

A importância da economia do conhecimento na era da indústria 4.0: Uma revisão sistemática

The importance of the knowledge economy in the age of industry 4.0: A systematic review

Laura Nunes de Menezes^{1*} , Marcela Cristine de Alencar Lira^{1*} , Laédna Souto Neiva^{1*} ,
Maria Isabel Brasileiro Rodrigues^{1*} .

¹ Universidade Federal do Cariri, Juazeiro do Norte, Ceará, Brasil

*Correspondente: laura.nunes@aluno.ufca.edu.br

Resumo

Existe atualmente uma tendência mundialmente crescente de implantação ou de avanço dos princípios característicos da nova era industrial nos mais diferentes setores da sociedade; obviamente, que as organizações de manufaturas e produções industriais serão os primeiros e, não por acaso, os principais setores atingidos pelo advento dessa nova era digital, que está sendo considerada como a Quarta Revolução Industrial a ser vivenciada na história da humanidade. Tal revolução também é conhecida pela terminologia Indústria 4.0. Alinhado a esse contexto, o objetivo deste trabalho de pesquisa é realizar uma revisão sistemática da literatura sobre a importância da economia do conhecimento na era da Quarta Revolução Industrial, evidenciando os impactos do conhecimento como capital imaterial a favor da manutenção da empregabilidade dos indivíduos da sociedade. De acordo com as informações compiladas neste trabalho de pesquisa, ficou evidente a importância das universidades como agentes impulsionadores do desenvolvimento e da valorização da economia do conhecimento, uma vez que há uma significativa expectativa da sociedade em receber das universidades a qualificação necessária para estar inclusa, na condição de profissionais habilitados e competitivos no mercado de trabalho em consonância com as exigências dos conceitos e princípios da Indústria 4.0.

Palavras-chave: indústria 4.0; economia do conhecimento; nova era industrial; educação inovadora.

Abstract

There is currently a worldwide growing trend of implantation or advancement of the characteristic principles of the new industrial age in the most different sectors of society; obviously, manufacturing, and industrial production organizations will be the first and, not by chance, the main sectors affected by the advent of this new digital age that is being considered as the fourth industrial revolution to be experienced in human history. Such a revolution is also known by the terminology Industry 4.0. Aligned with this context, this research work aims to carry out a systematic literature review on the importance of the knowledge economy in the era of the fourth industrial revolution, highlighting the impacts of knowledge as immaterial capital in favor of maintaining the employability of individuals in society. According to the information compiled in this research work, the importance of universities as driving agents for the development and valorization of the knowledge economy was evident, since there is a significant expectation of society to receive from universities the necessary qualification to be included, in the condition of qualified and competitive professionals, in the labor market in line with the requirements of the concepts and principles of Industry 4.0.

Keywords: industry 4.0; knowledge economy; new industrial age; innovative education.

1. INTRODUÇÃO

A história da humanidade já enfrentou alguns períodos de grandes mudanças, que foram de suma importância para que chegássemos ao desenvolvimento atual. As revoluções industriais seguem uma sequência, e cada revolução industrial trouxe consigo alterações para os ambientes de trabalho, bem como para as esferas sociais e econômicas das civilizações que as experimentaram, respectivamente (HAUPERT, 2019). A Primeira Revolução Industrial proporcionou a transformação da energia térmica em força mecânica, sob a forma de caldeiras e máquinas a vapor; alavancando, assim, a mecanização da produção e do transporte (ALMEIDA, 2005). A Segunda Revolução Industrial disseminou os meios de produção em massa pelo uso da eletricidade e pelo motor a combustão interna (MORAES; FADEL, 2008). Schwab (*apud* FIELDS, 2018) afirma que a Terceira Revolução Industrial ficou marcada pela introdução da eletrônica e da tecnologia da informação para automatizar dados, otimizando os processos de produções industriais.

Seguindo nesse cenário de mudanças, surge o conceito de Indústria 4.0, terminologia utilizada para caracterizar a Quarta Revolução Industrial, vivenciada nos dias atuais simultaneamente em diferentes países do mundo. Diferentemente das revoluções anteriores, nas quais as mudanças nos ambientes industriais foram detectadas depois do movimento da inovação instalado, nesta atual revolução, há a possibilidade da orientação proativa, de forma gradativa, da sua implantação onde houver interesse ou necessidade (GILCHRIST, 2016). Apoiada em pilares tecnológicos, a Indústria 4.0 se fundamenta em uma ligação entre o chão de fábrica e sistemas inteligentes, de tal forma que se pode entender que a Quarta Revolução Industrial é caracterizada pelo uso intensivo e ostensivo da in-

ternet e pela informatização e robotização de todas as esferas da economia (POPLAWSKI; BAJCZUK, 2019).

De acordo com Turkyilmaz *et al.*, (2021), o conceito da Indústria 4.0 é um dos assuntos de relevância crescente em todo o mundo nos últimos cinco anos. Esse conceito conecta o mundo físico e digital, criando assim novas capacidades que afetam não apenas a indústria de manufatura, mas todas as outras organizações e setores da sociedade. Além disso, muitos especialistas em todo o mundo declaram que a Indústria 4.0 terá um impacto substancialmente positivo, especialmente nos países em desenvolvimento, onde os empregos de baixa remuneração estão concentrados. Depois do enfrentamento dos efeitos sociais e econômicos da pandemia global de coronavírus (Covid-19), a introdução da digitalização e o movimento em direção à Indústria 4.0 tornaram-se não apenas emergentes, mas essenciais para vários setores das sociedades. Este estudo é concluído enfatizando que se espera que o avanço da implantação dos princípios característicos da Indústria 4.0 venha para melhorar a flexibilidade, a produtividade e a sustentabilidade das indústrias, desenvolvendo uma economia baseada no conhecimento e, assim, melhorando a qualidade de vida da sociedade.

O advento da nova era industrial tem se mostrado como um desafio para as indústrias, fazendo com que, mais cedo ou mais tarde, haja uma necessidade de adaptação a uma realidade digital que trará consigo, inevitavelmente, desafios novos ou desconhecidos para questões peculiares ou obrigatórias do cotidiano industrial. E é aí que entra a importância da Economia do Conhecimento, oferecendo subsídios a fim de possibilitar soluções para esses desafios (MENEZES; LIRA; NEIVA, 2021).

Uma série exclusiva de pesquisas realizadas em grande escala desde a década de 1980 até os dias atuais, envolvendo estudos de casos comparativos da vida profissional de enge-

nheiros e enfermeiros, catalogou os principais problemas que essas categorias profissionais têm enfrentado no que se refere ao controle de seus próprios trabalhos, bem como ao emprego de suas habilidades profissionais. Na referida pesquisa, ficou evidenciado que as categorias objeto de estudo enfrentam, de forma gradativamente crescente, o declínio do controle de seus trabalhos, ao mesmo tempo em que utilizam cada vez menos suas habilidades e competências. Os autores encerram suas análises alertando para a necessidade da criação de estratégias de treinamentos contínuos, a fim de favorecer a geração continuada de valores tangíveis e intangíveis destinados à agregação de valor tanto do capital humano quanto do crescimento econômico da sociedade (LIVINGSTONE; ADAMS; SAWCHUK, 2021).

Alinhado com esse contexto, o objetivo deste trabalho de pesquisa é realizar uma revisão sistemática da literatura sobre a importância da economia do conhecimento na era da Quarta Revolução Industrial, compilando informações que ratifiquem e justifiquem a relevância do investimento contínuo na aquisição ou na produção de conhecimentos que possam ser utilizados como capital humano ou imaterial, destinados à geração de bens ou serviços, por meio de atividades industriais, em favor do fortalecimento da economia, bem como da melhoria da qualidade de vida da sociedade.

Após a pesquisa e seleção de produções científicas, iniciamos a leitura de aprofundamento para sinalizarmos as definições e conceitos que vêm sendo elaborados sobre a Indústria 4.0, como também identificar, através da leitura, a problemática experimentada pelos profissionais de engenharia que irão enfrentar os desafios de acompanhar as transformações, as inovações, compreendendo que estes precisam envolver-se e adaptar-se ao panorama real imposto por esse complexo que é a Indústria 4.0.

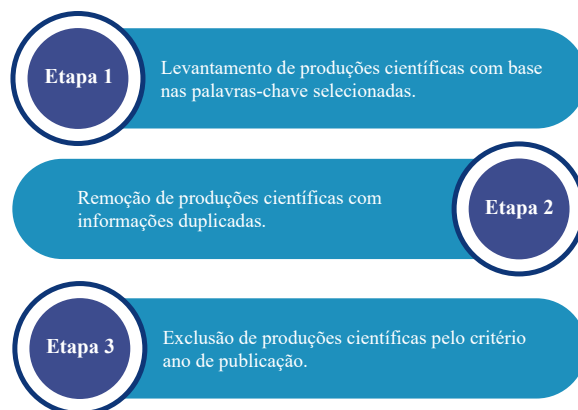
2. METODOLOGIA

O presente trabalho é uma revisão sistemática de literatura e foi realizado por meio de uma pesquisa bibliográfica através da coleta de produções científicas publicadas em portais, plataformas e bancos de dados adequados à divulgação e publicação de textos e pesquisas acadêmicas nacionais e internacionais, como Science Electronic Library Online (SciELO), Portal Periódico da Capes e Google Acadêmico. A revisão sistemática identifica e resume estudos relevantes sobre um específico assunto, gerando uma abordagem geral sobre o tema, com os resultados mais recentes possíveis.

As pesquisas foram realizadas a partir das palavras-chave: Indústria 4.0, Internet das Coisas e Economia do Conhecimento, com o intuito de reunir informações que rendessem uma boa pesquisa, com informações satisfatórias e suficientes. O processo de seleção da base de referências utilizada nesta pesquisa ocorreu em três etapas, conforme pode ser observado no fluxograma apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma representativo do processo de triagem da pesquisa de revisão sistemática da literatura

Etapas da revisão sistemática da literatura adotadas neste trabalho



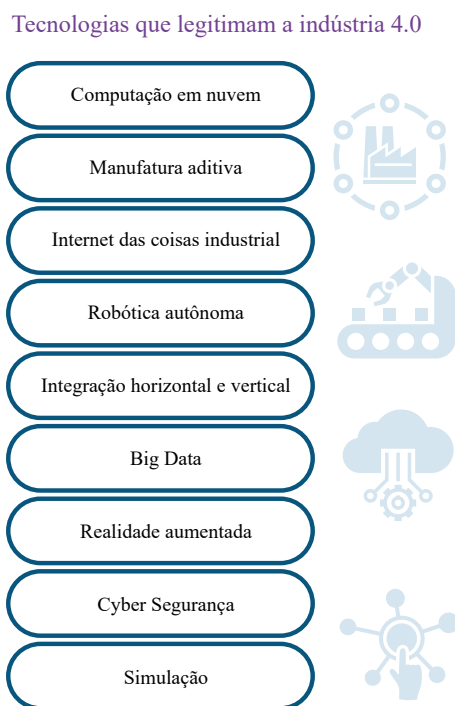
Fonte: Das autoras (2022)

3. INDÚSTRIA 4.0 E SUAS EXIGÊNCIAS

O modelo da Indústria 4.0 foi inicialmente proposto em 2011, na Alemanha, com o intuito de desenvolver a economia daquele país onde a Quarta Revolução Industrial tem suas raízes e bons desfechos na esfera socioeconômica. É definida por Boyes *et al.* (2018) como um coletivo de tecnologias e conceitos de organização da cadeia de valor, em que há uma comunicação e cooperação entre os humanos e os sistemas ciberfísicos, tornando possível reunir e analisar dados entre máquinas, permitindo processos de produção mais rápidos, econômicos, flexíveis e eficientes; produzindo bens de maior qualidade e com custos reduzidos (RÜßMANN *et al.* 2015).

Na Figura 2, estão elencadas as principais tecnologias que servem de apoio para possibilitar a execução dos princípios da Indústria 4.0, sem as quais esta revolução industrial não seria possível.

Figura 2 - Exemplos de tecnologias que viabilizam o processo de execução dos princípios da Indústria 4.0



Fonte: Das autoras (2022)

Os conceitos da Indústria 4.0 são, comumente, apresentados na literatura como promotores ou facilitadores de manufaturas inteligentes, isto é, são conceitos que promovem ou possibilitam o funcionamento de linhas de produção baseadas em processos automatizados e previamente programados para economizar insumos, não depender parcial ou totalmente de mão de obra humana, eliminar pausas no processo de produção e, conseqüentemente, aumentar a produtividade dos itens manufaturados, ao mesmo tempo em que podem ser operados remotamente por entes organizacionais, biológicos ou físicos. Partindo da compreensão do que o termo “manufatura inteligente” representa, fica subentendido tratar-se de uma forma de produção industrial moderna, interativa, econômica e eficaz (O’BRIEN, 2021; SAAD *et al.*, 2021; CHEN; LEE; CHIU, 2018). De acordo com Choi, Wuest e Kulvatunyou (2018), o cerne da atual revolução industrial é o desenvolvimento de sistemas de manufatura inteligente. Hwang e Noh (2018) definem a manufatura inteligente como uma estratégia que combina complexas tecnologias para conectar e operar instalações fabris e sistemas operacionais, utilizando-se de sistemas ciberfísicos que possibilitem a execução de processos de manufaturas personalizadas associadas à excelência operacional.

A manufatura inteligente é totalmente dependente de uma ferramenta tecnológica denominada de Internet das Coisas (IoT) devido à grande capacidade que esta última possui em promover interações entre máquinas e dispositivos ou mesmo entre dispositivos físicos ou coisas e corpos biológicos; entenda-se por corpos biológicos os seus usuários (PANDEY; PANDEY; KUMAR, 2020). Com o uso dessa ferramenta, surge ainda a Internet das Coisas Industrial (IIoT), definida como uma possi-

bilidade de conexão entre uma infinidade de dispositivos conectados entre si por meio de softwares de comunicação, com a finalidade de promover a execução de processos de manufaturas industriais com maiores ganhos de eficiência operacional e produtividades aceleradas, resultando na redução da inatividade e otimização do rendimento, consequentemente um aumento os lucros. Os sistemas resultantes, e mesmo os dispositivos individuais que os compõem, conseguem monitorar, coletar, trocar dados, analisar e agir em tempo real, com base nas informações armazenadas ou previamente programadas para conduzir, de forma inteligente, as linhas de produções industriais, inclusive com a possibilidade de ocorrência sem nenhuma intervenção humana (BOYES, 2018; GILCHRIST, 2016; REAL TIMES INOVATION, 2015).

A grande promessa da Quarta Revolução Industrial é transferir o ritmo da produção industrial tradicional, como o mundo conheceu, do que quer que seja, para outra dimensão de produtividade, bem como de flexibilidade e de possibilidades. Para que seja possível o alcance da realização dessa promessa, as organizações industriais precisarão lançar mão de tecnologias tais como: dados móveis, equipamentos analíticos de dados, computação em nuvem, internet de coisas, entre outras, além de empregar recursos inteligentes simultaneamente ao uso dessas tecnologias (por exemplo, dispositivos móveis, máquinas mecatrônicas, meios de transporte) que se comunicam através da internet em tempo real. A concretização dessa promessa já é uma realidade para muitos segmentos industriais, e é graças a isso que é possível afirmar que será possível a existência de inúmeras linhas de produções industriais personalizadas, eficientes, rápidas e de baixo custo. Por um lado, os princípios e conceitos da Indústria 4.0 geram grandes benefícios para o consumidor final;

mas, por outro lado, aumenta os desafios e as exigências de adaptações para as organizações industriais (SANIUK; SANIUK; CAGÁNOVÁ, 2021).

Neumann *et al.* (2021) vêm colocar que a Quarta Revolução Industrial, que ora o mundo testemunha o seu desenrolar, muda o papel dos seres humanos junto aos sistemas operacionais, e, muito embora já seja do senso comum que as novas tecnologias de automação e de logística autossustentável estejam cada vez mais presentes no cotidiano de diferentes segmentos industriais, é consenso que os humanos continuarão sendo uma parte essencial dos sistemas operacionais; porém, o recurso humano ainda está sub-representado na seara da nova era industrial, fato este que implica no surgimento de uma importante lacuna que requer atenção e necessita de sugestões de preenchimento a fim de evitar consequências indesejáveis nos âmbitos social e econômico a médio e longo prazo.

4. ECONOMIA DO CONHECIMENTO E SEUS DESAFIOS

A economia do conhecimento surgiu com o advento da concentração de habilidades específicas nas atividades laborais de uma forma geral, e, na economia moderna, quanto maior for a capacidade de criar uma margem de valorização para a aquisição de conhecimentos em uma sociedade, maior será a sua capacidade no desenvolvimento e no gerenciamento dos seus próprios processos (DUTTA; SINHA, 2021).

O infográfico ilustrado na Figura 3 apresenta uma coleção de imagens e informações resumidas com o intento de viabilizar uma melhor compreensão do termo “economia do conhecimento”.

Figura 3 - Infografia representativa dos conceitos que caracterizam a economia do conhecimento



Fonte: Das autoras (2022)

Os impactos sociais causados pela implementação da Indústria 4.0 não representam um fato inédito; historicamente, todas as três revoluções industriais já experienciadas pela humanidade substituíram, de alguma forma, a mão de obra humana por processos mecanizados, consequentemente, profissões foram extintas ao mesmo passo em que novas demandas profissionais foram se revelando em conformidade com as necessidades de cada segmento ou contexto social (MENEZES; LIRA; NEIVA, 2021). É estimável que o advento repentino seguido pelo progresso gradativamente crescente que caracteriza o avanço da Indústria 4.0 exerça um impacto significativo nos padrões de engenharia social considerados tradicionais (OZTEMEL; GURSEV, 2018).

Levando em consideração os impactos sociais e econômicos que o avanço da nova e atual era industrial exercerá sobre os mais di-

ferentes níveis sociais, chega-se à percepção de que a educação é uma ferramenta fundamental e insubstituível para adequar indivíduos, culturas e paradigmas às mudanças que a Indústria 4.0 imporá sobre todos os setores. Os impactos na seara da empregabilidade e das atividades profissionais, bem como a adaptação de todos os setores da sociedade aos novos padrões dos processos, demandarão esforços coletivos que envolverão investimentos governamentais, interesses e investimentos privados e o engajamento massivo da sociedade (THOMPSON; CURELLA, 2021; KHOMOVA *et al.*, 2021). Uma pesquisa não tão recente realizada por Rüßmann (2015) já abordava esse assunto, corroborando com esse entendimento que, nos dias atuais, se mostra extremamente atual e necessário para elucidar dúvidas da sociedade sobre como se preparar para estar incluído e proativo na

era da Indústria 4.0. No referido estudo, fica evidenciada a necessidade da ação combinada de verbas públicas direcionadas pelos governos, associações industriais, empresas e universidades para atualizar a infraestrutura e a matriz tecnológica, adaptando currículos escolares, programas de treinamento em universidades, incrementando abordagens sobre Tecnologia da Informação (TI) e promovendo habilidades de inovação da força de trabalho.

Alguns pontos são cruciais para o sucesso ou fracasso da implementação da nova era industrial; por exemplo, a ausência da renovação dos conhecimentos a longo prazo é um perigo, pois são os investimentos contínuos e de longo prazo em pesquisa, tecnologias e infraestruturas que serão necessários para que a Quarta Revolução Industrial seja implantada com sucesso (JOHANNESSEN, 2018).

Para Broström, Buenstorf e McKelvey (2021), as universidades serão as grandes protagonistas desta nova era, que terá a economia do conhecimento como uma espécie de moeda de troca, justamente porque a sociedade espera receber dessas instituições todo o aporte de conhecimentos, ou boa parte dele, para não ser excluída das concorrências dos ambientes corporativos. Dessa forma, para atender a essas expectativas da sociedade, cabe às universidades rever suas missões e assumir mais esse desafio, de se alinharem às demandas da Quarta Revolução Industrial. Outro estudo desenvolvido nessa mesma linha de entendimento ratifica a iminente necessidade de as universidades assumirem o papel de impulsionadoras do crescimento do capital intelectual no território de sua localização, envolvendo abordagens específicas e não apenas representando uma instituição que gera e transmite conhecimentos de forma aleatória (KICHUK *et al.* 2021).

Um trabalho de pesquisa realizado com o objetivo de investigar a opinião de professores universitários, de instituições asiáticas e europeias sobre a relação de suas funções com

a economia do conhecimento registrou como conclusão que todos os professores entrevistados foram unânimes em afirmar que o ser humano é o capital do conhecimento porque é ele quem gera novos conhecimentos com ideias inovadoras e executa pesquisas em diferentes áreas, acrescentando, ainda, que os seres humanos são a fonte da produção e da colocação do conhecimento em ação de forma excelente e profissional (AHMAD *et al.*, 2021).

Neiva *et al.* (2020) deixaram muito claro nas conclusões do seu trabalho que, muito provavelmente, o maior desafio da era da Quarta Revolução Industrial será o provimento de uma geração de profissionais qualificados em conformidade com as exigências dos conceitos desta nova era industrial; sendo assim, esse grupo de pesquisadores deduziu que os profissionais que não estiverem alinhados ou devidamente preparados para as demandas desta revolução digital dos ambientes industriais poderão não ter mais garantidas as suas empregabilidades, e é justamente aí que a economia do conhecimento entrará como um poder de garantia em favor da valorização do ser humano como parte indispensável em meio a tantas inovações impostas aos ambientes corporativos.

Como proposta ou sugestão de promoção da economia do conhecimento dentro do contexto da Indústria 4.0, Shevyakova *et al.*, (2021) vêm colocar que a natureza das exigências deste novo momento industrial deve ser integrada aos treinamentos contínuos promovidos por instituições de ensino, ou mesmo pelas empresas que tenham interesse nesse tipo de mão de obra; assim como as ofertas de trabalho pertinentes a essa temática devem estar sistematicamente vinculadas a esses programas de treinamento que, por sua vez, precisam ser propositalmente desenvolvidos a fim de gerar recursos humanos munidos com as habilidades relevantes para a implementação, a manutenção ou o avanço desta nova era industrial.

Os sistemas de conexão ciberfísicos que serão a essência do funcionamento das organizações corporativas, na era da Indústria 4.0, usarão também tecnologias novas e ainda pouco difundidas, por exemplo, a realidade aumentada. Dessa forma, pressupõem-se que o controle ou a manutenção desses sistemas demandará mão de obra humana altamente qualificada e, sendo assim, a expectativa em relação às transformações que esta nova era industrial certamente ocasionará nos serviços educacionais é de que as referidas transformações serão tão intensas e marcantes quanto as já esperadas para as esferas social e econômica da sociedade. É, portanto, nesse sentido que surge o termo “Educação 4.0”, que deve ser compreendido como o novo e emergente conceito de educação que irá combinar o mundo real com o virtual, substituindo os serviços educacionais tradicionais. Fato é que o futuro da educação se concentrará em tecnologias digitais; porém, as vulnerabilidades, as potencialidades e os impactos desse novo conceito de educação ainda não estão claramente definidos, necessitando-se de maiores observações e estudos por parte dos profissionais, pesquisadores e formuladores de políticas para o desenvolvimento educacional. Todavia, é consenso que as teorias próprias de uma estrutura organizacional inovadora não poderão ser implementadas enquanto as ideias de criatividade e serendipidade não forem introduzidas na análise dos processos envolvidos nessa questão (BENEŠOVÁ *et al.*, 2018; QURESHI *et al.*, 2021; MIRANDA *et al.*, 2021; HÉRAUD, 2021).

5. CONCLUSÃO

Ao se realizar uma análise retrospectiva transversal, no que se refere às revoluções industriais já experienciadas na história da humanidade, chega-se à conclusão de que todas elas, sem exceção, exerceram influências marcantes nos ambientes corporativos e, por con-

sequência, nas esferas sociais e econômicas das sociedades alcançadas por essas revoluções.

As transformações impostas por todas as transformações industriais foram significativamente intensas em determinados segmentos corporativos e sociais, e quase imperceptíveis em outros. Dessa forma, considerando que a Quarta Revolução Industrial, também conhecida como movimento da Indústria 4.0, promete digitalizar ou robotizar todos os setores da sociedade, é estimável supor que as transformações impostas por esta nova e atual revolução industrial serão, inegavelmente, incontáveis vezes mais intensas quando comparadas às revoluções industriais anteriores.

De acordo com as promessas da Indústria 4.0 e com base nos pilares e princípios do seu funcionamento, é perfeitamente razoável supor que várias atividades profissionais estarão ameaçadas de extinção, ao mesmo tempo em que novas habilidades e competências serão demandadas pelo mercado de trabalho nos mais variados segmentos corporativos: industrial, comerciário, administrativo, educacional, hospitalares, entre outros.

As transformações previstas como consequências diretas do advento da Indústria 4.0 vão além dos ambientes corporativos e das questões econômicas. Certamente, elas impactarão sobremaneira a estrutura educacional geral de todo o mundo. As metodologias tecnológicas e inovadoras esboçadas tanto para o ensino quanto para a aprendizagem estão incluídas no novo e emergente conceito de educação, conhecido atualmente como Educação 4.0.

Seguindo essa linha de entendimento, é previsível concluir que, neste contexto, a economia do conhecimento desponta como o único ou o principal poder que garantirá o desenvolvimento socioeconômico, sendo considerada a força motriz que impulsionará uma sociedade dependente de informações e qualificações adequadas, a fim de lhe garantir

vantagem competitiva sustentável no mercado de trabalho em uma era movida por exigências e inovações que ainda estão em processo de assimilação pela geração da atualidade. E, sendo assim, percebe-se que caberá às instituições de ensino, sobretudo as profissionalizantes, como as universidades, a missão de prover ou fomentar o aporte de qualificações necessárias em consonância com o extenso repertório de exigências da Indústria 4.0, que promete, em meio a várias outras novidades para a humanidade, a fusão dos mundos digital, físico e biológico, elevando, com isso, a compreensão do termo “globalização” para um patamar muito além daquele que fora instituído na Terceira Revolução Industrial.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, S. *et al.* Knowledge economy concepts and roles in perspectives of university teachers of Asian and European states. **Humanities & Social Sciences Reviews**, v. 9, ed. 3, pp. 798-807, 2021.
- ALMEIDA, P. R. de. O Brasil e a nanotecnologia: rumo à quarta revolução industrial. **Revista Espaço Acadêmico**, a. VI, n. 52, 2005.
- BENEŠOVÁ, A. *et al.* Analysis of education requirements for electronics manufacturing within concept industry 4.0. *In: 41st International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE). Proceedings...* Zlatibor, Serbia: IEEE, 2018. pp. 1-5.
- BOYES, H. *et al.* The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework. **Computers in Industry**, v. 101, pp. 1-12, 2018.
- BROSTRÖM, A.; BUENSTORF, G.; MCKELVEY, M. The knowledge economy, innovation and the new challenges to universities: introduction to the special issue. **Innovation**, v. 23, n. 2, pp. 145-162, 2021.
- CHEN, Y. J.; LEE, Y. H.; CHIU, M. C. Construct an intelligent yield alert and diagnostic analysis system via data analysis: Empirical study of a semiconductor foundry. *In: IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems. Proceedings...* Cham, Switzerland: Springer, 2018. pp. 394-401.
- CHOI, S. S.; WUEST, T.; KULVATUNYOU, B. S. Towards a Platform for Smart Manufacturing Improvement Planning. *In: IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems. Proceedings...* Cham, Switzerland: Springer, 2018. pp. 378-385.
- MENEZES, L. N. de; LIRA, M. C. de A.; NEIVA, L. S. IoT and knowledge Economy: Two Strong Pillars of Industry 4.0. **Scientia cum Industria**, v. 9, n. 1, pp. 10-15, 2021.
- DUTTA, A.; SINHA, M. A Theoretical Approach of Understanding the Impact of Arbitrage Process by Implementing Knowledge Economy by a Country. *In: BHATTACHARYYA, R. (Ed.). Comparative Advantage in the Knowledge Economy.* Bradford, UK: Emerald Publishing Limited, 2021.
- FIELDS, Z. (Ed.). **Handbook of Research on Information and Cyber Security in the Fourth Industrial Revolution.** Hershey, USA: IGI Global, 2018.
- GILCHRIST, A. **Industry 4.0: the industrial internet of things.** New York: Apress, 2016.
- HAUPERT, M. A brief history of cliometrics and the evolving view of the industrial revolution. **The European Journal of the History of Economic Thought**, v. 26, n. 4, pp. 738-774, 2019.
- HÉRAUD, J. A. A new approach of innovation: from the knowledge economy to the theory of creativity applied to territorial development. **Journal of the Knowledge Economy**, v. 12, n. 1, pp. 201-217, 2021.

- HWANG, D.; DO NOH, S. A Study on the Integrations of Products and Manufacturing Engineering Using Sensors and IoT. *In: IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems. Proceedings...* Cham, Switzerland: Springer, 2018. pp. 370-377.
- JOHANNESSEN, J. A. **The workplace of the future: The fourth industrial revolution, the precariat and the death of hierarchies.** New York: CRC Press, 2018.
- KHOMOVA, O. *et al.* Trends in the development of tertiary education in the context of modern challenges. **Applied Linguistics Research Journal**, v. 5, n. 4, pp. 126-133, 2021.
- LIVINGSTONE, D. W.; ADAMS, T. L.; SAWCHUK, P. **Professional Power and Skill Use in the ‘Knowledge Economy’: A Class Analysis.** Leiden, Netherlands: Brill, 2021.
- MIRANDA, J. *et al.* The core components of education 4.0 in higher education: Three case studies in engineering education. **Computers & Electrical Engineering**, v. 93, 107278, 2021.
- MORAES, C. R. B. de; FADEL, B. As Tecnologias da informação e a cultura organizacional: suas implicações no ambiente informacional das organizações. *In: Encontro de Pesquisadores do Uni-FACEF*, 9., 2008, Franca, SP. **Anais...** Franca: Uni-FACEF, 2008.
- NEIVA, L. S. *et al.* Industry 4.0: concepts, challenges and expectations. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 6, n. 1, pp. 01-10, 2020.
- NEUMANN, W. P. *et al.* Industry 4.0 and the human factor – A systems framework and analysis methodology for successful development. **International Journal of Production Economics**, v. 233, 107992, 2021.
- O'BRIEN, C. Industry 4 and the Future of Smart Manufacturing. **Applied Science and Engineering Progress**, v. 14, n. 1, pp. 1-2, 2021.
- OZTEMEL, E.; GURSEV, S. Literature review of Industry 4.0 and related technologies. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 31, n. 1, pp. 127-182, 2020.
- PANDEY, P.; PANDEY, S. C.; KUMAR, U. Security issues of internet of things in health-care sector: An analytical approach. *In: VERMA, O. P.; ROY, S.; PANDEY, S. C.; MITTAL, M. (Eds.). Advancement of Machine Intelligence in Interactive Medical Image Analysis.* Singapore: Springer, 2020. p. 307-329.
- POPLAWSKI, K.; BAJCZUK, R. **Industry 4.0: Germany's new industrial policy.** OSW Report April 2019. Warsaw: OSW, 2019.
- QURESHI, M. I. *et al.* Digital Technologies in Education 4.0. Does it Enhance the Effectiveness of Learning? A Systematic Literature Review. **International Journal of Interactive Mobile Technologies**, v. 15, n. 4, 2021.
- RTI – Real Time Innovations Inc. (FAQ) **Industrial Internet of Things.** Sunnyvale, USA: RTI, 2015.
- RÜßMANN, M. *et al.* Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. **Boston Consulting Group**, v. 9, n. 1, pp. 54-89, 2015.
- SAAD, S. M. *et al.* Smart Production Planning and Control: Technology Readiness Assessment. **Procedia Computer Science**, v. 180, pp. 618-627, 2021.
- SANIUK, S.; SANIUK, A.; CAGÁŇOVÁ, D. Cyber Industry Networks as an environment of the Industry 4.0 implementation. **Wireless Networks**, v. 27, n. 3, pp. 1649-1655, 2021.

SHEVYAKOVA, A. *et al.* Competence development for Industry 4.0: Qualification requirements and solutions. **Insights into Regional Development**, v. 3, n. 1, pp. 124-135, 2021.

THOMPSON, J. P.; CURELLA, C. Democratizing the Knowledge Economy: Will Labor Accept the Challenge? **New Labor Forum**, v. 30, pp. 20-28, 2021.

TURKYILMAZ, A. *et al.* Industry 4.0: Challenges and opportunities for Kazakhstan SMEs. **Procedia CIRP**, v. 96, pp. 213-218, 2021.

YARISH, O. *et al.* Intellectual capital of institutions of higher education in the knowledge economy. **Journal of Optimization in Industrial Engineering**, v. 14, n. 1, pp. 183-190, 2021.