



**COBENGE**  
2021

XLIX Congresso Brasileiro  
de Educação em Engenharia  
e IV Simpósio Internacional  
de Educação em Engenharia  
da ABENGE

28 a 30 de SETEMBRO

Evento Online

"Formação em Engenharia:  
Tecnologia, Inovação e Sustentabilidade"

## APRENDIZAGEM ATIVA NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2021.3420

Lucas Ribeiro Mata - lucasmata@usp.br

USP

Avenida Caxingui 306

05579-000 - São Paulo - SP

ROSELI DE DEUS LOPES - roseli.lopes@usp.br

Universidade de São Paulo USP

Av. Escola Politécnica 942

05350-000 - São Paulo - SP

**Resumo:** *A difusão das tecnologias digitais tem alterado profundamente a dinâmica das interações humanas em todas as dimensões da vida. A transformação digital é um dos principais desafios dos diferentes setores produtivos de cada país. Um dos maiores desafios para o Brasil é a formação de profissionais preparados para integrar equipes capazes de transformar o setor produtivo do país, elevando sua produtividade e competitividade. Neste contexto, foi criada a disciplina Desenvolvimento Integrado de Produtos, tendo como base pedagógica a aprendizagem ativa e foco no desenvolvimento de soluções por equipes multidisciplinares de estudantes a partir de problemas reais relacionados à transformação digital nas indústrias. O presente artigo tem por objetivo analisar o plano e o desenvolvimento da referida disciplina, destacando a aplicação da aprendizagem ativa e o seu papel no desenvolvimento de competências.*

**Palavras-chave:** *Aprendizagem Baseada em Projetos. Desenvolvimento de Produtos. Indústria 4.0.*

Promoção:



Realização:



## APRENDIZAGEM ATIVA NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0

### 1 INTRODUÇÃO

A difusão das tecnologias digitais na vida cotidiana e nas atividades produtivas têm provocado mudanças profundas na economia com destaque para o desenvolvimento de produtos e serviços. Neste sentido, políticas públicas de incentivo à transformação digital no setor industrial têm sido propostas em vários países com o objetivo de manter a competitividade e produtividade da economia no âmbito global. No Brasil, este processo de transformação do setor industrial ficou conhecido como "indústria 4.0", termo utilizado pela Alemanha para designar seu programa de desenvolvimento industrial lançado em 2011 (*Bundesministerium für Bildung und Forschung*, 2020). Nos Estados Unidos, a tendência de transformação tecnológica do setor industrial ficou conhecida como "industrial internet" (Industrial Internet Consortium, 2020). O termo indústria 4.0 passou a designar um estado futuro da indústria com a incorporação de tecnologias como inteligência artificial, computação em nuvem, internet das coisas, realidade virtual, manufatura aditiva, digital twin, big data e sistemas ciber-físicos (SCHWAB, 2019). De modo geral, a principal estratégia da transformação tecnológica na indústria consiste em incrementar a eficiência, produtividade, segurança e transparência no setor (STOCK; SELIGER, 2016).

O termo "quarta revolução industrial" tem sido constantemente utilizado para designar as profundas transformações que a difusão das novas tecnologias digitais está provocando no campo social, econômico e político (BRETELL et al, 2014). Com a introdução de políticas nacionais de incentivo, iniciou-se uma corrida tecnológica mundial visando uma produção inteligente e a criação de novos produtos e serviços a partir da incorporação das novas tecnologias (STOCK; SELIGER, 2016; YANG, 2017).

A situação do Brasil nesta corrida foi indicada no relatório *Readiness for the Future of Production* (2018), publicado pelo Fórum Econômico Mundial com a proposta de analisar o posicionamento de cada uma das 100 maiores economias (responsáveis por 96% do PIB global) no desafio da indústria 4.0. Neste relatório, o país foi incluído no grupo de economias com base produtiva incipiente e nível de preparo ainda pequeno. Ao observar os conjuntos de indicadores avaliados na elaboração do relatório, é possível constatar que o Brasil obteve o seu pior desempenho nos indicadores relativos ao capital humano, atingindo a 74ª posição dentre os países avaliados. Tal posição alerta para a necessidade de novas estratégias e políticas educacionais direcionadas ao desenvolvimento de habilidades e competências nas instituições de ensino brasileiras em todos os níveis de formação.

Tendo em vista a transformação digital do setor produtivo global e a crescente demanda pela formação de profissionais preparados para enfrentar os desafios deste processo de transformação no setor produtivo brasileiro, foi criada a disciplina de graduação "Desenvolvimento Integrado de Produtos" no ano de 2013 na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. A criação da disciplina teve como base pedagógica metodologias baseadas na aprendizagem ativa e como exemplo a disciplina *Global New Product Design Innovation* da Stanford University. Desde o seu primeiro oferecimento, no primeiro quadrimestre de 2014, a disciplina integra a rede *Global New Product Design Innovation* e, a partir de 2016, passou a integrar também a rede da Aalto Design Factory Global Network. A disciplina tem como foco o desenvolvimento de soluções por equipes multidisciplinares de estudantes a partir de problemas reais relacionados à transformação digital nas indústrias, sendo aberta aos estudantes de todos os cursos da Universidade de

São Paulo, sendo de escolha livre com oferta regular no primeiro quadrimestre letivo do calendário da graduação.

O presente artigo tem por objetivo apresentar uma breve análise do plano e desenvolvimento da disciplina, tendo como base a perspectiva da aprendizagem ativa e o oferecimento do curso no primeiro quadrimestre letivo de 2020 (sétimo oferecimento da disciplina). A análise foi elaborada pelo autor do presente artigo a partir de sua experiência e vivência como monitor da disciplina no referido oferecimento.

## 2 METODOLOGIA

O aprendizado baseado em projetos (Project based learning - PBL) é uma das principais estratégias pedagógicas da aprendizagem ativa, sendo a principal estratégia adotada pela disciplina. A aprendizagem ativa pode ser definida como "conjunto de ações, ou eventos, planejados de forma que os participantes se sintam motivados a processar, aplicar, interagir e compartilhar suas experiências, como parte do processo educacional" (Florida State University, 2010). No campo da aprendizagem ativa não há técnicas de ensino e sim estratégias como uma forma de decidir sobre um conjunto de disposições que favoreçam o alcance dos objetivos educacionais do estudante (ELMOR et al, 2019). Além da aprendizagem baseada em projetos, há também outras estratégias que podem ser adotadas em conjunto pelo docente para o completo desenvolvimento das competências previstas no curso. Apesar das diferenças, as estratégias possuem como principal característica o envolvimento dos estudantes no desenvolvimento das tarefas, estimulando o pensamento crítico e criativo sobre a atividade que está sendo realizada (BONWELL; EISON, 1991).

Uma das principais características da aprendizagem baseada em projetos é o desenvolvimento de múltiplas habilidades e competências, destacando-se a habilidade de pesquisa científica, capacidade de formular hipóteses e criar estratégias para coleta e análise de dados (ELMOR et al, 2019). De modo geral, nesta estratégia, os estudantes, reunidos em grupos, desenvolvem um projeto a partir de um problema real ou simulado. Sendo assim, o docente responsável deve assumir o papel de orientador, monitorando cada um dos grupos no desenvolvimento de suas atividades.

Adotando como metodologia pedagógica a aprendizagem ativa, a disciplina Desenvolvimento Integrado de Produtos tem por objetivos:

1. Conceituar o processo de desenvolvimento integrado de produtos visando resolução de problemas complexos de engenharia que exigem abordagem multidisciplinar.
2. Conceituar as abordagens de design centrado no usuário e de identificação e de gestão de requisitos.
3. Apresentar métodos, técnicas e ferramentas para o desenvolvimento integrado de produtos.
4. Apresentar ferramentas e processos para a prototipação digital e para a prototipação rápida.
5. Discutir abordagens para trabalho em equipes multidisciplinares de maneira efetiva para solução de problemas complexos de engenharia.
6. Apresentar exemplos práticos de desenvolvimento de produtos inovadores.

A plataforma Moodle é utilizada para organização do conteúdo programático da disciplina, sendo também um repositório de materiais didáticos e um meio de comunicação

(envio de trabalhos, feedbacks das entregas, mensagens aos grupos e avisos gerais). O conteúdo é disponibilizado em função da programação da disciplina. Com isso, os estudantes podem conhecer previamente o conteúdo e objetivos de cada um dos encontros planejados. A disciplina abordou os seguintes tópicos:

1. Importância do desenvolvimento de produtos e exemplos de produtos de sucesso.
2. Visão do ciclo de vida de produtos.
3. Sistemas produto-serviço (*Product Service Systems - PSS*).
4. Processo integrado para o desenvolvimento de produtos.
5. Times multidisciplinares para o desenvolvimento de produtos.
6. Design centrado no usuário e design thinking.
7. Gestão de requisitos.
8. Métodos, técnicas e ferramentas para o desenvolvimento integrado de produtos.
9. Gestão de dados de produto e sistemas *Product Lifecycle Management (PLM)*.
10. Prototipação digital.
11. Prototipação rápida e impressão 3D.
12. Métodos para avaliação de protótipos com usuários.

Na disciplina, todas as aulas são iniciadas pela exposição do conteúdo programado para o dia (duração média de 30 minutos) e, na sequência, os estudantes organizados em seus grupos trabalham no desenvolvimento do projeto na perspectiva do conteúdo apresentado. A organização dos grupos é realizada nas primeiras aulas, sendo classificada como a primeira missão dos estudantes na disciplina: formação dos grupos e seleção do tema de trabalho.

Os temas de trabalho consistem em problemas reais do setor industrial brasileiro relacionados aos desafios tecnológicos da indústria 4.0. A disciplina possui parcerias com empresas para que problemas reais do seu cotidiano possam ser utilizados como desafios dentro da proposta de aprendizado. Sendo assim, os estudantes podem interagir diretamente com as empresas, realizando reuniões, visitas técnicas, coletas de dados e discussões sobre os problemas indicados e suas potenciais soluções.

Como forma de incentivar os estudantes e promover o compartilhamento do aprendizado adquirido, algumas aulas são dedicadas à apresentação do estágio de desenvolvimento dos projetos. Além disso, a programação da disciplina foi elaborada de modo a posicionar os estudantes como principais atores no processo de aprendizagem. Cada aula possui objetivos e metas bem definidas, conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1 - Programação da disciplina.

Aula(s)	Descrição
1	Apresentação da disciplina em relação a sua metodologia, planejamento e objetivos de aprendizagem.
2	Visita aos laboratórios disponibilizados aos estudantes para o desenvolvimento das soluções de seus projetos.
3	Primeira missão - formação das equipes e seleção dos temas de trabalho.
4 e 5	Segunda missão - início do projeto com a definição dos stakeholders, needfinding e benchmark.

6	Definição dos requisitos funcionais, físicos e de desempenho.
7	Elaboração do relatório com as definições iniciais do projeto (tópicos das aulas anteriores).
8	Finalização da segunda missão com entrega do relatório.
9 a 11	Terceira missão - processo de ideação e definição da função crítica do projeto.
12 a 14	Quarta missão - prototipagem da função crítica. Implementação do primeiro protótipo do projeto.
15	Apresentação das técnicas de apresentação boas práticas de comunicação.
16	Conclusão da quarta missão - apresentação do primeiro protótipo implementado.
17 a 21	Quinta missão - desenvolvimento da arquitetura da solução. Apresentação dos princípios da indústria 4.0: flexibilidade, sustentabilidade, modelos de negócio e digitalização.
22 a 24	Sexta missão - desenvolvimento do protótipo integrado com base na arquitetura proposta na quinta missão.
25	Conclusão da sexta missão - apresentação do protótipo integrado.
26 a 32	Sétima missão - desenvolvimento do protótipo final.
33	Conclusão da sétima missão - apresentação do protótipo final.
34	Encerramento da disciplina com reflexões sobre o aprendizado e as experiências adquiridas no desenvolvimento dos projetos.

Como a disciplina é cursada por estudantes de cursos de graduação de diferentes áreas do conhecimento, há uma regra essencial para formação dos grupos: diversidade de cursos. Com base na lista de inscritos, são realizados cálculos dos percentuais de estudantes de diferentes cursos que devem estar presentes em cada um dos grupos formados. Além disso, cada grupo tem o apoio de um monitor, um estudante de pós-graduação da Escola Politécnica designado para auxiliar na orientação dos projetos.

Para construção dos protótipos, os grupos dispõem de recursos existentes nos laboratórios utilizados pela disciplina. Além disso, os grupos possuem uma dotação orçamentária, sendo definida no início da disciplina. A prestação de contas é uma atividade obrigatória no decorrer do projeto, todos os gastos devem ser realizados conforme procedimentos definidos pela entidade responsável pela gestão dos fundos de custeio da disciplina.

Para realização das aulas, em tempos de atividades presenciais, a disciplina utiliza uma sala de aula do Departamento de Engenharia de Produção que permite a organização dos grupos em diferentes pontos da sala. Nas aulas são disponibilizados recursos, tais como *flip-charts*, adesivos, canetas e cartolinas, para que os grupos possam utilizar diferentes abordagens e técnicas no desenvolvimento das suas ideias. No desenvolvimento dos projetos, os estudantes podem acessar o Centro Interdisciplinar de Tecnologias Interativas (CITI - USP), o INOVALAB da Poli, OCEAN Samsung e a Fábrica do Futuro (Inova USP). A aula 2 é dedicada a uma visita nestes espaços de modo que os estudantes conheçam os recursos e equipamentos disponíveis.

Com a disseminação do novo coronavírus no Brasil em março de 2020, a disciplina iniciou de modo presencial, mas teve que ser alterada para o formato virtual. O processo

repentino de digitalização representou um desafio aos estudantes e professores visto que o curso tem como uma de suas principais características a forte interação entre estudantes no processo de aprendizagem mão na massa. Uma lista de ferramentas virtuais com diferentes propósitos foi elaborada e disponibilizada aos estudantes como forma de auxiliá-los na seleção dos ambientes virtuais utilizados para desenvolvimento das atividades previstas.

A avaliação de desempenho dos estudantes é realizada por meio da análise das missões entregues. As análises são realizadas pelos professores e monitores com base nos objetivos propostos para cada missão, sendo enviados feedbacks aos estudantes após o processo de análise. Na apresentação final do projeto, além dos professores e monitores, há também a presença de membros das empresas parceiras e especialistas do mercado para oferecer feedbacks baseados em diferentes perspectivas. Os estudantes também participam do processo de avaliação nas aulas de apresentação, tendo a oportunidade de enviar feedbacks aos demais grupos.

No oferecimento do primeiro quadrimestre de 2020, os estudantes foram divididos em nove grupos, tendo a oportunidade de selecionar um dentre os seguintes temas propostos:

1. Empresa A: inspeção de produtos e pallets.
2. Empresa B: aplicativo de apoio para 5S;
3. Empresa C: inspeção de qualidade de baralhos;
4. Empresa D: inspeção de placas;
5. Empresa E: localização de equipamentos na planta;
6. Empresa F: picking de produtos;
7. Empresa G: coleta de dados de ferramentas / meios de produção;
8. Empresa H: reciclagem de embalagens de consumo;
9. Empresa I: automação de processo.

Para realização da disciplina no contexto da indústria 4.0, os professores realizaram uma prospecção de empresas em diferentes setores produtivos de modo que os estudantes pudessem desenvolver projetos relacionados aos desafios da inclusão das novas tecnologias digitais na indústria. A diversidade de problemas e de empresas contribui para um maior aprendizado coletivo ao longo do curso, despertando o interesse dos estudantes pelos projetos desenvolvidos por outras equipes.

Os professores estabelecem os requisitos de cada missão, as expectativas em relação à sua conclusão, e os estudantes são responsáveis pela definição dos materiais, arquitetura, técnicas e métodos utilizados no desenvolvimento das soluções. Desse modo, os professores assumem o papel de facilitadores e supervisores, enquanto os estudantes são os principais atores no processo de aprendizagem.

Na conclusão da disciplina, os estudantes devem submeter um relatório final do projeto e realizar uma autoavaliação da equipe, indicando o grau de envolvimento de cada estudante no desenvolvimento do projeto. O indicador de participação é utilizado como referência na atribuição da nota final para cada estudante. Estas tarefas finais são também missões, o relatório é a oitava missão e a autoavaliação acompanhada da prestação de contas é a nona e última missão de cada grupo.

### 3 RESULTADOS

Apesar dos desafios relacionados à mudança no formato de oferecimento da disciplina com a pandemia, os estudantes deram continuidade aos projetos e todos os grupos conseguiram implementar seus protótipos. Com o distanciamento social, os recursos e equipamentos dos laboratórios foram disponibilizados de modo mais restrito, mas, ainda assim, muitos grupos conseguiram requisitar materiais e usar equipamentos na construção de seus protótipos. Em relação à qualidade dos protótipos, nenhuma das soluções ficou abaixo das expectativas previstas inicialmente no curso. Uma das principais dificuldades encontradas foi na realização de testes nos protótipos, no entanto os estudantes contornaram esta barreira de modo criativo com a elaboração de testes alternativos utilizando os recursos disponíveis em suas próprias casas.

Um recurso bastante utilizado ao longo do desenvolvimento dos projetos foi a documentação do protótipo e dos seus testes por meio de recursos audiovisuais. A utilização destes recursos facilitou o processo de comunicação entre os integrantes de cada grupo e a sua interação com professores e monitores.

A adoção da aprendizagem ativa como metodologia pedagógica consolidou a disciplina como uma referência pelo estímulo ao desenvolvimento de múltiplas habilidades e competências nos estudantes, realização de parcerias com organizações do setor produtivo, construção de protótipos para demandas reais, uso intensivo dos laboratórios, multidisciplinaridade dos grupos e gestão financeira de projetos.

Os estudantes foram estimulados a trabalhar em equipe numa perspectiva multidisciplinar, utilizar uma abordagem criativa na busca de soluções, desenvolver boa capacidade de comunicação, obter conhecimento do mercado/cliente e empreender soluções criativas para problemas reais.

No oferecimento de 2020, 64 estudantes cursaram a disciplina e foram desenvolvidos 9 projetos. A maioria (>50%) eram estudantes dos cursos de engenharia, tendo participação expressiva também de estudantes dos cursos de arquitetura, design, economia, administração e ciências contábeis.

Com o oferecimento de 2020, a disciplina consolidou sua sétima edição. Ao longo destes oferecimentos, foram obtidos resultados significativos, sendo estes:

- 425 estudantes cursaram a disciplina.
- 61 projetos desenvolvidos baseados em problemas reais envolvendo parceiros externos.
- 3 registros de propriedade intelectual depositados no Instituto Nacional da Propriedade Intelectual (INPI).
- 2 startups formadas a partir da disciplina.
- Prêmio de Inovação no Ensino, reconhecimento oferecido pela Escola Politécnica.
- Parcerias internacionais: Stanford University e Aalto Design Factory. A parceria internacional com a Stanford University possibilitou que estudantes do curso pudessem realizar intercâmbio para o desenvolvimento conjunto do projeto.

Além dos aspectos mencionados, a disciplina contribui para destacar a importância da inovação e do trabalho multidisciplinar, desenvolver uma cultura maker, incentivar talentos para a digitalização da economia brasileira, valorizar a experiência e vivência na aprendizagem.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseada na aprendizagem ativa, a disciplina é caracterizada por aulas teórico-práticas e pelo desenvolvimento de um projeto de produto em equipe. Os projetos são baseados em problemas reais, complexos e multidisciplinares. Os estudantes são desafiados no desenvolvimento de uma solução viável técnica e economicamente, interagindo diretamente com agentes do setor produtivo para compreensão e análise das diferentes perspectivas e requisitos relacionados ao problema. O resultado final do projeto é um protótipo funcional e um relatório técnico da solução proposta.

Os resultados alcançados pela disciplina ao longo dos anos indicam que a aprendizagem ativa possui um papel estratégico na formação de profissionais de engenharia preparados para lidar com os desafios da economia digital. Tais profissionais são imprescindíveis para que o Brasil alcance êxito no processo de transformação digital dos setores produtivos, avançando em termos de produtividade e competitividade.

O desenvolvimento de múltiplas habilidades e competências é fundamental na formação de engenheiros capazes de produzir conhecimento, desenvolver tecnologias e inovações. Neste sentido, as novas Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia (Ministério da Educação, 2020), instituídas em 2019, destacam a importância da implementação de metodologias de ensino baseadas na aprendizagem ativa com intuito de promover uma educação centrada no estudante e preocupada com o desenvolvimento de competências.

#### **Agradecimentos**

Ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, para a realização do presente trabalho.

#### REFERÊNCIAS

BONWELL, C. EISON, J. **Active learning: Creating excitement in the classroom**. ASHE-ERIC Higher Education Report, n. 1. Washington, DC: George Washington University, 1991.

BRETELL, M. *et al.* How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: an industry 4.0 perspective. **International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering**. v. 8. p. 37-44. 2014.

Bundesministerium für Bildung und Forschung. **Industrie 4.0**. Disponível em: <<https://www.bmbf.de/de/zukunftsprojekt-industrie-4-0-848.html>>. Acesso em 21 de maio de 2020.

ELMOR, Gabriel et al. **Uma Nova Sala de Aula é Possível - Aprendizagem Ativa na Educação em Engenharia**. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2019.

**Industrial Internet Consortium**. Disponível em: <<https://www.iiconsortium.org/>>. Acesso em: 20 jul. 2020.

INSTRUCTION at FSU: **A Guide to Teaching and Learning Practices**. Center for Teaching & Learning, 6th edition, Florida State University, 2010.



Ministério da Educação (MEC). **Relatório de elaboração das Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia.** Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/docman/marco-2019-pdf/109871-pces001-19-1/file>>. Acesso em: 24 jul. 2020.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial.** 1 ed. São Paulo: Edipro, 2019.

STOCK, T. SELIGER, G. Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. **Procedia CRP.** v. 40. p. 536-541. 2016.

YANG, L. Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. **Journal of Industrial Information Integration.** v. 6. p. 1-10. 2017.

## ACTIVE LEARNING IN PRODUCT DEVELOPMENT IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0

**Abstract:** *The diffusion of digital technologies has profoundly altered the dynamics of human interactions in all life dimensions. Digital transformation is one of the main challenges for the different productive sectors in each country. One of the biggest challenges for Brazil is the training of professionals prepared to integrate teams capable of transforming the country's productive sector, increasing its productivity and competitiveness. In this context, the Integrated Product Development course, based on active learning, focus on the development of solutions by multidisciplinary student teams based on real problems related to digital transformation in industries. This article aims to analyze the plan and development of that discipline, highlighting the application of active learning and its role in the development of skills.*

**Keywords:** *Project-Based Learning. Product Development. Industry 4.0.*