



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Londrina



**GUILHERME HANAOKA TAKAHASHI**

**INDÚSTRIA 4.0: MODELO DE UMA FÁBRICA DE ENSINO  
PARA UTFPR CAMPUS LONDRINA**

**LONDRINA**

**2019**

**GUILHERME HANAOKA TAKAHASHI**

**INDÚSTRIA 4.0: MODELO DE UMA FÁBRICA DE ENSINO  
PARA UTFPR CÂMPUS LONDRINA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, da Coordenação de Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Rogerio Tondato

**LONDRINA**

**2019**

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **INDÚSTRIA 4.0: MODELO DE UMA FÁBRICA DE ENSINO PARA UTFPR CAMPUS LONDRINA POR GUILHERME HANAOKA TAKAHASHI**

Esta Monografia foi apresentada às 14 horas do dia 25 de junho de 2019 como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores relacionados abaixo. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho: **APROVADO.**

Prof. Dr. José Ângelo Ferreira (UTFPR)  
Banca Examinadora

Prof. Dra. Silvana Rodrigues Quintilhano Tondato (UTFPR)  
Banca Examinadora

Prof. Dr. Rogério Tondato (UTFPR)  
Presidente da Banca Examinadora  
Orientador

## SUMÁRIO

1. TEMA E PROBLEMA.....	8
2. INTRODUÇÃO.....	9
3. OBJETIVOS.....	11
3.1 OBJETIVO GERAL .....	11
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
4. REFERÊNCIAL TEÓRICO .....	12
4.1 INDÚSTRIA 4.0.....	12
4.2 FÁBRICAS DE ENSINO.....	15
5. MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA.....	21
6. LEVANTAMENTO DAS INICIATIVAS EM FÁBRICAS DE ENSINO NO CONTEXTO MUNDIAL .....	23
6.1 5ª Conferência sobre Fábricas de Ensino 2015 (The 5th Conference On Learning Factories 2015) .....	23
6.2 6ª Conferência sobre Fábricas de Ensino 2016 (6th CLF - 6th CIRP Conference on Learning Factories 2016).....	27
6.3 7ª Conferência sobre Fábricas de Ensino 2017 (7th Conference on Learning Factories, CLF 2017) .....	34
6.4 8ª Conferência sobre Fábricas de Ensino 2018 ( <i>8th Conference on Learning Factories 2018</i> ).....	40
6.5 9ª Conferência sobre Fábricas de Ensino 2019 ( <i>9th Conference on Learning Factories 2019</i> ).....	41
7. CONCEPÇÃO DO MODELO.....	43
7.1 COMPETÊNCIAS.....	44
7.2 TECNOLOGIAS INDÚSTRIA 4.0 .....	48
7.2.1. Sistemas Ciber-físicos de Produção (CPPS).....	48
7.2.2. Internet das coisas (IoT) .....	48
7.2.3. Identificação por radiofrequência (RFID) .....	49
7.2.4. Comunicação por campo de aproximação (NFC).....	49
7.2.5. Manufatura impressão 3D .....	50
7.2.6. Robôs Autônomos .....	50
7.2.7. Simulação.....	51
7.2.8. Realidade Aumentada .....	51
7.2.9. <i>Análise de dados (Big Data &amp; Analytics)</i> .....	51
7.3 CICLO DE VIDA.....	51
7.4 MATRIZ CURRICULAR .....	52

8. RESULTADOS ESPERADOS .....	55
8.1 MEIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO .....	55
9. CONCLUSÃO .....	57
10. REFERÊNCIAS .....	58
11. ANEXO .....	62

## RESUMO

TAKAHASHI, Guilherme Hanaoka. **Indústria 4.0: Modelo de fábrica de ensino para UTFPR campus Londrina**. 2019, 65 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2019.

A partir do contexto da globalização e a evolução crescente de tecnologias, surgiu o conceito da indústria 4.0, inicialmente aplicada nos países desenvolvidos e hoje difunde-se mundialmente. Através dessas tecnologias, surge uma nova demanda na formação dos profissionais e este trabalho visa identificar as competências necessárias dos engenheiros de produção na indústria 4.0 propondo como forma de aprendizagem uma fábrica de ensino. Por meio de didática focada em interdisciplinaridade e aplicação prática com problemas reais, desenvolve-se o modelo proposto para aplicação no curso de Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Londrina. É utilizado o método conceitual explorando os modelos a partir de conferências em fábrica de ensino no contexto mundial e o resultado é um modelo holístico com tecnologias da indústria 4.0, com matriz de competências definida e seu ciclo de vida estabelecido como melhoria contínua e exploração de problemas reais para aprendizagem.

**Palavras-chave:** fábrica de ensino, Indústria 4.0, modelo holístico

## ABSTRACT

TAKAHASHI, Guilherme Hanaoka. *Industrie 4.0: Learning factory model for UTFPR Londrina campus*. 2019, 65 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2019.

From the context of globalization and the growing evolution of technologies, the concept of Industrie 4.0 emerged, initially applied in developed countries and is now spreading worldwide. Through these technologies, a new demand arises in the training of professionals and this paper aims to identify the necessary skills of the industrial engineers proposing as a way of learning a teaching factory. By means of didactics focused on interdisciplinarity and practical application with real problems, the proposed model for application in the Production Engineering course of the Universidade Tecnológica Federal do Paraná Londrina campus is developed. The conceptual method is used by exploring the models from learning factories conferences in the global context and the result is a holistic model with technologies of Industrie 4.0, with defined competency matrix and its lifecycle established as continuous improvement and exploration of problems solving.

**Key words:** learning factory, Industrie 4.0, holistic model

## **1. TEMA E PROBLEMA**

A partir da globalização e a forte concorrência com os países asiáticos, surge o conceito de Indústria 4.0 como iniciativa do governo alemão em Hannover no ano de 2011, definida a estratégia de reposicionamento do país frente as novas tecnologias e o desenvolvimento do plano de ação para retomar o seu crescimento através de inovação e tecnologia conhecido como Indústria 4.0, assim sua consequente expansão e desenvolvimento ao longo dos anos até hoje, tem-se necessidade de desenvolver as habilidades do Engenheiro de Produção para inserção nas organizações que já se utilizam de tais conceitos em seus processos. Na grande maioria das universidades do Brasil e em seus respectivos cursos, não existem aulas práticas relacionadas ao conteúdo aprendido com foco em Engenharia de Produção. Assim, o discente não tem contato com a metodologia 4.0 na prática, ocorrendo apenas após sua inserção no mercado de trabalho. Com o intuito de melhorar continuamente o ensino na UTFPR campus Londrina, o trabalho é proposto para então agregar os novos conceitos da indústria 4.0.

Pergunta de partida: De que forma a UTFPR Campus Londrina poderá desenvolver habilidades no engenheiro de produção voltadas à tecnologia da indústria 4.0?



## 2. INTRODUÇÃO

O fundamento básico da indústria 4.0 implica que conectando máquinas, sistemas e ativos, as organizações poderão criar redes inteligentes ao longo de toda a cadeia de valor que podem controlar os módulos da produção de forma autônoma e integrada. Assim, as fábricas inteligentes ou fábricas do futuro terão a capacidade e autonomia para agendar manutenções, prever falhas nos processos e se adaptar aos requisitos e mudanças não planejadas na produção. Além de fornecer melhores informações em menor tempo e ser fundamental para as tomadas de decisão.

A partir desse tema, sobre uma breve reflexão de como está e vem sendo inserido no Brasil e em suas respectivas universidades, analisou-se que não há na UTFPR campus Londrina e em muitas outras universidades do país a devida formação do Engenheiro de Produção para que o mesmo esteja preparado para inserção no mercado de trabalho com a chegada da Indústria 4.0. Sendo assim, o objetivo desse trabalho visa a concepção de um modelo de Indústria 4.0 que seja uma fábrica de ensino dentro da universidade, pois assim os professores podem aperfeiçoar a sua didática alinhando os conceitos e a prática, e os alunos aplicarem os conceitos aprendidos, tornando-se melhores profissionais para essa nova indústria, com a possibilidade de integrar a tecnologia e as universidades, resultando em uma formação mais alinhada às competências atuais.

Com o novo cenário mundial frente às novas tecnologias, o conceito da indústria 4.0 foi criado e trouxe novas perspectivas relacionadas ao futuro de uma das principais atividades do homem, o trabalho. Assim, estabeleceu-se vários questionamentos sobre como serão as relações entre homem e máquina, fato que em muitos países desenvolvidos já ocorrem. Porém nessa atual revolução será de forma mais abrangente no panorama de máquinas e robôs a partir de conceitos chave como a Internet das Coisas e os *Cyber-Physical Systems*, dessa forma a conexão entre os sistemas de tecnologias de produção e produção inteligente consolidarão essa fase tecnológica, capaz de transformar cadeias de valores e propor um ambiente disruptivo nos modelos de negócios da indústria (SILVA, 2015).

É através desse contexto que o conceito de fábricas de ensino cresce em âmbito mundial, uma vez que as competências necessárias para a formação nas universidades necessitarão de alterações a fim de contemplar a perspectiva contemporânea da indústria 4.0. De acordo com Wagner *et al.* (2012) as fábricas de

ensino, como ambientes de ensino e pesquisa, podem desempenhar um papel essencial no desenvolvimento de novas soluções para mudança, transferindo-as para indústria e utilizando-as na formação de engenheiros.

Segundo Jorgensen (1995), os métodos tradicionais de ensino mostram efeitos limitados quanto à aprendizagem e o desenvolvimento de competências, por isso, Abele *et al.* (2015) elenca que novas abordagens de ensino faz-se necessária de forma que permitam treinamentos em ambientes reais de manufatura, modernizem o processo de aprendizagem e aproximem-no das práticas industriais, alavanquem a prática industrial através de adoção de novos conhecimentos e tecnologias de fabricação e por fim, impulsionar a inovação na fabricação, melhorando as capacidades e competências dos jovens engenheiros no horizonte de resolução de problemas, criatividade ou raciocínio lógico.

As universidades e ambientes de treinamento são desafiadas a identificar os perfis de empregos futuros e requisitos de competências correlacionadas desses profissionais, e necessitam adaptar e aperfeiçoar os conceitos sobre educação. Singularmente, os ambientes de aprendizagem inovadores necessitam da capacidade de reação rápida aos desafios propostos, visto que o mercado se torna muito volátil e flexível diante desse universo da tecnologia.

Por esses desafios e análises, o presente trabalho surge com o interesse de verificar como as práticas e metodologias sobre fábricas de ensino encontram-se no contexto mundial e abordar quais as principais tendências nesse quesito para que as universidades brasileiras possam fortalecer a concepção, prototipação, implementação e conseqüentemente o investimento em fábricas de ensino alinhadas com a indústria 4.0.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Desenvolver um modelo de fábrica de ensino com tecnologias da indústria 4.0 para aplicação na universidade, visando auxiliar na formação dos Engenheiros de Produção para o futuro cenário de mercado de trabalho e fornecer a base principal para os docentes melhorarem continuamente o ensino, impulsionando a visibilidade da UTFPR campus Londrina na região.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Realizar a fundamentação teórica com as principais contribuições de autores nos países que já estão avançados no conceito de indústria 4.0.

Avaliar quais são as principais tendências da área e o seu impacto no ambiente educacional e profissional no país.

Propor um modelo conceitual de fábrica de ensino com tecnologias da indústria 4.0 contemplando os principais modelos avaliados para aplicação na universidade de forma que seja dinâmico e prático.

Definir as competências desenvolvidas através da fábrica de ensino por meio de tecnologias da indústria 4.0 e seu papel no ambiente acadêmico e profissional.

## **4. REFERÊNCIAL TEÓRICO**

Nesta seção serão abordados os conceitos primordiais para basear o escopo da criação de uma fábrica de ensino focada nas tecnologias da Indústria 4.0 na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, e expor o cenário atual da indústria global e nacional, trazendo os principais desafios para formação do perfil do Engenheiro de Produção nesse novo mercado, e na seguinte seção dissertar sobre os estudos anteriores referente às fábricas de ensino mundialmente.

### **4.1 INDÚSTRIA 4.0**

A primeira revolução industrial ocorreu no final do século XVIII e o principal fator foi a introdução da mecanização, revolucionando a produção dos tecidos pela máquina de tear. Já a segunda revolução industrial veio a partir do início do século 20 através da produção em massa movida a eletricidade e com base na divisão do trabalho. Isso foi substituído pela terceira revolução industrial durante os anos de 1970 e continua até hoje, a partir de tecnologias adotadas da tecnologia de informação (TI) e eletrônica para garantir um maior desenvolvimento da automação dos processos de manufatura (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

A partir dessa abordagem histórica, o contexto do cenário econômico global conforme demonstrado na Figura 1 em 2011, forçou a Alemanha adotar uma estratégia de reposicionamento no mercado mediante a expansão da economia asiática, assim iniciou-se a introdução do termo Indústria 4.0, considerada atualmente como 4ª Revolução Industrial e que tem como pilar a *Internet das coisas (Internet of Things)* e *CPS (Cyber Physical Systems)* de forma a integrar a tecnologia digital com o meio fabril já existente.

Figura 1 - Queda na participação dos países desenvolvidos na indústria global



Fonte: Panorama da Inovação – Indústria 4.0 Firjan 2016 p. 3

De acordo com a FIRJAN (2016), especialistas afirmam que a indústria brasileira em suma se encontra em trânsito da indústria 2.0 para a indústria 3.0. Porém, alguns setores mais evoluídos no Brasil, possuem iniciativas para receber e implementar a Indústria 4.0, devido à globalização e a necessidade estratégica de multinacionais atuantes no mercado brasileiro. O principal desafio do país segundo Pinheiro *et al.* (2017) será concentrar energia em fatores primordiais para o desenvolvimento deste novo patamar, pois serão necessárias a adoção de políticas estratégicas inovadoras, incentivos tanto públicos quanto privados, disponibilização de novas tecnologias e fundamentalmente o desenvolvimento de profissionais qualificados para atuar nesse novo sistema.

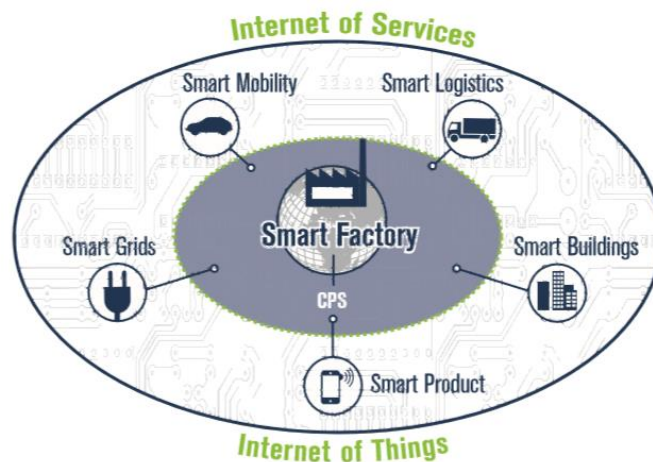
Para os autores Hermann, Pentek & Otto (2015), são necessários para a formação da Indústria 4.0, quatro elementos-chave listados abaixo:

- *Cyber Physical Systems* – CPS: São sistemas compostos por unidades virtuais com a finalidade de controlar unidades físicas. Pode-se de dizer que permite a integração do mundo digital e físico.
- *Internet of things* (Internet das coisas): Rede de objetos, sistemas e plataformas, com o objetivo de estabelecer uma comunicação entre o objeto e o ambiente.
- *Internet of Services* (Internet dos Serviços): Quando a Internet das Coisas funciona de maneira adequada, o conjunto de informações eleva os dados

a um novo patamar, pode-se identificar oportunidades e introduzir novos serviços.

- *Smart Factories* (Fábricas Inteligentes): Nestas fábricas, são utilizados os CPS, gerando ganhos tangíveis de eficiência, tempo, custo, quando comparados com uma fábrica tradicional. Existe uma comunicação entre todos os setores, trabalhando em conjunto, trocando dados a todo o tempo.

Figura 2 -Indústria 4.0 e fábricas inteligentes como parte do *IoT* e *IoS*



Fonte: *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0* (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

Além desses elementos-chave, de acordo com o estudo da *Technische Universität Dortmund*, existem seis requisitos primordiais para a eficácia da Indústria 4.0. (FIRJAN, 2016, p. 13-14), representados por:

- Interoperabilidade: possibilita a comunicação de todos os CPS do ambiente através das redes;
- Virtualização: permite que as informações retiradas dos CPS dos produtos e equipamentos físicos sejam passadas virtualmente e em simulações, possibilitando analisar os cenários;
- Descentralização dos controles dos processos produtivos, uma vez que com a Internet das Coisas, os computadores estarão na tomada de decisões com base nos dados;
- Adaptação da produção em tempo real, uma vez que existe uma análise constante dos dados, logo após identificar uma falha é possível realizar a correção;

- Orientação a serviços, ou seja, serão disponibilizadas informações em rede aberta, tornando a internet dos serviços ainda mais complexa;
- Sistemas modulares dos equipamentos e linhas de produção com uma maior flexibilidade para se adaptar as mudanças que julgar necessária.

Assim, há um grande caminho para sua implementação por ser altamente complexo e principalmente da disposição de um desenvolvimento tecnológico sólido e consistente, além da formação de profissionais altamente qualificados pelas universidades, gerando um requisito essencial para o sucesso da competitividade brasileira no meio tecnológico.

## **4.2 FÁBRICAS DE ENSINO**

Segundo Kreimeier *et al.* (2014) as fábricas de ensino são implementadas para difundir conhecimento sobre os diversos conceitos e métodos de melhoria de processos, e os benefícios desse tipo de ambiente de manufatura podem ser explorados tanto pelos estudantes de graduação como servir de treinamento para integrantes da própria indústria.

No ano de 1994, a *National Science Foundation* (NSF) dos Estados Unidos concedeu a um consórcio liderado pela *Penn State University* uma bolsa para desenvolver uma “fábrica de ensino”. Foi quando o termo foi inventado e patenteado pela primeira vez. Referia-se a projetos interdisciplinares de design de engenharia com fortes ligações e interações com a indústria. Uma infraestrutura de toda a faculdade e uma instalação de 2000 metros quadrados equipada com máquinas, materiais e ferramentas foi estabelecida e utilizada para dar suporte a centenas de projetos de design patrocinados pela indústria desde 1995. Este programa foi reconhecido nacionalmente e recebeu o Prêmio Gordon de Inovação da *National Academy of Engineering*. em Engenharia de Educação em 2006. Esse modelo inicial de fábricas de ensino enfatiza a experiência prática adquirida pela aplicação do conhecimento aprendido atingindo o ensino de engenharia para resolver problemas reais na indústria e design ou redesenho de produtos para satisfazer as necessidades identificadas (ELMARAGHY, 2014).

De acordo com Abele *et al.* (2015), recentemente o uso de fábricas de ensino aumentou, particularmente na Europa, e tomou várias formas de instalações, variando em tamanho e sofisticação, com o objetivo de melhorar a experiência de aprendizado

de alunos em uma ou mais áreas do conhecimento. Nos últimos anos, numerosas fábricas de ensino foram construídas segundo pesquisas. O Instituto de Gestão de Produção, Tecnologia e Máquinas-Ferramenta (TU Darmstadt) teve uma das primeiras implementações de fábrica de aprendizado desta nova onda em 2007. Dois produtos reais são produzidos em um fluxo de valor completo desde as matérias-primas até os produtos embarcados. Também várias outras fábricas de ensino com outros focos e manifestações físicas foram construídas neste tempo. A ampla variedade de fábricas de aprendizado é mostrada na seção 5 deste artigo.

Para Tisch *et al.* (2013), as fábricas de ensino eram modeladas basicamente por especialistas com enfoque técnico sem aplicação de conceitos didáticos, com abordagem científica para a eficiência e eficácia do desenvolvimento de competências dos indivíduos. As fábricas de ensino possuem um papel fundamental de integrar diferentes métodos de ensino com o intuito de facilitar o processo de aprendizagem dos reais problemas industriais e a integração com os educadores na concepção de fábricas de ensino possibilitará uma análise, avaliação, validação e redesenho dos arranjos dessas.

As chamadas fábricas de ensino sofrem constantemente reinvenções, simultaneamente aos avanços industriais. Kreimeier *et al.* (2014) expõe que atualmente as novas tecnologias e desafios permitiram a inserção do contexto técnico da produção, mas que anteriormente as primeiras iniciativas de fábrica de ensino focavam basicamente na melhoria de processos e a implantação da produção enxuta.

A partir das definições das fábricas de ensino existentes, as suas características classificam-se em sete dimensões, segundo Abele *et. al* (2015, p. 2):

- 1) Modelo de Operação: engloba os fundos de investimento da fábrica, modelos de negócio dos treinamentos e recursos. É necessário que haja um plano sustentável para a continuidade da operação;
- 2) Propósito: inclui a estratégia proposta, o público e indústria-alvo além do escopo que a fábrica abrange;
- 3) Processo: explora o fluxo de materiais, tipos de processo, métodos de manufatura e tecnologias, ciclo de vida do produto, da fábrica e das ordens de produção;



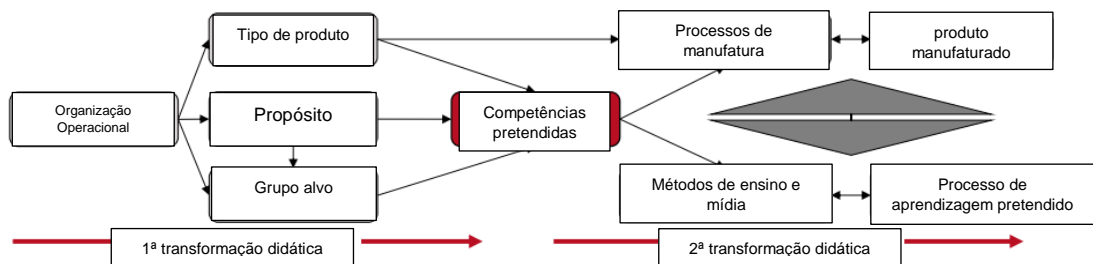
- 4) Configuração: define o tipo do ambiente de aprendizagem virtual ou físico, integração da TI, capacidade de mudança da configuração (flexibilidade);
- 5) Produto: definição do produto modelo da fábrica. Envolve o número de diferentes produtos, seus tipos e formas, origem, etc.;
- 6) Didática: essa dimensão expõe os objetivos de aprendizado que a fábrica possui, qual o tipo de ambiente que ela utilizará para o aprendizado, quais as funções dos treinadores da fábrica, e as avaliações, etc;
- 7) Métricas da fábrica: dimensões quantitativas, como o espaço disponível e o número de integrantes por sessão de treinamento.

Com a evolução do conceito das fábricas de ensino, vários autores se propuseram a analisar essa iniciativa disruptiva com base nos modelos de implementação e desenvolvimento. Através da pesquisa realizada por Silva (2015) para a criação da fábrica de ensino da POLI foi possível identificar dois modelos propostos para a concepção de fábricas de ensino e um deles destina-se a melhoria contínua.

O estudo realizado por Tisch *et al.* (2013) tem como principal contribuição o modelo de guia curricular para fábrica de ensino (*Learning Factory Curriculum Guide - LFCGuide*), apresentando uma metodologia para criação de fábricas de ensino baseadas na prática e no desenvolvimento de competências específicas, que são os componentes-chave do modelo proposto.

Decorrente deste projeto de criação de um sistema de aprendizagem orientado à competência, a metodologia busca alinhar as especificações educacionais e as de infraestrutura tecnológica seguindo duas etapas triviais, identificados pelo autor como primeira e segunda transformações didáticas.

Figura 3 - *Learning Factory Curriculum Guide*



Fonte: Adaptado de Tisch *et al.* (2013)

O resultado principal da primeira transformação didática é a elaboração das competências desejadas, classificadas de acordo com Tisch *et al.* (2013) em quatro categorias: competências especialistas e metodológicas, competências pessoais, competências orientadas à atividade e aplicação e competências de comunicação.

Para determinação das competências na primeira fase da metodologia proposta, é necessário identificar e classificar três conceitos da concepção da fábrica de ensino: o tipo de produção (produção unitária, em lotes ou contínua), o objetivo da fábrica (treinamento profissional, educação ou pesquisa em produção) e o seu grupo alvo.

Já na segunda transformação didática, é abordado a forma que as reflexões de ensino e método devem agregar a infraestrutura tecnológica da fábrica de ensino. Uma vez que estabelecidas as competências desejadas, deve-se então abordar a definição dos métodos de ensino, antecipando a concepção do ambiente de aprendizagem, e garantindo que as competências sejam desenvolvidas ao máximo.

Segundo os autores, a escolha das tecnologias de fabricação e do produto modelo da fábrica de ensino está intrinsicamente ligada ao tipo de produção e às competências definidas no que consideram de primeira transformação didática. O modelo de infraestrutura da tecnologia de fabricação e a escolha do produto constituem, portanto, a última fase da concepção da fábrica de ensino e, junto às escolhas referentes ao método de ensino, correspondem à segunda transformação didática.

A principal contribuição de Kreimeier *et al.* (2014) para o tema abordado é a concepção de fábricas de ensino como um conceito holístico, integrando áreas diferentes que, na visão dos autores, podem ser divididas em três módulos: melhoria de processos (*Learning Process Improvement*), eficiência de recursos (*Learning Resource Efficiency*) e melhorias em gestão e organização (*Learning Management and Organization*).

No módulo referente a melhoria de processos, os autores propõem uma abordagem dividida em unidades de ensino, de complexidade gradativa. Iniciam a aprendizagem com técnicas intuitivas de melhoria de processo em situações-exemplo explorando a montagem de LEGO®, com base na observação, padronização e divisão do trabalho. Em seguida, é aplicado também conceitos iniciais como a metodologia

5S e então introduz-se os conceitos mais complexos tais como desperdícios, mapa de fluxo de valor atual e futuro além de auditorias em situações reais de trabalho.

Enfatizando a cadeia de valor, o módulo de melhoria de processos continua com a aplicação de conceitos *lean* a partir das observações feitas pelas equipes, e então incorpora os conceitos de *Kanban*, produção puxada, *Just-in-time* (JIT) e *Just-in-sequence* (JIS) como ferramentas da engenharia de produção para o balanceamento de linhas de produção e otimização do trabalho. A unidade de ensino final desse módulo é uma síntese de todos os métodos e ferramentas explorados, podem definir mapas de valor futuro e analisar os indicadores chave de *performance* obtidos e verificar a aplicação dos conceitos *lean* na prática.

Os autores consideram o segundo módulo, a eficiência de recursos, como o reflexo da crescente competitividade internacional em torno da produção eficiente e apresentam que é um indicador chave de competitividade organizacional. A didática apresentada no módulo é baseada no ciclo de desenvolvimento de um produto de forma que haja estratégias para estabelecer a eficiência de recursos em todos os níveis hierárquicos, desde o chão de fábrica até o nível gerencial.

Por fim, no terceiro módulo, a melhoria da gestão e organização, diverge dos dois apresentados inicialmente pois se relacionam com a parte técnica da produção, e esse insere a área de recursos humanos, pois tem como resultado principal a gestão da mudança e liderança. O módulo de ensino tem como foco inserir o fator de comportamento humano explorando as técnicas de gestão estratégica da produção, considerando a integração dos funcionários e o clima organizacional.

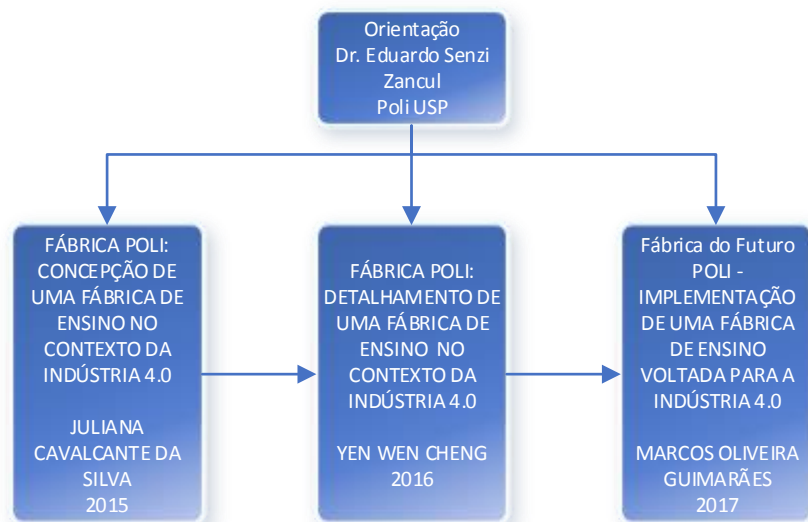
ElMaraghy *et al.* (2013) afirma que o aumento da variedade de produtos decorre da fragmentação em nichos de mercado menores, ocorrendo uma demanda dos consumidores por novos produtos, e organizações buscando atender as necessidades dos clientes e suas especificações. Aumentando então a competitividade entre fabricantes, que vislumbram na emergência de novos materiais e tecnologias a possibilidade de atender a customização em massa (SILVA, 2015).

Nas pesquisas realizadas por Abele *et al.* (2015) os autores analisam as fábricas de ensino existentes, classificando-as em seis cenários de aplicação: Cenário de aplicação industrial; Cenário de aplicação acadêmica; Cenário de aprendizagem

remota; Cenário de pesquisa reconfigurável; Cenário de aplicação consultiva; Cenário de demonstração.

Como referência em fábrica de ensino no Brasil, tem-se o exemplo da POLI USP que coordenado pelo professor doutor Eduardo de Senzi Zancul, tem o projeto de concepção intitulado como Fábrica do Futuro para abordar as tecnologias da Indústria 4.0 com início a partir do ano de 2015 até o seu desenvolvimento atual. O projeto foi criado a partir da experiência profissional e acadêmica, impulsionado pelos discentes do curso de Engenharia de Produção que realizaram trabalhos de conclusão de curso focados na concepção, no detalhamento e na implementação da fábrica de ensino. Pôde-se observar a cronologia do projeto, ressaltando sua importância e impacto no ensino, pois explora o âmbito acadêmico e profissional, além de analisar as competências necessárias para o novo perfil do engenheiro de produção com aprendizado multidisciplinar e integrador.

Figura 4 - Modelo de fábrica de ensino POLI USP



Fonte: Do Autor, 2019

## 5. MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA

O presente capítulo apresenta o método definido para o desenvolvimento do trabalho, visando detalhar as etapas do projeto de concepção de um modelo de fábrica de ensino na Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Londrina.

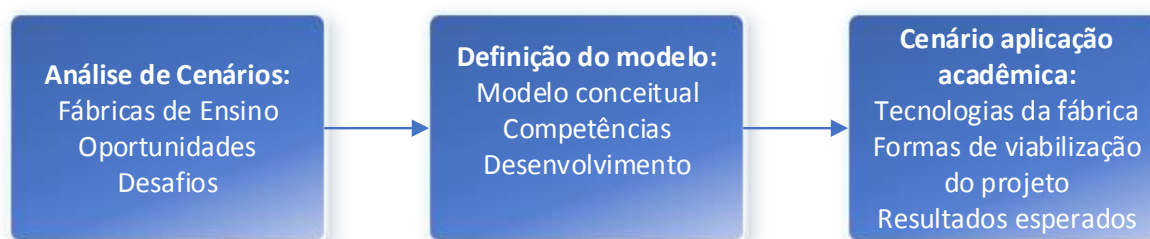
Quanto à natureza, essa pesquisa será qualitativa pois de acordo com Bryman (1989), tem como característica a importância da concepção da realidade organizacional. De forma que será avaliada o contexto contemporâneo e propor sua aplicação no meio inserido.

O objetivo da pesquisa é considerado como exploratória, segundo Gil (1991), proporciona maiores informações sobre o assunto que se vai investigar; propicia melhores condições para delimitação do tema da pesquisa; orienta a fixação de objetivos e formulação de hipóteses, bem como auxilia na descoberta de novos tipos de enfoque para o assunto.

Será utilizado o método teórico/conceitual porque Berto & Nakano (1998) avalia como característica principal a discussão a partir de modelagens conceituais.

O desenvolvimento do presente trabalho pode ser segmentado em três marcos: análise dos cenários, definição do modelo da fábrica de ensino e definição de sua dimensão de aplicação.

Figura 5 - Resumo da metodologia de trabalho



Fonte: Do Autor, 2019

A respeito da seção de análise dos cenários, realiza-se a pesquisa exploratória das fábricas de ensino existentes, e apresentadas então as suas principais características como conceitos e infraestruturas. Mediante essa análise dos cenários, estrutura-se então os desafios e oportunidades para as instalações que seguirão essa referência tal como o modelo da UTFPR.

As instalações apresentadas serão detalhadas no posterior capítulo a fim de observar as tecnologias vigentes já aplicadas em fábricas de ensino de outras universidades.

A partir desse contexto, pode-se então verificar as deficiências além das oportunidades de ensino prático na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, mapeando as iniciativas já existentes na instituição e o seu propósito principal.

Na seguinte etapa do desenvolvimento, representa-se a definição dos conceitos chave e do escopo de atuação da fábrica de ensino.

Define-se então as competências que a fábrica de ensino deve desenvolver baseando-se nas oportunidades de ensino da Engenharia de Produção e nos conceitos da indústria 4.0.

A partir do estabelecimento dessas competências, será proposto um modelo conceitual para a fábrica, uma metodologia a qual deverá ser utilizada para atingir o propósito do projeto.

Como etapa final do trabalho, o escopo proposto deve então ser convertido em um modelo conceitual com as tecnologias da indústria 4.0 para aplicação prática e através das soluções propostas explorar formas de viabilização do projeto além dos resultados esperados após implementação.

## **6. LEVANTAMENTO DAS INICIATIVAS EM FÁBRICAS DE ENSINO NO CONTEXTO MUNDIAL**

Neste capítulo é exposto as iniciativas levantadas sobre fábricas de ensino no contexto mundial a partir do ano de 2015 até 2019, seleciona-se artigos considerados como relevantes para o estudo proposto e faz-se uma análise das suas principais contribuições de acordo com a indústria 4.0 e os seus respectivos modelos.

### **6.1 5ª Conferência sobre Fábricas de Ensino 2015 (The 5th Conference On Learning Factories 2015)**

#### **– As tecnologias de ponta e perspectivas sobre fábricas de ensino (*The State-of-the-Art and Prospects of Learning Factories*)**

Esse trabalho mostra-se como importante contribuição para o desenvolvimento de fábricas de ensino, uma vez que, tem como principal objetivo investigá-las como protótipos para mudanças e sistemas de manufatura reconfiguráveis. O resultado baseia-se na análise das mesmas já existentes e suas características no âmbito da pesquisa, ensino e projetos industriais. A partir dessa pesquisa, é descrito a forma de classificar os sistemas com relação ao seu projeto, produtos e mutabilidade, permitindo o desenho do futuro das fábricas de ensino, de forma que os facilitadores da mudança são elencados como universalidade, mobilidade, escalabilidade, modularidade e compatibilidade. Assim, a estrutura modelo é composta pela conexão entre o ambiente físico e digital, tendo como objetos principais as máquinas, plantas, logística, tecnologias de produção e informação, processos, desenho do trabalho e sua organização. Então, é possível identificar os parâmetros relacionados aos facilitadores e conseqüentemente aos objetos, no qual se atribui um valor que após uma série de análises do conjunto, obtém-se a partir de todos os parâmetros um grau de preenchimento de características das fábricas de ensino e se estabelece a comparação com o modelo ideal (WAGNER *et. al.*, 2015).

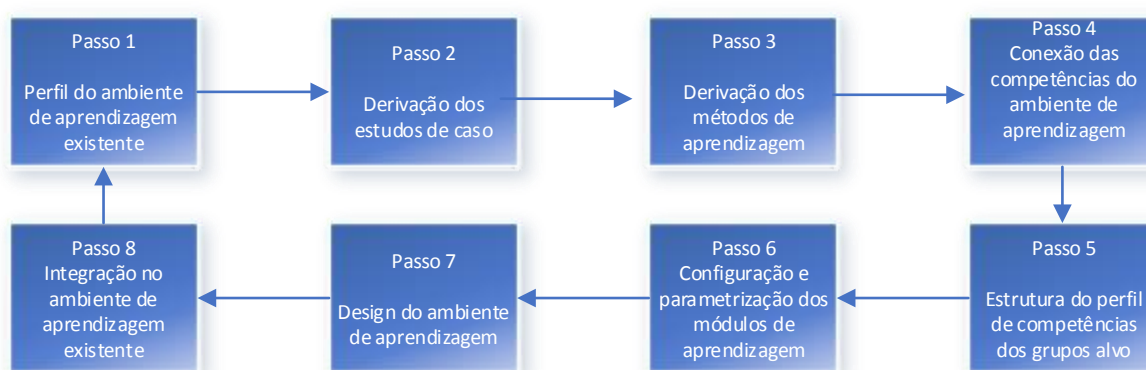
#### **– Fábrica de ensino avançada – Método, Implementação e Avaliação (*Advanced Learning factory (aLF) – Method, Implementation and Evaluation*)**

Neste trabalho, é importante observar que sua proposta visa introduzir conceitualmente um *framework* de uma fábrica de ensino avançada, destacando os módulos de aprendizagem, configuração do módulo, principais modos de interação e

transferência de mecanismos em uma fábrica de ensino genérica. O estudo aponta como principal contribuição, a necessidade de uma demanda clara para uma arquitetura de fábrica de ensino genérica, permitindo uma configuração para vários tipos de aplicações e processos de aprendizagem em várias etapas. Por isso, a aLF é um modelo que considera a fábrica de ensino como produto em seu próprio ciclo de vida.

O modelo de *design* dos autores descreve a metodologia para o ambiente físico e estrutura do conteúdo do ambiente de aprendizagem, a abordagem didática e os relacionamentos entre os componentes individuais no processo de transferência. Então esse processo pode ser definido em 8 passos, de acordo com o conteúdo, a estrutura, os objetos e métodos do ambiente de aprendizagem, conforme figura 6.

Figura 6 - Procedimento de 8 passos para o design de um ambiente de aprendizagem

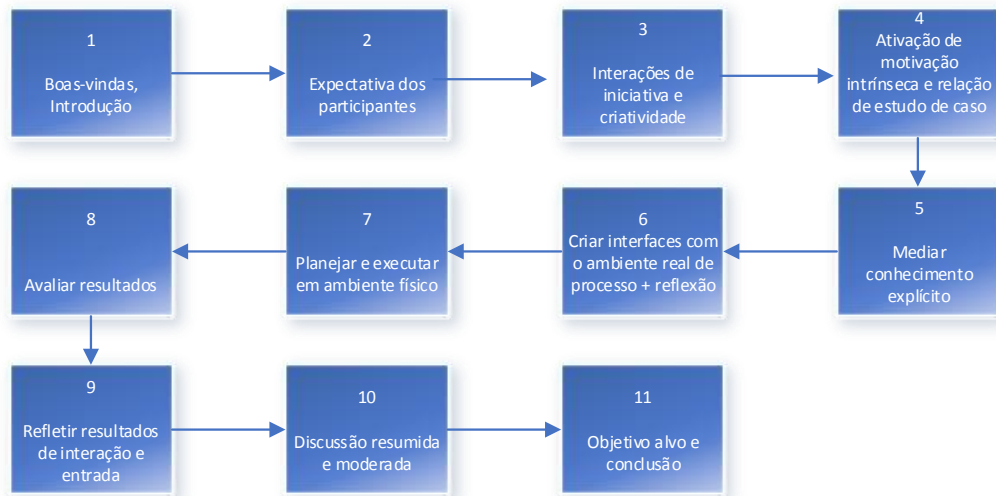


Fonte: adaptado de PLORIN *et. al.*, 2015

Fundamentado em análises de teorias de aprendizagem, existem três elementos chave identificados: o conhecimento, experiência e motivação dos participantes (K-E-M). Significa que o conhecimento é um pré-requisito para adquirir novos conhecimentos. Os conteúdos podem ser criados em conexão com as experiências obtidas durante a trajetória dos participantes no contexto acadêmico, pessoal e profissional. Mas o principal elemento chave para a eficiência de um treinamento é a motivação, as fábricas de ensino podem empoderar os participantes a explorar competências com novas experiências, habilidades, conhecimento e motivação para integrá-los. Esse é definido pelos autores como etapas sequenciais que podem ser padronizadas de acordo com a figura 7.



Figura 7 - Procedimento padronizado de apoio à autoeducação reflexiva



Fonte: adaptado de PLORIN *et. al.*, 2015

Para amparar a melhoria contínua da didática, conteúdo e alinhamento estrutural de uma fábrica de ensino quanto a sua avaliação da eficácia do treinamento, os efeitos podem ser medidos em três fases, divididas em pré-ação, ação e pós-ação. Podem ser medidas em questionários, observações, acordo de metas e reflexões. Com base nesses quesitos, o modelo aLF foi testado em ambientes de aprendizagem aplicados a profissionais de áreas industriais e excedeu as expectativas quanto à transmissão de conhecimento. Conclui-se então que o modelo aLF cumpre muito bem a sua função de prover meios adequados para os processos e treinamentos que vão de encontro a demanda das indústrias (PLORIN *et. al.*, 2015).

– **Aprendizagem baseada em projetos na engenharia de produção da fábrica de ensino em Heilbronn (*Project-based learning in production engineering at the Heilbronn Learning Factory*)**

Com uma abordagem disruptiva, os autores propõem mudanças no curso de engenharia de produção para aplicação da fábrica de ensino da universidade. Uma vez que os requisitos para o curso estão de acordo com a qualificação europeia, a graduação necessita capacitar na área teórica de conhecimento avançado em um campo de trabalho ou estudo, envolvendo compreensão crítica de teorias e princípios. Já na área cognitiva e de habilidades práticas, é necessário habilidades avançadas que demonstram domínio e inovação na resolução de problemas complexos e imprevisíveis em um campo complexo de trabalho e estudo. Por fim, a área da

competência, gerenciando atividades e projetos de forma profissional e técnica, além de responsabilizar-se pela tomada de decisão em contextos imprevisíveis, assumindo a responsabilidade pelo gerenciamento do desenvolvimento profissional e técnico.

O estudo comprova através de pesquisas que na Alemanha, as empresas estão entre 30 e 70 por cento satisfeitas com a formação profissional e competências dos engenheiros graduados no país, mas ainda existe déficit nas áreas de adquirir novos conhecimentos, trabalhar de forma autônoma, comunicação em equipe, trabalho em equipe, aplicando conhecimento da engenharia e resolução de problemas.

Logo, o estudo traz uma nova abordagem para a aplicação prática na fábrica de ensino e propõe alterar o seu formato. É lançado um projeto semestral para que o conteúdo teórico aprendido seja valorizado, mas que a prática seja maior a partir do terceiro ano de graduação e a cada semestre as turmas são desafiadas a criar produtos com base em escolhas do grupo de professores. Eles passam a ter um papel de conselheiro e facilitador do processo ao invés de especialista como no modelo tradicional e o grupo é formado por sete professores com cada especialidade em uma área do desenvolvimento do projeto.

Nesse formato, os alunos são instigados a desenvolver competências relacionadas à comunicação, pois praticam técnicas de apresentação, desenvolvem conteúdos e ainda realizam o trabalho em equipe com uma comunicação mais assertiva. Por fim, há uma proposta de avaliação diferente dos métodos tradicionais, pois é fundamentada em três pilares classificados como trabalho em equipe, desempenho e conhecimento adquirido, uma forma mais dinâmica e mais abrangente de avaliação global.

Os resultados são mensurados baseados em 160 alunos que já passaram por esse modelo de fábrica de ensino, têm um efeito positivo em efetivamente modelar alunos mais preparados em diversas competências, desde resolução de problemas ao pensamento interdisciplinar. E dessa amostra global, uma pesquisa com formulários aplicada a população de 90 alunos, obteve 95% de aprovação da experiência de aprendizagem e indicaria para outros estudantes. Mostra-se importante ferramenta para melhoria no ensino e oportunidade para testar novas técnicas e métodos como a metodologia ágil de gerenciamento de projetos (BALVE & ALBERT, 2015).

## 6.2 6ª Conferência sobre Fábricas de Ensino 2016 (6th CLF - 6th CIRP Conference on Learning Factories 2016)

### – Abordagem holística para gestão de recursos humanos na indústria 4.0 (*Holistic approach for human resource management in Industry 4.0*)

Para lidar com os desafios de conhecimento e competência relacionados às novas tecnologias e processos da Indústria 4.0, novas abordagens estratégicas para o gerenciamento holístico de recursos humanos são necessárias nas empresas de manufatura. Devido à automação contínua de processos de fabricação simples, o número de espaços de trabalho com um alto nível de complexidade aumentará, o que resulta na necessidade de um alto nível de educação do pessoal. Além disso, o mercado está se tornando progressivamente volátil e heterogêneo devido às constantes mudanças nas expectativas e necessidades dos clientes, como produtos customizados sob demanda.

Dessa forma, os autores retrataram o objetivo do trabalho de forma a apresentar um modelo de competências e mostra uma abordagem de como as empresas podem utilizá-lo para enfrentar os desafios emergentes na indústria 4.0, essa é uma importante contribuição, pois o Brasil ainda terá uma evolução gradativa nesse quesito, carece de investimentos e há muita força de trabalho para reestruturação de todo o modelo atual constituído.

Na contribuição dos autores, é possível identificar os desafios macro de acordo com o modelo de Pestel considerando os fatores políticos, econômicos, sociais, técnicos, ambientais e legais. Assim, o resultado está descrito na tabela 1 abaixo, retratando os desafios macro em que exigem desenvolvimento de competências conforme as tendências da indústria 4.0.

**Tabela 1 – Derivação de competências essenciais para os desafios identificados**

<b>Desafios identificados</b>	<b>Competências essenciais</b>
Desafios econômicos	Globalização em curso
	Necessidade crescente em inovação
	Demanda por maior orientação para serviços
	Necessidade crescente de trabalho cooperativo e colaborativo
Desafios sociais	Mudança demográfica e mudança de valores sociais
	Aumentando o trabalho virtual

	Complexidade crescente de processos
Desafios técnicos	Crescimento exponencial de tecnologia e uso de dados Crescente trabalho colaborativo em plataformas
Desafios ambientais	Mudança climática e escassez de recursos
Desafios políticos e legais	Padronização Segurança de dados e privacidade pessoal

Fonte: adaptado de Hecklau *et. al.*, 2016

O conjunto de características foi categorizado para agrupá-las e poder analisar de forma conceitual, conforme tabela 2 abaixo:

**Tabela 2 – Conjunto de competências em categorias**

<b>Categoria</b>	<b>Competências requeridas</b>	<b>Contexto</b>
Competências técnicas	Conhecimento avançado	Devido ao aumento da responsabilidade pelo trabalho, o conhecimento está se tornando cada vez mais importante
	Habilidades técnicas	São necessárias habilidades técnicas abrangentes para mudar de tarefas operacionais para tarefas mais estratégicas
	Entendimento do processo	Maior complexidade do processo exige uma compreensão mais ampla e profunda do processo
	Habilidades de mídia	O aumento do trabalho virtual exige que os funcionários possam usar mídia inteligente, por exemplo, óculos virtuais
	Habilidades de programação	O crescimento de processos digitalizados cria uma maior necessidade de funcionários com habilidades de codificação
	Entendimento de segurança em TI	O trabalho virtual em servidores ou plataformas obriga os funcionários a estarem cientes da segurança cibernética
	Competências metodológicas	Criatividade
Pensamento empreendedor		Todos os funcionários com tarefas mais responsáveis e estratégicas devem agir como empreendedores
Resolução de problemas		Os funcionários devem ser capazes de identificar fontes de erros e melhorar os processos

	Resolução de conflitos	Uma maior orientação para o serviço aumenta o relacionamento com o cliente; conflitos precisam ser resolvidos
	Tomada de decisão	Como os funcionários terão maior responsabilidade pelo processo, eles precisam tomar suas próprias decisões
	Habilidades analíticas	Estruturação e análise de grandes quantidades de dados e processos complexos tornam-se obrigatórios
	Habilidades de pesquisa	Precisa ser capaz de usar fontes confiáveis para aprendizado contínuo em ambientes em mudança
	Orientação à eficiência	Problemas complexos precisam ser resolvidos de maneira mais eficiente, por exemplo, analisando quantidades crescentes de dados
Competências sociais	Habilidades interculturais	Entendendo diferentes culturas, especialmente hábitos de trabalho divergentes, quando se trabalha globalmente
	Habilidades de linguagem	Ser capaz de entender e se comunicar com parceiros e clientes globais
	Habilidades de comunicação	Orientação ao serviço exige boa capacidade de escuta e apresentação, enquanto o aumento do trabalho virtual requer habilidades de comunicação virtual suficientes
	Habilidades de relacionamento	Trabalhar em uma cadeia de valor altamente globalizada e entrelaçada requer conhecimento em relacionamentos
	Capacidade de trabalhar em equipe	O trabalho em equipe crescente e o trabalho compartilhado em plataformas esperam a capacidade de seguir as regras da equipe
	Capacidade de ser comprometedor e cooperativo	Entidades ao longo de uma cadeia de valor desenvolvem-se para parceiros iguais; todo projeto precisa criar situações em que todos saem ganhando, especialmente em empresas com crescente trabalho de projeto
	Capacidade de transferir conhecimento	As empresas precisam manter o conhecimento dentro da empresa; especialmente com a atual mudança demográfica, o conhecimento explícito e tácito precisa ser trocado

	Habilidades de liderança	Tarefas mais responsáveis e hierarquias enxutas fazem com que todos os funcionários se tornem líderes
Competências pessoais	Flexibilidade	Aumentar o trabalho virtual faz com que os funcionários se tornem independentes e independentes do tempo; a rotação da tarefa de trabalho exige ainda que os funcionários sejam flexíveis com suas responsabilidades de trabalho
	Tolerância à ambiguidade	Aceitar mudanças, especialmente alterações relacionadas ao trabalho devido à rotação de tarefas ou reorientações
	Motivação para aprender	Mudanças mais frequentes relacionadas ao trabalho tornam obrigatório que os funcionários estejam dispostos a aprender
	Capacidade de trabalhar sob pressão	Os funcionários envolvidos nos processos de inovação precisam lidar com o aumento da pressão, devido a ciclos de vida mais curtos do produto e redução do tempo de lançamento no mercado.
	Mentalidade sustentável	Como representantes de suas empresas, os funcionários também precisam apoiar iniciativas de sustentabilidade
	Conformidade	Regras mais rígidas para segurança de TI, trabalho com máquina ou horário de trabalho

Fonte: adaptado de Hecklau *et. al.*, 2016

Através desse modelo, foi possível então classificar os resultados utilizando um gráfico de radar, em que consiste a análise de 4 áreas que resultam em um indicador global das competências relacionadas à indústria 4.0, possibilitando uma estratégia de ações para sanar essa lacuna de competências.

Trata-se de uma pesquisa importante, pois identificou as competências chave no desenvolvimento da indústria 4.0 e no cenário da gestão de recursos humanos, em decorrência, o modelo de avaliação proposto torna-se fundamental para uma análise global das competências individuais e que são essenciais para o trabalho em um mundo interconectado e digitalizado (HECKLAU *et. al.*, 2016).

- **Indústria 4.0 tangível: uma abordagem baseada em cenário para aprender sobre o futuro da produção (*Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production*)**

Os autores definem que a aprendizagem baseada em cenários (*Scenario-Based Learning*) utiliza cenários, descrições estruturadas de problemas do mundo real e instruções relacionadas, para apoiar o aprendizado ativo. Os cenários constituem então o ponto de partida para os alunos serem desafiados em um problema do mundo real e em um processo subsequente de encontrar soluções. No andamento do processo, os alunos aplicam seus conhecimentos individuais e habilidades cognitivas e sociais para resolver problemas em um ambiente seguro de forma colaborativa. O SBL é um processo interativo e oferece inúmeras oportunidades de *feedback* e discussões.

Os provedores de soluções de tecnologia, empresas de TI e criadores de software desenvolvem novos conceitos, modelos, tecnologias e sistemas em cooperação com parceiros científicos e validam os resultados junto com a tecnologia aplicada por empresas de manufatura na área experimental da fábrica piloto.

Uma das alternativas de viabilização de novos negócios através da fábrica piloto é a possibilidade de fabricação por contrato, por exemplo, como suporte a *startups* e pequenas empresas, que demandam competências tecnológicas especiais e capacidades de fabricação ou montagem para produzir seus protótipos ou séries de pequenos lotes. Fornecendo o acesso à novas tecnologias para essas empresas que não dispõem de infraestrutura própria para pesquisa, a universidade consegue especialistas acadêmicos de várias áreas atuando em parceria com o setor privado, capacitando-os e mantendo uma relação de mútuo benefício. Além disso, a infraestrutura inovadora pode ser utilizada para organizar palestras praticamente relevantes e orientadas a aplicativos, ou workshops e seminários para funcionários da indústria de maneira orientada para a prática.

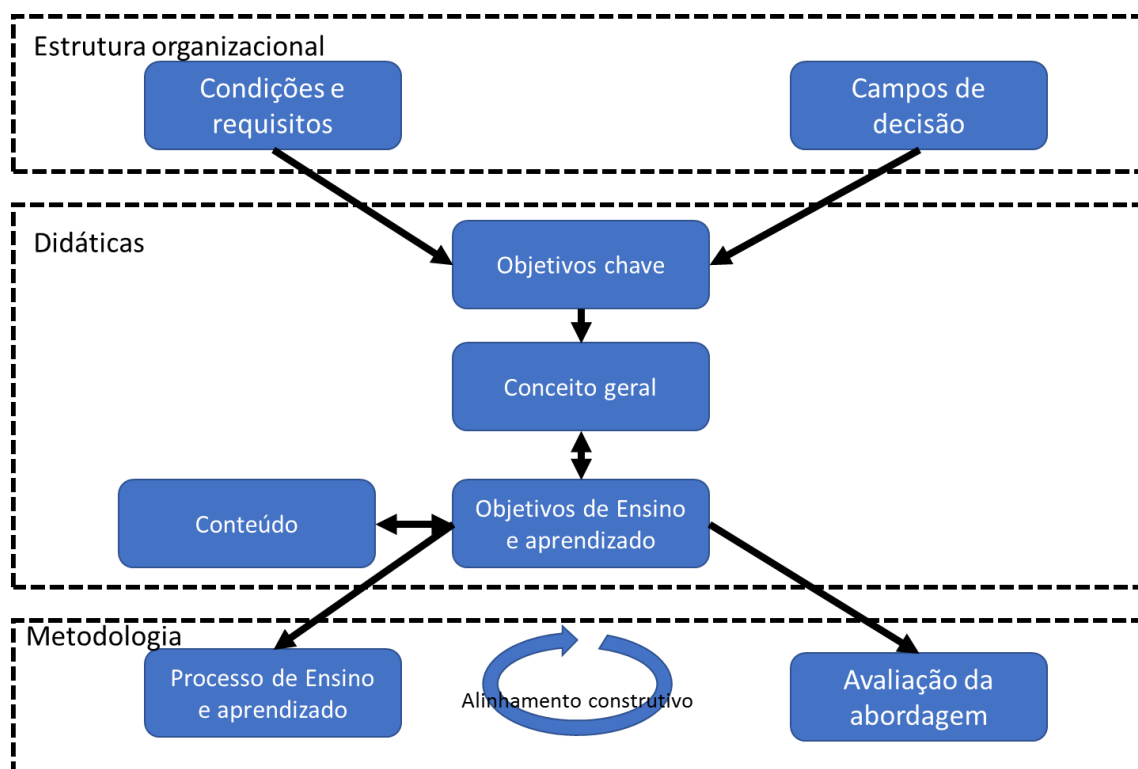
Os autores ainda destacam que o laboratório será construído sobre o conceito de um sistema de produção ciber-físico centrado no ser humano para um alto mix e baixo volume. Por isso, foi estabelecida uma parceria com 20 fornecedores líderes de tecnologia e soluções industriais que ajudarão a construir uma fábrica de última geração e fornecerão seus conhecimentos no desenvolvimento de uma fábrica que

vai além do atual estado da arte em direção à indústria 4.0. O foco da implementação nesse caso é de um sistema de fabricação ciber-físico, um sistema de montagem ciber-físico e um sistema logístico adaptativo ciber-físico (EROL *et. al.*, 2016).

– **Didática integrada e modular e conceito metodológico para uma fábrica de ensino (*Integrated and Modular Didactic and Methodological Concept for a Learning Factory*)**

Os autores neste trabalho utilizam como referência o modelo *Learning Factory Curriculum Guide (LFC-Guide)* proposto por Tisch *et. al* (2016), uma estrutura desenhada em 3 etapas. A primeira consiste em desenvolver objetivos de ensino e aprendizagem formulados como competências pretendidas a partir de condições de estrutura organizacional. A segunda transformação visa projetar os processos de ensino e aprendizagem e o ambiente de fábrica de aprendizagem socio técnica, apoiando os objetivos previamente definidos.

Figura 8 – Conceito modelo de abordagem LGP



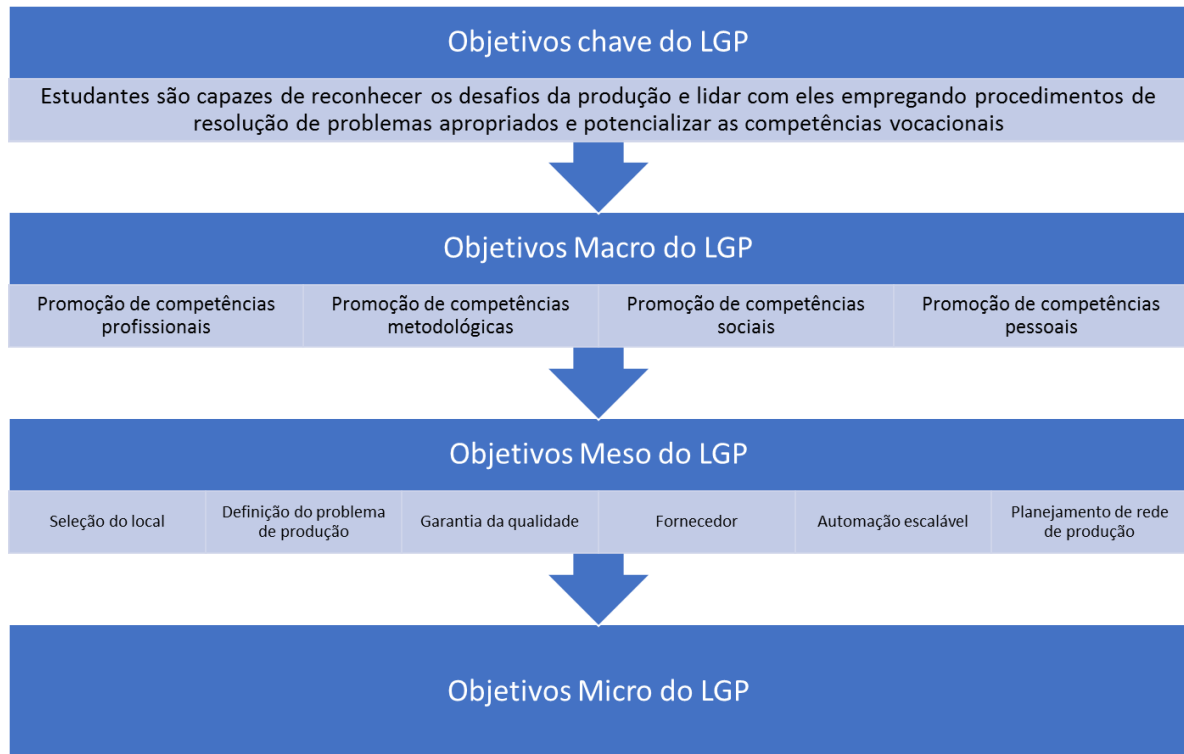
Fonte: adaptado de LANZA *et. al.*, 2016

O laboratório proposto pretende capacitar os alunos para identificar desafios no campo da produção global e para lidar com eles, empregando procedimentos adequados de resolução de problemas. Com relação a este objetivo chave e ao



conceito geral, os objetivos de aprendizagem são estruturados em objetivos relativos a toda a fábrica de ensino (nível macro), os diferentes módulos (nível meso) e o processo de ensino / aprendizagem dentro de cada módulo (nível micro).

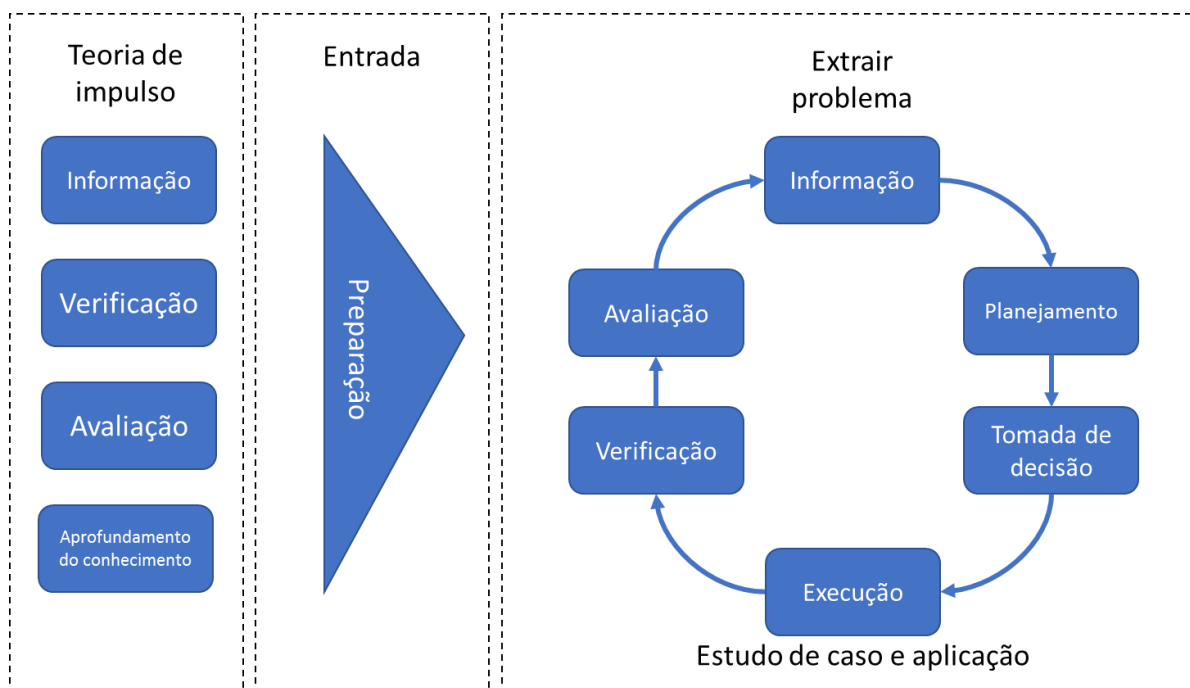
Figura 9 – Hierarquia de ensino e aprendizagem LGP



Fonte: adaptado de LANZA *et. al.*, 2016

É interessante observar que nesse modelo proposto, os autores utilizam um meio diferente dos encontrados em outros processos de aprendizagem, o *e-learning*. O seu processo de ensino e aprendizagem é estruturado em uma fase de informação seguida por uma fase de controle. Após uma fase de reflexão, o *e-learning* continua com uma fase de abertura de conhecimento. Nas fases de aplicação, o conteúdo é revelado com base em configurações realistas do problema na produção global ("Problema puxado"). A fim de apoiar a aprendizagem orientada para a ação, o processo nas fases de aplicação é estruturado de acordo com o modelo de ação completa conforme figura 10 abaixo:

Figura 10 – Estrutura dos processos de ensino e aprendizagem do LGP



Fonte: adaptado de LANZA *et. al.*, 2016

O LGP foi desenvolvido usando uma abordagem de projeto *top-down*, que também considera o conceito de alinhamento construtivo. Procura um conceito aberto e modular que transfere a teoria para sessões de e-Learning auto direcionais antes de treinar a resolução de problemas em fases de aplicação prática e por isso destaca-se a sua contribuição no âmbito das pesquisas em fábricas de ensino (LANZA *et. al.*, 2016).

### 6.3 7ª Conferência sobre Fábricas de Ensino 2017 (7th Conference on Learning Factories, CLF 2017)

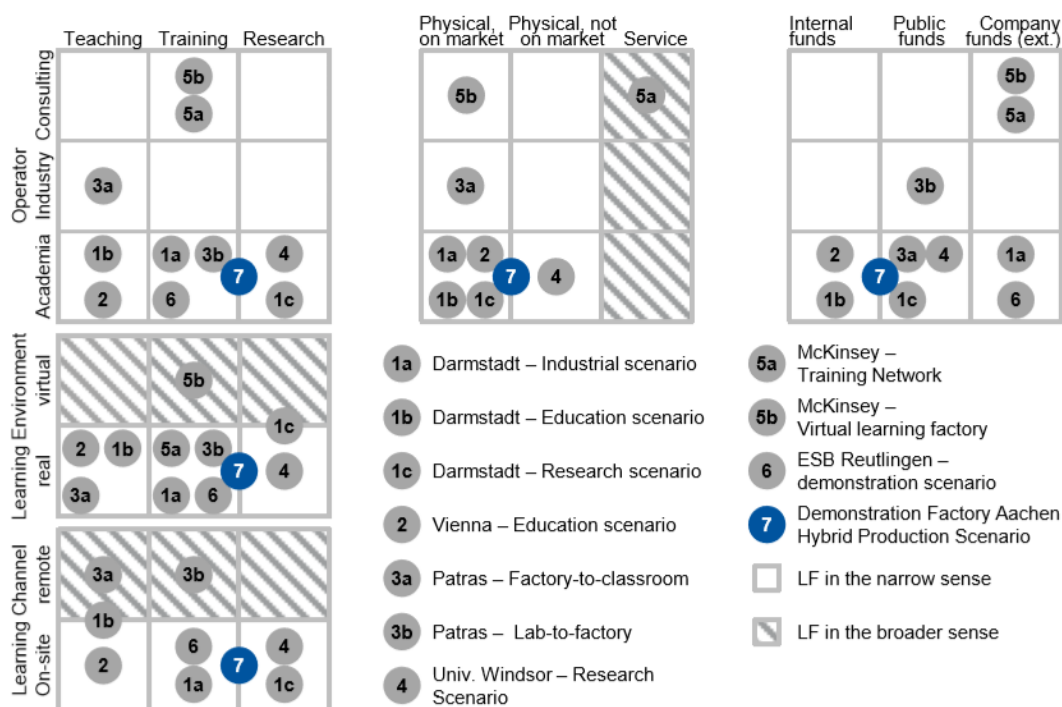
- **Classificação de uma infraestrutura de produção híbrida em uma morfologia de fábrica de ensino (*Classification of a Hybrid Production Infrastructure in a Learning Factory Morphology*)**

Para os autores, as fábricas de ensino oferecem potenciais para o setor acadêmico, bem como para aplicações industriais. Enquanto fornecem recursos para a educação prática nos campos da engenharia de produção, elas também fornecem capacidades para cursos, aulas, laboratórios, seminários e *workshops* na fábrica com o objetivo de fornecer educação aos visitantes externos da mesma forma. Elas também podem desempenhar um papel fundamental na prática do treinamento de

peçoal e da força de trabalho de uma empresa. Este artigo introduziu a Fábrica de demonstração de Aachen, permitiu expor suas competências na interligação desses opostos em seu ambiente híbrido de produção. Ao explicar exemplos de casos de uso educacional ao longo da cadeia de valor de uma produção e ao destacar o sistema híbrido de produção, foi elaborada a singularidade dessa fábrica de aprendizado específica.

Importante destacar nesse trabalho a aplicabilidade da classificação de uma fábrica de ensino conforme proposto por Abele *et. al.* (2015), seguindo as etapas definidas e verificar como a fábrica de ensino da universidade de Aachen enquadrou-se no cenário de acordo com as categorias conforme figura 11 abaixo.

Figura 11 – Fábrica de ensino Aachen com base na classificação de fábrica de ensino de Abele



Fonte: adaptado de SCHUH *et. al.*, 2017

Os autores ainda finalizam que a combinação de pesquisa e produção real é mais vantajosa também para as empresas, pois os potenciais de um desenvolvimento mais sistemático surgem através da aprendizagem em um sistema real, melhorias e inovações podem ser geradas em um ambiente de aprendizado e rapidamente vinculadas e transferidas para processos produtivos (SCHUH *et. al.*, 2017).

- **Desenvolvimento de sistemas de montagem em uma fábrica de ensino Lean na universidade de Split (*Development of Assembly Systems in Lean Learning Factory at the University of Split*)**

A partir da análise dos autores, a maneira como os sistemas ERP (*enterprise resource planning*) e MES (*manufacturing execution system*) são interconectados nessa linha de montagem é descrita da seguinte forma, permitindo uma representação cyber física da linha de montagem. As antenas RFID no início e no final do processo fornecem as informações quando o processo de montagem de um determinado produto é iniciado e finalizado. Essas informações permitem um cálculo e monitoramento de *lead time* de fabricação. Adicionando mais antenas ao sistema (duas antenas adicionais possíveis), os dados do tempo de processo de montagem decorridos poderiam ser fornecidos para cada uma das estações de montagem separadamente. Isso permite a otimização do processo usando métodos para balanceamento de linha de produção ou usando alguma outra ferramenta de gerenciamento enxuta semelhante. A linha de montagem completa opera da seguinte forma: a pessoa responsável está abrindo uma ordem de serviço no ERP que é enviada automaticamente por um e-mail para os operadores na linha de montagem.

Em suas unidades de trabalho, os operadores obtêm todas as informações relacionadas à nova ordem de trabalho em seus tablets, o que lhes permite iniciar o processo de montagem. No exato momento em que a primeira parte do produto entra no processo, seu código de produto é criptografado na etiqueta RFID, juntamente com o número de série (lote), o tempo de entrada no processo de montagem e outras informações necessárias. Em seus computadores *tablet*, os operadores obtêm visões gerais e descrições das etapas de montagem, o que diminui a taxa de probabilidade de erro. Quando o produto acabado sai do processo de montagem, ele é lido por uma antena RFID, e o MÊS atua enviando o sinal de informação ao responsável de que o produto foi montado e transferido para o estoque. Ao obter essa informação, o responsável fecha a ordem de trabalho no ERP. Por este meio, todo o processo de montagem (processo de produção) da demanda dos clientes (que gera a ordem de trabalho) até o ponto de expedição (fechamento do horário de trabalho), é principalmente automatizado. Apenas a abertura da ordem de trabalho permanece manual no sistema ERP.

No artigo, defende-se a ideia de que a abertura da própria ordem de trabalho é uma decisão financeira que pode causar custos significativos no processo de produção e no material consumido, e por isso a decisão é de manter a abertura manual, mas no conceito de indústria 4.0 é um tópico a ser discutido, uma vez que a aplicação de análise de dados pode facilmente ampliar as informações para tomada de decisão e contribuir para ser assertiva.

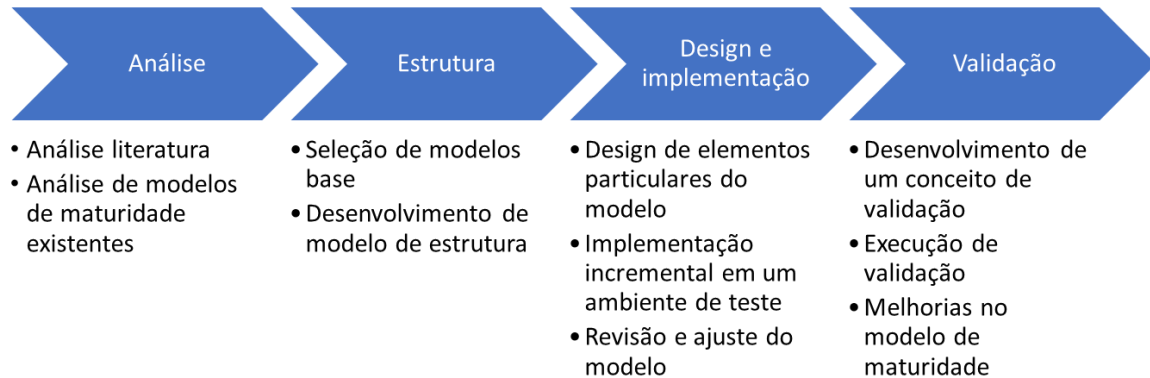
A proposta de desenvolvimento adicional de uma linha de montagem inclui a melhoria do MES, particularmente sua conexão com o ERP para se tornar mais automatizada. Devido às razões acima mencionadas, é mantido que a abertura da ordem de funcionamento seja manual. No entanto, o fechamento da ordem de trabalho pode ser automatizado. Ao ler a etiqueta RFID do produto que entra no estoque (devido ao fechamento de seu processo de produção ou montagem), sua ordem de trabalho pode ser fechada automaticamente. Identifica-se que os componentes do sistema RFID podem representar um investimento financeiro significativo no primeiro modelo, com custo aproximado de 7 a 20 mil euros. Assim, a principal contribuição do artigo é do desenvolvimento de sistema RFID de baixo custo, bem como a verificação de sua implementação na linha de montagem da fábrica de ensino. A diferença é significativa em custo de implementação, pois nesse processo o custo varia de 178 a 652 euros, utilizando o Arduino e sensores compatíveis, permitindo uma forma mais acessível de manter os processos, porém com um custo bem menor (VEZA *et. al.*, 2017).

– **Introduzindo um modelo de maturidade para fábricas de ensino**  
***(Introducing a maturity model for learning factories)***

Para os autores da pesquisa, o *design* do modelo de maturidade segue a abordagem sequencial mostrada na figura 12. As etapas são separadas por primeiramente realizar uma análise incluindo uma revisão da literatura sobre modelos de maturidade e uma análise adicional dos modelos existentes. Em segundo lugar, a estrutura do modelo é desenvolvida considerando diferentes requisitos para o projeto do modelo de maturidade e selecionando uma base para a derivação de uma estrutura modelo. Então, o próximo passo da abordagem metódica é a concepção e implementação do modelo, que abrange o desenho de elementos particulares dentro

do modelo, bem como a revisão e os ajustes após uma implementação piloto na fábrica de aprendizagem CiP no PTW da TU Darmstadt. Por último, uma validação de conceito é executada em conjunto com empresas que operam fábricas de ensino.

Figura 12 - Abordagem metodológica para o desenvolvimento de um modelo de maturidade



Fonte: adaptado de Enke *et. al.*, 2017

Modelos desenvolvidos sistematicamente devem cumprir requisitos diferentes. Hoeltz resume os requisitos existentes sobre modelos de maturidade e identifica dois tipos diferentes: Requisitos gerais e requisitos específicos do contexto. Os requisitos gerais são: envolvimento e equilíbrio de aspectos específicos de assuntos e organizacionais, indicação de sinergias entre esses dois aspectos; permitir a determinação de uma maturidade do sistema pela dedução de caminhos de desenvolvimento concretos em vez de medidas de melhoria isoladas; compreensibilidade e pouca complexidade durante a aplicação do modelo, considerando que uma redução de parâmetros limita a aproximação à realidade; capacidade de adaptação, indicando uma estrutura sistemática e o suporte com instrumentos apropriados como base.

Já os requisitos específicos de contexto no campo de fábricas de ensino são: verificação de aspectos da aprendizagem, que abrangem diferentes métodos, instrumentos e mentalidades neste campo; verificação de aspectos de uma fábrica / produção, que implicam fluxos de materiais, recursos, configurações de produtos, etc. também em relação à organização e interdependências existentes e a consideração de aspectos específicos de uma fábrica de ensino (ENKE *et. al.* 2017).

Os autores consideram que utilizando o modelo de maturidade será possível avaliar e comparar a maturidade das fábricas de aprendizagem não apenas no campo da produção enxuta, mas também para outros focos temáticos. O modelo de maturidade também permite a dedução de potenciais de melhoria, apoiando processos de melhoria contínua de fábricas de aprendizagem e um exemplo criado pelos autores é dado na tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Conjunto de competências em categorias

Dimensão do	Declaração para	Maturidade	Maturidade nível	Maturidade nível	Maturidade nível	Maturidade nível 5:
Design	definição de maturidade	nível 1: Inicial	2: Gerenciada	3: Definida	4: Gerenciada quantitativamente	Otimização
Modo de operação	Padronização de estrutura organizacional e processo de trabalho	Nenhum padrão é definido.	Estrutura organizacional e processo de trabalho é definido.	Estrutura organizacional e processo de trabalho são definidas e detalhadas	Estrutura organizacional e processo de trabalho são definidas e detalhadas. O cumprimento e a implementação são verificados regularmente	Estrutura organizacional e processo de trabalho são definidas e detalhadas. Sua verificação regular serve como ponto de partida para melhorias
Propósito	Definição de grupos alvo da fábrica de ensino	Não há definição de grupos alvo.	Os grupos alvo da fábrica de ensino são nomeados.	Os grupos alvo da fábrica de ensino são definidos e descritos em dependência das competências pretendidas.	A definição de grupos alvo em dependência das competências pretendidas são checadas regularmente.	A definição de grupos alvo em dependência das competências pretendidas são checadas regularmente e continuamente ajustada e detalhada.
Didática	Planejamento de fases de reflexão nos módulos de ensino	Não há fases de reflexão.	É prescrito que as fases de reflexão devem ser integradas, porém não são controladas.	As fases de reflexão são planejadas junto aos módulos de ensino.	As fases de reflexão são planejadas junto aos módulos de ensino e sua implementação é checada regularmente.	As fases de reflexão são utilizadas como etapas principais para o desenvolvimento de competências.

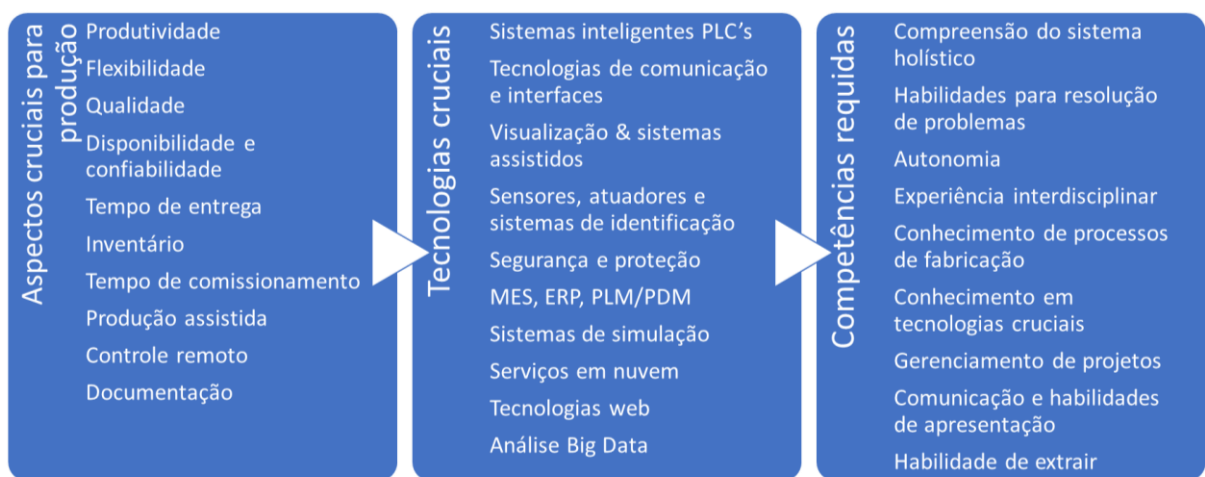
Fonte: adaptado de Enke *et. al*, 2017

- **Aprendendo na Autofab – a fábrica de ensino indústria 4.0 totalmente automatizada da universidade de ciências aplicadas de Darmstadt (*Learning in the AutFab – the fully automated Industrie 4.0 learning factory of the University of Applied Sciences Darmstadt*)**

Considerando todas as tecnologias da indústria 4.0, esse artigo contribui em identificar as áreas que os engenheiros necessitam de desenvolvimento das

competências como profissional, social, metodológica e pessoal conforme figura 13 abaixo. Os autores definem que percepções acerca de sistemas, processos de produção, tecnologias de automação, tecnologias de informação, princípios de ergonomia e negócios são interdisciplinares. Além disso, as habilidades relacionadas à cooperação e comunicação em grupos interdisciplinares é fundamental. O engenheiro moderno na indústria 4.0 deve ter uma perspectiva holística em sistemas de produção complexos conforme os autores.

Figura 13 - Abordagem metodológica para o desenvolvimento de um modelo de maturidade



Fonte: adaptado de Simons *et. al*, 2017

Para as universidades, isso significa superar as fronteiras entre as disciplinas estabelecidas. As disciplinas devem capacitar os alunos a resolver problemas complexos de maneira independente. E ainda destacam que isto pode ser conseguido através da aprendizagem baseada em problemas ou baseada em projetos nas fábricas de ensino (SIMONS *et. al.*, 2017).

#### **6.4 8ª Conferência sobre Fábricas de Ensino 2018 (8th Conference on Learning Factories 2018)**

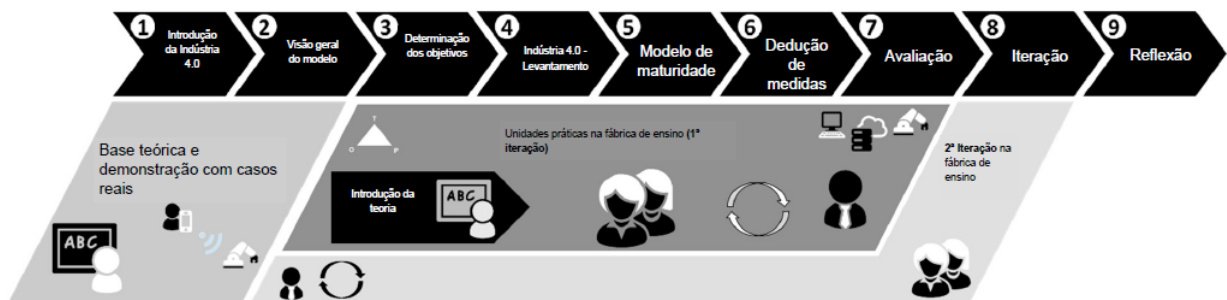
- **Evolução de MEI's em direção à Indústria 4.0 através de um treinamento baseado em cenários (Evolution of SMEs towards Industrie 4.0 through a scenario based learning factory training)**

Os autores apresentam o módulo de fábrica de ensino, em que permite que os participantes gerenciem um processo de migração em todo o setor, tomando como exemplo a fábrica de ensino como representante de uma típica pequena empresa.



Conseqüentemente, o fluxo do processo do módulo de aprendizagem reflete amplamente a abordagem dentro do modelo de procedimento, pelo qual os conteúdos teóricos são discutidos em etapas posteriores. O diagrama representado na figura 14 identifica as etapas propostas e a abordagem da fábrica de ensino conceitualmente.

Figura 14 – Estrutura de um módulo da fábrica de ensino



Fonte: adaptado de Thom *et. al.*, 2018

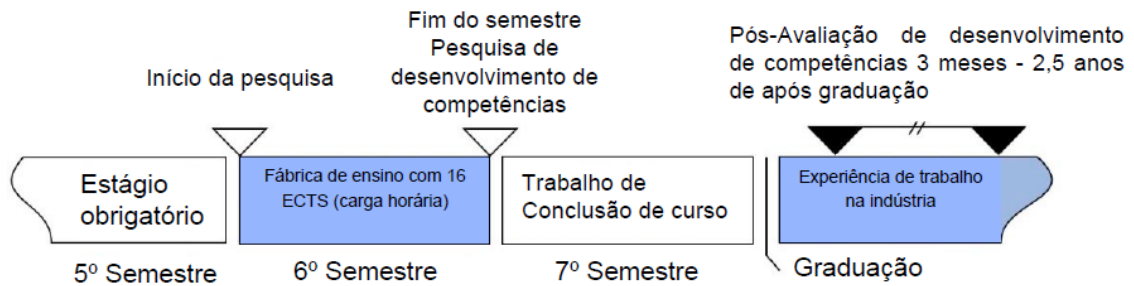
Como principal resultado, o artigo apresenta o conceito de como as empresas podem ser treinadas com base em diferentes cenários de diferentes etapas evolutivas da Indústria 4.0 em relação as abordagens socio técnicas. Uma ferramenta de suporte essencial abordada é um modelo holístico de maturidade da Indústria 4.0, que auxiliará as empresas a reconhecer dependências durante diferentes etapas evolutivas (THOM *et. al.*, 2018).

### **6.5 9ª Conferência sobre Fábricas de Ensino 2019 (9th Conference on Learning Factories 2019)**

- **Avaliação Ex post de uma fábrica de ensino – Desenvolvimento de competências baseadas em feedbacks de graduados (Ex Post Evaluation of a Learning Factory – Competence Development Based on Graduates Feedback)**

Neste artigo, os autores demonstram os resultados obtidos a partir da implementação do modelo sugerido no ano de 2015, publicado como “*Project-based learning in production engineering at the Heilbronn Learning Factory*” na conferência mundial, tendo sua importância definida pois é um trabalho aplicado e avaliado após 3 meses à 2 anos e meio após a graduação em busca de identificar as percepções dos alunos referentes as competências desenvolvidas na fábrica de ensino.

Figura 15 – Sequência de pesquisas e *feedbacks*



Fonte: adaptado de Balve e Ebert, 2019

Através do trabalho proposto, é visível as melhorias obtidas após implementação do projeto e a satisfação dos alunos quanto ao ensino fornecido, além de contemplar a maior parte das competências que as empresas utilizam no seu cotidiano. A contribuição encerra o ciclo de proposta de um modelo disruptivo e sua aplicação, com a visão 360º de todos os envolvidos na sua concepção (Balve e Ebert, 2019).

## 7. CONCEPÇÃO DO MODELO

A partir da revisão bibliográfica feita nos anais publicados na *Procedia Manufacturing, CIRP Conference on Learning Factories* (Conferências de Fábricas de Ensino) a partir de 2015 a 2019, em que desde 2011 mostra-se como fórum internacional de maior alcance para o compartilhamento de pesquisas e novos conceitos, é possível consolidar as melhores práticas e propor um modelo conceitual holístico adotado em referência ao trabalho proposto de Kreimeier *et al.* (2014) e HECKLAU *et al.* (2016) com foco nas tecnologias da indústria 4.0 contemplando o desenvolvimento baseado em competências no curso de Engenharia de Produção da UTFPR campus Londrina.

É importante retratar que o curso de Engenharia de Produção é recente no campus, uma vez que a primeira turma se formou no final do ano de 2018 e por isso, é passível de melhorias ao decorrer desse processo de evolução. Ainda assim, o curso foi reconhecido inicialmente com nota máxima na primeira avaliação do ENADE e busca melhorar constantemente para continuar com esse ótimo desempenho.

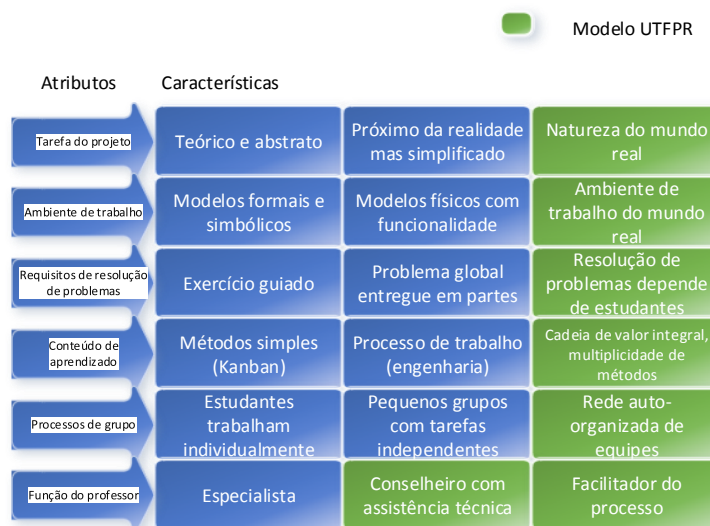
A proposta de um modelo de fábrica de ensino para aplicação no curso, visa identificar as possíveis melhorias na formação dos discentes e do corpo docente, justificar assim também os investimentos que podem ser alocados e abordar uma visão da necessidade de adaptação dos futuros engenheiros frente ao mercado volátil e em crescente concorrência. Através de sua implementação, é visível a aplicabilidade junto às empresas da região, promovendo maior interação e gerando maior conteúdo para pesquisas acadêmicas dentro da universidade. De tal maneira, o modelo proposto é apresentado com referência nas pesquisas de Balve, Ebert e Albert realizadas nos anos de 2015 e 2019 com foco nas competências primordiais da indústria 4.0 e será abordado as tecnologias necessárias para a sua concepção, formando uma estrutura para aprendizagem prática com resultados qualitativos no ensino.

Seguindo as competências propostas por Balve e Albert, o modelo procura agrupar as competências em áreas técnicas, metodológicas, sociais e pessoais focando em inovação no ensino, de forma que a parte prática tenha maior carga horária nas disciplinas. Atualmente, há predominância de 50% de conteúdo prático na matriz curricular da maioria dos cursos, porém é necessário destacar que nem sempre

é o percentual real, devido às restrições de laboratórios equipados e ambientes adequados.

Os autores avaliaram os resultados desse modelo na universidade de *Heilbronn* após 8 anos de sua existência, o projeto começou em 2011 com a proposta de estimular a aprendizagem e atender às expectativas no nível de qualificação, e nesse ano de 2019 realizaram a publicação dos resultados mensurados, concluindo que a fábrica de ensino contribuiu profundamente no conhecimento e habilidades adquiridas segundo as perspectivas dos alunos. Dessa forma, o modelo proposto para a UTFPR contempla as características de acordo com os atributos identificados por Balve e Albert em 2015.

Figura 16 – Atributos e características do Modelo UTFPR



Fonte: adaptado de Balve e Albert, 2015

## 7.1 COMPETÊNCIAS

Nessa seção aborda-se a forma de como as competências propostas para desenvolvimento poderão ser conectadas à trajetória dos alunos na graduação do curso. Assim, tem-se o modelo de Balve & Albert (2015) como fonte para utilização.

As áreas técnicas serão desdobradas durante o curso, a partir da introdução de matérias específicas da grade de engenharia de produção e sua validação na fábrica de ensino. Já as áreas metodológicas e sociais, necessitam de desenvolvimento constante ao longo de toda sua extensão, pois principalmente a parte social é a identificação de lacunas a serem preenchidas nas principais empresas

alemãs. Por fim, o âmbito pessoal pode ser influenciado fortemente pela motivação e capacidade dos professores despertarem essa vontade nos alunos, de buscar a excelência e a formação de sua personalidade.

A partir do modelo referenciado, é possível identificar em quais semestres do curso as competências serão desenvolvidas, traçar objetivos e planos de ação para que o ensino e aprendizado seja ainda mais eficaz, resultando em uma visão sistêmica para possíveis melhorias e avaliação de resultados.

**Tabela 2 – Conjunto de competências em categorias com conexão a grade curricular**

<b>Categori a</b>	<b>Competências requeridas</b>	<b>Contexto</b>	<b>Semestre</b>
Competências técnicas	Conhecimento avançado	Devido ao aumento da responsabilidade pelo trabalho, o conhecimento está se tornando cada vez mais importante	A partir do 5º semestre
	Habilidades técnicas	São necessárias habilidades técnicas abrangentes para mudar de tarefas operacionais para tarefas mais estratégicas	A partir do 5º semestre
	Entendimento do processo	Maior complexidade do processo exige uma compreensão mais ampla e profunda do processo	A partir do 5º semestre
	Habilidades de mídia	O aumento do trabalho virtual exige que os funcionários possam usar mídia inteligente, por exemplo, óculos virtuais	A partir do 1º semestre
	Habilidades de programação	O crescimento de processos digitalizados cria uma maior necessidade de funcionários com habilidades de codificação	A partir do 1º semestre
	Entendimento de segurança em TI	O trabalho virtual em servidores ou plataformas obriga os funcionários a estarem cientes da segurança cibernética	Não existente
Competências metodológicas	Criatividade	Necessidade de produtos mais inovadores, bem como de melhorias internas, requer criatividade	A partir do 1º semestre
	Pensamento empreendedor	Todos os funcionários com tarefas mais responsáveis e estratégicas devem agir como empreendedores	10º semestre
	Resolução de problemas	Os funcionários devem ser capazes de identificar fontes de erros e melhorar os processos	A partir do 6º semestre

	Resolução de conflitos	Uma maior orientação para o serviço aumenta o relacionamento com o cliente; conflitos precisam ser resolvidos	A partir do 7º semestre
	Tomada de decisão	Como os funcionários terão maior responsabilidade pelo processo, eles precisam tomar suas próprias decisões	A partir do 6º semestre
	Habilidades analíticas	Estruturação e análise de grandes quantidades de dados e processos complexos tornam-se obrigatórios	A partir do 6º semestre
	Habilidades de pesquisa	Precisa ser capaz de usar fontes confiáveis para aprendizado contínuo em ambientes em mudança	A partir do 2º semestre
	Orientação à eficiência	Problemas complexos precisam ser resolvidos de maneira mais eficiente, por exemplo, analisando quantidades crescentes de dados	A partir do 5º semestre
Competências sociais	Habilidades interculturais	Entendendo diferentes culturas, especialmente hábitos de trabalho divergentes, quando se trabalha globalmente	A partir do 3º semestre
	Habilidades de linguagem	Ser capaz de entender e se comunicar com parceiros e clientes globais	Não existente
	Habilidades de comunicação	Orientação ao serviço exige boa capacidade de escuta e apresentação, enquanto o aumento do trabalho virtual requer habilidades de comunicação virtual suficientes	1º semestre
	Habilidades de relacionamento	Trabalhar em uma cadeia de valor altamente globalizada e entrelaçada requer conhecimento em relacionamentos	3º semestre
	Capacidade de trabalhar em equipe	O trabalho em equipe crescente e o trabalho compartilhado em plataformas esperam a capacidade de seguir as regras da equipe	1º semestre
	Capacidade de ser comprometedor e cooperativo	Entidades ao longo de uma cadeia de valor desenvolvem-se para parceiros iguais; todo projeto precisa criar situações em que todos saem ganhando, especialmente em empresas com crescente trabalho de projeto	8º semestre
	Capacidade de transferir conhecimento	As empresas precisam manter o conhecimento dentro da empresa; especialmente com a atual mudança demográfica, o conhecimento explícito e tácito precisa ser trocado	8º semestre
	Habilidades de liderança	Tarefas mais responsáveis e hierarquias enxutas fazem com que todos os funcionários se tornem líderes	8º semestre

Competências pessoais	Flexibilidade	Aumentar o trabalho virtual faz com que os funcionários se tornem independentes e independentes do tempo; a rotação da tarefa de trabalho exige ainda que os funcionários sejam flexíveis com suas responsabilidades de trabalho	Não existente
	Tolerância à ambiguidade	Aceitar mudanças, especialmente alterações relacionadas ao trabalho devido à rotação de tarefas ou reorientações	6º semestre
	Motivação para aprender	Mudanças mais frequentes relacionadas ao trabalho tornam obrigatório que os funcionários estejam dispostos a aprender	8º semestre
	Capacidade de trabalhar sob pressão	Os funcionários envolvidos nos processos de inovação precisam lidar com o aumento da pressão, devido a ciclos de vida mais curtos do produto e redução do tempo de lançamento no mercado.	8º semestre
	Mentalidade sustentável	Como representantes de suas empresas, os funcionários também precisam apoiar iniciativas de sustentabilidade	6º semestre
	Conformidade	Regras mais rígidas para segurança de TI, trabalho com máquina ou horário de trabalho	Não existente

Fonte: adaptado de Balve e Albert, 2015

Apesar de existir muitas competências desenvolvidas nos semestres iniciais, há a necessidade de desenvolvê-las em conjunto, e a melhor forma identificada ocorre por meio das fábricas de ensino que são referência, interligando as disciplinas e conectando-as de forma a integrar um mesmo projeto e também até possuir uma mesma nota de avaliação de acordo com a média de avaliação dos professores envolvidos. Uma vez desenvolvido esse modelo, segue-se em busca de contemplar as tecnologias da indústria 4.0 em relação às competências chave desenvolvidas de acordo com o modelo de maturidade proposto.

## **7.2 TECNOLOGIAS INDÚSTRIA 4.0**

Nesta seção é abordado e exposto as tecnologias identificadas como elementos chave do sucesso da implementação da fábrica de ensino com aplicação da indústria 4.0 e seu desenvolvimento no modelo apresentado para a UTFPR campus Londrina.

### **7.2.1. Sistemas Ciber-físicos de Produção (CPPS)**

De acordo com o estudo realizado por L. Esterle e R. Grosu (2016) e por Schlaepfer e Koch (2015), pode-se concluir que uma das mudanças que pode ser introduzida pela Indústria 4.0 e um dos legados que ela pode deixar é a transformação do ambiente produtivo em um Sistemas Ciber-físicos de Produção, ambiente onde existe uma interação mais intensa entre o mundo físico e o digital e uma relação diferente entre homem-máquina e máquina-máquina, conectados por meio de um sistema de sensores e atuadores (GUIMARÃES, 2017).

Esse novo ambiente de produção é formado por módulos menores que já apresentam uma interface entre o digital e o físico, os chamados Sistemas Ciber-físicos de Produção.

### **7.2.2. Internet das coisas (IoT)**

Um dos fatores que viabiliza a conectividade e interação automatizada entre máquinas, e, portanto, o conceito e ideia de sistemas ciberfísicos de produção é a *Internet das Coisas*.

O termo Internet das Coisas (*Internet-of-Things - IoT*) faz referência à rede global que conecta objetos através de tecnologias de internet ao conjunto de tecnologias necessárias para criar essa interface ao conjunto de aplicações e serviços que permitem que essas tecnologias abram novos negócios e oportunidades de mercado (SILVA, 2015)

Desse modo, a *internet* se apresenta como fundamental para que a Indústria 4.0 se desenvolva, pois ela é o ponto de união entre todas as partes envolvidas nesse contexto.

Estas novas tecnologias que ganham espaço também merecem atenção especial, pelo fato do investimento que é necessário para que elas continuem surgindo e dado o quão fundamentais são para viabilizar um ambiente mais conectado.



### **7.2.3. Identificação por radiofrequência (RFID)**

A identificação de rádio frequência – RFID (*Radio Frequency Identification*) - é uma tecnologia que, assim como a Indústria 4.0, vem ganhando seu espaço e promete impactar a economia e diferentes indústrias em breve (Weis, 2006).

Como abordado por Weis (2006), embora apresente crescimento ao longo dos últimos anos e levar muitos a acreditar que fosse uma tecnologia nova proveniente da tendência introduzida pela Indústria 4.0, o RFID é uma tecnologia que já foi lançada anteriormente. Apesar disso, avanços no setor de tecnologia de produção de chips vêm fazendo com que o RFID fique cada vez mais prático e útil para novas aplicações, em particular na área de identificação individual de itens de bens de consumo. Esses avanços trazem consigo um grande potencial para revolucionar e realmente mudar a gestão de cadeias de suprimento, controle de estoque e, de maneira geral, a logística. (WEIS, 2006)

### **7.2.4. Comunicação por campo de aproximação (NFC)**

Segundo o NFC Forum (2017), o NFC (*Near Field Communication*) é uma tecnologia sem fio e de radio-frequência que possibilita a interação simples e segura entre dispositivos eletrônicos, complementando muitas outras tecnologias sem-fio consideradas populares.

Ainda de acordo com o NFC Forum (2017), sua comunicação bidirecional acaba sendo ideal para estabelecer conexões com outras tecnologias através simplesmente do toque entre dispositivos habilitados. Essa tecnologia permite que dois dispositivos consigam trocar informações dentro de uma pequena distância (4cm) em uma velocidade máxima de comunicação de 424 kbps.

Essa tecnologia permite que usuários utilizem um determinado dispositivo que seja compatível com a tecnologia em diferentes sistemas. Significando que esse dispositivo, desde um *smartphone* ou *tablet*, pode ser capaz de fazer transações e pagamentos, acessar informações rapidamente ou até mesmo servir como credenciais para acesso a um sistema de controle – tudo através de um toque entre o celular e o outro dispositivo respectivo.

No contexto da Indústria 4.0, o NFC tem a capacidade de conectar diferentes objetos dentro do ambiente da fábrica de uma maneira muito mais rápida, eficiente e prática.

### **7.2.5. Manufatura impressão 3D**

De acordo com S. Rommel e A. Fischer (2013), uma tecnologia que viabiliza a produção individual de peças e partes complexas é a chamada Manufatura Aditiva. Pois segundo Petrovic *et al.* (2011), esse modelo de manufatura oferece possibilidades diversas para a produção de um determinado produto, o que resulta em um potencial de mudar a logística e os requerimentos dos negócios. Além disso, dependendo do sistema de produção, a Manufatura Aditiva pode contribuir com a redução do tempo de chegada de um produto ao mercado e com a economia de matéria-prima. Esse fato tem um significado relevante para a Indústria 4.0 já que aborda a possibilidade de produção individualizada (GRIMM *et. al.*, 2015).

A Manufatura Aditiva é aquela que envolve a produção de um produto ou peça através da sobreposição de diferentes camadas de um material específico em uma maneira predeterminada. Existe realmente pouca ou nenhuma limitação em termos de liberdade em design que esse tipo de processo oferece (S. ROMMEL E A. FISCHER, 2013).

Em um cenário de aplicação da Manufatura Aditiva, os impactos em logística podem ser significativos, pelo fato dessa combinação permitir a produção a distância de peças complexas, possibilitando uma redução no *lead time* e o custo de desenvolvimento de produto.

De acordo com Guimarães (2017, p. 33-34) esses novos modelos de manufatura trazem consigo um novo conceito de fábrica, diferenciando do conceito que era antes o dominante, e conseqüentemente pode impor uma nova maneira de interação entre as pessoas que atuam na fábrica e a própria linha de manufatura.

Ainda Guimarães destaca que dessa forma, as pessoas que agora estarão sujeitas a esse novo tipo de interação precisam aprender e ser treinadas a interagir e se relacionar com a esse novo ambiente, precisam estar preparadas e saber lidar com tecnologias e um ambiente de fábrica totalmente novo, por isso a aprendizagem, treinamento e ensino deve ser aplicada em uma fábrica de ensino.

### **7.2.6. Robôs Autônomos**

De acordo com Gerbert *et. al.* (2015) dois termos são importantes para descrever o que seriam os robôs autônomos, dividindo-os em: *Knowledge Work Automation* (Automação do Trabalho de Conhecimento), que constitui sistemas que

estão interconectados e a partir do momento que um aprende todos os outros também aprendem e a inteligência artificial que é a criação de agentes com inteligência a nível de inseto para que possam tomar decisões rápidas sozinhos.

#### **7.2.7. Simulação**

A simulação utiliza o universo digital para modelar um cenário que represente possíveis situações antes de uma mudança, por exemplo. Pode-se utilizar dele para analisar como seria o desempenho do ambiente fabril com determinada máquina ou *layout* (GERBERT et. al., 2015).

#### **7.2.8. Realidade Aumentada**

Os sistemas baseados em realidade aumentada suportam uma variedade de serviços, como a seleção de peças em um armazém e o envio de instruções de reparo em dispositivos móveis. Esses sistemas estão atualmente em seu início, mas em breve, as empresas usarão muito mais a realidade aumentada para fornecer aos funcionários informações em tempo real para melhorar a tomada de decisões e os procedimentos de trabalho (GERBERT et. al., 2015).

#### **7.2.9. Análise de dados (*Big Data & Analytics*)**

A análise baseada em grandes conjuntos de dados surgiu apenas recentemente no mundo da manufatura, podendo otimizar a qualidade da produção, economizar energia e melhorar o serviço de equipamentos. Em um contexto da Indústria 4.0, a coleta e a avaliação abrangente de dados de muitas fontes diferentes, tanto para equipamentos quanto para sistemas de produção, bem como sistemas de gerenciamento corporativos e de clientes, se tornarão padrão para apoiar a tomada de decisões em tempo real (GERBERT et. al., 2015).

Com base nessa seção e as principais tecnologias apontadas da indústria 4.0, será possível conectá-las na fábrica de ensino junto às disciplinas, e assim proporcionar práticas que hoje não são adotadas pela limitação de espaço e conteúdo prático.

### **7.3 CICLO DE VIDA**

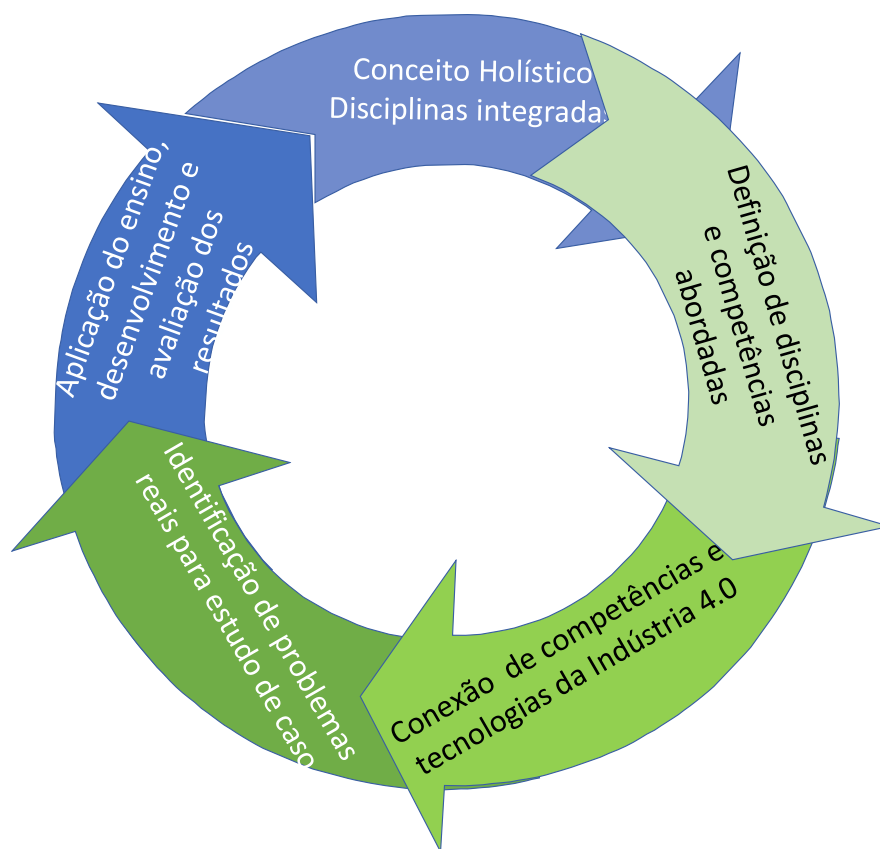
Em referências encontradas no CLF de 2015, encontra-se a ideia de o próprio laboratório ou fábrica de ensino possuir um ciclo de vida estimado, pois dessa forma a estruturação, concepção e implementação de novos processos, produtos e conceitos passarão a seguir o fluxo de acordo com um ciclo de vida estabelecido e

estabelecendo então sua relação de concepção do modelo, desenvolvimento, melhorias e programação do final do ciclo de vida.

Dessa forma, é inserido um fator de desafio constante para os professores e alunos, a fim de atualizar-se frente ao cenário mundial e trazer as tecnologias de ponta para estudos práticos.

Entende-se que dessa forma, o conteúdo será renovado com maior frequência, permitindo a abordagem mais complexa de vários temas relevantes para a formação do engenheiro de produção.

Figura 17 – Ciclo de vida da fábrica de ensino



Fonte: Do Autor, 2019

#### 7.4 MATRIZ CURRICULAR

A matriz curricular atual conforme Anexo A, contempla a engenharia básica nos primeiros semestres do curso, como princípios de álgebra linear, física, química e matérias introdutórias. Já nesse primeiro semestre, a disciplina de Computação 1 poderá ampliar a sua ementa ou dividir em dois semestres e iniciar o aprendizado de

linguagens de programação que integrarão a fábrica de ensino voltadas à indústria 4.0, introduzindo os conceitos que formarão o conhecimento acerca dos desafios encontrados para solução de problemas conectados em ambiente físico e virtual.

Além disso, cabe na proposta identificar matérias conceituais como Gestão de Projetos e Projeto de Produto e indicar a antecipação para semestres como 3º e 4º período ao invés do tradicional 6º e 7º semestre, a fim de introduzir conceitos importantes para as propostas de trabalho dentro do ambiente prático. Ainda nessa mudança, é importante destacar na nova ementa de Gestão de Projetos a inserção da metodologia ágil de projetos, pois demonstra evolução constante em empresas de tecnologias e traz resultados significativos na conclusão dos projetos.

Com essa abordagem teórica, no 2º ano do curso, haverá maior facilidade de aplicar os conhecimentos e habilidades adquiridas nas etapas de início dos projetos, nas quais exigem competências relacionadas a gestão de tempo, trabalho em equipe, comunicação e inovação. E ainda no 2º ano do curso em que há demanda de disciplinas relacionadas a área de Humanidades, Ciências Sociais e Cidadania pode ser abordado as práticas de liderança e comunicação juntamente com os projetos na fábrica de ensino.

A disciplina de automação, planejamento estratégico e gestão da inovação podem também ser facilmente inseridas antecipadamente no curso, para aplicação na fábrica de ensino através das abordagens tecnológicas, visão do negócio e criação de ideias, também podendo utilizar métodos com utilização de LEGO® que através do conceito de *design thinking* podem aprimorar a inovação.

Por meio dessa abordagem, as matérias mais específicas do curso poderão ser discutidas com maior propriedade nos últimos anos do curso, visto que as competências pessoais, de desenvolvimento e elementos chave já foram discutidos e dessa forma a aplicação do conceito principal da engenharia de produção será colocada em prática com casos reais, até mesmo com necessidades das indústrias parceiras.

Desenvolvendo a matriz curricular dessa forma, a gestão de custos, logística, planejamento e controle de produção, arranjo físico e pesquisa operacional serão facilmente integrados para que a parte prática ocupe a maior parte da carga horária da disciplina, focando a maior parte do tempo em desenvolver projetos na fábrica de

ensino com os professores que serão os mentores e apresentar os resultados para fins acadêmicos e industriais.

## **8. RESULTADOS ESPERADOS**

Seguindo o modelo proposto de fábrica de ensino, pode-se então definir métodos para avaliação dos seus resultados. Dessa forma, após a implementação deverá ser feita uma análise qualitativa semelhante à aplicada na universidade de Heilbronn, por meio de pesquisas com formandos, e também ao modelo proposto de garantia da qualidade segundo Plorin *et al.* (2015) em que se divide em três fases, antes da ação, ação e pós ação, através de questionários, observações, objetivos-alvo e reflexões. Todo esse contexto consistirá em verificar a percepção de melhora no ensino e de valor agregado à formação e posterior inserção no mercado de trabalho desses estudantes.

As competências sugeridas, servirão de base para sustentar o ensino com foco na interdisciplinaridade, o modelo holístico aplicado de forma a abranger conteúdos relevantes com um maior poder de aprendizado.

Ainda poderão ser mensurados o reconhecimento do curso e universidade no mercado de trabalho regional, e a percepção do entorno empresarial para as boas práticas da indústria 4.0. Outra possibilidade de ganho tangível, será o aumento de pesquisas acadêmicas e conseqüentemente o impulsionamento como um todo da universidade no quesito de publicações em revistas científicas, congressos e simpósios.

Por fim, o modelo de fábrica de ensino proposto explora as áreas de desenvolvimento humano que são as chaves para o sucesso em um ambiente organizacional e relacionará dessa forma a sua longevidade com base em resultados.

### **8.1 MEIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO**

No cenário atual de desenvolvimento econômico e político, é identificado como principal meio para implementação as alternativas privadas, pois são os principais reconhecedores e utilizadores dos benefícios gerados por meio desse modelo, comprovado o resultado em desenvolvimento de competências e habilidades tanto dos estudantes quanto os colaboradores que necessitam de treinamentos da área. Visto que mundialmente é aplicado nesses cenários de acordo com os estudos de

Kremier *et. al.* (2014) e Abele *et. al.* (2015) e todos os analisados nas conferências em fábricas de ensino a partir de 2015 até 2019.

A “Fábrica inteligente” criada pela USP em São Paulo, adotou incentivos através de parcerias privadas como participação no programa de fomento do Banco Santander em que houve aporte através do Santander e-grad, além de estabelecer parcerias com fornecimento de ferramentas, *softwares* e projetar os gastos com o orçamento disponível (CHENG, 2016)

Para o modelo aplicado em Londrina, existe a possibilidade de formar um grande grupo de empresas apoiadoras com ferramentas, máquinas, *softwares* e dessa forma reduzir os custos com a concepção. No polo de Londrina e região, há empresas multinacionais nos setores metalúrgicos, químicos, farmacêuticos, agroindustriais, e outros exemplos que demandam essa crescente necessidade de incorporar tecnologias da indústria 4.0 em seus processos produtivos, logísticos, controle, qualidade e integração com o mundo virtual. Para ser viabilizado, será necessário a construção de um *business case* com os professores especialistas em cada área e alunos que farão parte de toda concepção, com foco em prospectar a realização de parcerias em troca de conhecimento, desenvolvimento e pesquisas.

Esse é o melhor meio encontrado para implementação em um curto período de até 5 anos, visto que o cenário político está instável no momento e há grandes cortes no orçamento das universidades federais como um todo.



## **9. CONCLUSÃO**

Espera-se que através desse trabalho, o modelo proposto de uma fábrica de ensino com tecnologias e tendências da indústria 4.0 para aplicação no curso de Engenharia de Produção da UTFPR campus Londrina fundamente o início de um projeto disruptivo na formação dos engenheiros e tendo como foco a excelência em ensino. Além de melhorar continuamente o ensino teórico e prático no âmbito acadêmico, desenvolverá competências profissionais e poderá se tornar referência na esfera nacional para o impulsionamento da indústria 4.0 no Brasil.

Através dos estudos e pesquisas realizadas, pôde-se observar por meio de conferência mundial do tema, que o país ainda carece de investimentos e necessita de um plano de desenvolvimento para um tópico tão importante no crescimento da economia frente às novas tecnologias. Embora haja iniciativas já implementadas em algumas universidades do país como a USP, a concepção da fábrica de ensino ainda depende muito de parcerias privadas.

Para o modelo conceitual da fábrica de ensino em Londrina, é proposto um conceito holístico, que busca de forma aplicada a integração das disciplinas visto que os engenheiros de produção possuem uma ampla área de atuação e um mercado exigindo cada vez mais competências inter-relacionadas.

Conclui-se então que a fábrica de ensino poderá contribuir significativamente na aprendizagem, na nova abordagem didática, renovação do corpo docente, inovação em ambiente acadêmico, fomentar a indústria com novas perspectivas e soluções através da mudança na grade curricular e com introdução de conceitos com tecnologias da indústria 4.0, é esperado assim que a universidade contribua ativamente na formação dos novos engenheiros de produção e possibilite o seu crescimento exponencial.

## 10.REFERÊNCIAS

ABELE, E.; METTERNICH, J.; TISCH, M.; CHRYSSOLOURIS, G.; SIHN, W.; ELMARAGHY, H.; HUMMEL, V.; RANZ, F. **“Learning Factories for research, education, and training”**. *5th International Conference on Learning Factories Procedia CIRP*, p. 1-6, 2015.

BALVE P., ALBERT M., **Project-based Learning in Production Engineering at the Heilbronn Learning Factory**, *Procedia CIRP*, Volume 32, 2015, Pages 104-108. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827115005405>>. Acesso em: 06 de maio de 2019.

BALVE P., EBERT L., **Ex Post Evaluation of a Learning Factory – Competence Development Based on Graduates Feedback**, *Procedia Manufacturing*, Volume 31, 2019, Pages 8-13. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978919303658>>. Acesso em: 06 de maio de 2019.

BERTO, S. V. M. R.; NAKANO, N. D. **Metodologia da pesquisa e a Engenharia de Produção**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 18. Niterói, 1998. Anais. Niterói: UFF/ABEPRO, 1998.

BLANCHET *et al.* **INDUSTRY 4.0: The new industrial revolution How Europe will succeed**. Think Act. Roland Berger: Munique, 2014.

BRYMAN, A. **Research methods and organization studies**. London: Unwin Hyman, London, 1989.

CHENG, Y. C. **Fábrica POLI: Detalhamento de uma fábrica de ensino no contexto da Indústria 4.0** e. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2016.

CONRAD A., OBERC H., WANNOFFEL M., KUHLENKOTTER B., **Co-determination – An interdisciplinary concept to train PhD students from different disciplines**, *Procedia Manufacturing*, Volume 31, 2019, Pages 129-135. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235197891930383X>>. Acesso em: 06 de maio de 2019.

ESTERLE, L.; GROSU, R. **Cyber-physical systems: challenge of the 21st century**. 2016.

ELMARAGHY, H. *et al.* **Product variety management**. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, v. 62, n. 2, p. 629–652, 2013.

FIRJAN, Sílvio I. **Panorama da Inovação – Indústria 4.0**, Junho/2016. Disponível em: <<http://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-inovacao/industria-4-0.htm>> Acesso em: 24 de novembro de 2017.

GIL, C.A. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

**Disciplinas por semestre no curso de Engenharia de Produção UTFPR Londrina**, 2019. Disponível em:

<<http://www.utfpr.edu.br/londrina/cursos/bacharelados/Ofertados-neste-Campus/engenharia-da-producao/disciplinas-por-semester>>. Acesso em 08 de junho de 2019.

ENKE J., GLASS R., METTERMICH J., ***Introducing a Maturity Model for Learning Factories***, Procedia Manufacturing, Volume 9, 2017, Pages 1-8. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917301282>>. Acesso em: 06 de maio de 2019

EROL S. *et al.*, ***Tangible Industry 4.0: A Scenario-Based Approach to Learning for the Future of Production***, Procedia CIRP, Volume 54, 2016, Pages 13-18. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116301500>>. Acesso em: 06 de maio de 2019

GERBERT, Philipp *et. al.* ***Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries***, BCG. Disponível em: <[https://www.bcg.com/pt-br/publications/2015/engineered\\_products\\_project\\_business\\_industry\\_4\\_future\\_productivity\\_growth\\_manufacturing\\_industries.aspx](https://www.bcg.com/pt-br/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx)>. Acesso em: 06 de maio de 2019.

GUIMARÃES, M. O. ***Fábrica do Futuro POLI - Implementação de uma fábrica de ensino voltada para a Indústria 4.0*** e. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2017.

GRIMM, M.; CHRIST, A.; ANDERL, R. ***Distributed Additive Manufacturing - Concept for the Application of JT (ISO 14306) as Downstream Process Format***. ASME 2015 Internationals Design Engineering technical Conferences & Computers and Information Engineering Conference (IDETC/CIE), 2015.

HECKLAU F., GALEITZKE M., FLACHS S., KOHL H., ***Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0***, Procedia CIRP, Volume 54, 2016, Pages 1-6. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116308629>>. Acesso em: 06 de maio de 2019

HERMANN, M; PENTEK, T; OTTO, B. ***Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review***. 2015. Disponível em: <[http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4\\_0Scenarios.pdf](http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0Scenarios.pdf)>. Acesso em: 24 de novembro de 2017.

KAGERMANN, H.; WAHSTER, W.; HELBIG, J. ***Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0***. Acatech, pp. 13–78, 2013.

KREIMEIER, D. *et al.* ***Holistic Learning Factories – A Concept to Train Lean Management, Resource Efficiency as Well as Management and Organization Improvement Skills***. Procedia CIRP, v. 17, p. 184–188, 2014.

LANZA G., MINGES S., STOLL J., MOSER E., HAEFNER B. ***Integrated and Modular Didactic and Methodological Concept for a Learning Factory***, Procedia CIRP, Volume 54, 2016, Pages 136-140. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116308630>>. Acesso em: 06 de maio de 2019

NFC FORUM. **About the Technology: NFC and Contactless Technologies.** Disponível em: <https://nfc-forum.org/what-is-nfc/about-the-technology/>. Acesso em: 06 de maio de 2019.

PETROVIC, V *et. al.* **Additive layered manufacturing: sectors of industrial application shown through case studies.** Int. J. Prod. Res., vol.49, no.4, pp. 1061–1079, 2011.

PLORIN D., JENTSCH D., HOPF H., MULLER E., **Advanced Learning Factory (aLF) – Method, Implementation and Evaluation**, Procedia CIRP, Volume 32, 2015, Pages 13-18. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827115001973>>. Acesso em: 06 de maio de 2019

TISCH, M. *et al.* **A Systematic Approach on Developing Action-oriented, Competency-based Learning Factories.** Procedia CIRP, v. 7, p. 580–585, 2013.

ROMMEL, S.; FISCHER, A. **Additive Manufacturing - A Growing Possibility to Lighten the Burden of Spare Parts Supply**, Digital Product and Process Development Systems, 2013.

SCHLAEPFER, R. C.; KOCH, M. **Industry 4.0 – Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies.** Relatório Deloitte, Zurich, 2015.

SCHUH G., PROTE J., DANY S., CREMER S., MOLITOR M., **Classification of a Hybrid Production Infrastructure in a Learning Factory Morphology**, Procedia Manufacturing, Volume 9, 2017, Pages 17-24. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917301257>>. Acesso em: 06 de maio de 2019

SILVA, J. C. **Fábrica POLI: concepção de uma fábrica de ensino no contexto da indústria 4.0** e. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2015.

SIMONS S., ABÉ P., NESER S. **Learning in the AutFab – The Fully Automated Industrie 4.0 Learning Factory of the University of Applied Sciences Darmstadt**, Procedia Manufacturing, Volume 9, 2017, Pages 81-88. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917301415>>. Acesso em: 06 de maio de 2019

VEZA I *et. al.* **Development of Assembly Systems in Lean Learning Factory at the University of Split**, Procedia Manufacturing, Volume 9, 2017, Pages 49-56. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917301567>>. Acesso em: 06 de maio de 2019.

WAGNER U., ALGEDDAWY T., ELMARAGHY H., MYLLER E.. **The State-of-the-Art and Prospects of Learning Factories**, Procedia CIRP, Volume 3, 2012, Pages 109-114. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827112001928>> Acesso em: 06 de maio de 2019.

WEIS, S. A. *RFID Principles and Application*. MIT CSAIL, 2007.

## 11.ANEXO

### Disciplinas do 1º Período

Ref.	Nome da Disciplina	PR	Carga Horária (aulas)					TA (horas)
			AT	AP	APS	TA	CHS	
1.1	Introdução à Engenharia		34	0	2	36	2	30
1.2	Cálculo Diferencial e Integral 1		102	0	6	108	6	90
1.3	Química Geral		68	34	6	108	6	90
1.4	Computação 1		34	34	4	72	4	60
1.5	Comunicação Linguística		34	0	2	36	2	30
1.6	Introdução à Administração		51	17	4	72	4	60
<b>TOTAL</b>			<b>323</b>	<b>85</b>	<b>24</b>	<b>432</b>	<b>24</b>	<b>360</b>

### Disciplinas do 2º Período

Ref.	Nome da Disciplina	PR	Carga Horária (aulas)					TA (horas)
			AT	AP	APS	TA	CHS	
2.1	Cálculo Diferencial e Integral 2	1.2	68	0	4	72	4	60
2.2	Física 1		51	34	5	90	5	75
2.3	Desenho Técnico		17	34	3	54	3	45
2.4	Metodologia de Pesquisa	1.5	34	0	2	36	2	30
2.5	Geometria Analítica e Álgebra Linear		102	0	6	108	6	90
2.6	Economia		34	0	2	36	2	30
2.7	Humanidades, Ciências Sociais e Cidadania		34	0	2	36	2	30
<b>TOTAL</b>			<b>340</b>	<b>68</b>	<b>24</b>	<b>432</b>	<b>24</b>	<b>360</b>

### Disciplinas do 3º Período

Ref.	Nome da Disciplina	PR	Carga Horária (aulas)					TA (horas)
			AT	AP	APS	TA	CHS	
3.1	Equações Diferenciais Ordinárias	2.1; 2.5	68	0	4	72	4	60
3.2	Física 2		51	34	5	90	5	75
3.3	Mecânica Geral 1	2.2; 2.5	68	0	4	72	4	60
3.4	Princípios de Ciências dos Materiais	1.3	68	0	4	72	4	60
3.5	Probabilidade e Estatística		34	34	4	72	4	60
3.6	Teoria e Estratégias do Desenvolvimento Sustentável		17	17	2	36	2	30
3.7	Humanidades, Ciências Sociais e Cidadania		34	0	2	36	2	30
<b>TOTAL</b>			<b>340</b>	<b>85</b>	<b>25</b>	<b>450</b>	<b>25</b>	<b>375</b>

## Disciplinas por Semestre.pdf - Leitor

### Disciplinas do 4º Período

Ref.	Nome da Disciplina	PR	Carga Horária (aulas)					TA (horas)
			AT	AP	APS	TA	CHS	
4.1	Logística 1		34	34	4	72	4	60
4.2	Física 3		51	34	5	90	5	75
4.3	Planejamento Estratégico de Produção	1.8	34	34	4	72	4	60
4.4	Cálculo Numérico	1.4; 3.1	34	34	4	72	4	60
4.5	Mecânica Geral 2	3.3	68	0	4	72	4	60
4.6	Ergonomia		17	17	2	36	2	30
4.7	Humanidades, Ciências Sociais e Cidadania		34	0	2	36	2	30
<b>TOTAL</b>			<b>272</b>	<b>153</b>	<b>25</b>	<b>450</b>	<b>25</b>	<b>375</b>

### Disciplinas do 5º Período

Ref.	Nome da Disciplina	PR	Carga Horária (aulas)					TA (horas)
			AT	AP	APS	TA	CHS	
5.1	Princípios de Eletrotécnica	2.5; 4.2	34	34	4	72	4	60
5.2	Pesquisa Operacional 1	2.5	34	34	4	72	4	60
5.3	Gestão de Custos		17	17	2	36	2	30
5.4	Análise de Dados	3.5	34	34	4	72	4	60
5.5	Princípios dos Estudos de Tempos e Movimentos	4.6	34	34	4	72	4	60
5.6	Sistemas Produtivos 1	4.3	34	34	4	72	4	60
5.7	Fenômenos de Transportes	2.5; 3.2	34	17	3	54	3	45
<b>TOTAL</b>			<b>221</b>	<b>204</b>	<b>25</b>	<b>450</b>	<b>25</b>	<b>375</b>

### Disciplinas do 6º Período

Ref.	Nome da Disciplina	PR	Carga Horária (aulas)					TA (horas)
			AT	AP	APS	TA	CHS	
6.1	Princípios de Resistência dos Materiais	3.3	51	0	3	54	3	45
6.2	Pesquisa Operacional 2A		34	34	4	72	4	60
6.3	Sistemas Produtivos 2	5.6	34	34	4	72	4	60
6.4	Engenharia Econômica 1		34	34	4	72	4	60
6.5	Sistema de Gestão Ambiental		34	34	4	72	4	60
6.6	Projeto do Produto	2.3	34	34	4	72	4	60
6.7	Gestão da Qualidade de Vida no Trabalho		17	17	2	36	2	30
<b>TOTAL</b>			<b>238</b>	<b>187</b>	<b>25</b>	<b>450</b>	<b>25</b>	<b>375</b>

## Disciplinas por Semestre.pdf - Leitor

### Disciplinas do 7º Período

Ref	Nome da Disciplina	PR	Carga Horária (aulas)					TA (horas)
			AT	AP	APS	TA	CHS	
7.1	Gestão da Qualidade	7º P	34	34	4	72	4	60
7.2	Fundamentos de Engenharia de Segurança no Trabalho	4.6; 7º P	51	0	3	54	3	45
7.3	Planejamento e Controle da Produção 1		34	34	4	72	4	60
7.4	Gestão de Projetos		17	34	3	54	3	45
7.5	Logística 2	4.1	34	34	4	72	4	60
7.6	Métodos Estocásticos e Simulação		34	34	4	72	4	60
7.7	Automação da Produção	5.5	17	17	2	36	2	30
<b>TOTAL</b>			<b>221</b>	<b>187</b>	<b>24</b>	<b>432</b>	<b>24</b>	<b>360</b>

### Disciplinas do 8º Período

Ref.	Nome da Disciplina	PR	Carga Horária (aulas)					TA (horas)
			AT	AP	APS	TA	CHS	
8.1	Planejamento Estratégico		34	34	4	72	4	60
8.2	Ética Profissão e Cidadania	7º P	34	0	2	36	2	30
8.3	Planejamento e Controle da Produção 2	7.3	34	34	4	72	4	60
8.4	Desenho auxiliado por computador	2.3	34	34	4	72	4	60
8.5	Organização Sistemica do Trabalho		34	34	4	72	4	60
8.6	Metodologia aplicada ao TCC	7º P	17	17	2	36	2	30
8.7	Optativa 1	7º P	34	34	4	72	4	60
<b>TOTAL</b>			<b>221</b>	<b>187</b>	<b>24</b>	<b>432</b>	<b>24</b>	<b>360</b>

### Disciplinas do 9º Período

Ref.	Nome da Disciplina	PR	Carga Horária (aulas)					TA (horas)
			AT	AP	APS	TA	CHS	
9.1	Gestão da Manutenção	7º P	34	34	4	72	4	60
9.2	Gestão Mercadológica	7º P	34	34	4	72	4	60
9.3	Projeto de Fábrica e Arranjo Físico	5.5; 6.3	34	34	4	72	4	60
9.4	Comportamento Humano	7º P	34	34	4	72	4	60
9.5	TCC 1	8.6	0	17	55	72	4	60
9.6	Optativa 2	7º P	34	34	4	72	4	60
<b>TOTAL</b>			<b>170</b>	<b>187</b>	<b>75</b>	<b>432</b>	<b>24</b>	<b>360</b>



## Disciplinas por Semestre.pdf - Leitor

### Disciplinas do 10º Período

Ref.	Nome da Disciplina	PR	Carga Horária (aulas)					TA (horas)
			AT	AP	APS	TA	CHS	
10.1	Gestão da Inovação e da Tecnologia		34	0	2	36	2	30
10.2	Processos de Fabricação Mecânica		34	34	4	72	4	60
10.3	Empreendedorismo e Plano de Negócios		34	34	4	72	4	60
10.4	Sistemas de Informações Gerenciais		17	17	2	36	2	30
10.5	TCC 2	9.5	0	0	72	72	4	60
10.6	Gestão de Operações de Serviços		34	34	4	72	4	60
10.7	Optativa 3	7º P	34	34	4	72	4	60
<b>TOTAL</b>			<b>187</b>	<b>153</b>	<b>92</b>	<b>432</b>	<b>24</b>	<b>360</b>