



UM PANORAMA DA EDUCAÇÃO 4.0 E O CAMINHO PARA A EDUCAÇÃO 5.0

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2022.3989

Filippo Valiante Filho - filippo@usp.br
Universidade de São Paulo

sergio takeo kofuji - kofuji@usp.br
Universidade de São Paulo

JOSE ROBERTO CARDOSO - jose.cardoso@usp.br
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Resumo: A partir do conceito de indústria 4.0 o sufixo 4.0 se tornou um um sinônimo para a tecnologia dos tempos atuais. O termo educação 4.0 também tem sido usado nesse contexto. Neste artigo é fornecido um panorama da educação 4.0, contemplando a evolução da 1.0 até a 4.0 e suas principais características. Também são apresentados conceitos e sistemas que dão suporte tecnológico à educação 4.0. Por fim é apontado o caminho para a evolução rumo à educação 5.0.

Palavras-chave: educação 4.0, educação 5.0, sistema educacional adaptativo.



UM PANORAMA DA EDUCAÇÃO 4.0 E O CAMINHO PARA A EDUCAÇÃO 5.0

1 INTRODUÇÃO

O termo "Indústria 4.0" foi cunhado na Alemanha, por volta do ano 2010, como um planejamento estratégico de alta tecnologia para 2020. O sufixo 4.0 acabou se tornando uma referência para a tecnologia dos tempos atuais em diversas áreas e isso também é válido para a educação.

A Indústria 4.0 demandará pessoas qualificadas para novos cargos e funções. Essas pessoas devem obter novas competências e qualificações para obter esses trabalhos (BENEŠOVÁ; TUPA, 2017). Por outro lado, a Indústria 4.0 produzirá seus efeitos na formação com novas competências e qualificações (PFEIFFER, 2015). Além disso, esse contexto altamente tecnológico impõe a necessidade de aprendizado contínuo.

O "contexto 4.0" normalmente envolve também algum grau de customização ou personalização, ainda que dentro de certos limites e sobre uma base comum. Um paralelo aplicado à educação pode ser encontrado em SCHUWER e KUSTERS (2014). Inovação, inteligência artificial (IA) e robótica também são termos fortemente associados ao contexto 4.0. Por exemplo, RICHERT *et al.* (2016) discutem o ensino de engenharia para a indústria 4.0 incluindo a preparação para um trabalho conjunto em equipes formadas por humanos e robôs, embora o foco dos autores esteja no uso da realidade virtual como método de ensino.

Assim a educação em um contexto 4.0, especialmente em engenharia, se depara com problemas como de que forma educar para as tecnologias 4.0? De que forma utilizar as tecnologias 4.0 na educação? Como educar centrado no humano e, ao mesmo tempo, empregar IA? Além de desafios que ainda vem sendo enfrentados como, por exemplo, o desenvolvimento pleno das competências incluindo não apenas as habilidades técnicas (*hard skills*), mas também as comportamentais (*soft skills*) na educação em engenharia.

Em 2015, portanto a meio caminho do horizonte planejado pela Alemanha para a indústria 4.0, a Organização das Nações Unidas (ONU) propôs os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com metas globais para o ano de 2030 em 17 áreas. O quarto ODS da ONU é "Educação de qualidade — Garantir o acesso à educação inclusiva, de qualidade e equitativa, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos".¹

O termo sociedade 5.0 emergiu recentemente no Japão como um grande projeto nacional alinhado a esses objetivos. Apresenta foco no ser humano, promovendo a melhoria da qualidade de vida e do bem-estar da sociedade como um todo e de cada indivíduo que a compõe (FUKUYAMA, 2018; HARAYAMA, 2017).

Conciliando-se o quarto ODS, o contexto tecnológico 4.0 e a ideia de uma sociedade 5.0, pode-se observar que a resposta para os desafios abertos perpassa o caminho para uma "educação 5.0".

O objetivo deste trabalho é fornecer um panorama da educação 4.0, contemplando sua evolução e estado da arte, apontando o caminho da evolução para uma educação 5.0, sobretudo a partir de um ponto de vista tecnológico. Sob esse ponto de vista a engenharia

¹ <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/4>

promove a evolução da tecnologia de suporte à educação ao mesmo tempo em que se beneficia dela.

Para alcançar esse objetivo, o próximo capítulo se detém no contexto 4.0 e na educação 4.0, abrangendo também sua evolução e os conceitos, sistemas e ferramentas relacionados. No capítulo 3 é introduzido o caminho para a educação 5.0, seguido pelas considerações finais.

2 CONTEXTO 4.0 E EDUCAÇÃO 4.0

A maior parte da literatura simplesmente coloca educação 4.0 no contexto da "era 4.0", fazendo um paralelo com a evolução industrial e tecnológica. Visto sob este prisma a educação 4.0 poderia ser apenas uma educação para a era da informação e do conhecimento. Também é possível verificar o uso dos termos aprendizagem 4.0, pedagogia 4.0, dentre outros.

HARKINS (2008) apresenta de um ponto de vista educacional uma evolução desde a Educação 1.0 até a Educação 4.0. Ele pontua a evolução da educação de uma atitude passiva para uma atitude produtora de conhecimento na 3.0 e produtora de inovação na 4.0, com participação proativa direta e protagonismo dos alunos. Para a educação 4.0 não há barreiras físicas e, na verdade, quase nenhuma outra barreira. Harkins afirma que a Educação 4.0 deve focar em inovações, ser adaptativa (em tempo real), ubíqua, criativa e sem fronteiras.

Um paralelo com a evolução da *World Wide Web* pode ser feito a partir da web 1.0 passiva, passando para a web 2.0 mais profusa, evoluindo para a *web* semântica 3.0 e a ideia de uma *web* 4.0 mais autônoma e alimentada por IA. Tal ponto de vista é corroborado em DEMARTINI e BENUSSI (2017). Porém, os autores afirmam que a educação 3.0 ainda está florescendo, mas defendem um perfil para educação 4.0 fortemente suportada por IA, integrando aprendizagem adaptativa individual em tempo real, utilizando de recursos educacionais abertos (REA) e sem fronteiras, seja institucionalmente, seja geograficamente.

Um paralelo com a evolução da Indústria 1.0 para 4.0, considerando um ponto de vista mais tecnológico, é feito em MIRANDA *et al.* (2019). Eles pontuam a educação 3.0 como a adoção dos computadores e da Internet na educação e o início de uma transição de foco do professor para o aluno. Já a educação 4.0 corresponde a uma grande adoção de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) na educação e inclui novos métodos de aprendizagem centrada no aluno e alimentados por TIC e Internet das Coisas (IoT).

MIRANDA *et al.* (2019, 2021) relacionam Educação 4.0 a novos métodos de ensino e aprendizagem, além de instalações e infraestrutura inovadoras alinhadas com tecnologias emergentes, de modo a preparar os alunos para apresentar soluções inovadoras para desafios sociais atuais e futuros, sejam eles globais ou locais. Eles consideram quatro elementos centrais, a saber: TICs, instalações e infraestrutura, métodos de aprendizagem e competências, tanto técnicas como comportamentais. Uma visão mais acurada desses elementos revela um foco educacional em soft skills e métodos de aprendizagem e um foco tecnológico em ferramentas, aplicativos e infraestrutura moderna considerando espaços virtuais e físicos. Os autores descrevem a implementação de laboratórios de inovação aberta (MIRANDA *et al.*, 2019) como estratégia central para alcançar a visão de educação 4.0 no "*Tecnologico de Monterrey*", no México e posteriormente ampliam as discussões sobre o tema, relatam e avaliam casos bem sucedidos (MIRANDA *et al.*, 2021).



Uma “discussão conceitual” com respeito a aprendizagem 4.0 e termos relacionados, como educação 4.0 pode ser encontrada em KLOPP e ABKE (2018). Eles analisaram a literatura disponível no IEEE e na língua alemã e encontraram três abordagens para o termo: digitalização da aprendizagem, inovação da aprendizagem e educação e treinamento para a indústria 4.0, que poderia ser estendida para todo um contexto 4.0. Os autores argumentam que digitalização e inovação da aprendizagem são questionáveis, tornando a aprendizagem 4.0 mais um termo de marketing nesses sentidos. Klopp e Abke concordam mais com a relação da aprendizagem 4.0, ou educação 4.0, com a indústria 4.0 no que diz respeito à formação de engenheiros, o que deve ser estendido para outras áreas do conhecimento, bem como formação avançada para trabalhadores industriais que estão chegando à indústria 4.0. Mesmo assim os autores consideram o “4.0” um sufixo de marketing descartável, defendendo os termos “habilidades do século XXI” e “conectivismo” considerando as *soft skills* e teorias de aprendizagem que também aparecem em artigos sobre educação 4.0.

2.1 Em que ponto estamos?

KLOPP e ABKE (2018) ao analisar a literatura disponível em alemão, encontraram paralelos na evolução da *web* 1.0 a 4.0 com o aprendizado de 1.0 a 4.0. Nesse paralelo o 3.0 implica em conectar conhecimento enquanto o 4.0 implica em inteligência. No entanto, o termo é aplicado também para aprendizagem não-digital. Eles também encontraram críticas ao 4.0 em autores que afirmam que 3.0 incorpora digitalização e customização, bem como interação e criatividade.

DEMARTINI e BENUSSI (2017) consideram que estamos na educação 3.0, paralelizada com a *web* 3.0 e com a indústria 4.0. O perfil de educação 4.0 defendido por eles seria aquele que será moldado pela indústria 4.0.

Já HARKINS (2008) e MIRANDA *et al.* (2019, 2021) defendem que estamos na educação 4.0, o primeiro ressaltando uma educação focada na inovação e sem barreiras, os últimos destacando o foco no aluno e a aprendizagem orientada pelas TIC, tais como IoT, instalações inovadoras (p.ex. laboratórios *maker*) e métodos de aprendizagem baseados em tecnologias.

Uma síntese dessa evolução e o paralelo com a evolução da educação, indústria e sociedade podem ser vistos na Figura 1.

Figura 1 – Linha do tempo da educação 1.0 a 4.0 e seus paralelos com a *web*, indústria e sociedade.

	17xx - 18xx	19xx	déc. 1960	déc. 1990	déc. 2000	déc. 2010	Presente déc. 2020	déc. 2030	Refs
Educação	Educação 1.0	Educação 2.0		Educação 3.0		Educação 4.0			(a)
	Educação 1.0		Educação 2.0		Educação 3.0	Educação 4.0			(c)
	Educação 1.0				Educação 2.0		Educação 3.0	Educação 4.0	
Web				Web 1.0	Web 2.0	Web 3.0		Web 4.0 ?	
Indústria	Indústria 1.0	Indústria 2.0	Indústria 3.0			Indústria 4.0			
Sociedade	Sociedade 3.0			Sociedade 4.0				Sociedade 5.0	





Fonte: os autores, baseado em (a) (MIRANDA *et al.*, 2019, 2021), (b) (HARKINS, 2008) e (c) (DEMARTINI; BENUSSI, 2017).

Já no Quadro 1 são ressaltados os destaques para cada fase evolutiva da educação conforme apresentado pelos autores.

Quadro 1 – Destaques apontados pelos autores para a evolução da educação 1.0 até 4.0.

Educação 1.0	Educação 2.0	Educação 3.0	Educação 4.0	Refs
Centrada no professor e empregando tecnologia mecânica (máquinas de escrever, papéis e imprensa).	Centrada no professor e empregando tecnologia elétrica (rádio e teledifusão, calculadoras e computadores).	Transição de centrada no professor para centrada no aluno e impulsionada pela Internet (materiais online, aprendizado híbrido, treinamento baseado em computadores).	Centrada no aluno e impulsionada pelas TIC (IoT, instalações inovadoras, métodos de aprendizagem baseados em tecnologias).	(a)
Passiva (memorização).	Habilitada pela Internet.	Produtora de conhecimento.	Produtora de inovação e sem barreiras / fronteiras.	(b)
Tradicional, de professor para aluno em sala de aula.	Mais colaborativa e suportada por TICs.	Forte presença de TICs.	Futuro. A ser moldado pelas tecnologias 4.0, fortemente suportadas por IA e sem fronteiras.	(c)

Fontes: (a) (MIRANDA *et al.*, 2019), (b) (HARKINS, 2008) e (c) (DEMARTINI; BENUSSI, 2017).

Analisando-se a literatura e observando o cenário global de educação em engenharia, estes autores avaliam que estamos sim em um cenário de educação 4.0, fortemente suportada e impulsionada por tecnologias do contexto 4.0 e, ainda que não de forma plena, durante o período mais crítico da pandemia de covid-19, a educação de modo geral e a educação em engenharia se mostrou sem fronteiras.

As tecnologias atuais que suportam a educação já incorporam IA e apresentam características de adaptabilidade, mesmo que ainda de forma restrita, viabilizando uma certa individualização e personalização da educação.

2.2 Conceitos, sistemas e ferramentas relacionados à educação 4.0

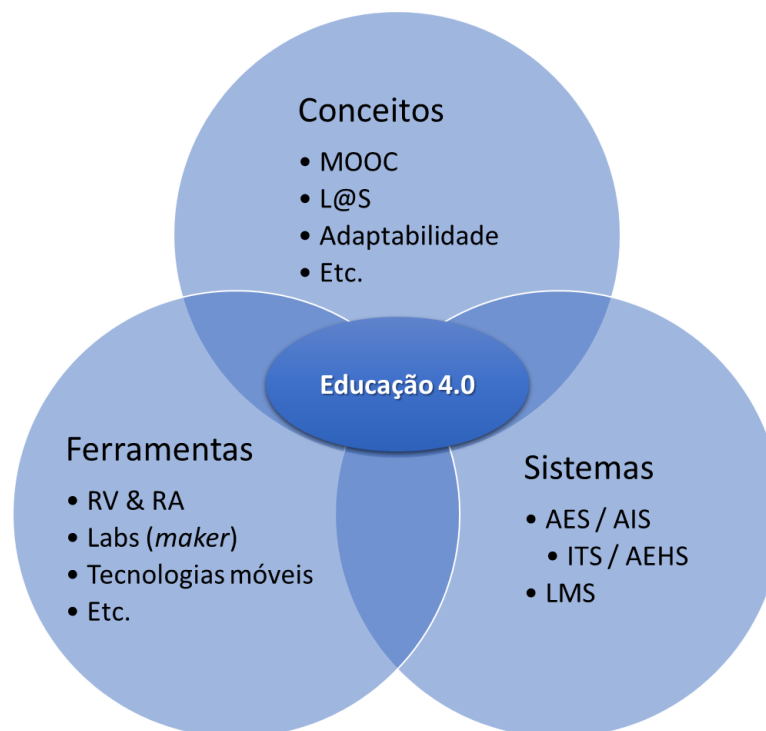
Um panorama da educação 4.0 apresenta diversos conceitos, sistemas e ferramentas, indo de um escopo mais abrangente para um mais específico. Conceitos como adaptabilidade, cursos online massivos e abertos (MOOCs — *Massive Open Online Courses*) e aprendizagem em escala (L@S — *learning at scale*), dentre outros, que se apresentam como ideias mais abstratas que precisam do suporte de sistemas e ferramentas para atingirem seus objetivos. Quanto aos sistemas há os sistemas educacionais adaptativos (AES — *Adaptive Educational Systems*) e sistemas instrucionais adaptativos (AIS — *Adaptive Instructional Systems*), que abrangem também sistemas tutores inteligentes (ITS — *Intelligent Tutoring Systems*) e sistemas hipermídia educacionais adaptativos (AEHS — *Adaptive Educational Hypermedia Systems*), assim





como sistemas gestores de aprendizagem (LMS – *Learning Management Systems*) na medida em que podem incorporar recursos adaptativos. Por fim há uma série de ferramentas que aparecem nesse contexto 4.0 como análise de dados de aprendizagem (*learning analytics*), realidade aumentada (RA) e realidade virtual (RV), laboratórios *maker* e laboratórios de inovação, tecnologias móveis, etc. Uma representação visual pode ser vista na Figura 2 a partir de uma perspectiva mais tecnológica. Além de ser um cenário interdisciplinar, certamente será necessário mais do que interoperabilidade tecnológica, mas a aplicação de todos esses itens tecnológicos, alinhado a metodologias adequadas para proporcionar uma educação individualizada, personalizada e centrada no ser humano.

Figura 2 – Conceitos, sistemas e ferramentas relacionados à educação 4.0



Fonte: os autores.

Muitos desses itens têm décadas, mas só recentemente alcançaram um grau mais elevado de amadurecimento, ou disseminação, graças a tecnologias como aprendizado de máquina e outras formas de IA, *big data & analytics*, computação móvel, etc.

ROLL, RUSSELL e GAŠEVIĆ (2018) apontam ferramentas usadas para suportar escala em educação desde os tradicionais MOOCs até o reaproveitamento com um novo propósito de plataformas como YouTube e outras redes sociais, além de ferramentas especializadas como laboratórios virtuais e sistemas tutores inteligentes (ITS). Eles definem aprendizagem em escala como sendo “o estudo das tecnologias, pedagogias, análises e teorias de aprendizagem e ensino que tomam lugar com um grande número de alunos e uma alta taxa de alunos para facilitadores” (tradução nossa). Como consequência gera-se um enorme volume de dados e informações exigindo alta adaptação.

O conceito de “adaptabilidade”, como presente em aprendizagem adaptativa, ou sistemas educacionais adaptativos, é sempre apresentado como a possibilidade de reconfigurar, ou mudar, algo automaticamente, sem a intervenção do aluno. Por exemplo,



uma trilha de aprendizado, a seleção de objetos educacionais, devolutivas, ou exercícios e atividades em uma avaliação.

GRUBIŠIĆ, STANKOV e ŽITKO (2015) apresentam uma revisão da literatura de materiais didáticos computacionais adaptativos (*adaptive courseware*) em sistemas de aprendizagem eletrônica objetivando ser um guia para tomada de decisões sobre o que, como e por que adaptar durante o projeto de sistemas de aprendizagem eletrônica adaptativos, ou AES, ou ainda AIS. Eles consideram ITS e AEHS como sendo parte de AES e apontam a evolução do uso dos computadores em educação como iniciada com sistemas de instrução assistidos por computador (*Computer-Assisted Instruction* — CAI) na década de 1960, onde apenas dão informações e tarefas ao aluno sem levar em consideração o próprio aluno. Em seguida, nas décadas de 1960 a 1970, os alunos passam a ser levados em consideração e os sistemas passam a apresentar conteúdos baseados nas respostas dos alunos, mas tudo previamente e estaticamente programado. É o início da modelagem do aluno, mas limitado ao seu comportamento. A IA é incorporada na década de 1980 para permitir o "aprender fazendo", surgindo os primeiros ITS. Na década de 1990 a aprendizagem eletrônica (*e-learning*) entra em cena e coloca o aluno no palco dando-lhe muito do controle do processo educacional e muita interatividade. Surgem os sistemas inteligentes de aprendizagem eletrônica e abarcam os ITS.

Os AES em geral, incluindo ITS e AEHS, irão requerer atenção especial para planejar o que e o como em relação ao conteúdo a ser entregue e à validação do processo por meio de avaliação de conhecimento, o que também requer planejamento (GRUBIŠIĆ; STANKOV; ŽITKO, 2015). Em outras palavras, um dos pontos principais é personalizar o conteúdo e a entrega do material didático (computacional). Alguns sistemas fazem mais ou menos adaptações, desde reordenar testes ou lições, até realmente adaptar dinamicamente todos os aspectos dentro do sistema. As possíveis adaptações são representadas em alguma forma estruturada como grafos ou ontologias e o material didático em si normalmente é criado previamente, mas pode ser regenerado durante o curso.

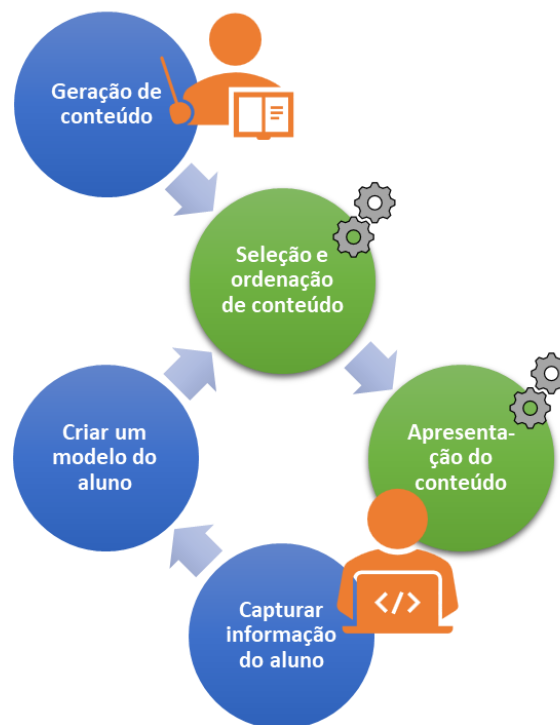
Um AES deve diagnosticar o aluno para poder prescrever o conteúdo conforme indicado por SHUTE e ZAPATA-RIVERA (2008) onde é proposto um ciclo contínuo de quatro processos constituído de (1) capturar as informações do aluno, (2) analisar de forma a criar um modelo do aluno, (3) selecionar o conteúdo a ser apresentado ao aluno e (4) apresentar o conteúdo ao aluno. Ao considerar a geração e adaptação de material didático, GRUBIŠIĆ, STANKOV e ŽITKO (2015) consideram um processo sequencial de três estágios correspondendo a (a) geração de conteúdo, (b) seleção e ordenação de conteúdo e (c) apresentação. O passo (a) em geral é feito por um professor, mas eventualmente por um sistema. O passo (b) é feito normalmente pelo sistema seja uma única vez, seja dinamicamente. Alguns sistemas consideram apenas os conteúdos enquanto outros levam em conta o estilo de aprendizagem de cada aluno. O último estágio (c) faz uso de hipermídia adaptativa com respeito à navegação e a anotação do material didático. A adaptação leva em consideração estilos de aprendizagem, objetivos de aprendizagem, preferências do aluno, comportamento do aluno ou conhecimento do aluno (GRUBIŠIĆ; STANKOV; ŽITKO, 2015). Ela ocorre nas etapas de seleção, ordenação e apresentação do conteúdo. Esses processos se sobrepõem, como mostrado na Figura 3.

Um AES normalmente representa o domínio do conhecimento na forma de grafos, ontologias, mapas conceituais ou redes, enquanto o modelo do aluno, utilizado no módulo do aluno, é baseado em um modelo de sobreposição que pode ser desde um simples subconjunto do modelo de conhecimento até um sistema multicamadas incluindo não apenas o conteúdo visualizado e os resultados dos testes, mas também as características



ou preferências pessoais. O teste de conhecimento pode ser feito manualmente por um professor, mas alguns sistemas podem gerar automaticamente uma grande parte do trabalho ao implementar processamento de linguagem natural (GRUBIŠIĆ; STANKOV; ŽITKO, 2015).

Figura 3 – Processos envolvidos em um AES (ITS e AEHS) enfatizando os principais pontos de adaptação.



Fonte: o autor, baseado em (GRUBIŠIĆ; STANKOV; ŽITKO, 2015) e (SHUTE; ZAPATA-RIVERA, 2008)

Considerando-se os AES e AIS, o Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE) estabeleceu em 2018 o grupo de trabalho P2247 em sistemas instrucionais adaptativos, que se encontra ativo e com o objetivo de publicar padrões para classificação, interoperabilidade e práticas recomendadas de avaliação de AIS. Além de aspectos de interoperabilidade o grupo de trabalho visa promover princípios éticos de projeto para o uso de IA em AIS (IEEE ADAPTIVE INSTRUCTIONAL SYSTEMS WORKING GROUP, 2018).

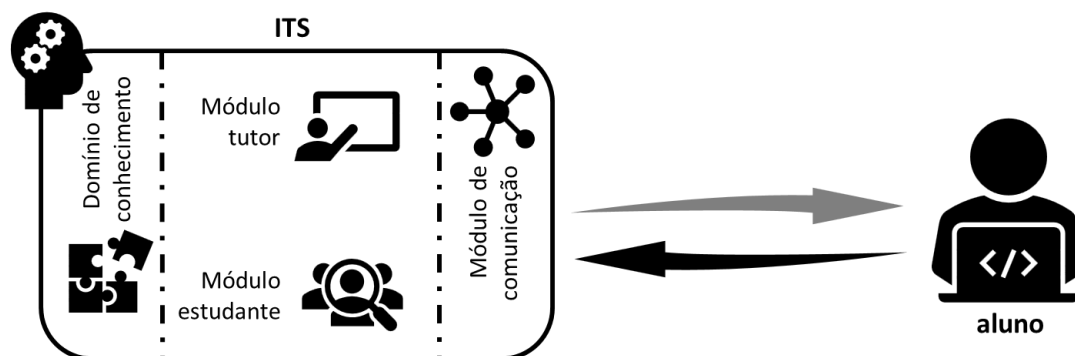
ITS são sistemas computacionais que oferecem ao aluno a individualização da experiência de aprendizagem com base em seu conhecimento e desempenho para um determinado domínio de conhecimento (GRUBIŠIĆ; STANKOV; ŽITKO, 2015; ROLL; RUSSELL; GAŠEVIĆ, 2018). Eles requerem um grande esforço de desenvolvimento por conteúdo instrucional, resultando mais em uma escala de volume de dados do que em uma escala de alunos (ROLL; RUSSELL; GAŠEVIĆ, 2018), mas dão suporte e melhoram o aprendizado e o ensino como aconteceria na presença de um tutor pessoal humano (GRUBIŠIĆ; STANKOV; ŽITKO, 2015). A estrutura de um ITS é mostrada na Figura 4, baseada em (GRUBIŠIĆ; STANKOV; ŽITKO, 2015). Como pode ser visto, o ITS tem ênfase na customização do conteúdo e da entrega para o aluno, assim como na avaliação do aluno. Conhecimento é a palavra-chave para ITS. O ITS adapta “sequenciamento de conteúdo,



análise inteligente das soluções dos alunos, suporte interativo à resolução de problemas, suporte baseado em exemplos para solução de problemas e suporte a colaboração" (GRUBIŠIĆ; STANKOV; ŽITKO, 2015, tradução nossa).

Os sistemas hipermídia educacionais adaptativos (AEHS) se adaptam principalmente aos estilos de aprendizagem e características cognitivas dos alunos, considerando uma adaptação inicial maior baseada no perfil do aluno e adaptações dinâmicas menores durante o processo educacional. Essas adaptações devem ocorrer não apenas com base na avaliação do aluno, mas também nas mudanças pessoais que resultam em mudanças para o estilo de aprendizagem de cada um. Os AEHS oferecem opções para personalização de conteúdos em extensão, organização e formatos que podem ser selecionados para o aluno comumente através de um sistema de navegação. Às vezes essa adaptação pode não ser feita individualmente, mas em grupo. Os AEHS adaptam apresentação e suporte à navegação (GRUBIŠIĆ; STANKOV; ŽITKO, 2015).

Figura 4 – Estrutura de um ITS.



Fonte: o autor, baseado em (GRUBIŠIĆ; STANKOV; ŽITKO, 2015).

O esforço para atender a necessidade de se integrar todos esses sistemas e ferramentas tecnológicas com todos os atores envolvidos e em prol do aluno, dentro da perspectiva de formar engenheiros e engenheiras que não apenas usem novas tecnologias, mas usem-nas para apresentar soluções para o cumprimento dos ODS implica em evolução também da educação, trilhando o caminho para a educação 5.0.

3 O CAMINHO PARA A EDUCAÇÃO 5.0

SIEGFRIED *et al.* (2020) analisam o preparo de estudantes de engenharia 5.0 para um mundo imprevisível pós pandemia de covid-19 e apresentam como sugestões o focar na transformação e flexibilização do currículo e do reconhecimento do aprendizado, no desenvolvimento de competências transversais (especialmente comportamentais) e um melhor balanceamento entre profundidade de conhecimento e habilidades, no aprendizado baseado no trabalho; na empregabilidade dos graduandos e no fortalecimento dos laços entre a indústria e a academia.

A Federação Japonesa de Negócios (KEIDANREN – JAPAN BUSINESS FEDERATION, 2018) considera que para alcançar a sociedade 5.0 e cumprir com os ODS da ONU todos os atores na sociedade devem estar envolvidos, desde cidadãos ao governo,

de ONGs a grandes empresas, passando por instituições educacionais e acadêmicas. Também irá requerer que muitas tecnologias do estado da arte, ou tecnologia futuras, sejam utilizadas e integradas, por exemplo, 5G, RV & RA, big data & analytics, IoT, IA, computação em nuvem, borda e névoa, impressão 3D, blockchain, robôs, etc. Finalmente, isso engloba uma indústria "NewTech" como EdTech, HealthTech, CareTech, BioTech, FinTech e GovTech. Especialmente para o quarto ODS, de Educação de Qualidade, eles afirmam "tornar a educação de alta qualidade acessível a todos na terra com sistemas de aprendizagem eletrônica utilizando tecnologias do estado da arte" (tradução nossa). A educação também é a chave para alcançar os demais ODS, pois exigirá profissionais atualizados, fluentes nas hard skills das novas tecnologias e evoluídos em soft skills.

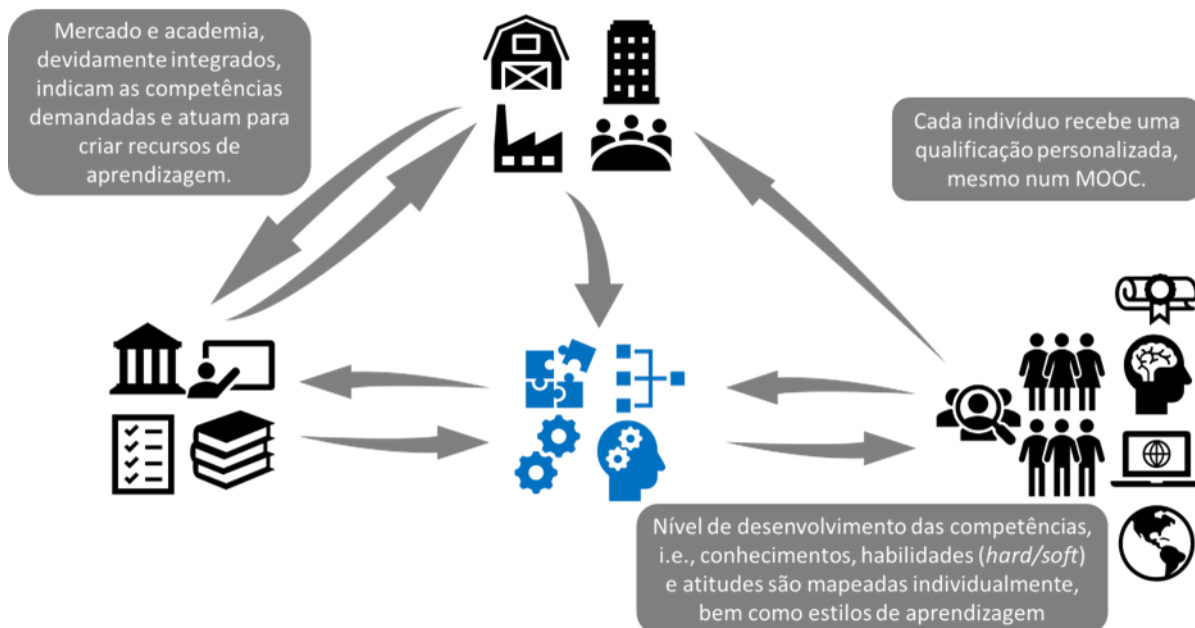
A educação 5.0 deverá ser não apenas centrada no aluno, mas tratar cada aluno individualmente mesmo que dentro de um grupo e promover um alinhamento deste aluno com todo o sistema educacional e as demais partes interessadas na sociedade, como o governo, a indústria, os investidores e a sociedade civil.

Na educação 4.0 em geral são dinamicamente adaptadas a organização dos conteúdos e avaliações, levando em conta o desempenho e preferências do aluno. Já na educação 5.0, além de um maior dinamismo nessa adaptabilidade, deve-se incluir sempre as competências, abrangendo os conhecimentos, as habilidades tanto técnicas como comportamentais e as atitudes, além do estilo de aprendizagem. Essa complexidade somente será devidamente tratada com o emprego de sistemas apoiados por IA. Esses sistemas podem ser novos, ou evoluídos a partir dos AES e AIS atuais da educação 4.0.

Considerando-se esse grau de adaptabilidade e o relacionamento dinâmico que deve haver entre as demais partes interessadas no processo educacional de cada aluno, um sistema adaptativo para a educação 5.0 deve possuir uma maior abrangência, como exposto na Figura 5.

A construção de tais sistemas irá requerer técnicas para modelagem não apenas de conteúdos e estilos de aprendizagem, mas das competências, incluindo habilidades técnicas e comportamentais; padrões para interoperabilidade; modelos de dados abertos; protocolos e arquiteturas adequados, além de outros aspectos técnicos necessários para a educação em um contexto 5.0. Isto sem mencionar aspectos metodológicos e um fortalecimento do papel do professor e do relacionamento entre pares em sala de aula, promovendo o desenvolvimento das competências e a junção das habilidades técnicas e comportamentais, especialmente através do uso de metodologias ativas em contextos relevantes para a sociedade e o mercado de trabalho. Para se atingir o ODS de "educação de qualidade para todos", ambos os aspectos precisam estar conjugados. O suporte tecnológico é a chave para se alcançar a todos, mas não se basta para a garantia da qualidade.

Figura 5 – Representação de um sistema adaptativo para a educação 5.0.



Fonte: o autor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Enquanto o contexto 4.0 demanda novas competências, incluindo habilidades, tanto técnicas como comportamentais, educação massiva, desenvolvimento profissional e aprendizado contínuo, ele apresenta também uma tensão no que diz respeito à educação ser personalizada, isto é, individualizada e centrada no humano.

A mudança da educação 4.0 para a educação 5.0 significa a mudança de uma abordagem da média de um grupo para uma abordagem individual e profunda dentro de um grupo. IA será mais necessária à medida que esses grupos se tornarem maiores e será indispensável para um projeto em escala municipal ou mesmo nacional.

O caminho para a educação 5.0 deve acabar com a tensão entre “educação para a tecnologia” versus “tecnologia para a educação” e transformá-la em uma sinergia entre “educação e tecnologia”.

O caminho para a Educação 5.0 deve sempre aplicar tecnologias com foco no bem-estar humano. O foco da educação 5.0 será em retomar uma formação holística, integral, cidadã e duradoura, não abandonando a preparação profissional, mas preparando um ser humano consciente e autônomo, profissional senhor de sua formação, inserido em uma sociedade que usa a tecnologia a seu favor e não que se submete, ainda que inconscientemente, à tecnologia.

O emprego da educação 4.0 em engenharia é fundamental não apenas para formar engenheiros aptos para o contexto tecnológico atual, mas principalmente engenheiros aptos a moldar um novo contexto 5.0 e criar as tecnologias necessárias para o suporte à educação 5.0.

REFERÊNCIAS

- BENEŠOVÁ, Andrea; TUPA, Jiří. Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, [s. l.], v. 11, n. June, p. 2195–2202, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.366>
- DEMARTINI, Claudio; BENUSSI, Lorenzo. Do Web 4.0 and Industry 4.0 Imply Education X.0? **IT Professional**, [s. l.], v. 19, n. 3, p. 4–7, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/MITP.2017.47>
- FUKUYAMA, Mayumi. Society 5.0: Aiming for a New Human-centered Society. **Japan SPOTLIGHT**, [s. l.], v. 27, n. Society 5.0, p. 47–50, 2018. Disponível em: <http://www8.cao.go.jp/cstp/%0Ahttp://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=108487927&site=ehost-live>
- GRUBIŠIĆ, Ani; STANKOV, Slavomir; ŽITKO, Branko. Adaptive courseware: A literature review. **Journal of Universal Computer Science**, [s. l.], v. 21, n. 9, p. 1168–1209, 2015.
- HARAYAMA, Yuko. Society 5.0: Aiming for a New Human-centered Society Japan's Science and Technology Policies for Addressing Global Social Challenges. **Hitachi Review**, [s. l.], v. 66, n. 6, p. 554–559, 2017. Disponível em: http://www.hitachi.com/rev/archive/2017/r2017_06/pdf/p08-13_TRENDS.pdf
- HARKINS, Arthur M. Leapfrog Principles and Practices: Core Components of Education 3.0 and 4.0. **Future Research Quality**, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 19–31, 2008.
- IEEE ADAPTIVE INSTRUCTIONAL SYSTEMS WORKING GROUP. **P2247.1 - Standard for the Classification of Adaptive Instructional Systems**. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: https://standards.ieee.org/project/2247_1.html
- KEIDANREN (JAPAN BUSINESS FEDERATION). **Innovation for SDGs. Road to society 5.0**. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: https://www.keidanren.or.jp/en/policy/2018/059_casestudy.pdf
- KLOPP, Marco; ABKE, Jörg. "Learning 4.0": A Conceptual Discussion. *In:* , 2018, Wollongong. **2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)**. Wollongong: IEEE, 2018. p. 871–876.
- MIRANDA, Jhonattan *et al.* Open Innovation Laboratories as Enabling Resources to Reach the Vision of Education 4.0. [s. l.], p. 1–7, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ice.2019.8792595>
- MIRANDA, Jhonattan *et al.* The core components of education 4.0 in higher education: Three case studies in engineering education. **Computers and Electrical Engineering**, [s. l.], v. 93, n. February, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107278>
- PFEIFFER, Sabine. Effects of Industry 4.0 on vocational education and training. **ITA manu:script**, [s. l.], v. 15, n. 04, ITA manu:script, p. 51, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1553/ITA-ms-15-04>
- RICHERT, Anja *et al.* Educating engineers for industry 4.0: Virtual worlds and human-robot-teams: Empirical studies towards a new educational age. **IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON**, [s. l.], v. 10-13-April, n. April, p. 142–149, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2016.7474545>
- ROLL, Ido; RUSSELL, Daniel M.; GAŠEVIĆ, Dragan. Learning at Scale. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, [s. l.], v. 28, n. 4, p. 471–477, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40593-018-0170-7>
- SCHUWER, Robert; KUSTERS, Rob. Mass customization of education by an institution of HE: What can we learn from industry? **International Review of Research in Open and Distance Learning**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 1–25, 2014.

SHUTE, Valerie J.; ZAPATA-RIVERA, Diego. Adaptive technologies. *In: HANDBOOK OF RESEARCH ON EDUCATIONAL COMMUNICATIONS AND TECHNOLOGY*. New Jersey: [s. n.], 2008. p. 277–294. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_62
SIEGFRIED, Rouvrais *et al.* Preparing 5.0 Engineering Students for an Unpredictable Post-COVID World. *In: , 2020. 2020 IFEEES World Engineering Education Forum - Global Engineering Deans Council, WEEF-GEDC 2020*. [S. l.: s. n.], 2020. p. 2018–2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/WEEF-GEDC49885.2020.9293661>

AN OVERVIEW OF EDUCATION 4.0 AND THE PATH TOWARDS EDUCATION 5.0

Abstract: *From the concept of industry 4.0, the suffix 4.0 has become a synonym for current technology. The term education 4.0 is also used in this context. This article provides an overview of education 4.0, covering the evolution from 1.0 to 4.0 and its main features. We also present concepts and systems that provide technological support to education 4.0. Finally, we point out the path to the evolution toward education 5.0.*

Keywords: *education 4.0, education 5.0, adaptive educational system.*