Kids e Teachable Machine. Essas ferramentas permitem que as crianças explorem e construam modelos de Aprendizagem de Máquina para realizar tarefas, tais como classificar objetos. À medida que os estudantes avançam para os anos mais avançados, alguns currículos se concentram ainda mais nas bibliotecas e nas ferramentas de Aprendizagem de Máquina, como o *Scikit-learn*.

Ambientes *offline* também foram aproveitados pelo “MIT DAILY Curriculum”. Além de incentivar a exploração de ferramentas e recursos digitais, eles incluíram jogos *offline*, por exemplo, uma atividade em grupo em que os estudantes encenam os fluxos de informação em uma GAN e outra em que constroem um sistema de classificação de árvore de decisão em papel para diferentes tipos de massas. No caso do “Ciência e tecnologias da informação”, da China, o currículo é necessário para atender diversas escolas e regiões em vários níveis de acesso e integração de TIC e, portanto, fornece vários resultados de aprendizagem sem recomendar tecnologias ou ferramentas específicas para a execução, a fim de abranger opções *online* e *offline*.

As ferramentas e os instrumentos a seguir foram sugeridos nos currículos com base nas áreas de IA nas quais eles se concentram:

• **Hardware e robótica**

O *hardware* necessário para os currículos de IA inclui computadores, *tablets*, *laptops* e acesso à internet ou a uma rede. Nem todos os currículos de IA incluem conteúdo sobre robôs ou robótica. Nos casos em que a aprendizagem sobre robôs é exigida, os currículos devem dar destaque a kits como Lego Mindstorm EV3,³² Magkinder Labeeb,³³ e/ou Maker Robotics.³⁴

Dispositivos como o Raspberry Pi³⁵ são utilizados por alguns currículos que requerem que os estudantes criem programas e os testem por intermédio de dispositivos de baixo custo.

• **Software**

Os sistemas operacionais de código aberto Ubuntu³⁶ foram utilizados por alguns currículos como alternativas menos dispendiosas em relação a outros sistemas operacionais.

• **Linguagens de programação**

Em geral, os currículos aproveitaram linguagens de programação gratuitas, como:

- HTML³⁷
- Javascript³⁸
- Python³⁹
- Micropython⁴⁰
- NumPy⁴¹
- R⁴²
- Scratch⁴³

• **Ferramentas para aprendizagem de técnicas de IA**

Várias ferramentas foram desenvolvidas para facilitar a compreensão e permitir a exploração de conceitos complexos e técnicas de IA, que foram especificamente mencionadas nos currículos de IA neste estudo, incluindo os seguintes:

- MachineLearningForKids⁴⁴
- Teachable Machine⁴⁵
- TensorFlow⁴⁶
- Keras⁴⁷

32 Consultar <<https://www.lego.com/en-us/product/lego-mindstorms-ev3-31313>>.

33 Consultar <<https://shop.ibtkar.io/en/magkinder-labeeb-151-pcs-set>>.

34 Consultar <<http://site.makerrobotics.com.br>>.

35 Consultar <<https://www.raspberrypi.org>> ou <<https://www.raspberrypi.com>>.

36 Consultar <<https://ubuntu.com/download>>.

37 Consultar <<https://www.w3schools.com/html>>.

38 Consultar <<https://www.w3schools.com/js>>.

39 Consultar <<https://www.python.org/psf>>.

40 Consultar <<https://micropython.org>>.

41 Consultar <<https://numpy.org>>.

42 Consultar <<https://www.r-project.org/about.html>>.

43 Consultar <<https://scratch.mit.edu>>.

44 Consultar <<https://machinelearningforkids.co.uk>>.

45 Consultar <<https://teachablemachine.withgoogle.com>>.

46 Consultar <<https://www.tensorflow.org>>.

47 Consultar <<https://keras.io>>.

Tabela 16. Abordagens e especificações pedagógicas sugeridas

Abordagem pedagógica	Definição
Aulas ou atividades instrucionais	Consistem em aulas didáticas conduzidas pelo professor. As informações são fornecidas verbalmente por um professor, um facilitador ou um especialista, em formato impresso ou uma combinação de mídias.
Trabalho em grupo	Ensino e aprendizagem que requerem que os estudantes colaborem para concluir uma ou mais tarefas. O trabalho em grupo destina-se a permitir que os estudantes abordem tarefas mais complexas e pratiquem habilidades como o trabalho em equipe.
Aprendizagem baseada em projetos	Com a mediação de um professor, os estudantes aproveitam suas habilidades e competências para identificar e/ou responder a um desafio do mundo real por um longo tempo. A aprendizagem baseada em projetos é caracterizada pela autonomia do estudante, estabelecimento de metas, colaboração e pesquisa de contextos do mundo real (Kokotsaki et al., 2016).
Aprendizagem baseada em atividades	Os estudantes progredem em seu próprio ritmo, por meio de atividades mediadas por um professor. Geralmente, a aprendizagem baseada em atividades ocorre nas salas de aula e é elaborada para promover a independência, a exploração e a experimentação. Muitas vezes, ela está vinculada a apresentações de trabalhos. As principais características da aprendizagem baseada em atividades são o envolvimento ativo dos estudantes e a colaboração na sala de aula (Anwar, 2019).

Fonte: UNESCO, 2021b.

- OpenVINO⁴⁸
- Scikit-learn⁴⁹

• Bancos de dados

Quando se exige no currículo o desenvolvimento de ferramentas de IA que são dependentes de dados, são necessários bancos de dados para que os estudantes possam testar os programas e otimizar os algoritmos, por exemplo:

- Coco, um conjunto de dados de detecção, segmentação e legendagem de objetos em grande escala⁵⁰
- ImageNet, um banco de dados de imagens com mais de 14 milhões de imagens⁵¹

• Ferramentas e recursos para aprendizagem de tecnologias de IA

Quando solicitado aos estudantes que apliquem a metodologia pedagógica para tecnologias que seguem o modelo *utilizar-modificar-criar*, são necessários exemplos de ferramentas de diferentes categorias de IA. É importante destacar a “abordagem agnóstica” das tecnologias de IA e explicar aos estudantes que a tecnologia de IA não se limita a uma marca ou uma ferramenta específica.

- Geradores de imagem de GAN, como GANpaint⁵²
- Ferramentas de processamento de linguagem natural, como Google Assistant⁵³ e IBM Watson⁵⁴

Tanto as instituições acadêmicas como as empresas comerciais oferecem cursos de programação ou espaços *online* para a aprendizagem de IA. Para evitar que o currículo de IA seja vinculado a marcas ou a ferramentas de IA específicas, este relatório sugere que as autoridades nacionais ou locais responsáveis pelo currículo selecionem e aprovem ferramentas de aprendizagem que ofereçam licença aberta ou não comerciais; além disso, que criem plataformas *online* ou espaços públicos para apoiar o ensino e a aprendizagem de IA.

Pedagogias sugeridas

Os respondentes da pesquisa foram questionados sobre as recomendações pedagógicas incluídas no currículo ou sua oferta. As opções que eles tiveram para escolher estão descritas na **Tabela 16**. Várias opções podiam ser selecionadas e eles também tiveram a oportunidade de fornecer respostas livres.

Os resultados mostram que quase todos os currículos tiveram base em aulas ou atividades instrucionais (89%), com uma forte dependência do trabalho em grupo, bem como da aprendizagem baseada em projetos. A aprendizagem baseada em projetos foi uma característica particularmente proeminente de muitos currículos, tanto nacionais como da indústria. Por exemplo, como observado pelo representante de Portugal, seu currículo nacional utiliza a aprendizagem baseada em projetos por meio de uma abordagem interdisciplinar:

48 Consultar <<https://docs.openvino.ai/>>.

49 Consultar <<https://scikit-learn.org/stable>>.

50 Consultar <<http://cocodataset.org/#explore>>.

51 Consultar <<https://image-net.org>>.

52 Consultar <<http://gandisect.res.ibm.com/ganpaint.html>>.

53 Consultar <<https://assistant.google.com>>.

54 Consultar <<https://www.ibm.com/academic/home>>.

// Nosso currículo diz que devemos utilizar abordagens de aprendizagem centradas no estudante, como uma aprendizagem baseada em projetos. Essa deve ser a principal metodologia pedagógica utilizada pelos professores. Há também a necessidade de promover abordagens interdisciplinares. O conhecimento sobre um assunto deve estar vinculado ao conhecimento sobre outros.

Os tipos de projetos envolvidos, no entanto, bem como o tempo que necessita ser investido, variaram entre currículos e abordagens. Os projetos podem ser definidos como atividades de tempo limitado, como a utilização de *software* de IA para realizar uma tarefa de tradução, a utilização de IA para criar artes, bem como a construção ou a manipulação de robôs por meio de kits de robótica. Para currículos como o “IBM EdTech Youth Challenge”, o “Intel AI for Youth”, os dois currículos de “Computação e tecnologias da informação”, do Catar, e o “Microsoft AI Youth Skills”, esse tipo de trabalho é uma parte essencial para o engajamento dos estudantes, que participam da criação de um projeto de IA por meio de um ciclo dirigido de *design thinking*. A aprendizagem baseada em atividades, por outro lado, foi sugerida para 14 currículos (52%) e, portanto, foi menos enfatizada (ver **Figura 14**).

Além disso, a aprendizagem híbrida e/ou remota foi sugerida por todos, com exceção de três currículos (89%), sugerindo uma forte confiança na experiência remota de implementação do currículo. Avaliação da aprendizagem, educação baseada em competências, construtivismo,

construcionismo, aprendizagem experiencial e pedagogias centradas no estudante também foram aprovados ou sugeridos como abordagens.

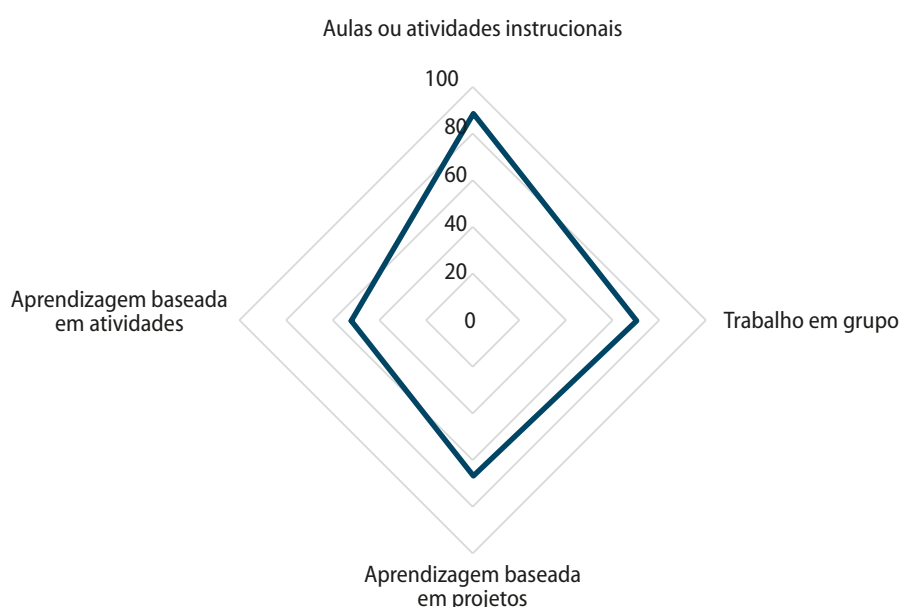
Curiosamente, a maioria dos currículos que permitem a aprendizagem à distância foi desenvolvida pelo setor público ou com supervisão do governo. Apenas dois currículos que usam ensino à distância foram desenvolvidos pelo setor privado: o “IBM EdTech Youth Challenge” e o “Habilidades digitais”, da Arábia Saudita.

Por último, os currículos incluídos nas respostas da pesquisa abrangem uma variedade de aplicações de IA, questões éticas, ferramentas e técnicas, sem depender muito de conhecimentos de matemática ou de programação e, às vezes, sem depender de tecnologia de forma explícita.

Exemplo: implementação do currículo de ciências e tecnologias da informação para escolas do segundo nível da educação secundária na China

O Ministério da Educação da China publicou, em 2017, o “Currículo de TI para o segundo nível da educação secundária”. A implementação do currículo nacional é obrigatória em 225 mil escolas e atinge mais de 180 milhões de estudantes. Ele está dividido em 10 módulos: dois deles obrigatórios, seis módulos seletivos oferecidos com a possibilidade de acúmulo de crédito e dois seletivos

Figura 14. Perfil médio de engajamento pedagógico (n = 27)



Fonte: UNESCO, 2021b.

oferecidos sem acúmulo de crédito. No total, o currículo exige 54 horas de módulos obrigatórios e 72 de módulos seletivos, totalizando 126 horas. Os aspectos da IA estão incluídos nos módulos obrigatórios, que são: “dados e computação” e “sistemas de informação e sociedade”; os módulos seletivos, que significa que todos os estudantes são obrigados a escolher um desses módulos, são: “noções básicas de inteligência artificial”, “gestão e análise de dados” e “introdução ao algoritmo”.

O currículo visa a orientar os estudantes a entender o que é a IA, como ela funciona e as questões sociais que cercam sua utilização. Embora o currículo seja obrigatório em âmbito nacional, as províncias modificam a implementação com base na demografia de sua população, nos recursos disponíveis e nas necessidades educacionais. O representante da China explicou isso da seguinte forma:

// Não podemos fazer a mesma coisa em toda a China. Existem diferentes necessidades em diferentes áreas. Por exemplo, em cidades avançadas, os estudantes estão familiarizados com equipamentos, smartphones e muitas outras coisas. Nosso desafio é orientá-los a serem éticos, respeitarem os outros e fazerem o que é certo para a sociedade. Em outras áreas, os estudantes estão menos familiarizados com as aplicações, de modo que o desafio é orientá-los a se familiarizarem com os dispositivos e as aplicações.

Antes de ser lançado, o currículo foi analisado por especialistas e testado com estudantes de diferentes anos escolares, a fim de determinar suas atitudes em relação ao

conteúdo do currículo. O currículo foi, então, revisado com base nessas análises, antes de ser publicado.

A China empreendeu diversos preparativos, incluindo realização de pesquisas, análise de necessidades, desenvolvimento de recursos, formação de professores, instalação de infraestrutura, fornecimento de equipamentos e materiais necessários às escolas e melhoria da capacidade com a contratação de pessoal adicional, além do envolvimento do terceiro setor e de empresas privadas, como formadores contratados por meio período nas escolas. O currículo utiliza uma variedade de pedagogias, incluindo orientação direta, aprendizagem híbrida e à distância, trabalho em grupo, aprendizagem baseada em projetos e aprendizagem baseada em atividades.

Para apoiar a implementação, os professores de todas as disciplinas recebem formação pelo Programa Nacional de Formação de Professores. Parte do programa se concentra em Ciência E Tecnologias Da Informação e inclui IA. O Ministério da Educação Nacional oferece duas sessões por ano durante as férias escolares e todos os professores devem aderir ao programa uma vez a cada três anos. Há um esforço conjunto para garantir que os estudantes estejam familiarizados com uma variedade de equipamentos e aplicações, para que as escolas e os professores controlem os tipos de tecnologia utilizados em sala de aula.

Durante a formação, os professores se familiarizam com várias marcas de dispositivos e com diferentes tipos de plataformas e tecnologias, mas os tipos de tecnologias a serem utilizados não são declarados no currículo de forma explícita.

Principais conclusões e recomendações

As nove principais conclusões e as 13 recomendações apresentadas nesta seção referem-se a quatro etapas principais da oferta curricular – desenvolvimento e aprovação; integração e gestão; conteúdo e resultados da aprendizagem; e implementação – e são categorizadas por tais parâmetros nesta seção.

Desenvolvimento e aprovação curricular



Principal conclusão 1 — Apenas um número limitado de currículos de IA aprovados pelos governos foi desenvolvido e implementado.

Até o momento, existem 14 currículos de IA que foram desenvolvidos e implementados por 11 governos. Embora os países estejam requisitando a inclusão da IA nos currículos por meio de documentos de políticas, até o momento isso não se traduziu em uma ampla integração da IA nos currículos de educação básica.

Recomendação 1.1 – Mais pesquisas são necessárias para determinar até que ponto a reforma curricular da educação básica é exigida na política nacional de IA ou nos documentos de estratégia educacional, também para definir até que ponto essa exigência foi cumprida para desenvolver uma compreensão mais profunda dos mecanismos políticos utilizados e dos facilitadores ou inibidores de desenvolvimento e de implementação de currículo de IA.



Principal conclusão 2 — Um compromisso governamental e um mecanismo de aprovação robustos são necessários para gerenciar interesses conflitantes no desenvolvimento do currículo.

Existem muitas partes interessadas (*stakeholders*) no setor de IA, e muitas delas atuam no desenvolvimento ou na oferta de currículos. As equipes de desenvolvimento de currículo de IA incluem representantes do governo, especialistas do setor, acadêmicos e, em alguns casos, professores. Sem uma coordenação consistente e uma contribuição equilibrada, podem surgir objetivos conflitantes nos currículos. Por outro lado, mecanismos robustos de coordenação e de aprovação podem unificar os esforços de vários parceiros do setor público e do terceiro setor em direção às metas nacionais de educação em IA.

Recomendação 2.1 – Há a necessidade de uma abordagem equilibrada, multidisciplinar e colaborativa para a elaboração de currículos de IA, realizada com a gestão direta do governo. Independentemente do nível de desenvolvimento, cada país possui acesso a uma variedade de conhecimentos sobre a indústria, especialistas no assunto e profissionais de educação dentro e fora das fronteiras nacionais, e deve-se considerar de que forma esse conhecimento pode ter um processo de aprovação mais efetivo, desvinculado de interesses comerciais e idealizado para o bem dos estudantes.

Recomendação 2.2 – Incluir professores no desenvolvimento com o objetivo de assegurar que o currículo seja implementável na prática. Os professores podem fornecer orientações práticas sobre os conhecimentos e as competências com os quais os estudantes ingressam em diferentes anos letivos, os desafios logísticos de integrar a tecnologia em diferentes contextos e os métodos mais adequados para envolver os estudantes. Os professores também são especialistas em explicar conceitos complexos para os estudantes e podem fornecer informações valiosas não apenas para os currículos, mas também para materiais de apoio e formação.



Principal conclusão 3 — São necessárias evidências sobre a qualidade e a eficácia dos currículos de IA.

Os estudos publicados sobre a avaliação de currículos de IA permanecem escassos, e em nenhum deles foram abordados os efeitos de tais currículos no desenvolvimento de competências em IA para estudantes, bem como na capacitação de recursos humanos em áreas de IA. Enquanto algumas avaliações ou versões preliminares de currículos de IA levaram em conta a opinião externa de professores e estudantes, outros se basearam apenas nas análises do currículo realizadas por especialistas.

Recomendação 3.1 – Estudos preliminares devem ser realizados e a opinião de professores e estudantes deve ser levada em consideração, assim como a de especialistas acadêmicos e/ou da indústria. A implementação de currículos de IA e seu impacto nos estudantes devem ser rigorosamente avaliados, de modo a fornecer uma base de evidências.

Integração e gestão curricular



Principal conclusão 4 — O desenvolvimento de recursos e a formação de professores são essenciais para a integração curricular.

Quase 90% dos currículos foram apoiados pelo desenvolvimento de recursos e/ou pela formação de professores. Contudo, pouco mais da metade envolveu uma análise de necessidades para fundamentar recursos ou programas de formação.

Recomendação 4.1 – Envolver-se no desenvolvimento de recursos com base em evidências e na formação de professores, reunindo primeiramente informações sobre itens, como o capital humano existente no setor, assim como a formação e o apoio necessários para integrar e implementar um currículo de IA. Incluir professores no desenvolvimento de recursos educacionais e testá-los antes de serem liberados para professores e estudantes. Providenciar de forma adequada os conceitos e a pedagogia de IA a serem introduzidos aos professores em exercício e a serem integrados na formação inicial de professores nas instituições de ensino superior. Promover eventos de IA como oportunidades para a formação de professores.



Principal conclusão 5 — Os currículos de IA aprovados pelo governo tendem a ser eletivos ou integrados a disciplinas existentes nas escolas.

A maioria dos países opta por implementar IA integrada a uma disciplina ou em disciplinas existentes, ou como disciplina eletiva ou interdisciplinar. Em todos esses casos, é necessário determinar o que será omitido ou condensado nos currículos existentes, a fim de criar espaço para um envolvimento substancial com a IA. Os formuladores de currículo também devem analisar se a IA deve ser um subtópico com apenas algumas horas de alocação ou um “tópico especial” estudado fora do horário escolar, por exemplo, por interesse pessoal.

Recomendação 5.1 – Desenvolver mapas de integração para uma variedade de disciplinas ou temas existentes em diferentes níveis educacionais, que podem apoiar a implementação dos resultados da aprendizagem em IA em áreas de diferentes temas, sem consumir grandes proporções do tempo de ensino de qualquer disciplina.

Recomendação 5.2 – Considerar currículos de IA de múltiplas modalidades que incluam componentes fora da escola, como oportunidades extracurriculares de orientação e participação em competições.

Conteúdo curricular e resultados da aprendizagem



Principal conclusão 6 — Os objetivos e os resultados da aprendizagem dos currículos de IA devem se concentrar em valores e habilidades essenciais necessários para o trabalho e para a vida na era da IA.

Existe um consenso de que os currículos de IA são importantes para assegurar que os estudantes tenham as habilidades necessárias para o trabalho e para a vida na era da IA. Todavia, o desenvolvimento desses currículos foi realizado com vários objetivos e áreas de foco, que vão desde a exposição à IA até a experiência na construção da IA. Os currículos produzidos até o momento demonstram vários entendimentos sobre a progressão da complexidade das tarefas e os tipos de resultados de aprendizagem que podem ou devem ser considerados para estudantes de diferentes anos escolares. As metas estabelecidas para o currículo de IA afetaram o tempo a ser investido, o conteúdo do currículo e os mecanismos de incorporação dos currículos. O tempo alocado para entender técnicas de IA, aprender sobre tecnologias específicas de IA e desenvolver IA é limitado e insuficiente para promover a criatividade e as habilidades necessárias para criação de ferramentas inovadoras de IA. Além disso, sem conhecimento suficiente sobre técnicas e ferramentas de IA, a discussão sobre ética realizada de forma separada não é suficiente para fornecer aos estudantes uma compreensão profunda e uma capacidade de aplicação dos princípios em todo o ciclo de vida da IA.

Recomendação 6.1 – Os currículos de IA devem estar explicitamente alinhados aos objetivos e às estratégias de desenvolvimento internacional e nacional. Uma consideração especial deve ser dada ao desenvolvimento de habilidades para o trabalho e para a vida na era da IA, que podem ser definidas em contextos específicos, oferecendo mais oportunidades para gerar ferramentas inovadoras de IA e incorporar a ética nos contextos de uso da IA para solucionar problemas da vida real.

Recomendação 6.2 – Desenvolver, adotar ou adaptar uma sequência coerente de atividades e de resultados de aprendizagem adequados à idade, em consulta com especialistas em currículo, cientistas da computação e profissionais da educação, levando em consideração os objetivos finais do currículo, as motivações para seu desenvolvimento e as exigências das políticas nacionais. Ademais, as interdependências entre as diferentes áreas temáticas devem ser consideradas.



Principal conclusão 7 — Os resultados de aprendizagem da IA podem ser engajados por meio de atividades online e offline.

Os currículos incluídos no exercício de mapeamento demonstram que o acesso tecnológico não é um pré-requisito para entender a IA e seu impacto na sociedade, embora muitas vezes seja um requisito para aqueles que procuram incluir aplicações práticas, componentes de alfabetização em dados e desenvolvimento de IA. Existe uma variedade de recursos gratuitos, ferramentas e tecnologias de aprendizagem de IA disponíveis para professores e estudantes.

Recomendação 7.1 – Em contextos em que haja poucos recursos, os currículos podem se concentrar em áreas como compreensão de IA, reconhecimento de aplicações de IA na vida cotidiana, reflexão sobre impactos sociais e incentivo ao *design thinking* por meio de prototipagem em papel ou exercícios de reprojeto de produtos.

Implementação curricular



Principal conclusão 8 — A aprendizagem baseada em projetos é comumente utilizada como uma metodologia pedagógica adequada para currículos de IA.

Um terço dos currículos deste estudo incluiu a aprendizagem baseada em projetos como estratégia pedagógica. Os benefícios percebidos desse tipo de aprendizagem estavam vinculados ao desenvolvimento de habilidades práticas e a oportunidades para a resolução de problemas.

Recomendação 8.1 – Os formuladores de currículos de IA devem considerar o incentivo a pedagogias inovadoras, a fim de criar oportunidades interdisciplinares para a solução de desafios da vida real enfrentados pelos estudantes e suas comunidades, como forma de desenvolver habilidades de pensamento crítico, empreendedorismo, comunicação e trabalho em equipe.



Principal conclusão 9 — Os currículos de IA não devem estar vinculados a tecnologias ou a marcas específicas.

Embora haja a necessidade de se desenvolver ambientes de aprendizagem adequados para a implementação de currículos, a educação em IA não deve se limitar a marcas ou a produtos específicos. Os estudantes devem adquirir conhecimentos básicos, habilidades transferíveis e orientação de valor na aplicação da IA em diferentes domínios e contextos. Devido ao ritmo de mudança e ao desenvolvimento de novas tecnologias e marcas, os currículos que dependem de algum produto podem perder relevância rapidamente, bem como o conhecimento dos estudantes vinculado a uma marca pode não ser transferido quando eles estiverem diante de novos contextos ou problemas da vida real.

Recomendação 9.1 – O desenvolvimento do currículo deve se concentrar nos resultados da aprendizagem e na aplicação de princípios e processos de IA, em vez da capacidade de utilizar plataformas, dispositivos ou produtos específicos. Sempre que possível, os currículos devem envolver uma variedade de tecnologias.

Recomendação 9.2 – Sempre que necessário, investir em infraestrutura básica que permita envolver uma variedade de tecnologias de IA e ferramentas de aprendizagem. Assegurar que a formação de professores e que outros mecanismos de apoio à escola, como a garantia de qualidade ou avaliações de desempenho, sejam estruturados de forma adequada para garantir que essa infraestrutura possa ser utilizada para os resultados de aprendizagem específicos.

Considerações finais

A introdução da IA na vida e no trabalho já mudou fundamentalmente a maneira como as pessoas interagem em suas sociedades, tanto em países desenvolvidos como nos que estão em desenvolvimento. Ela tem levantado questões importantes, por exemplo, em relação à expressão e à proteção dos direitos humanos, a responsabilidade jurídica em danos relacionados à IA, bem como a orientação filosófica de seu desenvolvimento e utilização. A IA continuará a mudar a natureza da vida e do trabalho e, portanto, uma compreensão básica sobre ela é agora um componente essencial no conceito de um “cidadão informado”, independentemente de tornar-se um especialista em IA.

Dada a importância das competências em IA, a trajetória do campo da IA e sua integração com outros domínios, talvez seja surpreendente que tão poucos países tenham procurado, de maneira formal, integrar a formação de IA na educação básica. Os governos que investiram nessa área o fizeram por reconhecer que as habilidades de IA são essenciais para a economia atual e futura de seus países, bem como para a plena participação dos cidadãos na vida em sociedade. A compreensão sobre o que é IA, como ela funciona e o que ela pode fazer capacita os estudantes por meio da habilidade de entender melhor o mundo em que vivem, defender seus próprios direitos e os de outras pessoas, além de aproveitar a tecnologia e os dados para o bem comum.

Os governos são convocados a garantir que essas oportunidades sejam dadas a todos os seus cidadãos por meio da criação de currículos de IA com resultados de aprendizagem bem estruturados, alinhados aos objetivos das políticas nacionais e aos padrões internacionais dos direitos humanos e da ética. Além disso, os governos são incentivados a prestar a devida atenção ao desenvolvimento da criatividade dos estudantes em IA e da compreensão sobre ética, por meio de um profundo envolvimento com os algoritmos e os dados necessários para as ferramentas de IA. Os governos também devem adotar uma abordagem humanista no desenvolvimento e na implementação de currículos de IA, com o intuito de garantir a proteção dos direitos fundamentais das pessoas, incluindo a privacidade de dados e a promoção da inclusão, da equidade e da igualdade de gênero. Também é fundamental assegurar o fornecimento adequado de recursos educacionais livres de propriedade intelectual reservada e formação de professores com base em necessidades.

Referências

- AAAI. *AAAI launches "AI for K-12" initiative in collaboration with the Computer Science Teachers Association (CSTA) and AI4All*. Palo Alto: Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI), 2018. Disponível em: <<https://aaai.org/Pressroom/Releases/release-18-0515.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2021.
- AI4K12. *Draft Big Idea 1 - Progression Chart*. Alexandria: AI4K12, 2020. Disponível em: <<https://ai4k12.org/wp-content/uploads/2021/01/AI4K12-Big-Idea-1-Progression-Chart-Working-Draft-of-Big-Idea-1-v.5.28.2020.pdf>>. Acesso em: 4 fev. 2022.
- ANWAR, F. Activity-based teaching, student motivation and academic achievement. *Journal of Education and Educational Development*. Karachi, Institute of Business Management, v. 6, n. 1. p. 154-170, 2019. Disponível em: <<http://jmsnew.iobmresearch.com/index.php/joeed/article/view/91/385>>. Acesso em: 14 dez. 2021.
- AUSTRIA. Federal Ministry for Digital and Economic Affairs. *71st regulation: changes to the ordinance on the curricula of the new secondary schools and the ordinance on the curricula of general secondary schools*. Vienna: Federal Ministry for Digital and Economic Affairs, 2018. Disponível em: <https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2018_II_71/BGBLA_2018_II_71.html>. Acesso em: 5 jan. 2022.
- BIGGS, J.; COLLIS, K. *Evaluating the quality of learning: the SOLO taxonomy*. New York: Academic Press, Inc., 1982.
- BREWER, L.; COMYN, P. *Integrating core work skills into TVET systems: six country case studies*. Geneva: International Labour Organization (ILO), 2015. Disponível em: <https://www.ilo.org/global/docs/WCMS_470726>. Acesso em: 27 jul. 2021.
- BUCHANAN, R. Wicked problems in design thinking. *Design Issues*. Cambridge: MIT Press, v. 8, n. 2. p. 5-21, 1992. Disponível em: <https://web.mit.edu/jrankin/www/engin_as_lib_art/Design_thinking.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2021.
- BUGHIN, J. et al. *Notes from the AI frontier: modeling the impact of AI on the world economy*. New York: McKinsey & Company, 2018a. (McKinsey Discussion Paper). Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/featured-insights/artificial-intelligence/notes-from-the-ai-frontier-modeling-the-impact-of-ai-on-the-world-economy>>. Acesso em: 27 out. 2021.
- BUGHIN, J. et al. *Skill shift: automation and the future of the workforce*. New York: McKinsey & Company, 2018b. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/skill-shift-automation-and-the-future-of-the-workforce>>. Acesso em: 27 out. 2021.
- CANTA. *Report on the CANTA Consultative Review of the CARICOM Regional Strategy for TVET (1990)*. Georgetown: CARICOM, Caribbean Association of National Training Agencies, 2014. Disponível em: <https://www.collegesinstitutes.ca/wp-content/uploads/2014/05/C-EFE_RevisedDraft_Report_TVETStrategy.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2021.
- CBSE. *Artificial intelligence integration across subjects*. New Delhi: Central Board of Secondary Education (CBSE), 2020. Disponível em: <http://cbseacademic.nic.in/web_material/manuals/aiintegrationmanual.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2021.
- CBSE; INTEL. *Artificial intelligence curriculum, class 9 facilitator handbook*. New Delhi: Central Board of Secondary Education (CBSE); Bangalore: Intel India, 2019. Disponível em: <http://cbseacademic.nic.in/web_material/Curriculum20/AI_Curriculum_Handbook.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2021.
- CEDEFOP. *Defining, writing, and applying learning outcomes: a European handbook*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. Disponível em: <<http://doi.org/10.2801/566770>>. Acesso em: 14 dez. 2021.
- COMEST. *Preliminary study on the ethics of artificial intelligence*. Paris: UNESCO, 2019. Disponível em: <<https://ircai.org/wp-content/uploads/2020/07/preliminary-study-on-the-ethics-of-artificial-intelligence.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2021.
- ENGLER, A. *Enrollment algorithms are contributing to the crises of higher education*. Washington, DC: The Brookings Institution, 2021. Disponível em: <<https://www.brookings.edu/research/enrollment-algorithms-are-contributing-to-the-crises-of-higher-education>>. Acesso em: 28 out. 2021.
- EUROPEAN PARLIAMENT; COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION. *European reference framework for key competences for lifelong learning*. Brussels: European Parliament; Council of the European Union, 2006. Disponível em: <https://pjp-eu.coe.int/documents/42128013/47261704/I_39420061230en00100018_17.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2021.
- FRANTZMAN, S.; ATHERTON, K. Israel's Rafael integrates artificial intelligence into spice bombs. *C4ISRNet* [Online]. Vienna, 2019. Disponível em: <<https://www.c4isrnet.com/artificial-intelligence/2019/06/17/israels-rafael-integrates-artificial-intelligence-into-spice-bombs>>. Acesso em: 28 out. 2021.
- GAZIBARA, S. Head, heart and hands learning: a challenge for contemporary education. *Journal of Education Culture and Society*. Wrocław: Foundation Pro Scientia Publica, v. 4, n. 1. p. 71-82, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.15503/jecs20131.71.82>>. Acesso em: 14 dez. 2021.
- HASTE, H. Attitudes and values and the OECD learning framework 2030: a critical review of definitions, concepts, and data. In: OECD. *Education and skills 2030: conceptual learning framework*. Paris, 2018. p. 33-62. Disponível em: <https://www.oecd.org/education/2030-project/contact/Draft_Papers_supporting_the_OECD_Learning_Framework_2030.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2021.
- HASTE, H. Constructing the citizen. *Political Psychology*. Columbus: International Society of Political Psychology, v. 25, n. 3. p. 413-439, 2004. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/3792550>>. Acesso em: 14 dez. 2021.

- HAENLEIN, M.; KAPLAN, A. A brief history of AI: on the past, present, and future of artificial intelligence. *California Management Review*. Thousand Oaks: Sage Publishing, v. 61, n. 4. p. 5-14, 2019.
- HASSO PLATTNER INSTITUTE OF DESIGN. An introduction to design thinking: process guide. Stanford, 2010. Disponível em: <<https://web.stanford.edu/~mshanks/MichaelShanks/files/509554.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2022.
- HOBBCRAFT, P. *Improving the potential for innovation through design thinking*. Bonn: HYPE, 2017. Disponível em: <<https://www.hypeinnovation.com/hubfs/content/reports/design-thinking-improving-potential-innovation.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2022.
- INDIA. Ministry of Education. *CBSE Artificial Intelligence*. New Delhi, 2020.
- JOBIN, A.; IENCA, M.; VAYENA, E. The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence*. London: Springer Nature Limited, v. 1, p. 389-399, 2019.
- KELLY, J. U.S. lost over 60 million jobs: now robots, tech and artificial intelligence will take millions more. *Forbes* [Online], 2020. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/jackkelly/2020/10/27/us-lost-over-60-million-jobs-now-robots-tech-and-artificial-intelligence-will-take-millions-more>>. Acesso em: 26 out. 2021.
- KINTA, G. Theoretical background for a learning-outcomes-based approach to vocational education. *International Journal for Cross-Disciplinary Subjects in Education (IJCDSE)*. London, Infonomics Society, v. 3, n. 3. p. 1533-1541, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.20533/ijcdse.2042.6364.2013.0215>>. Acesso em: 14 dez. 2021.
- KOLB, D. *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. 2nd ed. Upper Saddle River: Pearson FT Press, 2015.
- KOKOTSAKI, D.; MENZIES, V.; WIGGINS, A. Project-based learning: a review of the literature. *Improving Schools*. Thousand Oaks: Sage Publishing, v. 19, n. 3. p. 267-277, 2016.
- KUSH, J. Computational thinking as a pedagogical tool for Ukrainian students. *Professionalism of the Teacher: Theoretical and Methodological Aspects*. Slavyansk: Donbass State Pedagogical University, v. 9. p. 21-27, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.31865/2414-9292.9.2019.174532>>. Acesso em: 14 dez. 2021.
- KYNIGOS, C. Constructionism: theory of learning or theory of design? In: CHO, S. J. (Ed.). *Selected regular lectures from the 12th International Congress on Mathematical Education*. New York: Springer, Cham, 2015. p. 417-438.
- LAO, N. *Reorienting machine learning education towards tinkers and ML-engaged citizens*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2020.
- LEE, I. et al. Computational thinking for youth in practice. *ACM Inroads*. New York: ACM, v. 2, n. 1, p. 32-37, 2011.
- LODI, M.; MARTINI, S. Computational thinking, between Papert and Wing. *Science & Education*. London: Springer Nature, v. 30, n. 4, p. 883-908, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11191-021-00202-5>>. Acesso em: 14 dez. 2021.
- LONG, D.; MAGERKO, B. What is AI literacy?: competencies and design considerations. In: CHI '20: 2020 CHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, April 2020. *Proceedings*. New York: ACM, Inc., 2020. p. 1-16.
- LOPEZ, B. et al. Navigating a digital textbook or online lab. In: SHEPERIS, C. J.; DAVIS, R. J. (Eds.). *Online counselor education: a guide for students*. Los Angeles: Sage Publishing, 2015. p. 107-128.
- LUND, S. et al. *The future of work after COVID-19*. New York, McKinsey Global Institute, McKinsey & Company, 2021. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/the-future-of-work-after-covid-19>>. Acesso em: 28 out. 2021.
- MAHDAVINEJAD, M. S. et al. Machine learning for Internet of Things data analysis: A survey. *Digital Communications and Networks*. Chongqing: Chongqing University of Posts and Telecommunications, v. 4, n. 3. p. 161-175, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.dcan.2017.10.002>>. Acesso em: 14 dez. 2021.
- MIAO, F. et al. *AI and education guidance for policymakers*. Paris: UNESCO, 2021. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709>>. Acesso em: 18 nov. 2021.
- MIAO, F.; HOLMES, W. *International Forum on AI and the Futures of Education, Developing Competencies for the AI Era: synthesis report*. Paris: UNESCO, 2020. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377251>>. Acesso em: 18 nov. 2021.
- MICROSOFT. *Microsoft computer science curriculum toolkit*. 2021. Disponível em: <<https://edudownloads.azureedge.net/msdownloads/Microsoft-Computer-Science-Framework.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2021.
- MULDER, M. Competence: the essence and use of the concept in ICVT. *European Journal of Vocational Training*. Thessaloniki: European Centre for the Development of Vocational Training (Cedefop), v. 40, p. 5-21, 2007. Disponível em: <<https://www.cedefop.europa.eu/files/40-en.pdf>>. Acesso em: 14 dez. 2021.
- NCLSorg. *Susan Patrick and Chris Sturgis: Webinar | Overview of K-12 Competency-Based Education* [Online video], 2017. Disponível em: <https://youtu.be/46K6OQa_DfM>. Acesso em: 28 out. 2021.
- OECD. *Attitudes and values for 2030*. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), 2019. Disponível em: <https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/attitudes-and-values/Attitudes_and_Values_for_2030_concept_note.pdf>. Acesso em: 28 out. 2021.
- PAPERT, S.; HAREL, I. *Constructionism*. Norwood: Ablex Publishing Corporation, 1991.
- PIAGET, J. *The principles of genetic epistemology*. London: Routledge & Kegan Paul, 1972.

RAZZOUK, R.; SHUTE, V. What is design thinking and why is it important? *Review of Educational Research*. Washington DC: American Educational Research Association, v. 82, n. 3. p. 330-348, 2012.

RUTAYUGA, A. B. *The emerging Tanzanian concept of competence: conditions for successful implementation and future development*. London: University of London, 2014. (Dissertação de doutorado não publicada). Disponível em: <<https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10021640/1/PhD%20-%20Full%20Thesis%20-%20ABRutayuga%20-%20October%202014.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2021.

SHIOHIRA, K. *Understanding the impact of artificial intelligence on skills development*. Paris: UNESCO; Bonn: UNESCO-UNEVOC International Centre for Technical and Vocational Education and Training, 2021. Disponível em: <https://unevoc.unesco.org/pub/understanding_the_impact_of_ai_on_skills_development.pdf>. Acesso em: 28 out. 2021.

SINGLETON, J. Head, heart, and hands Model for transformative learning: place as context for changing sustainability values. *Journal of Sustainability Education*. Prescott: Prescott College PhD Program in Sustainability Education, v. 9, 2015. Disponível em: <<http://www.jsedimensions.org/wordpress/wp-content/uploads/2015/03/PDF-Singleton-JSE-March-2015-Love-Issue.pdf>>. Acesso em: 14 dez. 2021.

SINHA, G. *Assessment tools for mapping learning outcomes with learning objectives*. Hershey: IGI Global, 2020.

SIPOS, Y.; BATTISTI, B.; GRIMM, K. Achieving transformative sustainability learning: Engaging head, hands and heart. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. Bingley: Emerald Group Publishing Limited, n. 1. p. 68-86, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/14676370810842193>>. Acesso em: 14 dez. 2021.

TABER, K. Constructivism in education: interpretations and criticisms from science education. In: RAILEAN, E. (Ed.). *Handbook of applied learning theory and design in modern education*. Hershey: IGI Global, 2016. p. 116-144. Disponível em: <<https://science-education-research.com/downloads/publications/2016/Taber-2016-2019-Constructivism-In-Education-AMV.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2021.

TABER, K. S. Early childhood development: concepts, methodologies, tools, and applications. In: RAILEAN, E. (Ed.). *Handbook of applied learning theory and design in modern education*. Hershey: IGI Global, 2019. p. 312-342.

UNDESA et al. *Resource guide on artificial intelligence strategies*. New York: UNDESA, UNESCO, WFEO, UN Office of Secretary-General's Envoy on Technology, 2021. Disponível em: <https://sdgs.un.org/sites/default/files/2021-06/Resource%20Guide%20on%20AI%20Strategies_June%202021.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2021.

UNESCO. *Artificial Intelligence in education: challenges and opportunities for sustainable development*. Paris, 2019a. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366994>>. Acesso em: 19 nov. 2021.

UNESCO. *Beijing Consensus on Artificial Intelligence and Education*. Paris, 2019b. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368303>>. Acesso em: 28 out. 2021.

UNESCO. *First Draft of the Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence*. Paris, 2020. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373434>>. Acesso em: 23 nov. 2021.

UNESCO. *Qingdao Declaration, 2015: seize digital opportunities, lead education transformation*. Paris, 2015. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000233352>>. Acesso em: 28 out. 2021.

UNESCO. *Recomendação sobre a Ética da Inteligência Artificial*. Brasília, 2022. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137_por?1=null&queryId=c14242c2-4e59-44f6-abb6-ab444b7b3bfe>.

UNESCO. *Survey for mapping of AI curricula*. Paris, 2021b. (Não publicado, submetido à aprovação da UNESCO).

UNESCO. *UNESCO strategy on technological innovation in education 2022-2025*. Paris, 2021a. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378847>>. Acesso em: 28 out. 2021.

UNESCO-IBE. *IBE glossary of curriculum terminology*. Geneva: UNESCO International Bureau of Education (IBE), 2013. Disponível em: <http://www.ibe.unesco.org/fileadmin/user_upload/Publications/IBE_GlossaryCurriculumTerminology2013_eng.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2021.

UNESCO-IBE. *Glossário de terminologia curricular*. Brasília: UNESCO; Geneva: UNESCO International Bureau of Education (IBE), 2016. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000223059_por?1=null&queryId=786bf690-3520-4bbf-abc4-bf81b472e011>.

WILLIAMS, M. John Dewey in the 21st Century. *Journal of Inquiry & Action in Education*. Buffalo, Buffalo State, v. 9, n. 1. p. 91-102, 2017. Disponível em: <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1158258.pdf>>. Acesso em: 14 dez. 2021.

WILLIAMS, R.; KAPUTSOS, S.; BREAZEL, C. Teacher perspectives on how to train your robot: a middle school AI and ethics curriculum. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*. Menlo Park: Association for the Advancement of Artificial Intelligence, v. 35, n. 17, p. 15678-15686, 2021. Disponível em: <<https://ojs.aaai.org/index.php/AAAI/article/view/17847>>. Acesso em: 16 dez. 2021.

Anexo

Pesquisa enviada aos representantes dos Estados-membros

Mapeamento da UNESCO de currículos de IA aprovados pelos governos

O objetivo desta pesquisa é reunir algumas informações de alto nível sobre **currículos de inteligência artificial (IA) aprovados pelo governo para a educação básica ou nível educacional equivalente**. Isso inclui currículos específicos (por exemplo, para uma disciplina obrigatória chamada de IA ou uma disciplina eletiva), parte de um currículo (por exemplo, unidades ou conceitos de IA em um currículo de TIC ou de outra disciplina), uma disciplina extracurricular ou distribuída entre várias disciplinas. As informações serão utilizadas como parte de um estudo de mapeamento da UNESCO para identificar os países nos quais os currículos de IA estão sendo desenvolvidos e implementados, os anos escolares que esses currículos cobrem, o enquadramento desses currículos como independentes ou integrados em outras disciplinas e o conteúdo coberto por esses currículos.

Várias respostas são possíveis para essa pesquisa. Caso vários currículos de IA sejam desenvolvidos ou implementados por diferentes desenvolvedores em seu contexto, ou haja diferenças no desenvolvimento, na aprovação, na avaliação etc. dos diferentes níveis educacionais e você queira ilustrá-las de maneira clara, responda cada caso de forma separada.

Sua contribuição é muito bem-vinda e ajudará a enriquecer a base mundial de conhecimento sobre IA na educação.

Sua participação nesta pesquisa é considerada como seu consentimento para esta pesquisa e para que as informações coletadas sejam utilizadas no estudo de mapeamento e em quaisquer publicações subsequentes da UNESCO.

Informações gerais

1. Que país, órgão(s) intergovernamental(is), regional(ais) ou internacional(is), você está representando em suas respostas para esta pesquisa? (resposta livre e breve)
2. Você está ciente do desenvolvimento ou da implementação de um currículo de IA para estudantes de qualquer ano da educação básica em seu país ou seu contexto? [NB: O currículo pode ser específico (apenas sobre IA), incorporado em outra disciplina (como disciplina de TIC/TI) ou transcurricular (integrado em muitas disciplinas). O currículo pode ter sido implementado pelo governo nacional, por fornecedores privados ou por ONGs.]
 - ☐ Não
 - ☐ Sim, um currículo de IA (incluindo um currículo de IA ou vários currículos de IA) está desenvolvido e aprovado

Caso seu país possua currículos de IA aprovados pelo governo e você seja indicado(a) como ponto focal para o estudo de mapeamento da UNESCO sobre currículos de IA, a UNESCO poderá contatá-lo na hipótese de termos perguntas adicionais.

3. Forneça seu nome
4. Forneça seu e-mail
5. Forneça quaisquer contatos alternativos

Currículo de IA 1

[Caso vários currículos de IA estejam sendo desenvolvidos e aprovados, forneça as informações de cada um deles de forma separada, indique o número de currículos adicionais no final desta página e passe para a próxima página, ou entre em contato com a UNESCO para mapear os currículos de IA.]

6. Qual é o título do currículo de IA? (resposta livre)
7. Quem é o formulador deste currículo? (resposta livre e breve)
8. O formulador é:

- ☐ Setor público (por exemplo, governo)
 - ☐ Setor privado (por exemplo, empresa/indústria)
 - ☐ Terceiro setor (por exemplo, ONG, organização da sociedade civil, entidades de utilidade pública etc.)
 - ☐ Outro (preencha)
9. De que maneira o currículo é aprovado? Caso diferentes níveis educacionais do currículo sejam aprovados de maneiras diferentes, explique na opção "outro" (assinale todos que se aplicam)
- ☐ O governo nacional determinou ou aprovou a utilização deste currículo nas escolas
 - ☐ O governo local (por exemplo, municípios, estados ou províncias) determinou ou aprovou a utilização deste currículo nas escolas
 - ☐ Uma escola ou várias escolas determinaram ou aprovaram a utilização deste currículo
 - ☐ O currículo fornece uma certificação da indústria
 - ☐ Nenhum dos itens acima
 - ☐ Outro (resposta livre)
10. De que maneira o currículo está posicionado na estrutura curricular governamental para as escolas? (assinale todos que se aplicam)
- ☐ Nas escolas, como disciplina obrigatória para obter créditos
 - ☐ Nas escolas, como disciplina eletiva ou opcional para obter créditos
 - ☐ Nas escolas, como parte da disciplina de TIC/TI exigida para obter créditos
 - ☐ Nas escolas, como parte da disciplina eletiva ou opcional de TIC/TI para obter créditos
 - ☐ Como uma disciplina interdisciplinar ou transcurricular nas escolas
 - ☐ Como atividade extracurricular nas escolas
 - ☐ Como uma atividade fora da escola (por exemplo, clubes, *hackatons*, em casa)
 - ☐ Outro (resposta livre)
11. Quantas escolas estão sendo *contempladas atualmente* por este currículo? Caso o currículo ainda esteja em desenvolvimento, digite zero. (A resposta deve ser igual ou maior que zero)
12. Quantos estudantes são contemplados por este currículo? Caso não saiba, deixe esta questão em branco.
- ☐ Meninos
 - ☐ Meninas
 - ☐ Geral (caso o sexo masculino/feminino seja desconhecido)
13. Quais são os anos contemplados por este currículo? (assinale todas que se aplicam)
- ☐ Primário inicial: da pré-escola ao 2º ano da educação primária
 - ☐ Primário final: do 3º ano ao fim da educação primária
 - ☐ Primeiro nível da educação secundária
 - ☐ Segundo nível da educação secundária
 - ☐ Outro (explique, resposta livre)
14. Qual é o número total de horas de aprendizagem atribuídas ao currículo? Caso mais de uma opção estiver disponível (se, por exemplo, houver uma extensão opcional), sempre forneça uma breve identificação do que ela descreve. (resposta livre)
- ☐ Primário inicial: da pré-escola ao 2º ano da educação primária
 - ☐ Primário final: do 3º ano ao fim da educação primária
 - ☐ Primeiro nível da educação secundária
 - ☐ Segundo nível da educação secundária
15. Considerando o currículo de IA, qual porcentagem do tempo total de ensino você estima que seja dedicado para cada um dos seguintes itens (se nenhum tempo for dedicado ao item, deixe em branco):
- ☐ Algoritmos e programação
 - ☐ Aplicações de IA para áreas que não sejam a de TIC (por exemplo, arte, música, estudos sociais, ciências, saúde etc.)
 - ☐ Solução de problemas contextuais
 - ☐ Alfabetização em dados (por exemplo, estatística, coleta de dados, pré-processamento, modelagem de dados, análise, interpretação, visualização)
 - ☐ Ética da IA (por exemplo, viés, privacidade etc.)
 - ☐ As implicações sociais ou as relações sociais da IA (por exemplo, tendências como deslocamento da força de trabalho, mudanças na legislação, criação de mecanismos de governança etc.)
 - ☐ Compreensão e utilização de técnicas de IA (por exemplo, Aprendizagem de Máquina em geral, aprendizagem não supervisionada/aprendizagem supervisionada/aprendizagem de reforço/aprendizagem profunda, redes neurais etc.)
 - ☐ Compreensão e utilização de tecnologias de IA (por exemplo, processamento de linguagem natural, visão computacional etc.). (Em caso afirmativo, especifique as tecnologias de IA)

- ☐ Desenvolvimento de tecnologias de IA (por exemplo, processamento de linguagem natural, visão computacional etc.). (Em caso afirmativo, especifique as tecnologias de IA)
16. Quais ferramentas e ambientes de aprendizagem são sugeridos pelo currículo? (resposta livre)
17. Que tipo de formação ou mobilização de professores está ocorrendo ou ocorreu para implementar esse currículo de forma efetiva? (marque todas as opções que se aplicam)
- ☐ Pesquisa ou análise de necessidades relacionadas à implementação do currículo
 - ☐ Desenvolvimento de recursos para professores (livros didáticos, planos de aula etc.)
 - ☐ Formação de professores sobre o currículo e os recursos educacionais
 - ☐ Contratação de pessoal ou recurso adicional para as escolas implementarem o currículo
 - ☐ Engajamento do setor privado ou do terceiro setor para formadores contratados por meio período nas escolas
 - ☐ Melhorias na infraestrutura das escolas
 - ☐ Aquisição de recursos adicionais para as escolas e/ou para as salas de aula
 - ☐ Outro (resposta livre)
18. Quais metodologias de ensino ou abordagens pedagógicas sugeridas são enfatizadas no currículo e/ou em qualquer formação e recursos associados? (assinale todas as opções que se aplicam)
- ☐ Aula ou atividade instrucional
 - ☐ Aprendizagem híbrida (por exemplo, aprendizagem que ocorre parcialmente de forma presencial e parcialmente de forma remota)
 - ☐ Aprendizagem à distância
 - ☐ Trabalho em grupo
 - ☐ Aprendizagem baseada em projetos (por exemplo, os estudantes aproveitam suas habilidades e competências para identificar e/ou responder a um desafio do mundo real por um longo tempo)
 - ☐ Aprendizagem baseada em atividades (por exemplo, os estudantes progridem por meio de atividades mediadas por um professor em seu próprio ritmo)
19. O currículo de IA foi avaliado?
- ☐ Não
 - ☐ Sim; explique de que forma o currículo foi avaliado
20. O currículo de IA foi revisado com base na avaliação?
- ☐ Não
 - ☐ Sim; explique de que forma o currículo foi revisado
21. A documentação do currículo, mesmo em forma de rascunho, está disponível para análise por parte da equipe de mapeamento?
- ☐ Não
 - ☐ Sim
22. [Se houver mais currículos de IA, selecione a quantidade e siga para a próxima página]⁵⁵

55 Ao adicionar mais currículos de IA, o questionário repetiu as perguntas de 6 a 21 para até 13 currículos.



unesco

Organização
das Nações Unidas
para a Educação,
a Ciência e a Cultura

Currículos de IA para a educação básica

Um mapeamento de currículos de IA aprovados pelos governos

Os regulamentos por si são insuficientes para assegurar a IA como um bem comum para a educação e para a humanidade. Todos os cidadãos devem ter algum nível de alfabetização em IA, que abrange valores, conhecimentos e habilidades relacionados à IA. Este relatório apresenta as principais constatações e recomendações da pesquisa mundial da UNESCO sobre currículos de IA para a educação básica. Ele revela que apenas 11 países desenvolveram e aprovaram currículos de IA para a educação básica e que outros quatro países possuem currículos de IA em desenvolvimento. Este é um chamado para que os Estados-membros desenvolvam currículos de IA para estudantes da educação básica e construam mecanismos mais robustos para aprovar currículos de IA não governamentais oferecidos e equilibrar a abordagem privada. O relatório também revela que os resultados da aprendizagem dos currículos de IA necessitam ter mais foco em promover a criatividade na elaboração de tecnologias de IA e na ética contextual. A formação de professores é fundamental para assegurar a implementação de currículos de IA e os professores devem receber formação para elaborar e mediar a aprendizagem baseada em projetos, que é a metodologia pedagógica mais utilizada nos currículos de IA existentes. O relatório também recomenda uma “abordagem agnóstica” para marcas e produtos de IA ao introduzir tecnologias específicas de IA.

Mantenha contato

Unidade de Tecnologia e IA na Educação
Equipe Futuro da Aprendizagem e Inovação
Setor de Educação
UNESCO
7, place de Fontenoy
75007 Paris, França

✉ aied@unesco.org

🐦 [@UNESCOICTs](https://twitter.com/UNESCOICTs)

📘 [@UNESCOICTinEducation](https://www.facebook.com/UNESCOICTinEducation)

🌐 en.unesco.org/themes/ict-education



Objetivos de
Desenvolvimento
Sustentável