



## Desenvolvimento de um Smartlab para treinamento em indústria 4.0

### *Development of a Smartlab for training in industry 4.0*

**Everton Bazarim Veríssimo,**

**Prof. Dr. Gilson Adamczuk De Oliveira,**

#### RESUMO

A ideia inicial desta pesquisa foi analisar como o tema industrial 4.0 têm sido abordados e desenvolvidos nos cursos de Engenharias ao redor do mundo por meio de uma revisão sistemática de literatura combinando os termos *Education, Engineering, SmartLab, FabLab, Industry 4.0 e Learning Factory*, podendo estarem presentes no título, resumo, palavras-chaves e/ou introdução. As bases de dados acessadas foram Elsevier, CAPES e Google Scholar, para publicações a partir de 2015 até o ano de 2021, sendo encontrados 49 artigos com ligação aos termos correlatados. Uma proposta de produto e métodos foi desenvolvida com intenção de auxiliar no ensino sobre o tema indústria 4.0. Assim, desenvolvendo formas de preparar futuros profissionais mais qualificados e atualizados com as tecnologias presentes no dia-a-dia da indústria. Foi possível entender a importância da adaptabilidade da forma de educação atual para a forma de educação que terá como premissas parâmetros da indústria 4.0 e desenvolvimento em conjunto com empresas parceiras, possibilitando um desenvolvimento prático da educação mais próximo dia-a-dia de trabalho. No que se refere ao desenvolvimento de um smartlab, é possível visualizar que o critério ensino tem maior prioridade quando comparado com critérios como qualidade, características de uso, dimensões da bancada e requisitos operacionais. Sendo assim, o critério ensino, assim como seus requisitos, é admitido como o mais importante no desenvolvimento de um produto para ao devido fim.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0, Smartlab, FabLab, Ensino, Engenharia.

#### ABSTRACT

The initial idea of this research was to analyze how the industrial 4.0 theme has been approached and developed in Engineering courses around the world through a systematic literature review combining the terms *Education, Engineering, SmartLab, FabLab, Industry 4.0 and Learning Factory*, they may be present in the title, abstract, keywords and/or introduction. The databases accessed were Elsevier, CAPES and Google Scholar, for publications from 2015 to the year 2021, with 49 articles linked to the correlated terms. A proposal for a product and methods was developed with the intention of assisting in teaching about industry 4.0. Thus, developing ways to prepare future professionals who are more qualified and updated with the technologies present in the day-to-day of the industry. It was possible to understand the importance of adaptability of the current form of education to the form of education that will have as premises parameters of industry 4.0 and development in conjunction with partner companies, enabling a practical development of education closer to day-to-day work. With regard to the development of a smartlab, it is possible to see that the teaching criterion has greater priority when compared to criteria such as quality, usage characteristics, bench dimensions and operational requirements. Thus, the teaching criterion, as well as its requirements, is admitted as the most important in the development of a product for its due purpose.

**Keywords:** Industry 4.0, Smartlab, Teaching, FabLab, Engineering.



## 1 INTRODUÇÃO

A ideia desta pesquisa é analisar o tema indústria 4.0 e seu ensino para cursos de Engenharias ao redor do mundo, e assim poder propor matérias e métodos para que possa desenvolver o ensino sobre o tema junto a universidades. Assim, desenvolvendo ferramentas para preparar futuros profissionais qualificados e atualizados com as tecnologias presentes no dia-a-dia da indústria.

Atualmente, a forma de transmitir dados passa a ocorrer quase que de forma instantânea, a indústria no mundo passa a evoluir tecnologicamente de forma exponencial, conseqüentemente os graduandos em engenharias devem demandar se atualizar tecnicamente de acordo com a evolução do mercado de trabalho, para com que assim possam conseguir acompanhar a chamada 4ª revolução industrial (SALAH et al., 2020). Sabendo sobre quais tecnológicas tem o dever de compor a atual indústria 4.0. Necessita se questionar como abordar, quais aspectos, critérios e/ou requisitos irão carecer maior atenção, quando o tema é habilitar atuais e/ou futuros profissionais para atuar de formar atualizada na indústria 4.0.

O termo 4.0, apareceu pela primeira vez em 2011 (HERNANDEZ-DE-MENENDEZ et al., 2020), dando início a revolução da indústria 4.0, se tornando um desafio especial também para a educação. Os paradigmas educacionais devem ser revisados com foco em conceitos modernos de treinamento, aprendizagem industrial e métodos de transferência de conhecimento. (ABELE et al., 2017)

A Indústria 4.0 compõe-se em torno da criação de um ambiente de manufatura inteligente por meio da interconexão de entidades de produção inteligentes, como produtos inteligentes (PAZMINO; BRAGA, 2015), máquinas móveis e fixas, ferramentas, robôs, sistemas de armazenamento e recuperação, manuseio de materiais, sistemas de captura de dados em tempo real, como identificação por radiofrequência, sensores e câmeras digitais e outras entidades de produção, utilizando recursos dos mais recentes avanços em *Information and Communication Technologies (ICT)* e *Cyber-Physical Systems (CPS)*. Em resumo, Indústria 4.0 é a transformação digital de sistemas de manufatura (ou seja, digitalização) em sistemas de manufatura inteligentes. (ABELE et al., 2017)

A indústria 4.0 irá influenciar nossos ambientes de trabalho significativamente. (HERNANDEZ-DE-MENENDEZ et al., 2020) Por exemplo, mudará processos de compras, produção, manufatura, vendas ou manutenção, incluindo conceitos como manufatura inteligente, manutenção inteligente, bem como um alto grau de automação e integração em todos os processos da empresa. (CHONG et al., 2018)

## 2 MÉTODOLOGIA

Através da análise de fundamentação teórica, de artigos pesquisados por meio de uma revisão sistemática de literatura pela metodologia *Methodi Ordinatio*, combinando os termos *Education, Engineering, SmartLab, FabLab, Industry 4.0* e *Learning Factory*, podendo estarem presentes no título, resumo, palavras-chaves e/ou introdução. As bases de dados acessadas foram Elsevier, CAPES e *Google Scholar*, para publicações a partir do ano de 2015 até o ano de 2021.

A pesquisa foi dividida em duas fases, sendo que na primeira fase a intenção foi pesquisar artigos nos quais tivessem potencial relação com o tema e assuntos objetivos desta pesquisa, ou seja, artigos científicos que tivessem relação com o desenvolvimento do ensino sobre indústria 4.0 em universidades, com uma coleta de dados horizontal, trazendo maior amplitude de dados e menor profundidade nos assuntos.

Em seguida, na segunda fase da pesquisa foram aplicados critérios de seleção dos artigos, nos quais justificassem possíveis exclusão, sendo: (1) Coerência do título e resumo com o assunto da pesquisa; (2)



presença de palavras-chaves no título e/ou resumo; (3) ano de publicação maior ou igual a 2015; (4) artigo com relação ao tema pesquisado; (5) valor de *InOrdinatio* (CHONG et al., 2018) maior que 70.

Após análise de resultados da pesquisa citada, foi estipulado o estudo e aplicabilidade de um conceito de produto denominado *smartlab*, no qual tem como finalidade auxiliar no ensino prático e teórico dos tópicos da indústria 4.0 para graduandos de cursos de engenharia e também para treinamento de profissionais da indústria, em especial pequenas e médias empresas (PMEs). O produto é baseado em sistemas de *teaching tables* com preparações específicas para as necessidades de conhecimentos para o tema correlatado.

Para a aquisição das necessidades e requisitos dos possíveis futuros usuários do *smartlab*, foram feitas entrevistas com *expertises* da área. Leia-se, *expertises*, professores da área e representantes de empresas do ramo. Para valorar os requisitos dos clientes foi utilizado o método de Decisão Multicritério Fuzzy: Método *AHP Analytic Hierarchy Process*. Este é um método compensatório que utiliza uma modelagem por meio de estrutura hierárquica: Objetivo, critério e alternativas, criando uma árvore de decisões. (SAATY, 1977)

A aplicação do método *AHP* é constituído em etapas, inicialmente deve comparar cada elemento no correspondente nível com base (critérios entre si e alternativas em relação a cada critério) numa escala numérica. Isto exige  $n * (n-1) / 2$  comparações, onde  $n$  é o número de elementos. Considerando que os elementos da diagonal principal são iguais a 1 e os outros elementos serão recíprocos das comparações iniciais.

Seguido de um processo de aplicação de pesos (valores) chamado Escala Fundamental Saaty, para cálculo das preferências entre os componentes da árvore, na qual compara entre pares com Autovetor e Autovalor da Matriz de Decisão, obtendo um processo de síntese multilinear chamado Ranking qualitativo das Alternativas. (SAATY, 1977)

Após os pesos definidos para os respectivos critérios (C1, C2, C3, ...), é criada uma matriz de julgamento pelo respectivo método. A etapa seguinte do método citado é determinar o vetor de prioridades normalizado para cada matriz de julgamentos, onde o vetor prioridade é dado pela resolução da Equação (1).

$$P_i = (1/m) \sum_{j=1}^m a'_{ij} \quad i, j = 1, 2, \dots, m. \quad (1)$$

Posteriormente se deve determinar uma razão de consistência (RC) para cada matriz proposta, no qual é a razão entre o índice de Consistência (IC) e o Índice Aleatório (RI). Sendo o índice de Consistência baseado no autovalor máximo da matriz de decisão ( $\lambda_{m\acute{a}x.}$ ).

O índice de consistência definido por Saaty (STEIN; MIZZI, 2007), usa o autovalor da matriz de decisão ( $\lambda_{m\acute{a}x.}$ ),  $IC \geq 0$  e com  $IC=0$  se e somente se, a matriz for consistente.

O índice de consistência é dado pela seguinte Equação (2) e o valor de RC é dado pela Equação (3).

$$IC = (\lambda_{m\acute{a}x.} - n) / (n - 1) \quad (2)$$

$$RC = IC / RI \quad (3)$$

Com o método de Normalização Ativa no qual utiliza o índice de Consistência Harmônica (STEIN; MIZZI, 2007) é possível validar os julgamentos de quem valorar a matriz, caso o valor de RC esteja dentro de valores especificados, os resultados dos julgamentos são considerados como válidos. Se não os julgamentos devem ser repetidos até que estes valores se encontrem em um intervalo adequado. O Índice de Consistência Harmônica é dado pela Equação (4).



$$ICH = [(MH_s - n) \cdot (n + 1)] / n \cdot (n - 1) \quad (4)$$

A intenção da aplicação do ICH é que direcione a avaliar apenas se as preferências do decisor são consistentes com o sistema de preferências multiplicativas, não avalia a preferência em si. Ou seja, avalia se o decisor utiliza a mesma medida de preferência para avaliar os critérios ou alternativas, mesmo que as intensidades das preferências sejam diferentes.

Com os julgamentos realizados e com vetores de prioridade válidos realiza-se a classificação final das alternativas com base em uma soma ponderada. A classificação das alternativas é dada pela Equação (5).

$$R_i = \sum_{j=1}^m w_j \cdot P_{ij} \quad (5)$$

Por fim, com a avaliação de consistência definida, aplicamos o grau de importância na planilha de normalização aditiva, atribuindo sinal positivo, negativo ou de igual, caso o critério da coluna à esquerda seja mais, menos ou igualmente importante ao critério da coluna à direita.

Com isso, o método nos resulta em um vetor de valor, no qual indica qual seriam os critérios de maior relevância de acordo com o maior valor na coluna “pesos”, como podemos ver na figura 2.

### 3 RESULTADOS

A partir dos filtros citados para a revisão de teórica de literatura, foram analisados títulos e resumos, buscando as palavras-chaves citadas e analisando quais tinham potencial ligação com o tema da pesquisa, sendo assim, foram obtidos a quantidade de 49 artigos científicos.

Considerando a variação de acordo com a região, estrutura acadêmica e carência da indústria regional, o ensino sobre assuntos referentes ao tema indústria 4.0 podem passar por nomenclaturas razoavelmente diferentes, porém em prática acabam sendo semelhantes aos laboratórios encontrados em universidades.

Os termos utilizados para esta pesquisa, são recentes, sendo o mais conhecido Indústria 4.0, que têm, em média, 10 anos. Por este motivo, entende-se que a revisão sistemática é uma boa alternativa para traçar um panorama dos estudos da área.

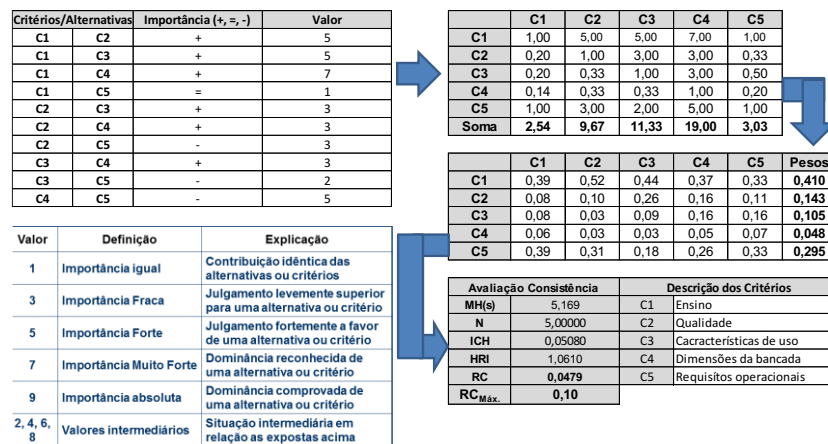
Os principais resultados indicam que a introdução prática por meio de *FabLabs*, *SmartLabs* e conexões entre empresas e universidades, tem cooperado para a evolução do ensino sobre indústria 4.0. Assim como o desenvolvimento de ambientes de estudos mais práticos. De forma geral, um *FabLab* é um espaço de fabricação que emprega o conceito de prototipagem rápida, agrupando um conjunto de máquinas com comando numérico computadorizado (CNC) como impressora 3D, fresadora, máquina de corte a laser, etc.

Algumas universidades estão começando a integrar a Indústria 4.0 em seu ensino e pesquisa, por exemplo, o estabelecimento da *Learning Factory* totalmente automatizada na *University of Applied Sciences Darmstadt* e o *Smart Production Laboratory* para ensino e pesquisa na *Aalborg University Denmark*. A Indústria 4.0 pode ajudar muito a impulsionar o aprendizado ativo dos alunos. (PAGANI; MAURICIO; RESENDE, 2018)

No que se diz respeito ao desenvolvimento de um produto para ensino local, as principais necessidades de acordo com as entrevistas foram agrupadas e classificadas em quatro grupos de necessidades, sendo eles: Ensino, Qualidade, Características de uso e dimensões da bancada. Tendo cada grupo de necessidades, requisitos específicos levantados pelos entrevistados. Em todos os grupos foram aplicados os processos do método AHP.

Na Figura 1 é apresentado como funciona a aplicação do processo do método AHP aplicados separadamente no grupo de necessidade Geral, no qual é o conjunto de todos os grupos citados acima.

**Figura 1 – Aplicação do método AHP**



Fonte: Autoria própria (2021)

Assim, foi possível hierarquizar os requisitos e critérios, possibilitando que seja possível priorizar escolhas futuras no desenvolvimento de um produto para ensino sobre indústria 4.0, dirigindo escolhas para itens de maior prioridade teórica.

#### 4 CONCLUSÃO

O tema e os conceitos de indústria 4.0 estão sendo cada vez mais discutidos e aplicados na indústria, porém, a educação não está se desenvolvendo tão rapidamente quanto esta revolução, fazendo com que assim o profissional recém-formado tenha uma obsolescência mais rápida caso não busque capacitação por conta própria.

Algumas universidades em alguns países como África do Sul, Itália, Alemanha e Portugal já tem métodos de ensino desenvolvidos e em fase de aplicação. Estes métodos têm em comum uma forma de aprendizado mais prática e menos teórica, algumas vezes ocorrendo em simultâneo com PMEs.

Com isso, é possível ter como base a importância da adaptabilidade da forma de educação atual para a forma de educação que terá como premissa parâmetros da indústria 4.0. Outrossim, é a importância do desenvolvimento da educação em conjunto com o desenvolvimento de empresas parceiras. Esta ação, possibilita um desenvolvimento prático na educação bem mais próximo da prática desenvolvida no dia-a-dia de trabalho em indústrias.

No que se refere ao desenvolvimento de um smartlab didático em forma de bancada para ensino sobre indústria 4.0 em universidades e pequenas e médias empresas, é possível visualizar que o critério ensino tem maior prioridade quando comparado com critérios como qualidade, características de uso, dimensões da bancada e requisitos operacionais. Sendo assim, o critério ensino, assim como seus requisitos, é admitindo como o mais importante no desenvolvimento de um produto para ao devido fim.





## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com o apoio da Fundação Araucária e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq - Brasil. Agradeço ao orientador Prof. Dr. Gilson Adamczuck de Oliveira pela orientação e por todo suporte fornecido.

## REFERÊNCIAS

- ABELE, E. et al. **Learning factories for future oriented research and education in manufacturing**. CIRP Annals - Manufacturing Technology, v. 66, n. 2, p. 803–826, 2017.
- ANGRISANI, L. et al. **Academic FabLabs for industry 4.0: Experience at University of Naples Federico II**. IEEE Instrumentation and Measurement Magazine, v. 21, n. 1, p. 6–13, 2018.
- CHONG, S. et al. **Integration of 3D printing and industry 4.0 into engineering teaching**. Sustainability (Switzerland), v. 10, n. 11, 2018.
- HERNANDEZ-DE-MENENDEZ, M. et al. **Competencies for Industry 4.0**. International Journal on Interactive Design and Manufacturing, v. 14, n. 4, p. 1511–1524, 2020.
- LACERDA, D. P. et al. **Design Science Research: A research method to production engineering**. Gestão & Produção, v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013.
- PAGANI, R. N.; MAURICIO, L.; RESENDE, M. DE. **Avanços na composição da Methodi Ordinatio para revisão sistemática de literatura**. Ciência da Informação, v. 46, n. 2, p. 161–187, 2018.
- PAZMINO, A. V.; BRAGA, R. **Ferramenta de análise de produtos inteligentes e interativos**. p. 214–222, 2015.
- PRIFTI, L. et al. **A Competency Model for “Industrie 4.0” Employees**. Wirtschaftsinformatik, p. 46–60, 2017.
- RF, S.; MC, M.; SAMPAIO, R. F. **Systematic Review Studies: a Guide for Careful Synthesis of Scientific Evidence**. Rev. bras. fisioter, v. 11, n. 1, p. 77–82, 2007.
- SAATY, T. L. **A scaling method for priorities in hierarchical structures**. Journal of Mathematical Psychology, v. 15, n. 3, p. 234–281, 1977.
- SALAH, B. et al. **Integrating the concept of industry 4.0 by teaching methodology in industrial engineering curriculum**. Processes, v. 8, n. 9, p. 0–16, 2020.
- SANTOS, B. P. et al. **Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades**. Revista Produção e Desenvolvimento, v. 4, n. 1, p. 13, 2018.
- STEIN, W. E.; MIZZI, P. J. **The harmonic consistency index for the analytic hierarchy process**. European Journal of Operational Research, v. 177, n. 1, p. 488–497, 2007.