

**Integração Entre a Teoria das Situações Didáticas e a Educação
Maker numa Perspectiva Formativa**

**Integration Between the Theory of Didactic Situations and Maker
Education in a Formative Perspective**

**Integración Entre la Teoría de las Situaciones Didácticas y la
Educación Maker en una Perspectiva Formativa**

**Intégration entre la Théorie des Situations Didactiques et
l'Éducation Maker dans une Perspective Formative**

Luiz Paulo Fernandes Lima

Daniel Brandão Menezes

Francisco Herbert Lima Vasconcelos

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Resumo

A Teoria das Situações Didáticas (TSD), desenvolvida por Guy Brousseau na França, é uma metodologia que analisa as interações sociais entre alunos, professores e conhecimentos matemáticos em sala de aula, influenciando a aprendizagem e sua dinâmica. Assim, este estudo teve como objetivo investigar como as fases dialéticas da TSD impactam a formação de professores num contexto de educação *maker*. Utilizando a Engenharia Didática como metodologia de investigação, os dados foram recolhidos durante as fases de análise a priori e experimentação, sendo analisados posteriormente por meio de abordagens qualitativas e quantitativas. A formação ocorreu em cinco encontros, envolvendo sete professores das áreas de matemática e física. Os resultados mostraram que, mesmo os professores sem experiência prévia com

TSD e *maker*, demonstraram avanços significativos, comparáveis aos de um professor participante experiente nessas metodologias. A integração das fases dialéticas da TSD – ação, formulação, validação e institucionalização – proporcionou um ambiente propício para a reflexão crítica e a aplicação criativa do conhecimento. Conclui-se que a formação *maker*, embasada na TSD, enriquece a prática pedagógica e promove um ensino mais dinâmico e eficaz, no entanto, o acompanhamento pós-formação, como sessões de reforço e orientação individualizada, pode oferecer suporte contínuo aos professores no processo de implementação TSD e Educação *Maker* nas práticas de ensino.

Palavras-Chave: Formação de professores, Engenharia Didática, Situação Didática Formativa, Educação *Maker*.

Abstract

The Theory of Didactical Situations (TDS), developed by Guy Brousseau in France, is a methodology that analyzes the social interactions between students, teachers, and mathematical knowledge in the classroom, influencing learning and its dynamics. Thus, this study aimed to investigate how the dialectical phases of TDS impact teacher training in a maker education context. Using Didactical Engineering as the research methodology, data were collected during the a priori analysis and experimentation phases, and later analyzed using qualitative and quantitative approaches. The training took place over five meetings, involving seven teachers from the fields of mathematics and physics. The results showed that even teachers with no prior experience with TDS and maker methodologies demonstrated significant progress, comparable to an experienced participant in these methodologies. The integration of TDS's dialectical phases – action, formulation, validation, and institutionalization – provided a favorable environment for critical reflection and the creative application of knowledge. It is concluded that maker training, based on TDS, enriches pedagogical practice and promotes more dynamic and effective teaching. However, post-training support, such as reinforcement sessions and individualized guidance, may offer continuous support to teachers in the process of implementing TDS and Maker Education in their teaching practices.

Keywords: Teacher Training, Didactic Engineering, Formative Didactic Situation, Maker Education.

Resumen

La Teoría de las Situaciones Didácticas (TSD), desarrollada por Guy Brousseau en Francia, es una metodología que analiza las interacciones sociales entre estudiantes, profesores y el conocimiento matemático en el aula, influyendo en el aprendizaje y su dinámica. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo investigar cómo las fases dialécticas de la TSD impactan en la formación de profesores en un contexto de educación maker. Utilizando la Ingeniería Didáctica como metodología de investigación, los datos fueron recopilados durante las fases de análisis a priori y experimentación, y posteriormente analizados mediante enfoques cualitativos y cuantitativos. La formación se llevó a cabo en cinco encuentros, involucrando a siete profesores de las áreas de matemáticas y física. Los resultados mostraron que, incluso los profesores sin experiencia previa con TSD y maker, demostraron avances significativos, comparables a los de un participante experimentado en estas metodologías. La integración de las fases dialécticas de la TSD – acción, formulación, validación e institucionalización – proporcionó un entorno propicio para la reflexión crítica y la aplicación creativa del conocimiento. Se concluye que la formación maker, basada en la TSD, enriquece la práctica pedagógica y promueve una enseñanza más dinámica y eficaz. Sin embargo, el acompañamiento posterior a la formación, como sesiones de refuerzo y orientación individualizada, puede ofrecer un apoyo continuo a los profesores en el proceso de implementación de la TSD y la Educación Maker en sus prácticas de enseñanza.

Palabras clave: Formación docente, Ingeniería Didáctica, Situación Didáctica Formativa, Educación Maker.

Résumé

La Théorie des Situations Didactiques (TSD), développée par Guy Brousseau en France, est une méthodologie qui analyse les interactions sociales entre élèves, enseignants et savoirs mathématiques en classe, influençant ainsi

l'apprentissage et sa dynamique. Cette étude vise à examiner comment les phases dialectiques de la TSD impactent la formation des enseignants dans un contexte d'éducation maker. En adoptant l'Ingénierie Didactique comme méthodologie de recherche, les données ont été recueillies lors des phases d'analyse a priori et d'expérimentation, puis analysées à l'aide d'approches qualitatives et quantitatives. La formation s'est déroulée en cinq sessions, impliquant sept enseignants des disciplines de mathématiques et de physique. Les résultats ont montré que, même les enseignants sans expérience préalable avec la TSD et l'éducation maker ont réalisé des progrès significatifs, comparables à ceux d'un enseignant expérimenté dans ces méthodologies. L'intégration des phases dialectiques de la TSD – action, formulation, validation et institutionnalisation – a favorisé un environnement propice à la réflexion critique et à l'application créative des connaissances. Il en ressort que la formation maker, fondée sur la TSD, enrichit la pratique pédagogique et favorise un enseignement plus dynamique et efficace. Cependant, un suivi post-formation, sous forme de sessions de renforcement et d'accompagnement individualisé, pourrait offrir un soutien continu aux enseignants dans la mise en œuvre de la TSD et de l'éducation maker dans leurs pratiques pédagogiques.

Mots-clés : Formation des enseignants, Ingénierie Didactique, Situation Didactique Formative, Éducation Maker.

INTRODUÇÃO

A integração entre a formação de professores, a Teoria das Situações Didáticas (TSD) e a Educação *Maker* promove um ambiente de aprendizagem dinâmico e inovador. A TSD, concebida por Guy Brousseau, estabelece uma estrutura de ensino centrada em interações sociais e fases dialéticas (ação, formulação, validação e institucionalização), facilitando a construção do conhecimento (Brousseau, 2008). No contexto da formação docente, a TSD capacita os educadores a compreenderem como o conhecimento é construído em sala de aula, promovendo práticas pedagógicas eficazes e baseadas em evidências.

Por sua vez, a Educação *Maker* enfatiza a aprendizagem prática e a criação de projetos, fomentando a inovação, a criatividade e o pensamento crítico. No âmbito da formação de professores, a educação *maker* fornece ferramentas e metodologias para a implementação de atividades práticas e experimentais em sala de aula, tornando o ensino mais envolvente e relevante para os alunos, ao mesmo tempo em que desenvolve competências essenciais para o século XXI (Blinkstein et al., 2020). Através da experimentação prática e da resolução de problemas reais, os professores podem aplicar as fases da TSD, promovendo uma aprendizagem ativa e reflexiva.

A integração dessas abordagens na formação de professores traz múltiplos benefícios, capacitando os educadores a criar ambientes de aprendizagem mais interativos e eficazes. A análise das fases dialéticas da TSD permite uma reflexão crítica sobre a prática pedagógica, identificando áreas de melhoria. Além disso, a incorporação de atividades *maker* estimula a inovação pedagógica, preparando os professores para enfrentar os desafios de uma educação em constante evolução tecnológica (Brasil, 2017).

Uma investigação sobre a TSD e a Cultura *Maker* na formação docente é justificada por sua capacidade de combinar um caminho metodológico teórico robusto com práticas inovadoras e experimentais, promovendo a compreensão profunda dos processos de ensino e aprendizagem. A TSD facilita práticas pedagógicas eficazes ao analisar as interações sociais em sala de aula (Brousseau, 2008), enquanto a Cultura *Maker* incentiva a criatividade e a aprendizagem prática (Blinkstein & Moura, 2020). Essa integração responde à demanda por métodos de ensino que desenvolvam competências essenciais no século XXI, como pensamento crítico e colaboração, e contribui para a inovação educacional, preparando os professores para enfrentar desafios tecnológicos e pedagógicos em constante evolução.

O presente estudo teve como objetivo investigar como as fases dialéticas da TSD impactam a formação de professores num contexto de educação *maker*. Utilizando a Engenharia Didática como metodologia de investigação, os dados foram recolhidos durante a fase de experimentação e analisados posteriormente por meio de abordagens qualitativas e quantitativas. A

formação ocorreu em cinco encontros, envolvendo sete professores das áreas de matemática e física.

Nos parágrafos seguintes, são destacados os pontos mais relevantes da Teoria das Situações Didáticas e da Cultura *Maker* na educação, seguidos da descrição do percurso metodológico, dos resultados e da discussão de resultados. Encerramos com considerações finais e outras notas importantes desta investigação.

TEORIA DAS SITUAÇÕES DIDÁTICAS

A Teoria das Situações Didáticas (TSD), que se desenvolveu a partir do final dos anos 60, encontra sua inspiração na epistemologia construtivista de Piaget, embora não seja uma teoria cognitiva. Seu foco central reside na situação didática, um elemento que modela o complexo conjunto de interações presentes num ambiente de ensino (Brousseau, 2008). Essas interações delimitam e influenciam o processo adaptativo dos alunos num contexto específico, determinando assim o conhecimento matemático que provavelmente será construído.

A TSD fundamenta-se classificação que, independentemente dos conteúdos, descreve as diversas relações que as situações didáticas podem estabelecer em relação ao objeto de conhecimento. Essa classificação compreende as situações de ação, de formulação, de validação e, mais recentemente, as situações de institucionalização (Duoady, 1984; Brousseau, 2008). Segundo Brousseau, compreender essas quatro etapas é fundamental para uma gênese escolar dos conceitos matemáticos.

As situações didáticas estão associadas a formas de dialética que desempenham diferentes funções. Na situação de ação, o aluno é confrontado com um problema e realiza ações que podem levar à construção de um saber-fazer. Na situação de formulação, a troca de informações é necessária, levando à criação de uma linguagem para essa troca. Já na situação de validação, as trocas não se limitam às informações, mas também envolvem declarações que precisam ser provadas. Por fim, na situação de institucionalização, o estatuto

cognitivo de um conhecimento é estabelecido explicitamente (Brousseau, 2008).

Cada situação didática é explicada considerando as diferentes didáticas envolvidas, os ambientes que essas escolhas determinam e antecipando as interações dos alunos com esses ambientes. Essa interação inicialmente supõe um funcionamento adidático, onde o aluno é capaz de usar o conhecimento que está construindo em situações não previstas de ensino ou mesmo na ausência de um professor (Brousseau, 1986).

Cada intervenção do professor resulta numa evolução, desde o problema inicial até às possíveis interações com o ambiente. Brousseau destaca que qualquer dispositivo criado para ensinar ou controlar a aquisição de conhecimento envolve um meio material, que pode variar de jogos a desafios ou problemas. No entanto, apenas o funcionamento efetivo do dispositivo pode produzir um efeito de ensino (Brousseau, 2008).

EDUCAÇÃO MAKER

A cultura *maker* é um movimento contemporâneo que promove uma abordagem centrada na criação e na resolução de problemas, valorizando a criatividade, a experimentação e a colaboração. Encoraja os indivíduos a se tornarem participantes ativos na produção de objetos físicos e na solução de desafios do mundo real, abraçando uma mentalidade de "faça você mesmo" (Silveira, 2016). Por meio de ferramentas acessíveis, como impressoras 3D, cortadoras a laser e plataformas de prototipagem, os *makers* materializam suas ideias, aprendendo novas competências no processo.

A cultura *maker* também promove uma cultura de partilha, onde os *makers* frequentemente disponibilizam seus projetos, planos e conhecimentos de forma aberta e gratuita. Isso cria uma comunidade de aprendizagem e inovação colaborativa, onde o conhecimento é disseminado e aprimorado coletivamente (Bandoni, 2016).

Além de desenvolver competências tecnológicas e de engenharia, a educação *maker* incorpora elementos das artes e do artesanato, permitindo aos alunos expressarem sua criatividade e aprimorar suas capacidades manuais. É essencial integrar atividades como desenho, pintura, escultura, colagem e costura ao currículo *maker* (Hatch, 2013).

Os espaços de criação, conhecidos como *MakerSpaces*, são concebidos para serem acessíveis e colaborativos, reunindo pessoas de diferentes origens e competências para projetar, modelar e fabricar uma ampla gama de produtos (Raabe et al., 2016). Os *FabLabs*, por sua vez, têm como objetivo democratizar o acesso à fabricação, permitindo que os indivíduos transformem suas ideias em realidade (Blinkstein et al., 2020). Eles servem como locais de experimentação e aprendizagem prática, estimulando a criatividade, a inovação e a resolução de problemas por meio de tecnologias de ponta (Blinkstein et al., 2020).

No entanto, um desafio persistente é vincular as atividades *maker* ao currículo educacional, garantindo que a fabricação de objetos seja acompanhada por aprendizagem significativa (Valente & Blikstein, 2019). É essencial definir com clareza os objetivos da educação *maker* e alinhar o currículo de acordo, mantendo o foco na autoestima dos alunos e nas suas necessidades de aprendizagem (Blinkstein et al., 2020).

METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO

A metodologia desta investigação é a Engenharia Didática (Artigue, 1998), configurada pela experimentação, com base na execução de sequências didáticas (SDs) dentro de um *FabLab*, sendo dividida em quatro fases: 1ª fase: análise preliminar; 2ª fase: concepção e análise a priori; 3ª fase: experimentação; 4ª fase: análise a posteriori e validação (Brousseau, 1986; Artigue, 1998; Perrin-Glorian & Bellemain, 2019), descrita objetivamente em nosso artigo sobre a Formação *Maker* de Professores (Lima et al. 2024c).

Esta formação contou com a participação de professores de Física e Matemática da educação básica de níveis fundamental e médio do estado do Ceará, Brasil. Tinha como foco a aprendizagem e desenvolvimento de modelagem computacional para a fabricação digital de materiais educacionais dentro do *FabLab* do Centro de Excelência em Políticas Educacionais (CENPE) da Universidade Federal do Ceará (UFC). Utilizamos questionários objetivos e perguntas estruturadas, via Google Forms para realizar a coleta de dados, além de registros fotográficos e arquivos da modelagem computacional.

As análises preliminares englobam estudos epistemológicos, cognitivos e institucionais fundamentais para o desenvolvimento da situação didática formativa a ser experimentada nesta investigação.

Sendo assim, os desafios epistemológicos no ensino das ciências no Brasil incluem a formação contínua de professores em conhecimentos científicos e pedagógicos, a inovação pedagógica com metodologias ativas que incentivem investigação e resolução de problemas, e a integração eficaz da tecnologia no ensino (Nascimento et al., 2012). Adicionalmente, o excesso de conteúdos em livros didáticos e currículos sem objetivos claros, a necessidade de contextualizar os conteúdos para a vida cotidiana dos alunos, e métodos de avaliação que valorizem a compreensão conceitual e o pensamento crítico são questões cruciais (Millar, 2003). Os desafios cognitivos envolvem a complexidade dos conceitos científicos, a necessidade de identificar e corrigir concepções alternativas dos alunos, e a integração de diferentes áreas do conhecimento científico (Seixas et al., 2017). Institucionalmente, os problemas que as escolas brasileiras enfrentam incluem infraestrutura precária, falta de recursos didáticos, baixo investimento em formação docente, elevada carga horária, falta de tempo para planejamento, burocracia, falta de autonomia e insuficiente apoio institucional, requerendo uma abordagem abrangente que considere as políticas educacionais e o contexto socioeconômico (Silva et al., 2017).

Na análise a priori aplicamos um questionário com diversas metodologias, quadro 1, onde o professor deveria marcar de 1 – nunca a 5 – sempre, com base na escala Likert (1932). O objetivo deste questionário era investigar quantos e

quais usavam a TSD (Q3) em sala de aula além dos seus conhecimentos sobre a Cultura *Maker* e produtos educacionais (Q5).

Quadro 1. Questionário sobre as metodologias utilizadas no ensino.

<p>Q1- Ministro os conteúdos utilizando quadro e pinceis através da metodologia Tradicional - Expositiva.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nunca 2. Uma vez por bimestre 3. Uma vez por mês 4. Algumas vezes no mês 5. Sempre 	<p>Q2- Desenvolvo projetos relacionados aos assuntos ministrados utilizando a Aprendizagem Baseada em Projetos.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nunca 2. Uma vez por bimestre 3. Uma vez por mês 4. Algumas vezes no mês 5. Sempre
<p>Q3- Utilizo sequências didáticas para solução de problemas através da Teoria das Situações Didáticas.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nunca 2. Uma vez por bimestre 3. Uma vez por mês 4. Algumas vezes no mês 5. Sempre 	<p>Q4- Realizo análise de conhecimento prévio para embasar os assuntos que serão ministrados por meio da Teoria da Aprendizagem Significativa.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nunca 2. Uma vez por bimestre 3. Uma vez por mês 4. Algumas vezes no mês 5. Sempre
<p>Q5- Desenvolvo produtos educacionais que serão montados e utilizados em sala através da Cultura <i>Maker</i>.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nunca 2. Uma vez por bimestre 3. Uma vez por mês 4. Algumas vezes no mês 5. Sempre 	<p>Q6- Utilizo jogos físicos e/ou virtuais com base nos conteúdos ministrados por meio da Gamificação.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nunca 2. Uma vez por bimestre 3. Uma vez por mês 4. Algumas vezes no mês 5. Sempre
<p>Q7- Promovo momentos de leituras, debates e conversas entre grupos com base na Aprendizagem Colaborativa.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nunca 2. Uma vez por bimestre 3. Uma vez por mês 4. Algumas vezes no mês 5. Sempre 	<p>Q8- Utilizo <i>softwares</i> de simulação virtual para exemplificar situações reais por meio de Metodologias Ativas.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nunca 2. Uma vez por bimestre 3. Uma vez por mês 4. Algumas vezes no mês 5. Sempre
<p>Q9- Desenvolvo atividades que ampliem a consciência crítica sobre as necessidades atuais pela Metodologia Freiriana.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nunca 	<p>Q10- Utilizo espaços e momentos que promovam o protagonismo dos alunos através do Construtivismo.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nunca 2. Uma vez por bimestre

2. Uma vez por bimestre	3. Uma vez por mês
3. Uma vez por mês	4. Algumas vezes no mês
4. Algumas vezes no mês	5. Sempre
5. Sempre	

Nota: Questionário retirado e adaptada do SAEB, 2021

Em seguida, na fase de experimentação, aplicamos uma sequência didática *maker* embasada nas quatro fases dialéticas da TSD, com intuito de mostrar ao professor as possibilidades que esta metodologia de ensino poderia trazer para a sala de aula e, principalmente, usando materiais fabricados digitalmente no *FabLab*.

Começamos com a seguinte Situação Didática Formativa: Um carrinho de compras solto numa rampa, chegará mais rápido ao andar de baixo do mercantil quando estiver cheio ou vazio?

A situação de ação foi o momento em que os professores foram desafiados a pensar sobre a questão e como poderiam solucionar o problema. Após, foi entregue um *kit maker* para que eles pudessem testar suas ideias iniciais como podemos ver na figura 1. A situação de formulação foi o momento em que os professores começaram a montar seus carrinhos para fazer os testes de descida numa rampa como apresenta a figura 2. O kit disponibilizado aos professores foi fabricado no *FabLab* do CEnPE da Universidade Federal do Ceará (UFC) com peças em 3D, outras feitas na máquina de corte a laser e outros itens extras como balões, elásticos, balanças, etc. A produção deste kit educacional pode ser vista no artigo de Lima et al. (2024a) sobre a fabricação digital de experimentos físicos.

Figura 1. Situação de ação**Figura 2. Situação de formulação**

Nota: Imagens registradas pelos autores durante os encontros formativos (2023)

A situação de validação foi o momento em que os professores apresentam os seus testes aos demais colegas e justificam as suas respostas, embasando-se nas suas concepções iniciais e nas concepções fortalecidas pela experimentação com o *kit maker*. Aqui os professores falaram sobre os pesos adicionais, a inclinação da pista, as rodas dos carrinhos. Na situação de institucionalização ocorreu o momento em que o professor formador retomou a situação didática formativa, explicando aspectos gerais da cultura *maker* da fabricação digital de produtos educacionais e como associar esses materiais com a TSD. Aqui o formador explicou sobre as fases dialéticas da TSD e como estas foram aplicadas com os professores em formação.

Figura 3. *Situação de validação*



Figura 4. *Situação de Institucionalização*



Nota: Imagens registradas pelos autores durante os encontros formativos (2023)

Após este momento formativo, foram realizados outros quatro encontros formativos sobre a Cultura *Maker* focado no desenvolvimento de produtos educacionais por meio da impressora 3D, da máquina de corte a laser, de softwares de modelagem e simulações. Eles também foram baseados nas ideias do *Design Thinking* e como poderiam utilizar as suas fabricações em sala de aula por meio de sequências didáticas.

Por fim, na Análise a posteriori, confrontamos os resultados da Análise a priori e Experimentação com as respostas disponibilizadas pelos professores sobre a seguinte pergunta: “Como você utilizaria o seu produto educacional numa sala de aula, tendo como base as fases da Teoria das Situações Didáticas?”, bem como observamos os processos de modelagens e fabricações de produtos educacionais. Desta forma, conseguimos compreender como a aplicação da TSD num momento formativo pode influenciar a prática docente dos professores e os impactos que esta formação proporcionou na vivência prática deles.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para fazer uma análise mais adequada dos resultados do questionário, utilizámos o software estatístico JAMOVI (2023). Utilizámos o pacote R: Uma linguagem e um ambiente para computação estatística (R Core Team, 2022), na função estatística descritiva na exploração em análise do JAMOVI. Colocámos as variáveis em linha, utilizámos como tendência central a média e a mediana, como dispersão o desvio padrão, como dispersão média o intervalo de confiança para média de 95% e o índice de normalidade Shapiro-Wilk. Adicionámos todas as 13 questões cujas respostas estavam embasadas na escala Likert (1932), cujos números de 1 a 5 vão da maior negatividade até à maior positividade e referem-se a: 1 – nunca; 2 – uma vez por bimestre; 3 – uma vez por mês; 4 – algumas vezes no mês; 5 – sempre. A tabela 1 mostra-nos os resultados dessa estatística descritiva.

Tabela 1. Tratamento de dados dos resultados do questionário utilizando o JAMOVI.

Estatística Descritiva								
	N	Média	Intervalo de Confiança a 95%		Mediana	Desvio-padrão	Shapiro-Wilk	
			Lim. Inferior	Superior			W	p
Q1	7	4.71	4.263	5.17	5	0.488	0.600	< .001
Q2	7	3.29	1.803	4.77	4	1.604	0.880	0.224
Q3	7	2.57	1.173	3.97	3	1.512	0.747	0.012
Q4	7	4.71	4.263	5.17	5	0.488	0.600	< .001
Q5	7	2.29	1.126	3.45	2	1.254	0.819	0.062
Q6	7	2.57	1.523	3.62	2	1.134	0.887	0.262
Q7	7	2.57	0.982	4.16	2	1.718	0.775	0.023
Q8	7	2.43	1.252	3.61	2	1.272	0.804	0.045
Q9	7	2.86	0.975	4.74	2	2.035	0.733	0.008
Q10	7	3.29	1.803	4.77	4	1.604	0.880	0.224

Podemos inferir que neste grupo de professores em formação, os resultados de Q1 e Q4 indicam que os participantes da investigação frequentemente utilizam a metodologia tradicional-expositiva usando quadro e pincéis, e que procuram analisar os conhecimentos prévios dos alunos com base na TAS, com a maioria reportando que a utilizam sempre (mediana de 5). A baixa variabilidade nas respostas (desvio padrão de 0.488) sugere que estas práticas são consistentemente altas entre os participantes. O tamanho do efeito moderado a grande ($w = 0.600$) e a alta significância estatística ($p < .001$) reforçam a robustez dos resultados, indicando uma forte tendência e alta confiabilidade nos dados observados.

Para as questões Q2 e Q10, os resultados indicam que os participantes da investigação usam a aprendizagem baseada em projetos e o construtivismo algumas vezes no mês nas práticas pedagógicas (média de 3.29 e mediana de 4). No entanto, há uma grande variabilidade nas respostas (desvio padrão de 1.604), sugerindo diferentes níveis de adoção entre os participantes. Apesar do tamanho de efeito grande ($w = 0.880$), o valor p elevado ($p = 0.224$) indica que a diferença observada não é estatisticamente significativa, o que pode ser devido à variabilidade alta e/ou tamanho amostral insuficiente. Assim, não há evidência suficiente para concluir que a frequência de uso da ABP e do Construtivismo em sala de aula é significativamente diferente do acaso na população estudada.

Os resultados de Q3 indicam que os participantes da investigação usam sequências didáticas por meio da TSD até uma vez por mês (média de 2.57 e mediana de 3). A variabilidade nas respostas é alta (desvio padrão de 1.512), sugerindo diferenças significativas no nível de adoção entre os participantes. O tamanho de efeito grande ($w = 0.747$) e o valor p significativo ($p = 0.012$) indicam que a diferença observada é estatisticamente significativa. Portanto, podemos concluir que, na população estudada, há uma associação significativa no uso de sequências didáticas por meio da TSD, embora o uso ainda seja baixo a moderado em média.

Os resultados de Q5 indicam que os participantes da investigação usam a cultura *maker* de forma pouco frequente (média de 2.29 e mediana de 2). A variabilidade nas respostas é moderada (desvio padrão de 1.254), sugerindo

diferenças no nível de adoção entre os participantes. Apesar do tamanho de efeito grande ($w = 0.819$), o valor p marginalmente significativo ($p = 0.062$) indica que a diferença observada não é estatisticamente significativa no nível convencional de 0.05, mas está perto de ser significativa. Isso sugere que há uma tendência de uso baixo da cultura *maker*, mas com uma certa variabilidade entre os participantes, e que essa tendência está próxima de ser estatisticamente significativa.

Os resultados para Q6 indicam que os participantes da investigação usam jogos por meio da gamificação de forma pouco frequente a moderada (média de 2.57 e mediana de 2). A variabilidade nas respostas é moderada (desvio padrão de 1.134), sugerindo diferenças no nível de adoção entre os participantes. Apesar do tamanho de efeito grande ($w = 0.887$), o valor p elevado ($p = 0.262$) indica que a diferença observada não é estatisticamente significativa, o que pode ser devido à variabilidade nas respostas e/ou tamanho amostral insuficiente. Assim, não há evidência suficiente para concluir que a frequência de uso da gamificação é significativamente diferente do acaso na população estudada.

Os resultados de Q7 indicam que os participantes da investigação usam a aprendizagem colaborativa de forma pouco frequente a moderada (média de 2.57 e mediana de 2). A variabilidade nas respostas é alta (desvio padrão de 1.718), sugerindo grandes diferenças no nível de adoção entre os participantes. O tamanho de efeito grande ($w = 0.775$) e o valor p significativo ($p = 0.023$) indicam que a diferença observada é estatisticamente significativa. Portanto, podemos concluir que, na população estudada, há uma associação significativa no uso da aprendizagem colaborativa, embora o uso ainda seja baixo a moderado em média.

Os resultados de Q8 indicam que os participantes da investigação usam os softwares de simulação virtual por meio de metodologias ativas de forma pouco frequente a moderada (média de 2.43 e mediana de 2). A variabilidade nas respostas é moderada (desvio padrão de 1.272), sugerindo diferenças no nível de adoção entre os participantes. O tamanho de efeito grande ($w = 0.804$) e o valor p significativo ($p = 0.045$) indicam que a diferença observada é estatisticamente significativa. Portanto, podemos concluir que, na população estudada, há uma associação significativa no uso de softwares de simulação

virtual por meio de metodologias ativas, embora o uso ainda seja baixo a moderado em média.

Os resultados de Q9 indicam que os participantes da investigação utilizam a Metodologia Freiriana para promover a consciência crítica e atender às necessidades atuais de forma pouco frequente a moderada (média de 2.86 e mediana de 2). A variabilidade nas respostas é alta (desvio padrão de 2.035), sugerindo grandes diferenças no nível de adoção entre os participantes. O tamanho de efeito grande ($w = 0.733$) e o valor p significativo ($p = 0.008$) indicam que a diferença observada é estatisticamente significativa. Portanto, podemos concluir que, na população estudada, há uma associação significativa no uso da Metodologia Freiriana, embora o uso ainda seja baixo a moderado em média.

Após os encontros formativos, pedimos aos professores que respondessem algumas perguntas, onde uma delas era sobre o uso de um produto educacional desenvolvido no nosso *FabLab* e tendo como base as fases dialéticas da TSD. O quadro 2 a seguir mostra as respostas na íntegra de cada professor, bem como suas respostas individuais às questões Q1 sobre a TSD e Q5 sobre a Cultura *Maker*. Por questões éticas, colocamos apenas as iniciais dos professores em formação.

Quadro 2 - Resultados da pergunta sobre a TSD.

Como você utilizaria seu produto educacional numa sala de aula, tendo como base as fases dialéticas da Teoria das Situações Didáticas?	
<i>Professor e Respostas para Q3 e Q5</i>	<i>Resposta</i>
<i>ASM Q3 = 1 Q5 = 1</i>	<i>Inicialmente dividiria a turma em grupos. Em seguida entregaria os kits montáveis do experimento que apresenta uma situação contraintuitiva em que o cone duplo sobe, espontaneamente, uma rampa inclinada. Posteriormente destinaria um tempo para que os alunos pudessem discutir, dentro do seu grupo, as teorias que pudessem explicar o fenômeno observado. Por fim, haveria uma socialização das hipóteses criadas e uma explicação detalhada dos conceitos envolvidos de forma a contribuir com o processo ensino- aprendizagem.</i>
<i>JEI Q3 = 3 Q5 = 4</i>	<i>Expor a teoria e os resultados esperados, gerar um debate a respeito de uma situação problema e utilizar o produto para comprovação do fato.</i>

<i>DPM</i> Q3 = 4 Q5 = 4	<i>Ação: resolver as operações matemáticas através do material construindo (dados das operações) a partir da modelagem na impressora 3D. Formulação: os alunos realizarão as operações e os registros no papel. Validação: em duplas, usarão suas estratégias para realizar as operações e anotar os resultados no papel. Institucionalização: as duplas devem apresentar e justificar as estratégias utilizadas.</i>
<i>JCG</i> Q3 = 4 Q5 = 2	<i>Em um contexto de sala de aula invertida. Onde o produto criado seria o fechamento do processo, após o aluno entregar o que ele fez por conta própria o objeto confeccionado seria a comprovação do que foi teorizado pelo estudante.</i>
<i>JRS</i> Q3 = 1 Q5 = 2	<i>Gerando inicialmente uma situação problema.</i>
<i>LMS</i> Q3 = 1 Q5 = 1	<i>Apresentaria uma situação problema para que os alunos pudessem resolver com o produto educacional (impressão 2D ou 3D) e depois usaria um software de simulação virtual para demonstrar os resultados obtidos e explorar outras situações</i>
<i>MLF</i> Q3 = 4 Q5 = 2	<i>Usaria como material de uso em laboratório didático, iniciaria com uma situação problema, iria para a experimentação depois discussão dos resultados e hipóteses.</i>

Fonte: Os autores

Os professores ASM e LMS responderam que nunca utilizaram TSD ou alguma abordagem da Cultura Maker nas suas atividades acadêmicas, no entanto, após os momentos formativos, foi possível identificar em ambas as respostas que eles entenderam o caminho metodológico que a TSD possibilita na sala de aula, com as fases dialéticas bem organizadas, bem como foram capazes de desenvolver produtos educacionais para o ensino de física utilizando o maquinário do *FabLab*, como podemos observar nas figuras de 5 a 8, a seguir. Estes professores lecionam física e possuem carga horária de 20h semanais em sala de aula, logo, é possível que tenham tempo para estudos e aprofundamento das novas teorias e procedimentos para o ensino.

Figura 5. Modelagem em 3D de um Cone duplo desenvolvido pelo professor ASM para aulas de centro de massa e equilíbrio dinâmico dos corpos.

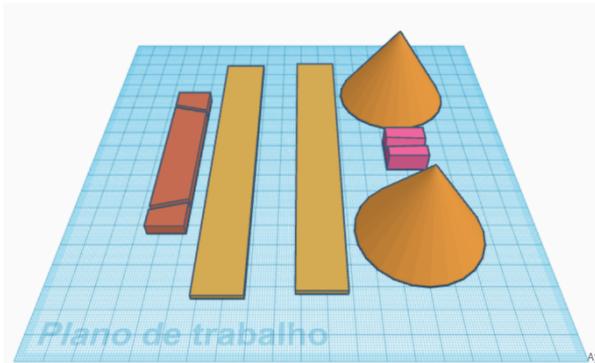


Figura 6. Cone duplo em 3D e caixa para guardar o material em papelão feita na máquina de corte à laser.



Nota: Imagens registradas pelos autores durante os encontros formativos (2023)

Figura 7. Modelagem em 3D de uma alavanca desenvolvida pelo professor LMS para aulas sobre o momento angular e equilíbrio de forças.

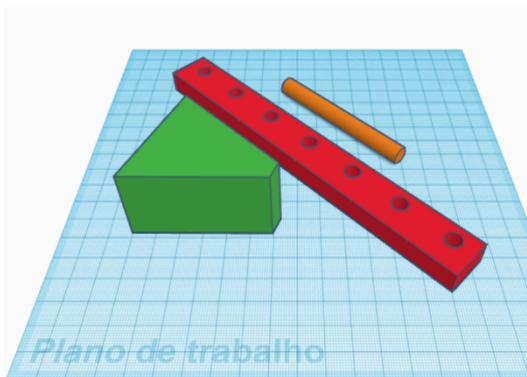


Figura 8. Alavanca em 3D e caixa para guardar o material em papelão feita na máquina de corte à laser.



Nota: Imagens registradas pelos autores durante os encontros formativos (2023)

A professora DPM foi a única que respondeu usar com frequência tanto a TSD como alguma abordagem da Cultura Maker em sala de aula e, após os momentos formativos, ela demonstrou domínio metodológico quanto às fases dialéticas da TSD como domínio nos processos de modelagem e fabricação digital, como podemos ver nas figuras 9 e 10. Esta professora é pedagoga e leciona matemática nas turmas iniciais do fundamental 1, assim, podemos inferir que em algum momento da sua formação ela tenha tido contato com a Didática da Matemática e que durante a sua vivência pedagógica, ela tenha utilizado ou desenvolvido materiais *makers*.

Figura 9. Modelagem em 3D de dados matemáticos para aulas de operações básicas.



Figura 10. Dados em 3D e caixa para guardar o material em mdf feita na máquina de corte à laser.



Nota: Imagens registradas pelos autores durante os encontros formativos (2023)

A professora JRS respondeu que nunca tinha utilizado TSD nas suas aulas e ao final dos momentos formativos não apresentou resposta suficientemente adequada para uma análise mais detalhada. Pode ter sido por falta de tempo para responder à pergunta ou que não tenha entendido as fases dialéticas da TSD e como utiliza-la em sala de aula, infelizmente não fizemos o aprofundamento posterior para entender os reais motivos da falta de resposta.

Quanto ao desenvolvimento de um produto educacional embasado na Cultura Maker, ela, enquanto professora de matemática, foi capaz de modelar e fabricar um parquinho utilizando formas geométricas com intuito de ensinar geometria plana e geometria espacial, como podemos observar nas figuras 11 e 12.

Figura 11. Modelagem em 3D de uma gangorra para aulas de geometria plana e espacial.

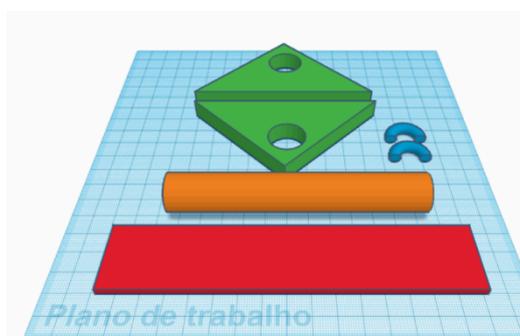
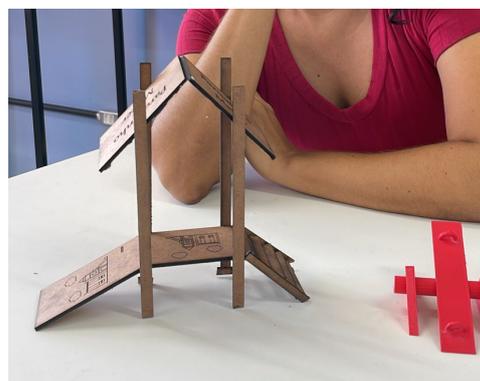


Figura 12. Parquinho feito em 3D e em MDF feito na máquina de corte à laser.



Nota: Imagens registradas pelos autores durante os encontros formativos (2023)

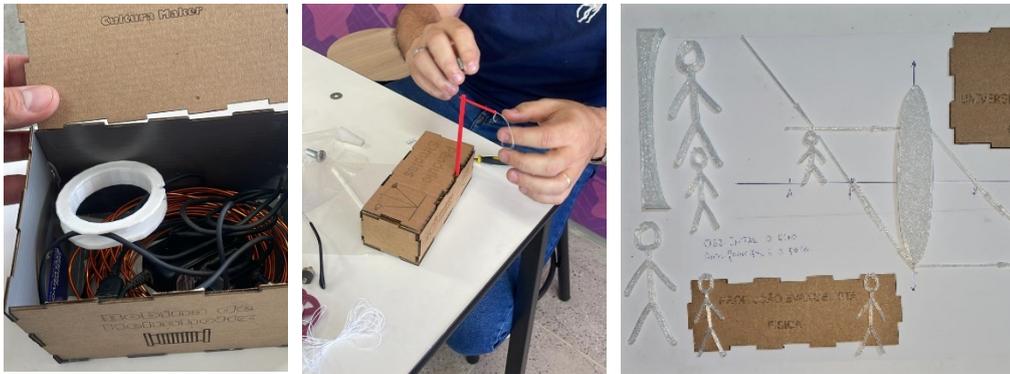
Os demais professores são da área de física e responderam previamente que utilizavam com frequência a TSD nas suas aulas e que raras as vezes utilizavam alguma abordagem da Cultura Maker em suas atividades de classe. Após os momentos formativos os professores não foram capazes de descrever como utilizariam as fases dialéticas da TSD nas suas aulas, donde podemos concluir que os professores podem não ter entendido a afirmação Q3 no início da formação ou que tenham confundido com outra metodologia de ensino. Estes professores possuem mais de 40h semanais de sala de aula o que nos leva a concluir também que não tiveram tempo para estudar e compreender o que era a TSD e as suas fases dialéticas. Apesar de na nossa análise acreditarmos que eles não compreenderam a TSD, eles foram capazes de modelar e fabricar produtos educacionais embasados na Cultura Maker, voltados para assuntos

de eletromagnetismo, movimento harmônico e óptica, como podemos ver nas Figuras 13 à 15 a seguir.

Figura 13. Bobina de Helmholtz para aulas de eletromagnetismo desenvolvido pelo professor MLF.

Figura 14. Pêndulo simples para aula de movimento harmônico simples desenvolvido pelo professor JCG.

Figura 15. Lentes esféricas para aulas de óptica com alunos de baixa visão desenvolvido pelo professor JEI.



Nota: Imagens registradas pelos autores durante os encontros formativos (2023)

O estudo revelou que a formação baseada na Teoria das Situações Didáticas e na Cultura *Maker* impactou de forma diversa os professores. Os que não tinham experiência prévia, como ASM e LMS, entenderam as fases dialéticas da TSD e desenvolveram produtos educacionais inovadores para o ensino da física. A professora DPM, já familiarizada com TSD e Cultura *Maker*, reforçou seu domínio metodológico. No entanto, a professora JRS não compreendeu completamente a TSD, mas criou um produto significativo para o ensino de geometria. Os professores de física que afirmaram usar frequentemente a TSD demonstraram dificuldade em aplicar as fases dialéticas, possivelmente devido à falta de tempo para aprofundar a metodologia, embora tenham desenvolvido produtos educacionais baseados na Cultura *Maker*. Conclui-se que a formação com base na TSD e na Cultura *Maker* pode enriquecer a prática pedagógica,

desde que os professores tenham tempo suficiente para o estudo e a reflexão como pode ser constatado no estudo de Lima et al. (2024b) sobre o tempo de formação maker, e um ambiente de apoio contínuo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta investigação estudou-se como as fases dialéticas da TSD impactam a formação de professores num contexto de educação *maker*, utilizando a Engenharia Didática como metodologia de investigação. Ela mostrou um percurso metodológico tangível, mas que requer atenção quanto à recolha de dados e mais aplicações para se chegar a conclusões mais adequadas.

Os resultados da investigação mostram que, entre os professores em formação, há uma forte tendência para o uso da metodologia tradicional-expositiva, destacando-se o uso frequente do quadro e pincéis, bem como a análise dos conhecimentos prévios dos alunos com base na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). Estas práticas demonstraram ser consistentes e amplamente adotadas entre os participantes, sugerindo uma preferência estabelecida por métodos de ensino mais tradicionais.

Embora o uso de sequências didáticas por meio da TSD seja significativo, os resultados indicam uma adoção ainda baixa a moderada, com uma considerável variabilidade entre os participantes, o que não é conclusivo na análise a posteriori desta investigação. Esta variabilidade sugere que a implementação da TSD pode estar sujeita a fatores individuais, como experiência prévia e contexto escolar, ou que os professores não entenderam bem a questão levantada na análise a priori.

Quanto à cultura *maker*, os resultados revelam uma tendência de uso baixo, porém com uma certa variabilidade entre os participantes. Embora a diferença observada não seja estatisticamente significativa no nível convencional de 0.05, está próxima de ser significativa, indicando uma tendência de crescimento no uso da cultura *maker*, mas com diferenças marcantes entre os participantes.

A análise do desenvolvimento dos professores após os momentos formativos evidencia uma variedade de respostas e níveis de compreensão. Enquanto alguns demonstraram um entendimento mais claro das fases dialéticas da TSD e competências na fabricação de produtos educacionais embasados na cultura *maker*, outros parecem ter enfrentado desafios na assimilação dos conceitos e metodologias apresentados durante a formação.

Esses resultados sugerem a importância de programas de formação contínua e abordagens pedagógicas mais práticas e contextualizadas para auxiliar os professores na adoção eficaz da TSD e da cultura *maker* nas suas práticas de ensino. Além disso, destacam a necessidade de considerar individualidades e contextos específicos ao planejar e implementar estratégias de desenvolvimento profissional.

Realizar outras formações pode ser importante para obter uma conclusão mais abrangente sobre a investigação, especialmente considerando que a formação inicial pode não ter sido suficiente para garantir uma compreensão completa e uma aplicação eficaz das metodologias apresentadas. Outras sessões de formação podem fornecer aos professores uma oportunidade adicional para assimilar os conceitos e desenvolver competências práticas, permitindo ajustes no conteúdo e na metodologia com base no *feedback* dos participantes. Além disso, o acompanhamento pós-formação, como sessões de reforço e orientação individualizada, pode oferecer suporte contínuo aos professores no processo de implementação TSD e Educação *Maker* nas suas práticas de ensino, contribuindo para uma avaliação mais abrangente do impacto das abordagens estudadas.

OUTRAS INFORMAÇÕES

Esta investigação foi autorizada pelo Conselho de Ética e Pesquisa da Universidade Federal do Ceará (UFC), cujo número do parecer substanciado é 6.652.098. Não houve apoio financeiro para a execução desta investigação e todo gasto com material foi por financiamento próprio. Nenhum potencial conflito de interesse foi relatado pelos autores. Todos os dados relatados nesta

investigação foram autorizados pelos participantes através do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), mesmo assim, preservámos os nomes dos participantes.

Referências Bibliográficas

- Artigue, M. (1998). Ingénierie didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 9(3), 281–308. Recuperado de http://kleio.ch/HEP_VS/hepvsvideo/8_INGENIERIE_DIDACTIQUE_ARTI_GUE.pdf
- Bandoni, A. (2016). Já não se fazem objetos como antigamente. In V. F. Megido (Org.), *A revolução do design: Conexões para o século XXI* (pp. 50–61). São Paulo: Editora Gente.
- Blikstein, P., Valente, J., & Moura, E. M. (2020). Educação maker: Onde está o currículo? São Paulo: *Revista e-Curriculum*, 18(2), 532–544. Recuperado de <https://revistas.pucsp.br/curriculum/article/view/48127>
- Brasil. Ministério da Educação. (2017). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC. Recuperado de <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>
- Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes en didactique des mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 7(2), 35–115. Recuperado de <https://revue-rdm.com/1986/fondements-et-methodes-de-la/>
- Brousseau, G. (2008). *Introdução ao estudo das situações didáticas: Conteúdos e métodos de ensino* (C. Bórgea, Trad.). São Paulo: Ática.
- Douady, R. (1984). *Jeux de cadres et dialectique outil-objet dans l'enseignement des mathématiques: Une réalisation dans tout le cursus primaire* (Tese de doutorado). Université Paris VII. Recuperado de <https://theses.hal.science/tel-01250665>

- Hatch, M. (2013). *The maker movement manifesto: Rules for innovation in the new world of crafters, hackers, and tinkerers*. Nova York, NY: McGraw-Hill Education.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 22(140), 1–55. Recuperado de <https://archive.org/details/likert-1932/page/8/mode/2up>
- Lima, L. P. F., Lima, G. P. F., Menezes, D. B., & Vasconcelos, F. H. L. (2024a). Fabricação digital de experimentos físicos por meio da STEAM. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, 17(3), e5545. <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.3-165>
- Lima, L. P. F., Abreu, F. G. S., Menezes, D. B., & Vasconcelos, F. H. L. (2024b). Time of basic education teachers training in maker activities: A meta-analysis. *Global Journal of Human-Social Science*, 24(G2), 93–106. Recuperado de <https://socialscienceresearch.org/index.php/GJHSS/article/view/104019>
- Lima, L. P. F., Menezes, D. B., & Vasconcelos, F. H. L. (2024c). Formação maker de professores: Competências desenvolvidas via engenharia didática. *ACTIO*, 9(3), 1–24. <https://doi.org/10.3895/actio.v9n3.19194>
- Millar, R. (2003). Towards a science curriculum for public understanding. *Ensino Pesquisa Educação Ciência*, 5(2), 139–154. <https://doi.org/10.1590/1983-21172003050206>
- Nascimento, F., Fernandes, H. L., & Mendonça, V. M. (2012). O ensino de ciências no Brasil: História, formação de professores e desafios atuais. *Revista HISTEDBR On-line*, 10(39), 225–249. <https://doi.org/10.20396/rho.v10i39.8639728>
- Perrin-Glorian, M. J., & Bellemain, P. M. B. (2019). L'ingénierie didactique entre recherche et ressource pour l'enseignement et la formation des maîtres. *Caminhos da Educação Matemática em Revista Online*, 9(1). Recuperado de https://periodicos.ifs.edu.br/periodicos/caminhos_da_educacao_matematica/article/view/298

- R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing* (Versão 4.1) [Software de computador]. Recuperado de <https://cran.r-project.org>
- Raabe, A. L. A., Santana, A. L. M., & Burd, L. (2016). Lite Maker: Uma estação móvel que possibilita transformar a sala de aula em espaço maker. In *1ª Conferência FabLearn Brasil*. Recuperado de https://fablearn.org/wp-content/uploads/2016/09/FLBrazil_2016_paper_149.pdf
- Seixas, R. H. M., Calabró, L., & Sousa, D. O. (2017). A formação de professores e os desafios de ensinar ciências. *Revista Thema*, *14*(1), 289–303. <https://doi.org/10.15536/thema.14.2017.289-303.413>
- Silva, A. F., Ferreira, J. H., & Vieira, C. A. (2017). O ensino de ciências no ensino fundamental e médio: Reflexões e perspectivas sobre a educação transformadora. *Revista Exitus*, *7*(2), 283–304. Recuperado de http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2237-94602017000200283
- Silveira, F. (2016). Design & educação: Novas abordagens. In V. F. Megido (Org.), *A revolução do design: Conexões para o século XXI* (pp. 116–131). São Paulo: Editora Gente.
- The Jamovi Project. (2023). *jamovi* (Versão 2.4) [Software de computador]. Recuperado de <https://www.jamovi.org>
- Valente, J. A., & Blikstein, P. (2019). Maker education: Where is the knowledge construction? *Constructivist Foundations*, *14*(3), 252–262. Recuperado de <https://tltlab.org/wp-content/uploads/2019/10/2019.Valente-Blikstein.Constructivist-Foundations.Maker-Education.pdf>

Notas biográficas

Luiz Paulo Fernandes Lima é pesquisador em formação pedagógica de professores de ciências da natureza à nível de doutoramento em Ensino de Ciências e Matemática (PPGRENOEN) na Universidade Federal do Ceará (UFC). É Mestre em Ensino de Física, Especialista em Práticas e Ensino de Física (UFC),

e Professor Efetivo do Instituto Federal do Ceará (IFCE) na cidade de Aracati, Ceará, Brasil.

 <https://orcid.org/0000-0002-5250-7669>

Universidade Federal do Ceará (UFC), Centro de Ciências, Campus do Pici, 60440-900, Fortaleza, Ceará, Brasil / luiz.lima@ifce.edu.br

Daniel Brandão Menezes é doutor em Educação Brasileira na linha de pesquisa Educação, Currículo e Ensino no eixo Ensino de Matemática pela Universidade Federal do Ceará (UFC), Pós-doutor em Educação Brasileira na linha de pesquisa História e Educação Comparada (UFC), Pós-doutor em Ensino (RENOEN/UFC) e Professor Efetivo da Universidade Estadual do Ceará (UECE), em Fortaleza, Ceará, Brasil.

 <https://orcid.org/0000-0002-5930-7969>

Universidade Estadual do Ceará (UECE), Departamento de Matemática, campus do Itaperi, 60714-903 Fortaleza, Ceará, Brasil / brandao.menezes@uece.br

Francisco Herbert Lima Vasconcelos é Doutor na área de pesquisa em Avaliação da Efetividade e do Desempenho da Aprendizagem pela Universidade Federal do Ceará (UFC), pós-doutro em Educação (UFC), Professor efetivo Adjunto III da Universidade Federal do Ceará (UFC) e foi Secretário de Educação da cidade de Sobral, Ceará, Brasil.

 <https://orcid.org/0000-0003-4896-9024>

Universidade Federal do Ceará (UFC), Instituto UFC Virtual, Campus do Pici, 60440-554, Fortaleza, Ceará, Brasil / email: herbert@virtual.ufc.br

Datas de recepção e de aceitação (18/12/2024) (03/02/2025)