



APRENDIZAGEM ATIVA EM ENGENHARIA BASEADA EM DADOS INDUSTRIAIS REAIS: UMA PROPOSTA PEDAGÓGICA

ACTIVE LEARNING IN ENGINEERING BASED ON REAL-WORLD INDUSTRIAL DATA: A PEDAGOGICAL PROPOSAL

DOI: 10.5281/zenodo.20279341



Jaime Ranulfo Leite Filho¹
Norberto Aranha²

RESUMO

O ensino de engenharia tem sido desafiado a superar abordagens predominantemente conteudistas, que frequentemente utilizam problemas idealizados e dados artificiais, limitando o desenvolvimento de competências exigidas pelo contexto profissional contemporâneo. Diante desse cenário, este artigo apresenta uma proposta pedagógica baseada no uso sistemático de dados industriais reais, a partir da recontextualização educacional de um Template de Manufatura Avançada originalmente desenvolvido e validado em ambiente industrial. Fundamentada nos princípios da aprendizagem ativa, da aprendizagem experiencial, da aprendizagem baseada em problemas, do modelo CDIO e do alinhamento construtivo, a proposta organiza-se em módulos progressivos que acompanham o ciclo completo de análise, diagnóstico, intervenção e avaliação de sistemas produtivos. As atividades utilizam indicadores reais de desempenho, representações gráficas e ferramentas típicas da prática da engenharia, promovendo experiências de aprendizagem contextualizadas e autênticas. O estudo, de natureza teórico-propositiva, contribui ao evidenciar o potencial de artefatos industriais como mediadores pedagógicos, aproximando a formação acadêmica da realidade profissional e favorecendo o desenvolvimento de competências analíticas, sistêmicas, colaborativas e decisórias no ensino de engenharia.

Palavras-chave: Educação em engenharia; Aprendizagem ativa; Dados industriais reais; Indústria 4.0; Desenvolvimento de competências.

1 Doutor em Sistemas de Informação pela Universidade de São Paulo. Professor de graduação na Universidade de Sorocaba. E-mail: aime.filho@prof.uniso.br

2 Doutor em Ciências pela Universidade de Campinas – Unicamp. Docente do Programa de Pós-Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais (Mestrado e Doutorado Interdisciplinar) da Universidade de Sorocaba, Sorocaba-SP. E-mail: norberto.aranha@prof.uniso.br.

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v.4 n.5 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)





ABSTRACT

Engineering education has been challenged to overcome predominantly content-centered approaches, which often rely on idealized problems and artificial data, limiting the development of competencies required in contemporary professional contexts. In response to this challenge, this paper presents a pedagogical proposal based on the systematic use of real-world industrial data through the educational recontextualization of an Advanced Manufacturing Template originally developed and validated in an industrial environment. Grounded in principles of active learning, experiential learning, problem-based learning, the CDIO framework, and constructive alignment, the proposal is structured into progressive modules that follow the complete cycle of analysis, diagnosis, intervention, and performance evaluation of production systems. The learning activities employ real performance indicators, graphical representations, and engineering tools commonly used in professional practice, fostering authentic and contextualized learning experiences. As a theoretical-propositional study, this work highlights the potential of industrial artifacts as pedagogical mediators, strengthening the connection between academic training and professional practice while supporting the development of analytical, systemic, collaborative, and decision-making competencies in engineering education.

Keywords: Engineering education; Active learning; Real-world industrial data; Industry 4.0; Competency development.

INTRODUÇÃO

Na área das engenharias tem-se discutido a necessidade de mudanças nas práticas pedagógicas, visando aproximar as atividades realizadas em sala de aula da realidade profissional contemporânea (Felder & Brent, 2016; Hernández De Menéndez et al., 2019). Ainda é comum, durante as aulas, a utilização de exercícios idealizados ou a análise de dados simplificados, o que tende a restringir o desenvolvimento da análise crítica e da capacidade de resolução de problemas complexos, competências cada vez mais presentes e necessárias na atuação do profissional da atualidade (Mourtzis et al., 2018).

A utilização de dados reais permite ao estudante compreender com maior clareza a aplicação dos conceitos estudados, superando abordagens centradas apenas na aplicação mecânica de fórmulas cujos resultados algébricos, muitas vezes, carecem de significado prático. A busca por um ensino mais significativo, que favoreça a interpretação de dados, a tomada de decisão e a reflexão crítica, demanda experiências de aprendizagem mais realistas e contextualizadas (Prince & Felder, 2006; Kolb & Kolb, 2017).





Nesse contexto, a utilização de dados obtidos diretamente do “chão de fábrica” possibilita discutir a aplicação concreta dos conceitos, promovendo a reflexão dos estudantes sobre diferentes soluções possíveis a partir da articulação de conhecimentos técnico-científicos e matemáticos para a análise fundamentada dos problemas e a proposição de intervenções (Kolb, 1984; Sukacké et al., 2022).

Essa abordagem dialoga diretamente com os avanços tecnológicos associados ao paradigma da Indústria 4.0, como a Internet das Coisas, os sistemas ciberfísicos, a computação em nuvem e a crescente necessidade de análise de dados em tempo real (Lasi et al., 2014; Frank, Dalenogare & Ayala, 2019). Tais transformações têm ampliado o conjunto de competências exigidas do engenheiro, uma vez que as demandas atuais extrapolam o domínio técnico tradicional, incorporando competências de caráter analítico, sistêmico, colaborativo e decisório (Hernández De Menéndez et al., 2019; Theobald et al., 2020).

Apesar dessa realidade, ainda se observa no ensino de engenharia a predominância de modelos pedagógicos de caráter conteudista, nos quais a resolução de problemas descontextualizados funciona essencialmente como treinamento da aplicação de fórmulas. Esse tipo de prática mostra-se limitado quando se busca preparar o estudante para a complexidade e a dinâmica do mercado profissional atual (Felder & Brent, 2016). Em resposta a essas limitações, têm ganhado destaque propostas baseadas em metodologias de aprendizagem ativa, especialmente aquelas orientadas ao desenvolvimento de competências e habilidades profissionais (Mulder, 2014), como a aprendizagem baseada em projetos e desafios, que favorecem o trabalho em equipe, a resolução de problemas reais e o desenvolvimento de competências sociotécnicas (Lavado-Anguera et al., 2024; Leles et al., 2024).

As abordagens metodológicas contemporâneas enfatizam a experiência, a vivência concreta aliada à reflexão sistemática e a resolução de problemas reais em situações contextualizadas, favorecendo discussões colaborativas e aprendizagens mais profundas (Kolb & Kolb, 2017; Sukacké et al., 2022). Nesse sentido, modelos curriculares como o CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate) propõem estruturar a formação em engenharia em





torno de ciclos completos de concepção, desenvolvimento e operação de sistemas, aproximando o processo formativo das práticas profissionais (Crawley et al., 2014).

Apesar dos avanços proporcionados por essas abordagens, observa-se que muitas iniciativas ainda recorrem a simulações simplificadas ou a dados hipotéticos, que não reproduzem de forma adequada a variabilidade, as restrições e a incerteza características dos sistemas produtivos reais. Essa limitação pode comprometer a transferência do conhecimento acadêmico construído em sala de aula para contextos profissionais concretos (Mourtzis et al., 2018).

Diante desse cenário, o presente artigo propõe a utilização de um Template de Manufatura Avançada, originalmente desenvolvido e validado em ambiente industrial, como base para a construção de um ambiente de aprendizagem ativa no ensino de engenharia. Ao ser recontextualizado pedagogicamente, esse artefato viabiliza o uso sistemático de dados industriais reais no contexto educacional, contribuindo para a aproximação entre a formação acadêmica e a prática profissional.

Do ponto de vista metodológico, o estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza teórico-propositiva. A elaboração da proposta pedagógica resultou de um processo estruturado em quatro etapas articuladas: inicialmente, realizou-se uma análise da literatura relacionada à aprendizagem ativa, à aprendizagem experiencial, à aprendizagem baseada em problemas, ao modelo CDIO e ao alinhamento construtivo no ensino de engenharia; em seguida, foram identificados princípios pedagógicos recorrentes associados ao desenvolvimento de competências em contextos profissionais complexos; posteriormente, procedeu-se à recontextualização educacional de um Template de Manufatura Avançada desenvolvido em ambiente industrial; por fim, a proposta pedagógica foi sistematizada em módulos de ensino alinhados aos objetivos de aprendizagem, às atividades didáticas e às estratégias de avaliação, buscando assegurar coerência interna e aderência às demandas contemporâneas da formação em engenharia (Biggs, 1996).





FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O avanço da digitalização e a integração de novas tecnologias têm modificado de forma significativa o perfil profissional exigido dos engenheiros. A elevada interconectividade nos sistemas industriais, aliada ao volume crescente de dados operacionais e à necessidade de tomadas de decisão cada vez mais rápidas e fundamentadas, tem demandado competências que extrapolam o domínio técnico tradicional, incorporando capacidades analíticas, sistêmicas e decisórias (Lasi et al., 2014; Frank, Dalenogare & Ayala, 2019; Mourtzis et al., 2018). Nesse sentido, a literatura tem indicado a necessidade de uma reorientação do ensino de engenharia, de modo a priorizar o desenvolvimento de competências coerentes com esse novo contexto profissional (Hernández De Menéndez et al., 2019; Theobald et al., 2020).

Assim, a formação em engenharia deixa de ser compreendida exclusivamente como a aquisição de conhecimentos conceituais e passa a ser entendida como um processo voltado ao desenvolvimento integrado de competências, habilidades e atitudes em situações profissionais reais e complexas. Essa abordagem orientada por competências busca reduzir a lacuna entre a formação acadêmica e as demandas concretas do mundo do trabalho, exigindo a construção de ambientes educacionais que promovam experiências de aprendizagem contextualizadas, integradas e alinhadas às práticas profissionais contemporâneas (Mulder, 2014; Felder & Brent, 2016).

Vários autores têm discutido a valorização crescente de aprendizagem baseada em problemas reais, melhorando o processo de ensino-aprendizagem, deixando-o menos centrado na mera transmissão de conteúdo e na resolução de problemas idealizados (Hernández-De-Menéndez et al., 2019; Sukacké et al., 2022; Kolb & Kolb, 2017).

A proposta das abordagens da aprendizagem experiencial, da aprendizagem baseada em problemas (PBL) e dos modelos curriculares fundamentados em competências convergem ao enfatizar a importância de experiências educacionais contextualizadas, autênticas e orientadas à resolução de problemas reais (Barrows, 1986; Mulder, 2014; Sukacké et al., 2022). A teoria da aprendizagem experiencial, conforme proposta por Kolb, destaca que a





aprendizagem se consolida a partir da transformação reflexiva da experiência concreta, aspecto particularmente relevante em formações de natureza profissional, como a engenharia (Kolb, 1984; Kolb, 2015). Quando associada à resolução de problemas e à análise de dados provenientes de sistemas reais, essa abordagem potencializa a construção do conhecimento, ao expor os estudantes à variabilidade, à incerteza e às restrições próprias dos contextos produtivos contemporâneos, características fundamentais do desenvolvimento de competências profissionais (Mulder, 2014; Leles et al., 2024).

Complementar a essa ideia, o modelo CDIO propõe organizar a formação em engenharia a partir do ciclo completo de concepção, projeto, implementação e operação de sistemas reais (Crawley et al., 2014). Este modelo favorece o desenvolvimento integrado de competências técnicas e transversais, uma vez que articula a teoria e a prática profissional em contextos concretos de aplicação. Segundo a literatura, a implementação deste modelo ainda é um desafio pois depende de ambientes que promovam o contato dos estudantes com sistemas complexos e dados reais (Crawley et al., 2011; Malmqvist et al., 2016; Leles et al., 2024).

As propostas pedagógicas, segundo as metodologias ativas, estão diretamente relacionadas com os objetivos de aprendizagem, as experiências vivenciadas pelos estudantes e os critérios utilizados para avaliar esse aprendizado. Neste sentido, o princípio do alinhamento construtivo oferece um referencial organizador importante ao enfatizar a articulação entre esses elementos no currículo e no planejamento das atividades didáticas.

Nesse contexto, a incorporação de dados industriais reais no ensino de engenharia torna-se como uma estratégia promissora para ampliar a autenticidade das experiências de aprendizagem e reduzir a lacuna entre academia e indústria. O avanço das tecnologias associadas à digitalização dos sistemas produtivos tem possibilitado o acesso sistemático a indicadores de desempenho, históricos operacionais e registros de falhas provenientes de ambientes industriais reais. O uso pedagógico desses dados permite expor os estudantes à complexidade dos sistemas produtivos contemporâneos, contribuindo para o desenvolvimento de competências analíticas, sistêmicas e decisórias (Mourtzis et al., 2018; Herrington, Reeves & Oliver, 2010).





Ao articular uma formação pautada no desenvolvimento de competências com metodologias de aprendizagem ativa, princípios da aprendizagem experiencial, o modelo CDIO e o alinhamento construtivo, o referencial teórico deste trabalho sustenta a utilização de dados industriais reais como elemento estruturante de ambientes de aprendizagem mais autênticos e contextualizados no ensino de engenharia. O estudo assume, assim, caráter teórico-propositivo, constituindo uma base para investigações empíricas futuras voltadas à aplicação e à avaliação sistemática da proposta em contextos reais de formação em engenharia.

TEMPLATE DE MANUFATURA AVANÇADA (TMA) COMO ARTEFATO EDUCACIONAL

O Template de Manufatura Avançada (TMA) foi originalmente desenvolvido para aplicação em ambientes industriais, com a finalidade de monitorar e aprimorar o desempenho produtivo a partir da coleta de dados em tempo real e da utilização de métricas como OEE, MTBF e MTTR (NAKAJIMA, 1988; MUCHIRI; PINTELON, 2008). Essas métricas são instrumentos fundamentais para a análise da eficiência, da confiabilidade e da disponibilidade dos sistemas produtivos, sendo empregadas como suporte à tomada de decisão em contextos industriais complexos.

Neste trabalho, propõe-se utilizar o TMA como um ambiente educacional, dando suporte às atividades de ensino-aprendizagem em engenharia. Essa recontextualização permite que os estudantes tenham contato direto com dados reais de produção, favorecendo a análise de situações concretas, a identificação de problemas operacionais e a proposição de melhorias fundamentadas em evidências.

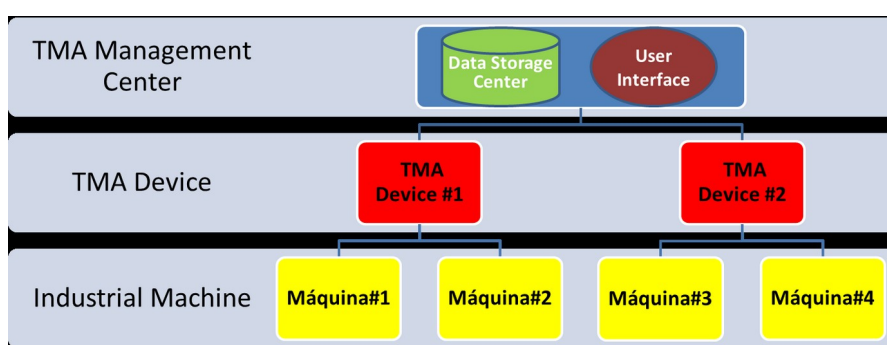
A Figura 1 apresenta a arquitetura geral do Template de Manufatura Avançada (TMA) utilizado neste estudo. Originalmente desenvolvida para aplicação industrial, essa arquitetura é, neste trabalho, utilizada como um ambiente de aprendizagem baseado em dados industriais reais. A representação mostra a integração entre o nível físico do sistema produtivo, no qual





ocorrem as operações industriais e a coleta de dados por meio de sensores, e os níveis digitais responsáveis pela comunicação, pelo processamento, pelo armazenamento e pela disponibilização das informações. Essa integração constitui o elemento central que possibilita a utilização pedagógica do TMA como mediador entre teoria e prática no ensino de engenharia.

Figura 1 – Arquitetura do Template de Manufatura Avançada (TMA).



Fonte: Leite Filho (2020).

Como material de estudo, essa arquitetura possibilita que os estudantes compreendam, de forma sistêmica, o percurso dos dados desde sua geração no chão de fábrica até sua transformação em indicadores de desempenho utilizados na análise e na tomada de decisão. Ao mostrar a integração entre os elementos físicos dos processos produtivos e as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, a arquitetura do TMA favorece a compreensão de como sensores, sistemas de comunicação e plataformas digitais atuam de maneira articulada na construção de informações relevantes para a gestão e a melhoria dos processos industriais.

Dessa forma, a Figura 1 não se limita à representação de um arranjo tecnológico, mas pode ser reinterpretada de modo a apresentar o TMA como um laboratório didático baseado em dados reais. Nesse ambiente, conceitos como sistemas ciberfísicos, Internet das Coisas, computação em nuvem e monitoramento de desempenho podem ser explorados de modo integrado e contextualizado, aproximando o estudante das práticas efetivamente utilizadas na engenharia contemporânea.



PROPOSTA PEDAGÓGICA BASEADA NO TEMPLATE DE MANUFATURA AVANÇADA

Na proposta pedagógica apresentada, as figuras associadas a cada módulo não possuem caráter meramente ilustrativo, mas desempenham um papel central na mediação do processo de ensino-aprendizagem. Essas representações gráficas são concebidas e utilizadas como artefatos cognitivos, sendo parte integrante das atividades didáticas de modo a orientar a análise e a interpretação dos dados, bem como a formulação de hipóteses e a tomada de decisões pelos estudantes (Norman, 1991).

Cada figura, nesse sentido, atua como suporte à construção do conhecimento, possibilitando que os estudantes estabeleçam relações entre conceitos teóricos, dados industriais reais e problemas autênticos provenientes do contexto produtivo. Essa articulação favorece uma aprendizagem mais significativa, alinhada aos princípios da aprendizagem experiencial e da aprendizagem baseada em problemas, ao mesmo tempo em que contribui para a coerência entre objetivos, atividades e avaliação, conforme preconiza o princípio do alinhamento construtivo.

A proposta pedagógica fundamenta-se em pressupostos da aprendizagem ativa, do Problem-Based Learning e da aprendizagem experiencial, sendo organizada de acordo com o princípio do alinhamento construtivo (BIGGS, 1996). As atividades são estruturadas em módulos progressivos, concebidos de forma a acompanhar o ciclo CDIO, permitindo que os estudantes avancem da compreensão inicial dos sistemas produtivos à análise de dados, ao diagnóstico de problemas e à proposição de melhorias fundamentadas:

- análise de sistemas produtivos;
- interpretação de indicadores de desempenho;
- diagnóstico de problemas;
- proposição de melhorias baseadas em dados;
- avaliação de resultados.





A utilização de dados industriais reais no contexto da proposta pedagógica tem como propósito central promover maior engajamento dos estudantes, estimular o pensamento crítico e favorecer o desenvolvimento de competências alinhadas às demandas contemporâneas da engenharia. Ao trabalhar com informações provenientes de sistemas produtivos reais, as atividades didáticas passam a refletir, de forma mais fiel, as condições enfrentadas na prática profissional.

Diferentemente de abordagens baseadas exclusivamente em simulações ou estudos de caso hipotéticos, o Template de Manufatura Avançada, originalmente concebido e validado em ambiente industrial, é, neste trabalho, reconfigurado como um ambiente de aprendizagem baseado em dados reais. Essa proposta aproxima o contexto educacional da prática profissional da engenharia, possibilitando que os estudantes analisem situações concretas, interpretem indicadores de desempenho e reflitam sobre processos de tomada de decisão fundamentados em evidências. Essa experiência contribui para o desenvolvimento de competências técnicas alinhadas às exigências impostas pelos ambientes industriais associados a Indústria 4.0.

Estrutura Pedagógica e Princípios Educacionais

A estrutura pedagógica da proposta é organizada de modo a assegurar coerência entre objetivos de aprendizagem, atividades didáticas e estratégias de avaliação, segundo as propostas de Biggs (1996). As atividades são orientadas a problemas reais, extraídos do contexto industrial monitorado pelo TMA, promovendo o protagonismo dos estudantes e a integração entre teoria e prática.

A estrutura geral da sequência didática proposta, com a articulação entre módulos, objetivos de aprendizagem, atividades centrais e estratégias de avaliação, é sintetizada no Quadro 1.





Quadro 1 – Síntese da sequência didática da proposta pedagógica

Módulo	Etapa do CDIO	Objetivo de aprendizagem	Atividades centrais	Avaliação
1	Conceive	Compreender os fundamentos da Indústria 4.0 e a arquitetura de sistemas produtivos digitalizados	Análise da arquitetura do TMA; estudo de caso; discussão guiada	Quiz conceitual e relatório breve
2	Conceive	Desenvolver competências de análise e interpretação de dados operacionais reais	Análise e interpretação de indicadores de desempenho (OEE, MTBF, MTTR)	Lista prática e estudo de caso
3	Design	Identificar causas raiz de falhas e ineficiências	Aplicação de Pareto, Ishikawa e 5 Porquês em dados reais	Relatório técnico de diagnóstico
4	Implement	Projetar soluções baseadas em dados e critérios de viabilidade	Projeto em equipe; matriz de decisão; método DMAIC	Projeto técnico e apresentação
5	Operate	Avaliar resultados e garantir a sustentabilidade das melhorias	Análise comparativa de KPIs; plano de controle	Relatório final integrador

Fonte: Leite Filho (2020).

Módulos de Ensino Baseados em Dados Industriais Reais

Os dados utilizados como material de estudo nesta proposta pedagógica são provenientes de uma dissertação de mestrado profissional, cujo objetivo foi aplicar e avaliar um modelo experimental de Template de Manufatura Avançada (TMA) em uma empresa do setor alimentício (Leite Filho, 2020).

A proposta é pensada para cursos de graduação em engenharia, preferencialmente a partir dos semestres intermediários, pressupondo conhecimentos básicos de estatística e processos produtivos.





A proposta de ensino é estruturada em cinco módulos sequenciais, planejados para promover uma progressão cognitiva — do entendimento conceitual à aplicação prática — e uma progressão pedagógica — da análise à intervenção. Essa organização está alinhada ao ciclo CDIO (Conceive–Design–Implement–Operate), conforme proposto por Crawley et al. (2014), e aos princípios da aprendizagem experiencial descritos por Kolb (1984).

Cada módulo explicita objetivos de aprendizagem, conteúdos, metodologias de ensino e formas de avaliação, assegurando coerência entre o que se espera que o estudante aprenda, as experiências de aprendizagem propostas e os instrumentos avaliativos utilizados (BIGGS, 1996).

Módulo 1 – Fundamentos da Indústria 4.0

Objetivo: Compreender os pilares da Indústria 4.0 e sua aplicação em sistemas produtivos.

Carga horária sugerida: 2 aulas.

Conteúdos: IoT, sistemas ciber-físicos (CPS), computação em nuvem, integração vertical/horizontal, manufatura inteligente.

Métodos: Aula dialogada com estudo de caso, exploração da arquitetura do TMA (Figura 1), análise guiada de fluxos de dados.

Avaliação: Quiz conceitual + breve relatório de análise da arquitetura.

Propostas de questões norteadoras:

- Identificar e descrever: camadas do TMA (nível físico, aquisição, comunicação, processamento, armazenamento e visualização); tipos de elementos presentes em cada camada; relação entre sistemas ciber-físicos, dados e decisão.
- Com base na Figura 1, associar elementos do TMA a conceitos como: sistemas ciber-físicos; digitalização de processos; integração vertical e horizontal; coleta e uso de dados em tempo real; suporte à tomada de decisão.





- Explicar: por que sensores e sistemas físicos são críticos; qual a função da camada de processamento; como o armazenamento e a visualização agregam valor.
- Identificar decisões possíveis a partir da estrutura, sem usar dados numéricos.
- Indicar na Figura: que sensores seriam utilizados; que dados seriam coletados; que indicadores poderiam ser monitorados.

Busca-se, neste módulo, desenvolver uma compreensão sistêmica dos principais pilares tecnológicos, como Internet das Coisas (IoT), sistemas ciber-físicos (CPS), computação em nuvem, integração vertical e horizontal e manufatura inteligente (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; SCHWAB, 2016).

Metodologicamente, são utilizadas aulas dialogadas apoiadas em estudos de caso, além da exploração orientada da arquitetura do TMA. Essa abordagem favorece a contextualização dos conceitos e a construção de significados a partir de situações concretas. A avaliação combina instrumentos conceituais (quiz) e analíticos (relatório breve), permitindo verificar tanto o domínio teórico quanto a capacidade inicial de análise do sistema.

Módulo 2 – Análise de Dados Industriais

Objetivo: Desenvolver competências de análise e interpretação de dados operacionais.

Carga horária sugerida: 3 a 4 aulas.

Conteúdos: Indicadores de desempenho (OEE, MTBF, MTTR), estatística descritiva, séries temporais básicas, visualização de dados.

Métodos: Laboratório com dados reais do TMA; cálculo de KPIs; construção de dashboards simples.

Avaliação: Lista prática (cálculo e interpretação de KPIs) + estudo de caso com base na Tabela 1.

Propostas de questões norteadoras:

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v.4 n.5 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)





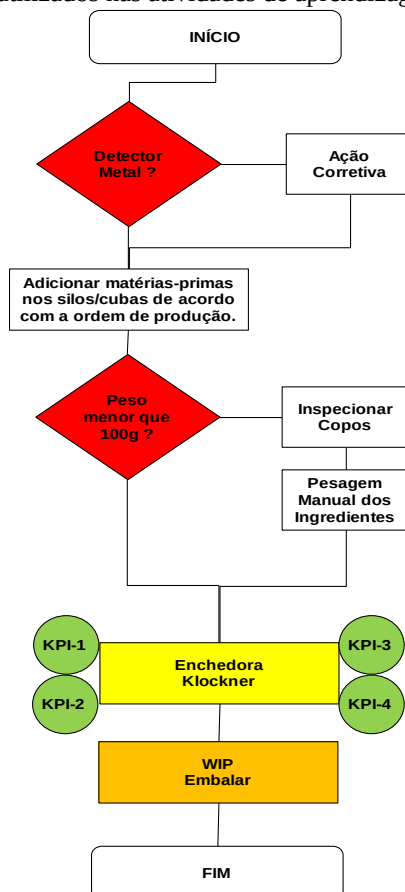
- Identificar, na Figura 2: os pontos do processo produtivo onde ocorrem medições; os eventos que geram dados (operação, parada, falha, manutenção). Relacionar esses pontos com as variáveis apresentadas na Tabela 1.
- Para cada variável da Tabela 1, os estudantes devem: descrever o que o indicador representa; explicar sua relevância para o desempenho do sistema; indicar se o indicador está relacionado a tempo, confiabilidade ou disponibilidade.
- Avaliar: níveis de disponibilidade; frequência de paradas; consistência dos indicadores apresentados. Os dados sugerem estabilidade ou variabilidade?; Há indícios de perda de desempenho operacional?
- Como a coleta estruturada de dados permite avaliar sistemas produtivos?
- Que tipos de decisões de engenharia podem ser apoiadas por esses indicadores?
- Que limitações existem ao analisar apenas esses dados?

Para explicitar o contexto produtivo real a partir do qual os dados utilizados nas atividades de aprendizagem são extraídos, a Figura 2 apresenta o processo industrial monitorado pelo TMA, destacando os principais pontos de coleta de dados ao longo do sistema produtivo. Essa representação permite visualizar, de forma integrada, as relações entre equipamentos, processos e variáveis operacionais que dão origem aos indicadores analisados nos módulos subsequentes da proposta pedagógica.





Figura 2 – Processo produtivo industrial monitorado pelo TMA e pontos de coleta de dados utilizados nas atividades de aprendizagem



Fonte: Leite Filho (2020).

Neste Módulo 2 os estudantes trabalham com indicadores de desempenho amplamente utilizados na gestão de sistemas produtivos industriais, tais como OEE, MTBF e MTTR, além de fundamentos de estatística descritiva, séries temporais básicas e visualização de dados (NAKAJIMA, 1988; MUCHIRI; PINTELON, 2008).

Com o objetivo de tornar mais concreta a aplicação desses conceitos, a Tabela 1 apresenta um exemplo de indicadores de desempenho extraídos do ambiente monitorado pelo TMA e utilizados nas atividades de análise de dados desenvolvidas no contexto educacional. Os dados reunidos na Tabela 1 permitem que os estudantes percebam a complexidade inerente



à medição de desempenho em sistemas produtivos reais, favorecendo a compreensão das limitações, das variabilidades e das interdependências existentes entre os indicadores analisados.

Tabela 1 – Exemplo de indicadores de desempenho industrial utilizados nas atividades de análise de dados

Tempo Disponível (h)	Paradas (h)	Nº Manutenções Corretivas (MC)	MTBF (h)	MTTR (h)	Disponibilidade Ai (%)
184	31,16	12	12,72	2,61	82,96

Fonte: Leite Filho (2020).

Módulo 3 – Diagnóstico de Problemas

Objetivo: Identificar causas raiz de ineficiências e falhas no sistema produtivo.

Carga horária sugerida: 2 a 3 aulas.

Conteúdos: Ferramentas da qualidade (Pareto, Ishikawa, 5 Porquês), análise de confiabilidade básica.

Métodos: Aplicação sobre dados reais (Figura 3 – Pareto); sessões em grupo para construção de diagramas de causa-efeito; discussão orientada.

Avaliação: Relatório de diagnóstico com justificativa baseada em evidências.

Propostas de questões norteadoras:

- Identificar no gráfico: categorias de paradas; valores individuais de cada causa; curva acumulada; ponto aproximado de mudança de inclinação (efeito Pareto).
- Explicar a lógica do gráfico e seu propósito na análise de sistemas produtivos.
- Determinar: quais categorias representam a maior contribuição para o total de paradas; quantas causas concentram aproximadamente 70–80% das perdas.
- Lista argumentada das causas críticas, fundamentada na Figura 3.
- Explicar como as causas destacadas no Pareto: influenciam a disponibilidade do sistema; refletem vulnerabilidades operacionais.

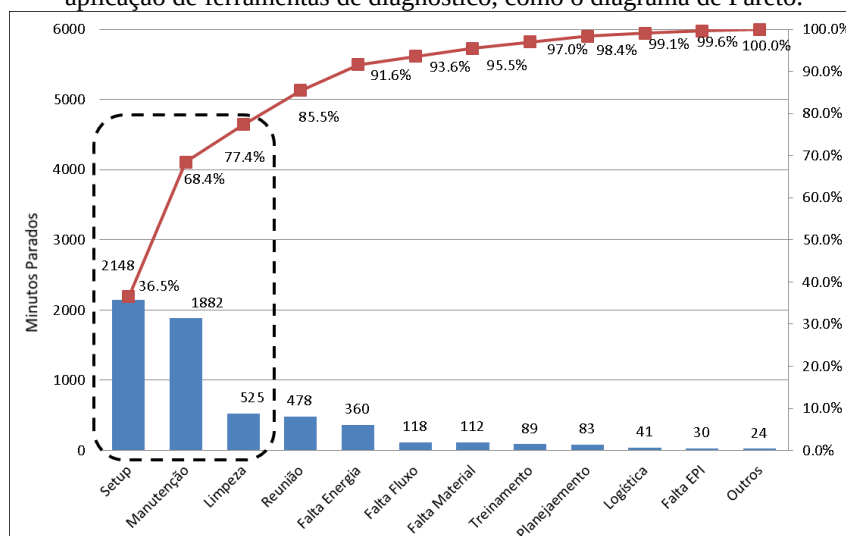




- Avaliar se pequenas melhorias nas causas principais poderiam gerar impactos relevantes no desempenho.
- O Pareto indica causas raiz?
- Que informações adicionais seriam necessárias antes de propor melhorias?

O terceiro módulo da proposta é dedicado ao diagnóstico de problemas produtivos e utiliza, como elementos centrais das atividades didáticas, a Figura 3 de estratificação de paradas. A partir da análise do downtime estratificado, os estudantes são conduzidos a priorizar problemas com base em critérios objetivos de impacto, superando abordagens baseadas exclusivamente em percepções intuitivas ou avaliadas de forma isolada. Esse procedimento contribui para o desenvolvimento de uma postura analítica mais sistemática diante dos dados disponíveis.

Figura 3 - Exemplo de estratificação de paradas (downtime), utilizada nas atividades didáticas do Módulo 3 para aplicação de ferramentas de diagnóstico, como o diagrama de Pareto.



Fonte: Leite Filho (2020).

Nesse módulo, as representações gráficas assumem o papel de mediadores do pensamento analítico, promovendo discussões colaborativas, argumentação fundamentada em



evidências e o desenvolvimento do pensamento crítico, em consonância com os princípios do Problem-Based Learning (HMELO-SILVER, 2004).

A avaliação ocorre por meio de relatórios técnicos, nos quais os estudantes devem justificar suas conclusões com base em evidências provenientes dos dados analisados.

Módulo 4 – Projeto de Melhoria

Objetivo: Projetar soluções baseadas em dados para melhoria de desempenho.

Carga horária sugerida: 3 a 4 aulas.

Conteúdos: DMAIC (Define–Measure–Analyze–Improve–Control), priorização de soluções, análise de viabilidade.

Métodos: Projeto em equipe; uso de matriz de decisão (Figura 4); prototipação de soluções (processo, método ou controle).

Avaliação: Projeto técnico (plano DMAIC) + apresentação oral.

Propostas de questões norteadoras:

- Identificar na Figura 4: alternativas de ação consideradas; critérios de avaliação utilizados; forma de pontuação ou ponderação.
- Explicar a função da matriz no contexto do processo decisório.
- Identificar quais causas do Pareto deram origem às alternativas da matriz.
- Explicar por que nem todas as causas recebem a mesma prioridade, mesmo sendo relevantes.
- Discutir como critérios adicionais modificam a decisão final.
- Avaliar: se os critérios escolhidos são relevantes; se há critérios ausentes que poderiam alterar a priorização; como a atribuição de pesos influencia o resultado.
- Refletir sobre o grau de subjetividade presente no processo.
- Responder: quais ações ganhariam prioridade se outro critério fosse dominante?; como decisões técnicas mudam conforme contexto organizacional?





- Discutir a diferença entre decisão técnica ideal e decisão viável.

O quarto módulo foca a intervenção a partir do diagnóstico. Seu objetivo é capacitar os estudantes a projetar soluções de melhoria fundamentadas em dados, métodos estruturados e critérios de viabilidade técnica.

Figura 4 – Exemplo de matriz de decisão utilizada para priorização de propostas de melhoria.

Problema	Causa Raiz	Solução	Eficácia	Fácil	Custo	Pontos	Ação
Parada nas Enchedoras	Adição de ingredientes em embalagem < 50 Kg	Compra de ingrediente em Big Bag	5	3	5	75	SIM
	Falha na Balança	Proteger componentes eletrônicos contra umidade	4	3	4	48	SIM
		Mudar posição do mostrador	2	3	3	18	NÃO
		Evitar oscilação do fornecimento de energia	4	3	3	18	SIM
		Melhorar o programa de calibração	4	4	4	64	SIM

Escala: 1- nenhum 2-algum 3-moderado 4-muito 5-extremo

Fonte: Leite Filho (2020).

Os conteúdos trabalhados nesse módulo incluem o método DMAIC (*Define–Measure–Analyze–Improve–Control*), técnicas de priorização de soluções e fundamentos de análise de viabilidade técnica (GEORGE et al., 2005; MONTGOMERY, 2019). As atividades são desenvolvidas em equipes, favorecendo a aprendizagem colaborativa e o exercício de competências relacionadas à comunicação e ao trabalho em grupo. A avaliação considera tanto a consistência técnica das soluções propostas quanto a clareza e a argumentação apresentadas na comunicação oral dos projetos, valorizando de forma integrada competências técnicas e transversais associadas à prática profissional da engenharia (PRINCE; FELDER, 2006).

Módulo 5 – Validação e Controle



Objetivo: Avaliar resultados e garantir a sustentabilidade das melhorias.

Carga horária sugerida: 2 aulas.

Conteúdos: Monitoramento de KPIs, cartas de controle, padronização e documentação, lições aprendidas.

Métodos: Reanálise dos indicadores (antes/depois), simulação de cenários, elaboração de plano de controle.

Avaliação: Relatório final com evidências de melhoria e plano de controle.

Propostas de questões norteadoras:

- Identificar: valores iniciais e finais do OEE; momentos de alteração significativa do indicador; tendências (crescimento, estabilização, oscilações).
- Explicar o que a evolução do OEE indica sobre o desempenho do sistema produtivo.
- Discutir (conectando as Figuras 4 e 5): como as ações priorizadas impactam o OEE; se os resultados observados são coerentes com as expectativas geradas pela matriz de decisão; quais decisões aparentam ter maior impacto.
- O OEE captura todos os aspectos relevantes do desempenho?
- Há efeitos colaterais não evidenciados no indicador?
- O período analisado é suficiente para afirmar melhoria sustentável?
- Discutir: o que foi aprendido a partir da análise de dados reais; como o uso de indicadores orienta decisões em engenharia; como esse processo se aproxima da prática profissional.
- Relacionar o ciclo completo aos conceitos de melhoria contínua e Indústria 4.0.

O conteúdo deste módulo inclui monitoramento contínuo de indicadores, uso de cartas de controle, padronização de processos e sistematização de lições aprendidas (MONTGOMERY, 2019; JURAN, 1999).

As atividades envolvem análises comparativas dos indicadores antes e depois das intervenções, permitindo que os estudantes reflitam criticamente sobre os impactos e

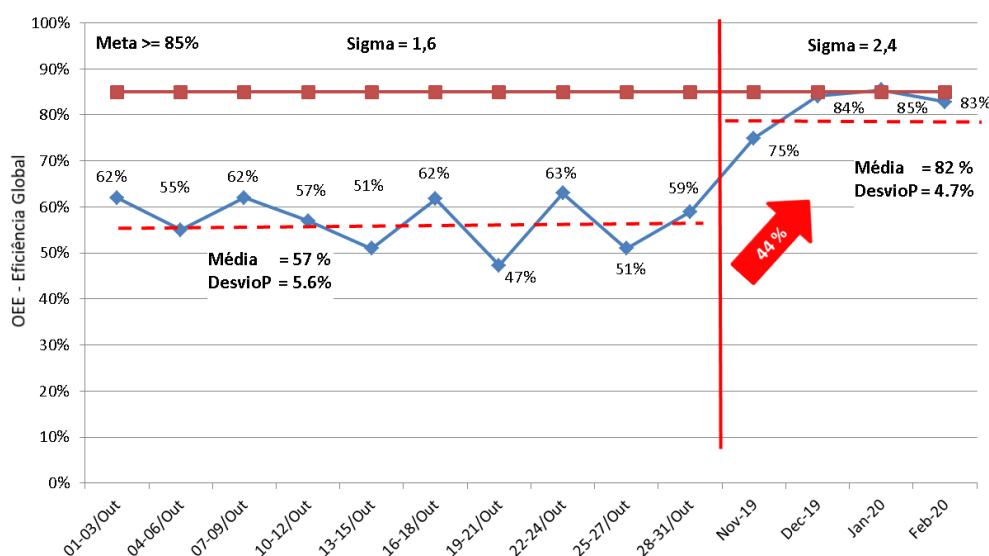




limitações das soluções propostas (Schön, 1983). A avaliação final consiste em um relatório integrado, alinhado ao princípio do alinhamento construtivo (BIGGS, 1996).

A Figura 5 exemplifica um recurso gráfico ao apresentar a evolução temporal do indicador OEE empregado nas etapas de validação e controle. Essa representação permite que os estudantes analisem comparativamente o desempenho do sistema produtivo ao longo do tempo, antes e após a implementação das intervenções propostas. No contexto de encerramento do ciclo de aprendizagem, a análise da evolução dos indicadores estimula a tomada de decisão fundamentada em evidências e promove a reflexão crítica sobre a efetividade e a sustentabilidade das melhorias, reforçando a articulação entre teoria, dados reais e prática profissional da engenharia.

Figura 5 - Evolução temporal do indicador OEE, utilizada como base para as atividades de avaliação de resultados e validação de melhorias nos Módulos 4 e 5 da proposta pedagógica.



Fonte: Leite Filho (2020).

De forma integrada, os módulos e as representações gráficas baseadas em dados industriais reais contribuem para o desenvolvimento de competências analíticas, sistêmicas, colaborativas e decisórias, essenciais à atuação profissional em ambientes industriais



orientados por dados. Ao atuarem como artefatos cognitivos centrais, essas representações reforçam o alinhamento entre objetivos de aprendizagem, atividades didáticas e estratégias de avaliação, ampliando a autenticidade das experiências de aprendizagem e favorecendo a construção de conhecimentos aplicáveis e transferíveis para contextos industriais reais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou uma proposta de ensino em engenharia fundamentada na utilização de dados industriais reais, a partir da recontextualização pedagógica de um Template de Manufatura Avançada. Ao transformar um artefato técnico originalmente concebido para fins industriais em um ambiente de aprendizagem ativa, buscou-se aproximar o contexto formativo das práticas efetivamente vivenciadas na atuação profissional associada à Indústria 4.0.

A principal contribuição do estudo reside na proposição de um modelo pedagógico estruturado que articula princípios da aprendizagem ativa e da aprendizagem experiencial com o uso sistemático de dados reais, tendo o modelo CDIO e o princípio do alinhamento construtivo como eixos organizadores. A proposta evidencia que artefatos industriais consolidados podem ser apropriados pedagogicamente como mediadores da aprendizagem, criando experiências autênticas nas quais os estudantes são expostos à complexidade, à variabilidade e às incertezas inerentes aos sistemas produtivos reais. Esse aspecto diferencia a abordagem apresentada de propostas baseadas exclusivamente em simulações ou estudos de caso hipotéticos, ampliando as possibilidades de desenvolvimento de competências analíticas, sistêmicas e decisórias.

Embora a proposta tenha sido concebida a partir de um contexto específico, seus princípios pedagógicos apresentam potencial de adaptação a outros domínios da formação em engenharia e da educação tecnológica. Ainda assim, sua implementação demanda condições institucionais relacionadas à infraestrutura tecnológica, ao acesso a dados industriais e à formação docente para a mediação de problemas complexos. Esses aspectos apontam para a





necessidade de investigações futuras que explorem a adaptação do modelo a ambientes virtuais ou híbridos, bem como para estudos empíricos que analisem de forma sistemática os impactos da proposta no processo de ensino-aprendizagem.

Conclui-se que a aproximação entre o ensino de engenharia e a realidade industrial, mediada pelo uso pedagógico de dados reais, constitui um caminho promissor para a formação de profissionais mais preparados para enfrentar os desafios contemporâneos da engenharia, contribuindo para uma aprendizagem mais significativa, contextualizada e alinhada às demandas do mundo do trabalho.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, H.; SILVA, É. R. **Assessment and evaluation in active learning implementations: introducing the Engineering Education Active Learning Maturity Model**. Education Sciences, Basel, v. 11, n. 11, p. 690, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/educsci11110690>. Acesso em: 05 mai 2026.

BIGGS, J. **Enhancing teaching through constructive alignment**. Higher Education, v. 32, n. 3, p. 347–364, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00138871>. Acesso em: 05 mai 2026.

CRAWLEY, E. et al. **Rethinking engineering education: the CDIO approach**. 2. ed. New York: Springer, 2014. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://dut.udn.vn/Files/admin/files/CDIO/TailieuHoithao/The%20CDIO%20Approach%20-%20Rethinking%20Engineering%20Education.pdf>. Acesso em: 05 mai 2026.

FELDER, R. M.; BRENT, R. **Teaching and learning STEM: a practical guide**. San Francisco: Jossey-Bass, 2016. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ipa-pasca.unpak.ac.id/pdf/Teaching-and-Learning-STEM-A-Practical-Guide.pdf>. Acesso em: 05 mai 2026.

FRANK, A. G.; DALENOGARE, L. S.; AYALA, N. F. **Industry 4.0 technologies: implementation patterns in manufacturing companies**. International Journal of Production





Economics, v. 210, p. 15–26, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>. Acesso em: 05 mai 2026.

GEORGE, M. L. et al. **The Lean Six Sigma pocket toolbox**. New York: McGraw-Hill, 2005.

HARTIKAINEN, S.; RINTALA, H.; PYLVÄS, L.; NOKELAINEN, P. **The concept of active learning and the measurement of learning outcomes: a review of research in engineering higher education**. Education Sciences, Basel, v. 9, n. 4, p. 276, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/educsci9040276>. Acesso em: 05 mai 2026.

HERNÁNDEZ-DE-MENÉNDEZ, M.; VALLEJO-GUEVARA, A.; TUDÓN-MARTÍNEZ, J. C.; HERNÁNDEZ-ALCÁNTARA, D.; MORALES-MENENDEZ, R. **Active learning in engineering education: a review of fundamentals, best practices and experiences**. International Journal on Interactive Design and Manufacturing, Cham, v. 13, n. 3, p. 909–922, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00557-8>. Acesso em: 06 mai 2026.

HMELO-SILVER, C. E. **Problem-based learning: what and how do students learn?** Educational Psychology Review, v. 16, n. 3, p. 235–266, 2004. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>. Acesso em: 06 mai 2026.

ISHIKAWA, K. **Guide to quality control**. Tokyo: Asian Productivity Organization, 1986.

JURAN, J. M. **Juran's quality handbook**. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 1999. Disponível em: https://www.academia.edu/3048123/Jurans_Quality_Handbook. Acesso em: 06 mai 2026.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0**. Frankfurt: Acatech, 2013. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.din.de/resource/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>. Acesso em: 06 mai 2026.

KOLB, D. A. **Experiential learning: experience as the source of learning and development**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1984.





KOZANITIS, A.; NENCIOVICI, L. **Effect of active learning versus traditional lecturing on the learning achievement of college students: a meta-analysis**. Higher Education, Dordrecht, v. 86, n. 6, p. 1377–1394, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10734-022-00977-8>. Acesso em: 06 mai 2026.

LASI, H. et al. **Industry 4.0**. Business & Information Systems Engineering, v. 6, n. 4, p. 239–242, 2014.

LAVADO-ANGUERA, S., VELASCO-QUINTANA, P.-J., & TERRÓN-LÓPEZ, M.-J. (2024). **Project-Based Learning (PBL) as an experiential pedagogical methodology in engineering education: A review of the literature**. Education Sciences, 14(6), 617. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/educsci14060617>. Acesso em: 06 mai 2026.

LELES, A., ZAINA, L., & CARDOSO, J. R. (2024). **Challenge-Based Learning for competency development in engineering education: A PRISMA-based systematic literature review**. IEEE Transactions on Education, 67(5), 746–757. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TE.2024.3417908>. Acesso em: 06 mai 2026.

LEITE FILHO, J. R.. **Template de manufatura avançada e suas influências na produtividade industrial: estudo de caso em uma empresa do setor alimentício**. 2020. Dissertação de Mestrado Profissional em Processos Tecnológicos e Ambientais – Universidade de Sorocaba, Sorocaba – SP, 2020. Disponível em: <https://repositorio.uniso.br/entities/publication/3644d47f-b513-4b17-a5e7-3b5905107c7a/full>. Acesso em: 06 mai 2026.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical quality control**. 8. ed. Hoboken: Wiley, 2019. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=oh7zDwAAQBAJ&pg=PA26&hl=pt-BR&source=gbs_selected_pages&cad=1#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 06 mai 2026.

MOURTZIS, D. et al. **Smart manufacturing and education**. Procedia Manufacturing, v. 23, p. 1–8, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/357182917_Smart_Manufacturing_and_Tactile_Internet_Based_on_5G_in_Industry_40_Challenges_Applications_and_New_Trends/link/68129800df0e3f544f4fbaff/download. Acesso em: 06 mai 2026.





MULDER, M. **Conceptions of professional competence**. In: BILLETT, S. et al. (org.). International handbook of research in professional and practice-based learning. Dordrecht: Springer, 2014. p. 107–137. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://scispace.com/pdf/conceptions-of-professional-competence-1j8t1ti2je.pdf>. Acesso em: 06 mai 2026.

MUCHIRI, P.; PINTELON, L. **Performance measurement using OEE**. International Journal of Production Research, v. 46, n. 13, p. 3517–3535, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00207540601142645>. Acesso em: 06 mai 2026.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM**. Cambridge: Productivity Press, 1988. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/535428942/Introduction-to-TPM-Total-Productive-Maintenance>. Acesso em: 06 mai 2026.

PRINCE, M.; FELDER, R. **Inductive teaching and learning methods**. Journal of Engineering Education, v. 95, n. 2, p. 123–138, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/220017716_Inductive_Teaching_and_Learning_Methods_Definitions_Comparisons_and_Research_Bases/link/59f5ebeda6fdcc075ec5f5dd/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19. Acesso em: 06 mai 2026.

SCHWAB, K. **The fourth industrial revolution**. Geneva: World Economic Forum, 2016. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://law.unimelb.edu.au/__data/assets/pdf_file/0005/3385454/Schwab-The_Fourth_Industrial_Revolution_Klaus_S.pdf. Acesso em: 06 mai 2026.

SUKACKĖ, V.; GUERRA, A. O. P. C.; ELLINGER, D.; CARLOS, V.; PETRONIENĖ, S.; GAIŽIŪNIENĖ, L.; BLANCH, S.; MARBÀ-TALLADA, A.; BROSE, A. **Towards active evidence-based learning in engineering education: a systematic literature review of problem-, project-, and challenge-based learning**. Sustainability, Basel, v. 14, n. 21, p. 13955, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su142113955>. Acesso em: 06 mai 2026.





THEOBALD, E. J.; HILL, M. J.; TRAN, E.; et al. **Active learning narrows achievement gaps for underrepresented students in undergraduate science, technology, engineering, and mathematics.** Proceedings of the National Academy of Sciences, Washington, v. 117, n. 12, p. 6476–6483, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.1916903117>. Acesso em: 06 mai 2026.

Recebido em: 07/05/2026

Aprovado em: 12/05/2026

Publicado em: 19/05/2026

