

## TRACE na Educação: uma abordagem ágil e iterativa para projetos educacionais interdisciplinares

Cristiane Aparecida Lana<sup>1,2</sup>, Sandra Souza Rodrigues<sup>1</sup>, Maria Lúcia Bento Villela<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciência, Tecnologia e Inovação da UFLA. (ICTIN-UFLA)  
Universidade Federal de Lavras – (UFLA – Paraíso) – São Sebastião do Paraíso - MG, Brazil

<sup>2</sup>Departamento de Ciência da Computação — Universidade Federal de Viçosa (UFV)  
Viçosa, MG – Brazil

{cristiane.lana, sandra.rodrigues}@ufla.br, maria.villela@ufv.br

**Resumo.** *O ensino superior tem sido desafiado a formar profissionais em contextos complexos e tecnologicamente dinâmicos. Metodologias ativas baseadas em problemas e projetos têm se destacado, mas enfrentam entraves em contextos interdisciplinares devido à ausência de processos estruturados. Este estudo descreve e analisa a aplicação da metodologia TRACE como alternativa frente a abordagens pouco sistematizadas. Os resultados revelaram avaliações positivas, com destaque para a relevância formativa. Estudantes do gênero masculino apresentaram maior escore nas dimensões Confiança e Satisfação, enquanto mulheres com vínculo de estágio obtiveram escores inferiores. Conclui-se que a TRACE favorece o engajamento e a integração teoria-prática.*

**Abstract.** *Higher education has been challenged to prepare professionals for complex and technologically dynamic contexts. Active methodologies based on problem- and project-based learning have gained prominence, but face obstacles in interdisciplinary settings due to the lack of structured processes. This study describes and analyzes the application of the TRACE methodology as an alternative to less systematized approaches. The results revealed positive evaluations, with an emphasis on formative relevance. Male students reported higher scores in the Confidence and Satisfaction dimensions, while female students with internship commitments scored lower. It is concluded that TRACE supports student engagement and the integration of theory and practice.*

### 1. Introdução

Nas últimas décadas, o ensino superior tem enfrentado o desafio de preparar profissionais para atuar em contextos marcados pela complexidade, incerteza e aceleradas transformações tecnológicas [Pastore 2018, Oraison 2021]. Como argumenta Gallagher [Gallagher 2016], além de competências técnicas robustas, torna-se imperativo desenvolver habilidades interpessoais, socioemocionais e interdisciplinares, as quais são fundamentais para garantir a adaptabilidade diante das demandas emergentes do mercado e das inovações tecnológicas [Okolie et al. 2021, Pastore 2021].

Nesse contexto, metodologias ativas de aprendizagem têm se consolidado como abordagens pedagógicas relevantes, especialmente frente à crescente obsolescência

dos modelos tradicionais de ensino [Berbel 2011, Okolie et al. 2021]. Ao reposicionar o estudante como agente central do processo formativo, essas metodologias propiciam experiências educacionais mais dinâmicas, participativas e contextualizadas [Silva-Neto e Leite 2023], favorecendo o desenvolvimento de competências essenciais para a atuação em cenários reais, como pensamento crítico, colaboração, autonomia intelectual e resolução de problemas complexos [Ataizi e Donmez 2014, Berbel 2011, Silva-Neto e Leite 2023].

Entre as estratégias metodológicas mais evidentes, destacam-se os projetos educacionais interdisciplinares baseados em problemas, os quais se caracterizam por articular teoria e prática, integrar diferentes campos do saber e envolver os estudantes em desafios socialmente relevantes [Beane 1997, Smith et al. 2022]. Esses projetos contribuem para a formação de profissionais com visão sistêmica, sensibilidade ética e capacidade de atuação em ambientes interdisciplinares e incertos [Christensen et al. 2021]. No entanto, sua implementação ainda enfrenta desafios significativos, especialmente relacionados à ausência de processos estruturados, o que compromete a integração entre áreas do conhecimento, dificulta a definição de objetivos comuns e fragiliza os impactos educacionais alcançados [Brewer 1999, Santos e Barra 2012, Santaolalla et al. 2020, Darbellay 2024].

A literatura também evidencia que a condução de projetos de forma “improvisada e desarticulada” tende à descontinuidade, à baixa efetividade e à dificuldade na avaliação de seus resultados [Altheman 2024]. Por isso, a formulação de soluções para problemas reais demanda uma abordagem pedagógica que transcenda práticas disciplinares e transmissivas, articulando dimensões técnicas, sociais, culturais e éticas [Dewey 1986, Bacich e Moran 2017, Hartikainen et al. 2024]. Essa necessidade de articulação metodológica torna-se ainda mais premente em iniciativas como projetos integradores e ações de extensão, que envolvem múltiplos atores e saberes distintos.

Diante desse cenário o objetivo deste trabalho foi desenvolver e validar uma metodologia integrada, fundamentada em abordagens reflexivas e iterativas, que sistematize práticas interdisciplinares para enfrentar desafios sociotécnicos complexos em contextos educacionais. A metodologia TRACE (*Technical Roadmap for Agile Cross-domain Engineering*), descrita e avaliada neste estudo, surge como uma resposta a esses desafios. Desenvolvida entre 2021 e 2024, a partir de dezenas de experiências práticas em cursos de graduação nas áreas de Computação e Administração, a TRACE adota uma abordagem iterativa e incremental, fundamentada nos princípios da engenharia de software ágil [Russo et al. 2021], do design centrado no ser humano [Norman 2013a, ISO 9241-210 2019], da aprendizagem baseada em projetos e problemas [Blumenfeld 1991] e do processo CRISP-DM [IBM 2022, Saltz e Hotz 2022, Smart-Vision 2022], amplamente reconhecido na área de mineração de dados.

A metodologia TRACE organiza o desenvolvimento de projetos em sete macro-etapas iterativas: (1) entendimento do domínio, (2) definição do problema, (3) coleta e entendimento dos dados, (4) elaboração da solução, (5) avaliação da solução, (6) desenvolvimento de ferramentas de suporte e (7) implantação. Com uma lógica não linear, favorece ciclos contínuos de refinamento, permitindo avanços incrementais, testes de hipóteses e ajustes estratégicos ancorados na realidade. Sua adoção tem demonstrado superar limitações pedagógicas aplicadas em projetos interdisciplinares, promovendo a integração entre teoria e prática, a colaboração entre atores e o desenvolvimento de com-

petências transversais. Entre os principais benefícios observados destacam-se: (i) clareza nas etapas do processo, facilitando a coordenação entre equipes; (ii) incentivo à coleta e análise contínua de dados; (iii) valorização da avaliação iterativa; e (iv) desenvolvimento de ferramentas técnicas que fortalecem a sustentabilidade e reprodutibilidade das soluções.

O restante do documento está organizado da seguinte forma: Na seção 2 é abordado o referencial teórico, enquanto a seção 3 é descrito sobre os trabalhos relacionados. Na seção 4 está descrita a metodologia adotada na condução deste trabalho. Na seção 5 são abordados os resultados e validação e a seção 6 a avaliação. Por fim, na seção 7 é apresentada a conclusão e os trabalhos futuros.

## **2. Referencial teórico**

A proposta do TRACE fundamenta-se na convergência de cinco pilares teórico-metodológicos que respondem aos limites da educação tradicional: a aprendizagem baseada em projetos e problemas (ABPP), a interdisciplinaridade no contexto educacional, as metodologias ágeis aplicadas ao ensino, os processos iterativos do design centrado no usuário (*Human-Centered Design* - HCD) e o modelo CRISP-DM.

### **2.1. Aprendizagem baseada em projetos e problemas (ABPP) e interdisciplinariedade na educação**

A ABPP é uma abordagem centrada no estudante que promove a construção ativa do conhecimento por meio da investigação de problemas autênticos e complexos [Thomas 2000, Bell 2010]. Em contraste com métodos tradicionais, ela envolve experiências significativas que exigem planejamento, colaboração, experimentação e reflexão crítica, desenvolvendo competências como autonomia, criatividade, pensamento crítico e trabalho em equipe [Barron e Darling-Hammond 2008, da Silva et al. 2024]. Projetos bem estruturados também contribuem para a equidade educacional ao oferecer múltiplas formas de engajamento e avaliação [Condliffe et al. 2021]. Nesse contexto, o uso de tecnologias digitais ampliam essas possibilidades ao facilitar a prototipação rápida de soluções, a comunicação entre estudantes e a análise integrada de dados, fortalecendo a interdisciplinaridade e a conexão com contextos reais [Pérez Torres et al. 2024].

A interdisciplinaridade, por sua vez, é essencial para lidar com a complexidade dos problemas contemporâneos, ao integrar saberes de diferentes campos e superar a fragmentação curricular [Japiassu 1976, Altheman 2024]. Essa abordagem exige colaboração docente e intencionalidade pedagógica, especialmente em projetos orientados por competências e pela resolução de problemas reais [Mansilla e Duraising 2007].

### **2.2. Metodologias Ágeis na Educação**

As metodologias ágeis, inicialmente concebidas no domínio da engenharia de software, enfatizam ciclos iterativos de desenvolvimento, colaboração contínua entre os envolvidos, adaptabilidade a mudanças e foco na geração de valor para o usuário [Fowler et al. 2001, Russo et al. 2021]. Recentemente, esses princípios vêm sendo transpostos para o contexto educacional para tornar os processos de ensino e aprendizagem mais dinâmicos, participativos e centrados no estudante [Silva et al. 2019]. O uso de *frameworks* como *Scrum* e *Kanban* tem se mostrado eficaz na organização de atividades

educacionais em ciclos curtos, orientados por metas claras, retroalimentação frequente e estímulo à autonomia discente [López-Alcarria et al. 2019].

### 2.3. Design iterativo e centrado no humano - HCD

O design iterativo, amplamente empregado em design de interação, baseia-se em ciclos contínuos de prototipação, teste e refinamento, promovendo ajustes progressivos às necessidades dos usuários [Norman 2013b, Barbosa et al. 2021]. Quando aplicado à educação, esse paradigma favorece percursos formativos adaptáveis e centrados no estudante [ISO 9241-210 2019, Adams e Atman 1999, Hare et al. 2025]. Complementarmente, o HCD propõe o desenvolvimento de soluções que consideram não somente a qualidade de uso, mas também os contextos sociais, culturais, éticos e sustentáveis em que os sistemas estão inseridos [ISO 9241-210 2019]. Estudos recentes [Henriksen et al. 2023, Blundell 2024] evidenciam o potencial do HCD e do design iterativo na inovação educacional, ao integrar empatia, criatividade e pensamento sistêmico.

### 2.4. Crisp-DM

O CRISP-DM é um modelo de processo amplamente utilizado para orientar projetos de mineração de dados, estruturado em seis fases: entendimento do negócio, entendimento e preparação dos dados, modelagem, avaliação e implantação [Chapman 2000]. Sua abordagem sistemática, iterativa e flexível favorece a adaptação a diferentes domínios e contextos computacionais, sendo uma das razões para sua adoção na indústria e na academia [IBM 2022, Saltz e Hotz 2022]. Sua lógica iterativa, voltada ao alinhamento entre análise de dados e necessidades organizacionais, torna-o compatível com metodologias ágeis e centradas no humano [Wirth e Hipp 2000].

## 3. Trabalhos relacionados

A metodologia TRACE posiciona-se em meio a um conjunto de abordagens voltadas à concepção de soluções contextualizadas, colaborativas e iterativas, que articulam compreensão aprofundada do domínio, definição participativa de problemas e avaliação empírica de intervenções. Entre as principais referências nesse ecossistema metodológico estão o *Design Science Research (DSR)* [Hevner et al. 2004, Peffers et al. 2007], Pesquisa-Ação [Kemmis et al. 2013, de Toledo et al. 2014], e *Design-Based Research (DBR)* [Collective 2003] cada qual com contribuições relevantes, mas também com limitações específicas.

O DSR, destaca-se pela ênfase na construção e avaliação rigorosa de artefatos tecnológicos, com foco na resolução de problemas reais e na produção de conhecimento aplicável [Hevner et al. 2004, Peffers et al. 2007]. No entanto, seu foco predominantemente técnico pode limitar o envolvimento participativo de usuários e outros atores do domínio.

O DBR, por sua vez, emerge como uma abordagem relevante no campo da educação, ao integrar desenvolvimento prático e produção teórica por meio de ciclos iterativos em contextos reais de aprendizagem [Collective 2003]. Contudo, apresenta limitações, como a ausência de mecanismos operacionais bem definidos para orientar a transição entre concepção, implementação e avaliação, especialmente em domínios interdisciplinares. Além disso, seu escopo permanece fortemente vinculado ao ambiente educacional, o que restringe a aplicabilidade em outros contextos de investigação e inovação

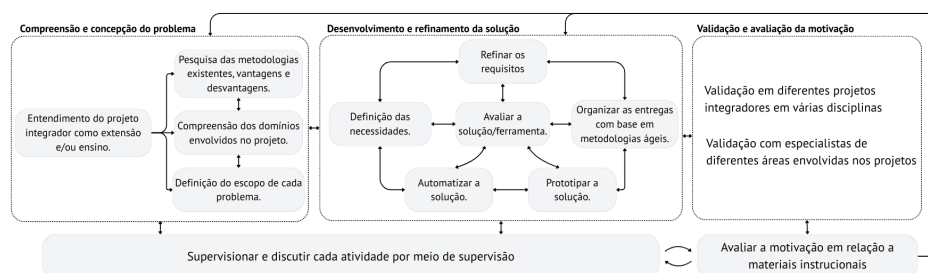
Por outro lado, a Pesquisa-Ação valoriza o engajamento ativo dos participantes e a transformação coletiva da realidade [Kemmis et al. 2013, de Toledo et al. 2014]. Apesar de promover inclusão e apropriação dos resultados, apresenta desafios de sistematização e replicabilidade, além do risco de vieses decorrentes da atuação do pesquisador como agente de mudança.

Nesse cenário, a TRACE diferencia-se por integrar contribuições dessas abordagens em uma estrutura metodológica coesa, iterativa e adaptável. Sua abrangência cobre desde a imersão no domínio até a implantação da solução e, quando necessário, o desenvolvimento de ferramentas tecnológicas. A proposta metodológica do TRACE combina a estruturação e rigor do DSR, a orientação prática e iterativa do DBR e a sensibilidade transformadora da Pesquisa-Ação. Seu diferencial está na abrangência e flexibilidade para lidar com desafios sociotécnicos complexos de forma participativa, iterativa e orientada a impacto.

#### 4. Metodologia

A metodologia TRACE foi desenvolvida entre 2021 e 2024 por meio de um processo iterativo e incremental, fundamentada na análise de demandas práticas emergentes em projetos educacionais interdisciplinares de cursos de graduação nas áreas de Computação e Administração. O ponto de partida ocorreu durante a pandemia de COVID-19, quando limitações recorrentes em projetos de ensino remoto, como ausência de sistematização, indefinição de atividades e dificuldades de integração interdisciplinar, evidenciaram a necessidade de uma abordagem metodológica mais estruturada e adaptável. A partir de 2022, tais desafios foram igualmente observados em iniciativas presenciais de ensino e extensão, ampliando a motivação para o desenvolvimento do TRACE.

A construção da metodologia seguiu três etapas principais: (i) compreensão e concepção do problema, (ii) desenvolvimento e refinamento da solução e (iii) validação e avaliação da motivação.



**Figura 1. Metodologia aplicada no desenvolvimento da TRACE.**

Na primeira etapa, **compreensão e concepção do problema**, foi realizada a caracterização dos projetos integradores enquanto dispositivos pedagógicos, mapeando seus formatos institucionais, objetivos, diretrizes curriculares e potenciais de articulação comunitária. Uma revisão crítica de metodologias existentes orientou a identificação de contribuições e limitações para adaptação ao contexto interdisciplinar. Também foram analisados os domínios técnico-científicos, sociotécnicos e comunitários envolvidos, assegurando relevância, viabilidade e coerência das propostas.

A segunda etapa de **desenvolvimento e refinamento da solução** concentrou-se no desenvolvimento progressivo da metodologia, com foco na adaptação às necessidades de estudantes, docentes e usuários. Estruturou-se um processo ágil com ciclos curtos, entregas parciais e revisões contínuas. Prototipações de baixa e média fidelidade permitiram validações preliminares e discussões sobre adequação das soluções, evoluindo, quando pertinente, para versões funcionais testadas em contextos reais ou simulados.

A terceira etapa, denominada **validação e avaliação da motivação**, foi organizada em duas fases complementares. A primeira correspondeu à *validação sucessiva da metodologia*, realizada de forma iterativa ao longo de seu desenvolvimento e aplicação em diferentes contextos educacionais. Nesse processo, a TRACE passou por sucessivos refinamentos, adaptando-se às necessidades de estudantes, docentes e aos distintos perfis de interdisciplinaridade presentes em cada ciclo formativo. No total, foram conduzidos mais de 90 projetos integradores em instituições públicas e privadas, com a participação de professores e estudantes. A segunda fase consistiu na *avaliação da eficácia da metodologia*, realizada por especialistas por meio de inspeção da TRACE<sup>1</sup> [Barbosa et al. 2021] e pela avaliação motivacional realizada pelos estudantes por meio da aplicação sistemática do instrumento IMMS (*Instructional Materials Motivation Survey*) [Keller 1987, Keller 2009, Cardoso-Júnior et al. 2020]. Essas validações e avaliações resultaram em ajustes na estrutura das atividades e na escolha de tecnologias educacionais, assim como para mensurar as dimensões motivacionais como atenção, relevância, confiança e satisfação dos estudantes.

Vale destacar ainda a existência de uma **atividade transversal de supervisão docente** que garantiu orientação contínua aos estudantes, revisão crítica dos artefatos e alinhamento formativo entre os domínios disciplinares e os objetivos educacionais, fortalecendo o caráter integrador e reflexivo da proposta.

## 5. Resultados e validação

A TRACE (cf. Figure 2) é uma metodologia cíclica e iterativa para o desenvolvimento de soluções, na qual cada etapa pode retroalimentar as anteriores com base nas informações obtidas do domínio do problema. Inspirado por princípios e práticas discutidos na Seção 2, o modelo utiliza diversas fontes de informação, como dados empíricos, literatura, conhecimento prévio e experiências anteriores, como insumos transversais a todas as suas atividades. É importante destacar que o TRACE pode ser aplicado de duas formas distintas: (i) como guia para concepção, prototipação e implantação de abordagens, processos ou métodos, sem a obrigatoriedade de desenvolvimento tecnológico, nesse caso as atividades de 1 - 5 e a 7 seriam executadas; ou (ii) com o uso da etapa voltada à criação de ferramentas de suporte, quando necessário<sup>2</sup>, completando o ciclo metodológico. As atividades previstas podem ser customizadas e detalhadas conforme as necessidades específicas de cada projeto, assegurando flexibilidade e adaptabilidade. Para fins de clareza, a descrição a seguir será apresentada de forma linear.

A primeira etapa, **entendimento do(s) domínio(s)**, consiste na aquisição e

<sup>1</sup>Em função da limitação de espaço, essa análise não é apresentada; contudo, uma alteração resultante dessa avaliação foi a inclusão de um link de *avaliação da solução* direto para implantação, visto que não é obrigatório o *desenvolvimento de ferramenta de suporte*.

<sup>2</sup>Nesse caso as atividades de 1 a 7 seriam executadas.

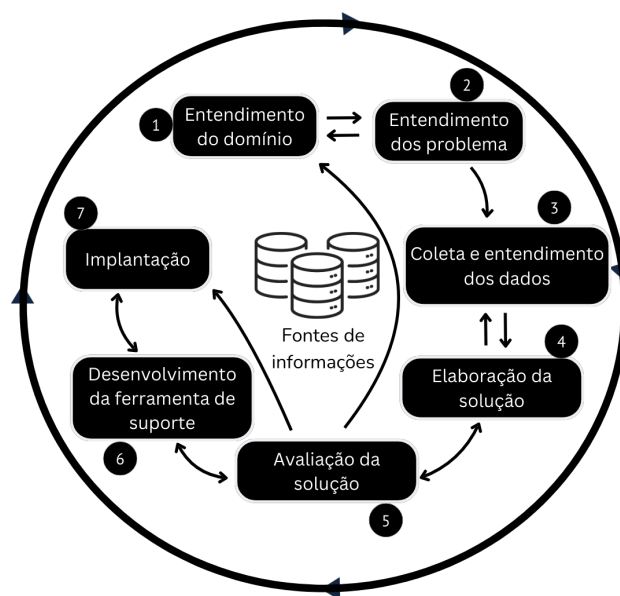


Figura 2. Metodologia Trace

sistematização de conhecimentos sobre o contexto em que a solução será concebida e aplicada. Busca-se compreender processos, práticas, terminologias, restrições e dinâmicas específicas da área, incluindo fatores técnicos, sociais, culturais e econômicos. São identificados fluxos operacionais, tecnologias em uso, normas, padrões e oportunidades de melhoria. O resultado é uma documentação validada e abrangente do domínio, que serve de base para as demais etapas do projeto. Esse conhecimento forma a base sobre a qual serão definidas as necessidades, desenvolvida a solução e conduzidas as etapas de avaliação e implantação, garantindo maior aderência, legitimidade e efetividade ao projeto.

A segunda etapa, **entendimento e definição do problema**, visa identificar, analisar e estruturar o problema a ser enfrentado. Envolve o mapeamento de necessidades, desafios e restrições, bem como das partes interessadas, suas percepções e possíveis conflitos. O objetivo é construir uma definição clara, compartilhada e validada do problema, incluindo suas causas, objetivos, restrições e critérios de sucesso. Esse entendimento fundamenta o desenvolvimento de soluções contextualizadas e sustentáveis.

Na terceira etapa, **coleta e entendimento dos dados**, são reunidas evidências empíricas e teóricas que sustentam a formulação da solução. Os dados podem ser obtidos por meio de revisão da literatura, entrevistas, questionários, observações ou *workshops*, e devem refletir tanto o conhecimento técnico-científico quanto as vivências dos stakeholders. Também são considerados padrões e diretrizes relevantes. O resultado é um diagnóstico abrangente e validado, que consolida o conhecimento existente, identifica lacunas e reforça a relevância do problema.

A quarta etapa, **elaboração da solução**, consiste no desenvolvimento sistemático de uma proposta, como um *framework*, modelo, método ou artefato, integrando conhecimentos prévios, boas práticas e características do contexto. São definidos seus componentes, fases e elementos estruturais, considerando aspectos sociotécnicos, éticos e sustentáveis, como acessibilidade, privacidade e impacto ambiental. Tecnologias emergentes podem ser incorporadas conforme a necessidade. O resultado deve ser uma solução es-

truturada, fundamentada e pronta para aplicação e avaliação.

A quinta etapa, **avaliação da solução**, busca validar sua utilidade, aplicabilidade, usabilidade e eficácia. A avaliação pode envolver estudos de caso, projetos-piloto ou ambientes simulados, com aplicação de entrevistas, questionários, observações ou experimentos. Métricas quantitativas e qualitativas são coletadas para analisar desempenho, aderência, facilidade de uso e percepção de valor. O resultado é um conjunto de evidências sobre os pontos fortes e limitações da solução, com recomendações para seu aprimoramento.

Quando necessário, a sexta etapa envolve o **desenvolvimento de uma ferramenta de suporte tecnológica**. Essa atividade inicia-se com a engenharia de requisitos, seguida pela concepção centrada no usuário e pela definição da arquitetura técnica. Após o desenvolvimento, envolve testes funcionais e não funcionais, além de interações iterativas com usuários para refinar a solução. O resultado é uma ferramenta funcional, validada e alinhada aos princípios do projeto, que apoia de forma eficaz a aplicação da proposta.

Por fim, a etapa de **implantação da solução** trata da introdução controlada da proposta no ambiente real, considerando aspectos técnicos, organizacionais e sociais. São planejadas ações de transição, capacitação, suporte e comunicação, bem como estratégias de gestão da mudança para promover o engajamento dos usuários. A implantação é monitorada por meio de indicadores de adoção e uso, permitindo ajustes e garantindo sua integração aos processos existentes. O resultado esperado é a adoção efetiva e sustentável da solução no contexto, com integração adequada aos processos existentes, apoio institucional e aceitação por parte dos usuários. Uma implantação bem-sucedida representa a consolidação da proposta como parte integrante das práticas da organização ou comunidade envolvida.

Assim, o TRACE constitui uma estrutura metodológica flexível, que pode ser aplicada integralmente, incluindo o desenvolvimento de ferramentas, ou de forma parcial, adaptando-se às demandas específicas de cada projeto e assegurando alinhamento contextual e impacto efetivo.

### 5.1. Validação na disciplina de projeto integrados

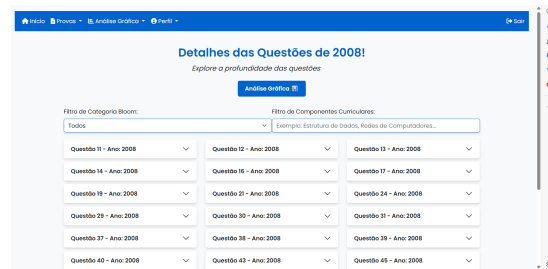
A metodologia TRACE foi validada por meio de uma abordagem empírica e iterativa, com foco na avaliação de sua aplicabilidade, utilidade e adaptabilidade em diferentes contextos sociotécnicos. A estratégia de validação baseou-se em triangulação metodológica, combinando evidências qualitativas e quantitativas provenientes de múltiplos estudos de caso, incluindo projetos integradores de extensão universitária, aplicações em cenários reais e análises retrospectivas de iniciativas anteriores à formalização da metodologia.

No total, foram conduzidos mais de 20 projetos em domínios variados, como educação, saúde e bem-estar, piscicultura e saneamento, durante os semestres letivos de 2023-2 e 2024-1. Participaram 53 estudantes, quatro docentes e seis especialistas do setor produtivo. Em 2023-2, os projetos foram realizados por 35 estudantes em fase inicial da graduação, organizados em grupos de 4 a 5 integrantes, com intensa interação com **stakeholders** e usuários finais. Em 2024-1, os trabalhos foram conduzidos por estudantes em fase final do curso, individualmente (12 alunos) ou em duplas (6 alunos). Em ambos os casos, os projetos seguiram a estrutura do TRACE, com entregas quinzenais organiza-





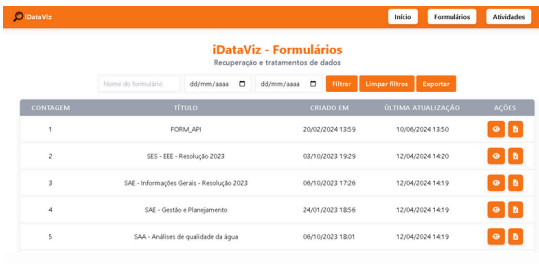
(a) Exemplo do Kanban do Projeto CEUA.



(b) Sistema EduInsights.



(c) Sistema de coleta de dados em campo.



(d) Sistema de recuperação, análise e visualização de dados

**Figura 3. Projetos integradores elaborados com base na metodologia TRACE.**

das em cinco a seis sprints<sup>3</sup>, no contexto de disciplinas com carga horária de 80 horas, das quais 40 horas eram destinadas à supervisão das atividades.

Cada fase do Trace gerava artefatos específicos, continuamente avaliados e compartilhados por meio de plataformas colaborativas. Em 2023, os materiais foram organizados no GitHub<sup>4</sup>; em 2024, utilizou-se o Overleaf<sup>5</sup>, com estrutura baseada em planos de projeto e desenvolvimento<sup>6</sup>. Os artefatos incluíam mapeamentos de desafios e contexto, definição livre do ciclo de vida, identificação de *stakeholders* (*Why?*, *Who?*), *storytelling*, *personas*, mapas de empatia e derivação de requisitos, entre outros.

As etapas de projeto conceitual e design serviram para validar requisitos e acordar, com os clientes, a identidade visual das soluções. A prototipação evoluiu de *wireframes* iniciais para protótipos de alta fidelidade, validados iterativamente com usuários. A implementação final das soluções dos projetos de 2023-2 foi realizada em disciplinas parceiras, integradas ao processo, e a de 2024-1 foi realizada na própria disciplina. Esses estudos forneceram evidências consistentes da eficácia do TRACE na estruturação de processos participativos e orientados a dados, com forte aderência aos contextos de aplicação. Os resultados indicam que a metodologia favorece a clareza processual, o engajamento dos participantes e a flexibilidade para lidar com diferentes níveis de maturidade técnica e áreas de domínio.

A Figura 3 apresenta quatro exemplos dos projetos desenvolvidos com base no TRACE. A Figura 3a mostra o quadro Kanban do projeto “Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA)”. A Figura 3b exibe uma interface do sistema EduInsights, criado

<sup>3</sup>Cada sprint tinha duração de duas semanas

<sup>4</sup>[https://github.com/Arthur0020/Projeto\\_integrador\\_NUPLEX](https://github.com/Arthur0020/Projeto_integrador_NUPLEX)

<sup>5</sup><https://www.overleaf.com/>

<sup>6</sup>Template ICMC/USP adaptado para os projetos integradores: <https://drive.google.com/drive/folders/1jA8bEwjV6Rd6tNmRHy0ZIZndRN03ntX?usp=sharing>

para apoiar a análise dos resultados do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE). Enquanto as Figuras 3c e 3d ilustram soluções tecnológicas voltadas ao saneamento: uma para coleta e análise de dados em campo e outra para recuperação e visualização de dados oriundos de plataformas externas<sup>7</sup>.

## 6. Avaliação da aplicação da Metodologia TRACE

Ao final de cada semestre, foi aplicado o instrumento IMMS por meio do Google Forms, respondido de forma individual e anonimizada por 49 dos 53 alunos (92%). A coleta foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa<sup>8</sup>. O IMMS é formado por 36 questões para avaliar a motivação dos alunos com relação ao uso da metodologia TRACE, baseado em quatro dimensões: (i) **Atenção**, que verifica se o conteúdo desperta e mantém o interesse do aluno; (ii) **Relevância**, que analisa se o conteúdo é percebido como útil e conectado à realidade ou aos objetivos do aluno; (iii) **Confiança**, que avalia o quanto o aluno acredita ser capaz de aprender e ter sucesso com aquela abordagem; e (iv) **Satisfação**, que mede o nível de realização ou recompensa obtida ao final da experiência de aprendizagem. Além disso, foram incluídas questões demográficas para coletar dados, como ocupação, gênero, etc. A análise de dados foi realizada utilizando Python, por meio do Colab.

### 6.1. Resultados da avaliação motivacional da aplicação da Metodologia TRACE

Os resultados indicam que a maioria dos participantes da avaliação se identifica com o gênero masculino, representando 79,6% da amostra ( $n = 39$ ), enquanto apenas 20,4% ( $n = 10$ ) se identificam como do gênero feminino. Quanto à inserção no mercado de trabalho, observa-se que 51,02% dos respondentes não possuem vínculo profissional; 30,61% atuam formalmente; 16,33% são estagiários; e 2,04% desenvolvem atividades de estágio não remunerado.

As análises descritivas globais, apresentadas na Tabela 1, revelam uma avaliação amplamente positiva da metodologia TRACE por parte dos estudantes. As médias nas quatro dimensões analisadas: **Atenção**, **Relevância**, **Confiança** e **Satisfação**, situam-se consistentemente acima do ponto médio da escala (3,0), sugerindo que os elementos motivacionais incorporados à proposta metodológica foram, em geral, bem recebidos pelos participantes.

**Tabela 1. Estatísticas descritivas por dimensão avaliada.**

| Dimensão   | Média | Mediana | DP   | Mín. | Máx. | IC 95% - Inf. | IC 95% - Sup. |
|------------|-------|---------|------|------|------|---------------|---------------|
| Atenção    | 3,31  | 3,27    | 0,75 | 1,27 | 5,00 | 3,09          | 3,53          |
| Relevância | 3,61  | 3,80    | 0,67 | 1,90 | 5,00 | 3,42          | 3,80          |
| Confiança  | 3,09  | 3,11    | 0,67 | 1,00 | 4,33 | 2,89          | 3,28          |
| Satisfação | 3,18  | 3,38    | 0,75 | 1,25 | 4,75 | 2,96          | 3,39          |

A dimensão **Relevância** apresentou o escore médio mais elevado ( $M = 3,61$ ;  $IC^9_{95\%} = [3,42; 3,80]$ ), sinalizando que os estudantes perceberam a metodologia como

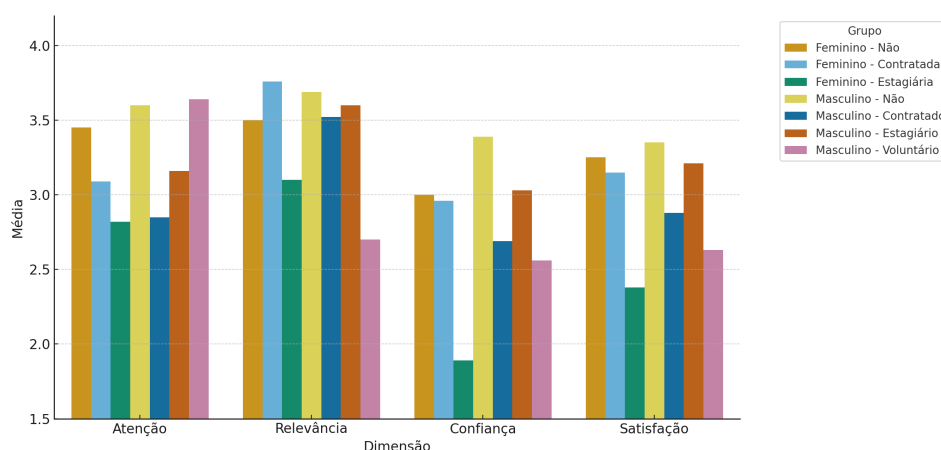
<sup>7</sup>Essas soluções levaram ao desenvolvimento de uma startup que está entre as Top 1000 mais inovadoras e com o software registrado no INPI, registro BR512025000757-4

<sup>8</sup>CAAE 02896318.2.0000.5390

<sup>9</sup>intervalo de confiança, onde IC-inf é o intervalo de confiança inferior e IC-Sup é o intervalo de confiança superior

alinhada a seus objetivos formativos, interesses pessoais e à aplicabilidade prática dos conteúdos. A dimensão **Atenção** ( $M = 3,31$ ;  $IC\ 95\% = [3,09; 3,53]$ ) também obteve avaliação positiva, sugerindo que os recursos didáticos e estratégias pedagógicas adotadas foram eficazes em sustentar o engajamento dos discentes ao longo do processo.

Embora com médias inferiores, as dimensões **Confiança** ( $M = 3,09$ ) e **Satisfação** ( $M = 3,18$ ) também se mantiveram acima do ponto neutro da escala, indicando percepções favoráveis, ainda que mais modestas, quanto à autoconfiança no uso da metodologia e ao sentimento de realização com a experiência. Esses resultados apontam que ainda há oportunidades de aprimoramento, especialmente no fortalecimento da autonomia discente e no apoio à consolidação de um sentimento positivo ao final do processo formativo. Com o intuito de aprofundar as percepções dos estudantes e possíveis variações nas percepções, foram realizadas análises comparativas com base nas variáveis de gênero e vínculo com o mercado de trabalho, conforme ilustrado na Figura 4.



**Figura 4. Escores médios por dimensões, gênero e vínculo com o mercado.**

Os dados da Figura 4 indicam que estudantes do gênero masculino apresentaram escores médios superiores em três das quatro dimensões. O maior contraste foi observado na dimensão **Confiança**, com média de 3,13 entre homens e 2,84 entre mulheres, o que pode refletir diferenças na autopercepção de competência, em consonância com estudos que destacam barreiras de gênero em contextos formativos em áreas tecnológicas [Ceci et al. 2014, Nosek et al. 2009, Dost e Mazzoli Smith 2023]. Pesquisas mostram que mulheres frequentemente relatam menor autoconfiança em habilidades técnicas, o que pode afetar seu engajamento e participação em disciplinas e carreiras STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) [Wilson et al. 2015, Master et al. 2016, Kelly et al. 2024].

As dimensões **Atenção** e **Satisfação** também apresentaram médias mais elevadas entre os homens (3,34 e 3,29, respectivamente) do que entre as mulheres (3,13 e 3,08), sugerindo maior engajamento situacional e sensação de realização ao final das atividades. Essa diferença pode estar relacionada à percepção de pertencimento e identificação com o contexto formativo, fatores reconhecidamente associados à motivação e ao envolvimento acadêmico. Estudos recentes apontam que mulheres, sobretudo em áreas tecnológicas ou com maior número de homens, tendem a reportar menor senso de pertencimento e menor alinhamento identitário com as práticas pedagógicas adotadas

[Wang et al. 2023, Kelly et al. 2024]. Essas percepções influenciam negativamente tanto a atenção sustentada quanto a satisfação subjetiva com a experiência.

Adicionalmente, a **motivação** discente é mediada por fatores como valor percebido das atividades e custos associados à participação, incluindo esforço emocional, carga de trabalho ou risco de fracasso. Se as estudantes perceberam custos mais elevados ou menor valor pessoal nas atividades, isso pode ter contribuído para os escores mais baixos nas dimensões **Atenção** e **Satisfação** [Eccles e Wigfield 2020]. Por outro lado, a dimensão **Relevância** foi avaliada de forma semelhante por ambos os grupos ( $M = 3,62$ ), indicando percepção equitativa quanto à utilidade e aplicabilidade da metodologia, alinhando-se a evidências de que, apesar das diferenças de gênero, há consenso sobre o valor de propostas formativas práticas e contextualizadas com o uso da TRACE [Eccles 2011, Eccles e Wigfield 2020].

Além das diferenças por gênero, os dados também revelam variações significativas em função do vínculo com o mercado de trabalho. Estudantes do gênero feminino atuantes como estagiárias apresentaram os menores escores médios em todas as dimensões, especialmente em **Confiança** ( $M = 1,89$ ) e **Satisfação** ( $M = 2,38$ ). Esses resultados sugerem sentimentos de insegurança ou baixa percepção de pertencimento aos projetos, o que se alinha a estudos que discutem os desafios enfrentados por mulheres em estágios e posições iniciais em áreas técnicas [Eddy e Brownell 2016, Smith et al. 2014, Wang et al. 2023]. Em contraste, estudantes do gênero masculino sem vínculo profissional apresentaram os escores mais elevados, o que pode estar relacionado a maior disponibilidade de tempo e dedicação ao processo formativo, conforme discutido na literatura sobre engajamento acadêmico [Tinto 2012, Pascarella e Terenzini 2005, Evagorou et al. 2024].

Embora a análise de gênero não constitua o foco central deste trabalho, os dados revelam nuances relevantes nas experiências individuais dos participantes. A compreensão dessas diferenças é fundamental para orientar o aprimoramento contínuo da metodologia TRACE, promovendo ambientes de aprendizagem mais inclusivos, motivadores e sensíveis à diversidade de perfis sociais, identitários e profissionais.

## 7. Conclusão

Este estudo analisou a aplicação da metodologia TRACE em projetos integradores com foco em extensão curricular, com base na percepção de estudantes. Os resultados apontaram avaliações amplamente positivas nas quatro dimensões do modelo IMMS, com destaque para a relevância formativa. Confiança e satisfação, embora bem avaliadas, indicam oportunidades de aprimoramento em termos de autonomia e senso de realização. A análise por grupo revelou escores mais altos entre estudantes homens e sem vínculo profissional, enquanto mulheres estagiárias apresentaram percepções menos favoráveis, evidenciando a necessidade de estratégias pedagógicas mais inclusivas.

Os resultados indicam a necessidade de aprimorar as dimensões de confiança e satisfação para fortalecer o pertencimento e a inclusão estudantil. Como trabalhos futuros, pretende-se investigar os fatores que influenciam a eficácia da metodologia em diferentes contextos e populações, bem como formas de melhorar as dimensões com escores menores. A experiência demonstra o potencial da metodologia na articulação entre formação acadêmica, engajamento e impacto social, especialmente quando aplicada com criticidade e foco na equidade.

## Referências

- Adams, R. S. and Atman, C. J. (1999). Cognitive processes in iterative design behavior. In *FIE'99 Frontiers in Education. 29th Annual Frontiers in Education Conference. Designing the Future of Science and Engineering Education. Conference Proceedings (IEEE Cat. No. 99CH37011*, volume 1, pages 11A6–13. IEEE.
- Altheman, E. (2024). A interdisciplinaridade no ensino superior: características de suas práticas e dificuldades para sua implementação. *Revista Multidisciplinar de Ciências Gerais in FOCUS*, 1(1):24–30.
- Ataizi, M. and Donmez, M. (2014). Book review: 21st century skills-learning for life in our times. *Contemporary Educational Technology*, 5(3):272.
- Bacich, L. and Moran, J. (2017). *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Penso Editora.
- Barbosa, S. D. J., Silva, B. d., Silveira, M. S., Gasparini, I., Darin, T., and Barbosa, G. D. J. (2021). *Interação humano-computador e experiência do usuario*. Autopublicação, Brasil.
- Barron, B. and Darling-Hammond, L. (2008). *Teaching for Meaningful Learning: A Review of Research on Inquiry-Based and Cooperative Learning*. Jossey-Bass, San Francisco.
- Beane, J. A. (1997). *Curriculum integration: Designing the core of democratic education*. Teachers College Press.
- Bell, S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The Clearing House*, 83(2):39–43.
- Berbel, N. A. N. (2011). As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. *Semina: Ciências sociais e humanas*, 32(1):25–40.
- Blumenfeld, P. e. a. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26(3–4):369–398.
- Blundell, C. N. (2024). A scoping review of design thinking in school-based teacher professional learning and development. *Professional development in education*, 50(5):878–893.
- Brewer, G. D. (1999). The challenges of interdisciplinarity. *Policy sciences*, 32(4):327–337.
- Cardoso-Júnior, A., Garcia, V. C. S., Coelho, D. V., Said, C. d. C., Strapasson, A. C. P., and Resende, I. S. d. (2020). Tradução e adaptação transcultural do instructional materials motivation survey (imms) para o português do brasil. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 44(4).
- Ceci, S. J., Ginther, D. K., Kahn, S., and Williams, W. M. (2014). Women in academic science: A changing landscape. *Psychological science in the public interest*, 15(3):75–141.
- Chapman, P. (2000). Crisp-dm 1.0: Step-by-step data mining guide. Technical report, SPSS.

- Christensen, J., Ekelund, N., Melin, M., and Widén, P. (2021). The beautiful risk of collaborative and interdisciplinary research. a challenging collaborative and critical approach toward sustainable learning processes in academic profession. *Sustainability*, 13(9):4723.
- Collective, D.-B. R. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational researcher*, 32(1):5–8.
- Condliffe, B., Quint, J., Visher, M. G., Bangser, M. R., Drohojowska, S., and Nelson, E. (2021). Project-based learning: A literature review. Technical report, MDRC.
- da Silva, J. J. G., de Oliveira, M. L., and da Silva, W. (2024). Aprendizagem baseada em projetos e problemas (abp): Uma abordagem para o desenvolvimento de competências no século xxi. *RCMOS-Revista Científica Multidisciplinar O Saber*, 1(1).
- Darbellay, F. (2024). When interdisciplinarity meets creativity: exploring interdisciplinary creative teaching in the 21st century. In *Handbook of Interdisciplinary Teaching and Administration*, pages 317–339. Edward Elgar Publishing.
- de Toledo, R. F., Giatti, L. L., and Jacobi, P. R. (2014). A pesquisa-ação em estudos interdisciplinares: análise de critérios que só a prática pode revelar. *Interface-Comunicação, Saúde, Educação*, 18(51):633–646.
- Dewey, J. (1986). Experience and education. In *The educational forum*, volume 50, pages 241–252. Taylor & Francis.
- Dost, G. and Mazzoli Smith, L. (2023). Understanding higher education students’ sense of belonging: a qualitative meta-ethnographic analysis. *Journal of Further and Higher Education*, 47(6):822–849.
- Eccles, J. (2011). Gendered educational and occupational choices: Applying the eccles et al. model of achievement-related choices. *International Journal of Behavioral Development*, 35(3):195–201.
- Eccles, J. S. and Wigfield, A. (2020). From expectancy-value theory to situated expectancy-value theory: A developmental, social cognitive, and sociocultural perspective on motivation. *Contemporary educational psychology*, 61:1–61.
- Eddy, S. L. and Brownell, S. E. (2016). Beneath the numbers: A review of gender disparities in undergraduate education across science, technology, engineering, and math disciplines. *Physical Review Physics Education Research*, 12(2):020106–1–020106–20.
- Evagorou, M., Puig, B., Bayram, D., and Janeckova, H. (2024). *Addressing the Gender Gap in STEM Education across Educational Levels. Analytical Report*. ERIC.
- Fowler, M., Highsmith, J., et al. (2001). The agile manifesto. *Software development*, 9(8):28–35.
- Gallagher, S. R. (2016). *The future of university credentials : new developments at the intersection of higher education and hiring*. Harvard Education Press.
- Hare, R., Ferguson, S., and Tang, Y. (2025). Enhancing student experience and learning with iterative design in an intelligent educational game. *British Journal of Educational Technology*, 56(2):551–568.

- Hartikainen, H., Ventä-Olkkonen, L., Cortés Orduña, M., Sanchez Milara, I., Käsmä, M., and Kuure, L. (2024). Making the future school: An analysis of teens' collaborative digital fabrication project. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 8(CSCW1):1–37.
- Henriksen, D., Richardson, C., and Mehta, R. (2023). Human-centered design and the future of education. *TechTrends*, 67:123–134.
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., and Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS quarterly*, pages 75–105.
- IBM (2022). Crisp-dm help overview). <https://www.ibm.com/docs/en/spss-modeler/SaaS?topic=dm-crisp-help-overview>. [Online, Acesso: 25 de maio de 2025].
- ISO 9241-210 (2019). Iso 9241-210:2019 ergonomics of human-system interaction – part 210: Human-centred design for interactive systems. <https://www.iso.org/standard/77520.html>. Acessado em: 01.06.2025.
- Japiassu, H. (1976). *Interdisciplinaridade e Patologia do Saber*. Imago, Rio de Janeiro.
- Keller, J. M. (1987). Development and use of the arcs model of instructional design. *Journal of instructional development*, 10(3):2–10.
- Keller, J. M. (2009). *Motivational design for learning and performance: The ARCS model approach*. Springer Science & Business Media.
- Kelly, M. L., Nieuwoudt, J., Willis, R., and Lee, M. F. (2024). Belonging, enjoyment, motivation, and retention: university students' sense of belonging before and during the covid-19 pandemic. *Journal of College Student Retention: Research, Theory & Practice*, pages 1–20.
- Kemmis, S., McTaggart, R., and Nixon, R. (2013). *The action research planner: Doing critical participatory action research*. Springer Science & Business Media.
- López-Alcarria, A., Olivares-Vicente, A., and Poza-Vilches, F. (2019). A systematic review of the use of agile methodologies in education to foster sustainability competencies. *Sustainability*, 11(10):2915.
- Mansilla, V. B. and Duraising, E. D. (2007). Targeted assessment of students' interdisciplinary work: An empirically grounded framework proposed. *The Journal of Higher Education*, 78(2):215–237.
- Master, A., Cheryan, S., and Meltzoff, A. N. (2016). Computing whether she belongs: Stereotypes undermine girls' interest and sense of belonging in computer science. *Journal of educational psychology*, 108(3):424.
- Norman, D. (2013a). *The Design of Everyday Things: Revised and Expanded*. Basic Books.
- Norman, D. A. (2013b). *The Design of Everyday Things*. MIT Press, revised and expanded edition.
- Nosek, B. A., Smyth, F. L., Sriram, N., Lindner, N. M., Devos, T., Ayala, A., Bar-Anan, Y., Bergh, R., Cai, H., Gonsalkorale, K., et al. (2009). National differences in gender–

- science stereotypes predict national sex differences in science and math achievement. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(26):10593–10597.
- Okolie, U. C., Nwajiuba, C. A., Eneje, B., Binuomote, M. O., Ehiobuche, C., and Hack-Polay, D. (2021). A critical perspective on industry involvement in higher education learning: Enhancing graduates' knowledge and skills for job creation in nigeria. *Industry and Higher Education*, 35(1):61–72.
- Oraison, H. e. a. (2021). Higher education in transformation: A review. *Journal of Higher Education Policy*, 34:123–140.
- Pascarella, E. T. and Terenzini, P. T. (2005). *How College Affects Students: A Third Decade of Research. Volume 2*. ERIC.
- Pastore (2021). Education, work, and development. [https://www.josepastore.com.br/papers/4\\_EDUCATION,%20WORK%20AND%20DEVELOPMENT.pdf](https://www.josepastore.com.br/papers/4_EDUCATION,%20WORK%20AND%20DEVELOPMENT.pdf). [Online, Acesso: Abril 17, 2022].
- Pastore, F. (2018). New Education Models for the Future of Work Force. GLO Discussion Paper Series 267, Global Labor Organization (GLO).
- Peppers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., and Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of management information systems*, 24(3):45–77.
- Pérez Torres, M., Couso Lagarón, D., and Marquez Bargalló, C. (2024). Evaluation of steam project-based learning (steam pbl) instructional designs from the stem practices perspective. *Education Sciences*, 14(1).
- Russo, R. F. S. M., da Silva, L. F., and Larieira, C. L. C. (2021). Do manifesto ágil à agilidade organizacional. *Gestão e Projetos: GeP*, 12(1):1–10.
- Saltz, J. and Hotz, N. (2022). Data science project management). <https://www.datascience-pm.com/crisp-dm-2/>. [Online, Acesso: 25 de maio de 2025].
- Santaolalla, E., Urosa, B., Martín, O., Verde, A., and Díaz, T. (2020). Interdisciplinarity in teacher education: evaluation of the effectiveness of an educational innovation project. *Sustainability*, 12(17):6748.
- Santos, M. C. and Barra, S. R. (2012). O projeto integrador como ferramenta de construção de habilidades e competências no ensino de engenharia e tecnologia. In *Anais do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*, volume 40.
- Silva, A. S., Soares, F. R., and Ferreira, A. M. (2019). Metodologias Ágeis no ensino: Experiências e aprendizados. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 27(1):23–38.
- Silva-Neto, S. L. d. and Leite, B. S. (2023). Design thinking aplicado como metodologia para a solução de problemas no ensino de química: um estudo de caso a partir de uma problemática ambiental. *Ciência & Educação (Bauru)*, 29:e23043.
- Smart-Vision (2022). What is the crisp-dm methodology?). <https://www.sv-europe.com/crisp-dm-methodology/>. [Online, Acesso: 25 de maio de 2025].



- Smith, J. L., Cech, E., Metz, A., Huntoon, M., and Moyer, C. (2014). Giving back or giving up: Native american student experiences in science and engineering. *Cultural diversity & ethnic minority psychology*, 20(3):413.
- Smith, K., Maynard, N., Berry, A., Stephenson, T., Spiteri, T., Corrigan, D., Mansfield, J., Ellerton, P., and Smith, T. (2022). Principles of problem-based learning (pbl) in stem education: Using expert wisdom and research to frame educational practice. *Education Sciences*, 12(10):728.
- Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning. Technical report, The Autodesk Foundation, San Rafael, CA.
- Tinto, V. (2012). *Leaving college: Rethinking the causes and cures of student attrition*. University of Chicago press.
- Wang, N., Tan, A.-L., Zhou, X., Liu, K., Zeng, F., and Xiang, J. (2023). Gender differences in high school students' interest in stem careers: A multi-group comparison based on structural equation model. *International Journal of STEM Education*, 10(1):59.
- Wilson, D., Bates, R., Scott, E. P., Painter, S. M., and Shaffer, J. (2015). Differences in self-efficacy among women and minorities in stem. *Journal of Women and Minorities in Science and Engineering*, 21(1).
- Wirth, R. and Hipp, J. (2000). Crisp-dm: Towards a standard process model for data mining. In *Proceedings of the 4th international conference on the practical applications of knowledge discovery and data mining*, volume 1, pages 29–39. Manchester.