

Revista Eletrônica do INSTITUTO DE HUMANIDADES

ISSN 1678-3182

EXPANSÕES STEM: INTEGRANDO AS ÁREAS DO CONHECIMENTO COM TEMAS CONTEMPORÂNEOS POR MEIO DA CONSTRUÇÃO DE UM OBJETO TECNOLÓGICO

Leonardo Lago¹
Evandro Cleber da Silva²
Maria del Carmem Chude³
Enrique di Lucca Junior⁴

Resumo

Este trabalho apresenta e discute a implementação de uma prática pedagógica inovadora denominada *Expansões STEM*, que dispõe de atividades práticas centradas na construção de um objeto tecnológico. O projeto ocorreu no contexto do ensino emergencial remoto e ofereceu *kit* didático para o trabalho individual dos alunos de forma remota em encontros síncronos. Apesar do programa estar

¹ Professor adjunto da Universidade Federal de Lavras, atuando nos curso de Licenciatura em Física e pós-graduações em Ensino de Ciências..

² Graduado em Matemática Pura pela UNESP, mestre e doutor em Física Teórica pelo Instituto de Física Teórica (IFT) e especialista em Gestão das Políticas Públicas Educacionais, possui uma trajetória acadêmica e profissional sólida, unindo ensino, pesquisa e gestão educacional. Professor permanente do Centro Paula Souza desde 2010, atuou como diretor da Fatec Barueri por mais de quatro anos e coordenador dos cursos de Gestão de Tecnologia da Informação e Transporte Terrestre. Também exerceu a função de diretor administrativo da Fatec Barretos. Sua experiência se estende à elaboração de projetos pedagógicos e materiais instrucionais para instituições como Centro Paula Souza e SENAC-SP. No setor educacional privado, colabora com a Testo Digital no desenvolvimento de projetos voltados à formação de professores, incluindo o programa Expansões STEM.

³ Educational consultant. Advisor on educational transformation and introduction of innovations in organizational culture. Author of projects, curricula and programs in the area of Educational Sciences, focusing on Educational Innovation & Lifelong Education. Pedagogical Director of Socio-Educational Programs, including STEM Expansions from Testo Digital and the Ciência Hoje Program to Support Education, from the Instituto Ciência Hoje, a non profitable social organization linked to the Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, responsible for projects of scientific publication Consultant for human talent and competence development projects in third sector institutions and organizations. ILO/Cinterfor external consultant for Latin America. Author of the Evolución b-learning methodology for the development of professional skills and digital fluency in the formation of teaching and management teams. Trainer of trainers and facilitators of learning.

⁴ Engenheiro de Projetos – USP.

Revista Eletrônica do INSTITUTO DE HUMANIDADES

ISSN 1678-3182

inserido no contexto da abordagem STEM, ele propõe explorar as interfaces do objeto tecnológico em foco - uma casa inteligente - com as outras áreas do conhecimento e temas contemporâneos. Assim, busca-se ir além da montagem de um dispositivo, mas expandir a temática associada ao objeto em diferentes perspectivas e componentes curriculares. Essa abordagem prática, especialmente a automação da casa, favoreceu o engajamento dos alunos nas aulas remotas. Além disso, os alunos demonstraram progresso na compreensão de conceitos técnicos, como circuitos elétricos e automação, e uma rica produção textual crítica e artística envolvendo outras disciplinas e temas contemporâneos. O formato remoto com encontros síncronos e o uso de kits individuais permitiram que o aprendizado fosse contínuo mesmo fora do ambiente escolar, ou seja, uma alternativa em situações de ensino híbrido ou remoto.

Palavras-chave: STEM – Ensino de Ciências – Interdisciplinaridade

STEM EXPANSION: INTEGRATING KNOWLEDGE AND CONTEMPORARY THEMES THROUGH TECHNOLOGICAL OBJECTS

Abstract:

This paper presents and discusses the implementation of an innovative pedagogical practice called STEM Expansion, which features practical activities focused on the construction of a technological object. The project took place in the context of remote emergency teaching and provided students with individual teaching kits for remote synchronous work. Although the program is part of the STEM approach, it proposes to explore the interfaces of the technological object

Revista Eletrônica do INSTITUTO DE HUMANIDADES

ISSN 1678-3182

– a smart home – with other areas of knowledge and contemporary themes. Thus, the project aims to go beyond the device assembly, expanding the themes through diverse perspectives and curricular components. This practical approach, particularly the focus on home automation, favoured student engagement in remote classes. Students progressed in their understanding of technical concepts, including electrical circuits and automation. Furthermore, they created rich critical and artistic texts connecting to other disciplines and contemporary themes. The combination of remote synchronous meetings and individual kits enabled continuous learning outside of school, making it a viable option for hybrid or remote teaching.

Keywords: STEM – Science Education – Interdisciplinary

Introdução: duas abordagens da Tecnologia no Ensino de Ciências

Nos últimos vinte anos a Educação tem sido compreendida em um cenário no qual se propõe currículos e metodologias que enfoquem as competências identificadas como sendo as necessárias para enfrentar os desafios dos jovens no século XXI (Villias; Winterbottom, 2024). Dentre essas experiências, emerge o movimento STEM (acrônimo em inglês para Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática), surgido na década de 1990 nos Estados Unidos da América, e que ganha impulso a partir da década de 2010 por causa da perda da competitividade econômica e, portanto, da necessidade de se investir nas áreas tecnológicas e na formação de recursos humanos nessa área (Pugliese, 2020). Compartilhando a visão de um aprendizado que prioriza o "aprender fazendo" ou "mão na massa", próprio da cultura *maker*, o movimento STEM se apresenta nos dias de hoje como uma inovação educativa, incorporada nos currículos e fomentada por políticas públicas no Brasil e no mundo . Dentre as estratégias

Revista Eletrônica do INSTITUTO DE HUMANIDADES

ISSN 1678-3182

didáticas que usualmente se conglomeram dentro do movimento STEM, podemos citar a resolução de problemas, o ensino por projetos, a experimentação, a computação e o *design thinking*, sendo esses dois últimos ligados mais à tecnologia e engenharia (Bacich; Holanda; Geraldi, 2022; Maia; Carvalho; Appelt, 2021). Em suma, o movimento objetiva lançar mão de uma aprendizagem ativa e colaborativa, centrada no aluno, interdisciplinar e contextualizada nas tecnologias.

Contudo, reflexões críticas têm destacado que essa abordagem pode ser desenvolvida de modo excessivamente instrumental, de modo que os efeitos sejam insuficientes para contribuir com o processo de transformação da sociedade (Rodrigues; Camillo; Mattos, 2023). Um dos pontos de apoio dessa crítica advém do enfoque CTS (acrônimo para Ciência, Tecnologia e Sociedade) que aparece na literatura da educação científica nas décadas de 1960-70, a partir da avaliação de que o avanço tecnológico não trouxe necessariamente a melhoria do bem-estar da sociedade ao apontar a persistência de questões sociais graves como guerras, pobreza, fome, degradação ambiental, entre outros (Krasilchik, 2000). Assim, o enfoque CTS revelou o mito do cientificismo, isto é, a crença de que a ciência e a tecnologia têm uma relação progressiva e inequívoca com o desenvolvimento social (Auler; Delizoicov, 2001). Esse enfoque tem permeado as iniciativas curriculares no Brasil, seja nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) ou na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), muitas vezes de forma acrítica (Júnior; Cavalcanti; Ostermann, 2021).

Apesar desses referenciais para o ensino-aprendizagem de Ciências abordarem e desenvolverem os conteúdos da Tecnologia, eles os fazem de forma bastante antagônica; o primeiro enfatizando as aplicações e benefícios, e o segundo problematizando a relação com o desenvolvimento e justiça social. Com o

Revista Eletrônica do INSTITUTO DE HUMANIDADES

ISSN 1678-3182

objetivo de superar essa dicotomia em relação ao tratamento da Tecnologia, perguntamo-nos como esses dois referenciais poderiam ser didaticamente articulados em uma proposta para a sala de aula. Em outras palavras, lançamos mão de uma fundamentação teórica-metodológica para a elaboração de uma sequência didática que parte da montagem e desenvolvimento STEM de um objeto tecnológico, mas que ao mesmo tempo considere as implicações sociais, ambientais e culturais do uso da Ciência e Tecnologia. A resposta que delineamos nesse trabalho é uma intervenção que chamamos de Expansões STEM, que tem por princípio promover “expansões” do objeto tecnológico ao investigar suas várias camadas com fins educacionais.

Referencial teórico-metodológico

A fundamentação da proposta didática tem base na Teoria da Atividade (Van Oers *et al.*, 2008), que coloca a aquisição de instrumentos e a participação social em atividades como os principais motores do desenvolvimento humano (Engeström, 1991). Mais especificamente para o caso de Ensino de Ciências, usamos a investigação científica-cultural (Lago; Ortega; Mattos, 2019) como modelo para construir a intervenção didática. Segundo esse modelo, as atividades didáticas distribuídas ao longo das aulas devem contemplar três contextos de ensino-aprendizagem:

- **investigação conceitual:** enfatiza a apropriação de conceitos, princípios e leis científicas;
- **prática científica:** desenvolve as ações e os procedimentos próprios da atividade científica;
- **investigação cultural:** considera o uso e a circulação do conhecimento científico e tecnológico na cultura e na sociedade.

Revista Eletrônica do INSTITUTO DE HUMANIDADES

ISSN 1678-3182

Enquanto os dois primeiros contextos estão no âmbito do ensino de ciências por investigação (Riga *et al.*, 2017), o último contribui com uma perspectiva crítica da inserção da tecnologia na sociedade. É principalmente por meio dele que se articula o enfoque CTS com o STEM.

Tendo os contextos acima como norteadores da elaboração de atividades didáticas, a ideia foi partir da montagem de uma maquete de casa inteligente, e trabalhar as investigações conceituais e culturais em camadas, trazendo assim as outras áreas de conhecimento e temas contemporâneos. Como dissemos, expandir sucessivamente um objeto tecnológico significa oferecer aos estudantes a oportunidade de construir mediações mais complexas entre eles e o objeto em questão, no caso, uma casa inteligente. Essa abordagem transdisciplinar não se limita aos rígidos marcos disciplinares que enfatizam uma hierarquia entre as disciplinas do currículo e permite superar o isolamento escolar que distancia o aluno da sua experiência cotidiana.

No modelo Expansões STEM, a primeira camada convida as disciplinas de Ciências e Matemática, além da Tecnologia e das habilidades de Engenharia, para uma análise inicial do dispositivo tecnológico tomado como objeto de aprendizagem. Dessa forma, se abrem caminhos que permitem tanto a construção de conhecimento (investigação conceitual) quanto o desenvolvimento de habilidades (prática científica). A segunda expansão se concentra nas Artes e Humanidades, em que disciplinas como Linguagens, Geografia, História e Artes também oferecem recursos e reflexões sobre o dispositivo tecnológico. A terceira e última expansão amplia o alcance da investigação ao relacionar o dispositivo com temas contemporâneos da cultura digital e suas implicações na sociedade. Nessa expansão, aspectos da Antropologia e Sociologia se unem para completar a proposta. A estrutura do

Revista Eletrônica do INSTITUTO DE HUMANIDADES

ISSN 1678-3182

modelo é representada esquematicamente na Figura 1, sendo importante destacar que apesar dessa organização hierárquica, as três expansões não são necessariamente sequenciais.



Figura 1. Estrutura do programa ilustrando as expansões didáticas a partir do objeto de aprendizagem.

Retomando nosso objetivo de pesquisa, partimos da hipótese que a investigação científica-conceitual, organizada nas três expansões com focos específicos, pode ser articuladora dos princípios STEM e CTS e promotora de aprendizado conceitual e procedimental de ciências, e atitudinal relacionado à relação tecnologia e sociedade.

Percurso metodológico

O contexto de intervenção foi o ensino remoto emergencial no âmbito da pandemia do coronavírus e, por isso, tinha como objetivo fomentar ações para o engajamento dos alunos com o estudo, escola, professores e colegas. Neste

Revista Eletrônica do INSTITUTO DE HUMANIDADES

ISSN 1678-3182

trabalho, escolhemos um recorte que apresenta a sequência didática e analisa os resultados de ensino-aprendizado na perspectiva da articulação STEM e CTS.

Material e participantes

O projeto foi implementado no segundo semestre de 2021, em três escolas públicas dos estados de SP, MG e MT. Os participantes constituíram-se de 6 professores e cerca de 120 alunos dos anos finais do ensino fundamental. Ao longo da implementação foi ofertado um acompanhamento semanal dos professores que consistiu em um gerenciamento das execuções das atividades. Cada aluno recebeu um modelo de recorte e cola em papel de uma casa, um material impresso com atividades e um *kit* tecnológico composto de uma bateria, um LED e uma placa solar (Figura 2). Cada professor recebeu ainda um *kit* complementar com uma placa arduino, um módulo bluetooth, *jumpers* em uma *protoboard*, além de um material impresso com orientações e leitura complementar. Com esse material o professor poderia fazer a automatização do acendimento do LED da casinha por meio de um aplicativo de celular usando o reconhecimento de voz. Por se tratar do ensino remoto, alunos e professores realizaram as atividades a partir de suas casas tendo encontros síncronos semanalmente.

Revista Eletrônica do INSTITUTO DE HUMANIDADES

ISSN 1678-3182



Figura 2. Maquetes da casa elétrica montadas pelos alunos; lâmpada LED, bateria e placa solar.
Sequência didática

Para concretizar a proposta, elaboramos uma sequência didática de oito aulas que parte da construção de uma maquete de casa inteligente que tomamos como objeto de aprendizagem. O Quadro 1 apresenta uma breve descrição de cada aula e atividade desenvolvida pelos alunos.

Quadro 1. Descrição das aulas e atividades do Expansões STEM – Casa inteligente

Aula	Expansões	Descrição
1	STEM	Levantamento das concepções iniciais dos estudantes e apresentação do projeto. Atividade: Como as lâmpadas de minha funcionam?
2	STEM	Lâmpadas e baterias como transformadores de energia. Atividade: Como as baterias e as placas solares funcionam?
3	STEM	Usinas geradores de energia e sustentabilidade. Atividade: Qual a melhor usina para minha cidade?
4	STEM	Tecnologia e automação para sustentabilidade. Atividade: Como deixar uma casa inteligente?

Revista Eletrônica do INSTITUTO DE HUMANIDADES

ISSN 1678-3182

5	STEM	Automação e programação da casa inteligente. Atividade: montagem e operação pelo professor.
6	Cultura digital e Sociedade	Tecnologia e sociedade: uma relação problemática. Atividade: Quais os impactos da automação na sociedade?
7	Artes e Humanidades	Linguagens e exemplos artísticos na representação da tecnologia. Atividade: Como comunicar uma ideia?
8	Artes e Humanidades	Mostra científica-cultural

Aula 1: Nesta aula, os alunos iniciam a exploração do mundo da eletricidade pelas lâmpadas. A partir da leitura de uma reportagem sobre uma lâmpada centenária, os estudantes são instigados a refletir sobre o funcionamento das lâmpadas e a fazer um inventário dos diferentes tipos de lâmpadas de suas residências e uma pesquisa sobre seus funcionamentos (filamento, fluorescente, LED). No inventário, eles tabulam: potência, tempo de uso e o consumo de energia. Em seguida, constroem a maquete de uma casa elétrica.

Aula 2: Como as lâmpadas foram compreendidas como consumidoras de energia elétrica, nesta aula o foco são a bateria e a placa solar como fontes de energia elétrica. Os alunos fazem uma pesquisa sobre o funcionamento de cada dispositivo e testam, de maneira qualitativa, a diferença na iluminação do LED. Posteriormente, refletem sobre a maquete e a própria casa; de onde vem a energia elétrica para se introduzir a discussão inicial sobre as usinas geradoras.

Aula 3: Em continuidade, aborda-se as diferentes fontes de energia das usinas geradoras e como a energia se transforma de uma forma para outra até a eletricidade que ilumina nossas casas. Os alunos desenham os esquemas de duas usinas geradoras diferentes e escrevem um texto argumentativo defendendo qual seria a melhor usina para a cidade deles, explorando assim os impactos ambientais e sociais das diferentes fontes de energia. Nesta aula, se

Revista Eletrônica do INSTITUTO DE HUMANIDADES

ISSN 1678-3182

introduz o conceito de sustentabilidade e impacto socioambiental atrelados à produção de energia elétrica.

Aula 4: A aula introduz o conceito de automação no contexto da sustentabilidade ao propor que os alunos pensem como a tecnologia pode ser utilizada para otimizar o consumo de energia e reduzir o impacto socioambiental. A seguir, eles discutem e desenham um protótipo de um dispositivo que pudesse controlar o acendimento do LED a distância. Os professores ajudaram mostrando alguns dispositivos e discutindo alguns diagramas dos alunos, como antena, receptor, controle da bateria, ondas, etc.

Aula 5: Nesta aula, o professor realiza a automação da maquete deixando a casa inteligente. A partir de uma discussão inicial sobre os componentes e funcionamento da casa inteligente, o professor monta e programa o sistema. No caso presencial essa montagem seria feita pelos alunos, ficando por opção do professor a entrega ou elaboração da programação do aplicativo de controle pelo celular. Nesta intervenção, o professor forneceu o aplicativo pronto construído no *AppInventor*.

Aula 6: Agora, os alunos aprofundam a discussão sobre os impactos da tecnologia na sociedade, analisando os benefícios e desafios da automação. A partir da leitura e discussão de textos, os estudantes são incentivados a pensar criticamente sobre a relação entre tecnologia e sociedade, questionando a neutralidade da tecnologia e explorando temas como desigualdade, privacidade e ética. Como atividade, eles elaboram uma lista dos problemas atrelados ao excesso de automação nas atividades cotidianas.

Aula 7: Ampliando para as Artes e Humanidades, os alunos exploram diferentes formas de expressar ideias sobre tecnologia a partir da pesquisa de diversas produções culturais. Em seguida, eles produzem suas próprias manifestações

Revista Eletrônica do INSTITUTO DE HUMANIDADES

ISSN 1678-3182

artísticas utilizando os conhecimentos adquiridos sobre temas como ciência, sustentabilidade, tecnologia, automação e a relação entre o homem e a natureza.

Aula 8: No encerramento do projeto, a última aula é uma mostra de Ciências e Arte. Neste caso, em um evento online síncrono, os alunos mostram sua maquete decorada e a sua produção artística. Ao longo da mostra, os alunos comentam algumas das atividades realizadas ao longo do projeto, falam sobre os conceitos de ciências, tecnologia e sociedade, e apresentam suas produções artísticas.

Resultados

Como forma de analisar e avaliar a efetiva articulação dos enfoques STEM e CTS dentro da proposta metodológica, apresentamos algumas das produções dos alunos como forma de ilustrar o processo de ensino-aprendizagem.

Nas aulas 1, 2 e 3, por meio de pesquisas e discussões, os alunos escreveram textos sobre conceitos científicos (tipos lâmpadas, bateria, placa solar e usinas geradores), além de desenvolverem procedimentos de montagem da maquete de papel e instalação dos dispositivos elétricos. O campo da matemática foi contemplado no inventário de lâmpadas e nas operações sobre o consumo de energia elétrica. A questão da sustentabilidade, que envolveu ambiente e sociedade, foi trabalhada no texto argumentativo. Sobre a escolha de uma delas, a comunidade deveria abordar os impactos ambientais. A Figuras 3 e 4, ilustram algumas das produções dos estudantes.

Revista Eletrônica do INSTITUTO DE HUMANIDADES

ISSN 1678-3182

DESCUBRA

LEDs Os LEDs geram a luz através de um meio sólido maciço. Um led é o chip semicondutor, que é responsável pela geração de luz.

Fluorescentes: as lâmpadas fluorescentes funcionam por meio da ionização de átomos de gás argônio e vapor de mercúrio.

Incandescente: a lâmpada incandescente transforma a energia elétrica em energia térmica e luminosa. Ela possui um pequeno filamento de tungstênio em seu interior que, ao ser percorrido por uma corrente elétrica, aquece-se e torna-se incandescente, emitindo luz.

DESCUBRA

Placa solar: capta a luz solar e transforma em energia: quando fótons se chocam com átomos do painel solar, provoca deslocamento de elétrons.

Bateria: desenvolve tensão por meio de reação química: quando as placas positiva e negativa são ligadas em um circuito.

Figura 3. Texto explicativo sobre o funcionamento dos tipos de lâmpadas, bateria e placa solar.



Revista Eletrônica do INSTITUTO DE HUMANIDADES

ISSN 1678-3182

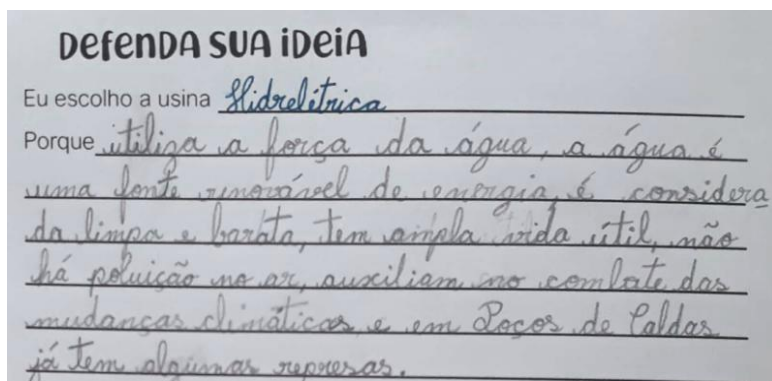


Figura 4. Esquema ilustrativo de uma usina geradora de energia elétrica e texto argumentativo a favor de uma usina hidrelétrica.

Esse conjunto de aulas representa a expansão STEM, principalmente da dimensão da Ciência, quando se nota que os alunos escreveram sobre: “chips”, “semicondutor”, “ionização”, “incandescente”, “energia térmica e luminosa”, “fótons”, “átomos” e “eletrólito”. Contudo, as aulas também contemplaram as dimensões da Tecnologia e Engenharia, no procedimento de montagem da maquete e dos circuitos elétricos, e da Matemática, no ato de fazer o inventário de lâmpadas e os cálculos para determinação do consumo de energia da residência. A última aula, por meio da sustentabilidade, ampliou o escopo para inclusão das questões sociais e ambientais no texto argumentativo; “a força da água é fonte renovável de energia e considerada limpa e barata”.

As aulas 4 e 5, também dentro da expansão STEM, focam na Tecnologia e Engenharia ao convidarem os alunos a pensarem na montagem de um dispositivo para automatizar o controle do LED (Figura 5) e os professores a realizarem a montagem da automação e apresentação da automação aos alunos⁵. Os alunos conheceram alguns dispositivos eletrônicos e os associaram

⁵ Vídeo demonstrativo da automação: <https://www.youtube.com/watch?v=bmfmHoltoGU>

Revista Eletrônica do INSTITUTO DE HUMANIDADES

ISSN 1678-3182

em uma montagem para controlar a tensão da bateria como forma de regular o acionamento do LED.

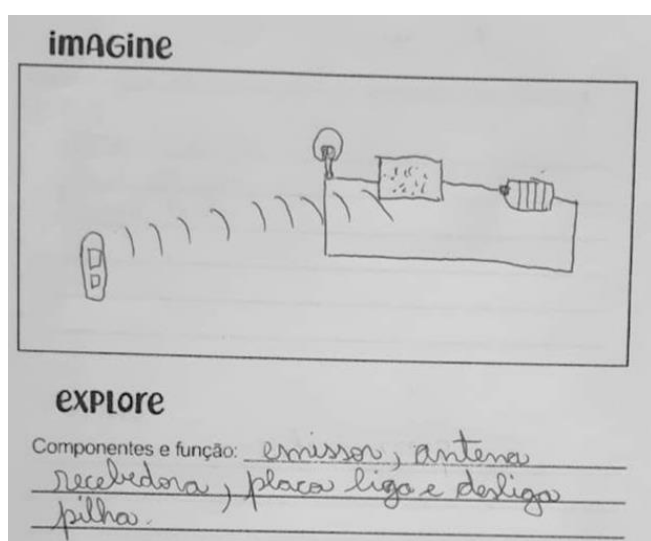


Figura 5. Desenho esquemático de um dispositivo de automação da lâmpada LED pelo celular.

A expansão da Cultural digital e Sociedade é desenvolvida na sexta aula quando se discute o impacto do excesso de automação das atividades cotidianas (algumas repostas em forma de itens: “sedentarismo”, “desemprego” e “tempo livre”) e é solicitada uma elaboração de outro texto argumentativo, agora sobre o posicionamento pessoal sobre a automação (Figura 6). A maior parte dos alunos foi a favor da automação ao apontarem o ganho de “lazer” e “descanso”, e mitigaram o sedentarismo e o desemprego por meio do exercício da “atividade física” e a emergência de novos empregos. Essa aula teve como apoio notícias e reportagens sobre os benefícios e impactos da automação na sociedade.

Revista Eletrônica do INSTITUTO DE HUMANIDADES

ISSN 1678-3182

Pense
Liste aqui alguns impactos da excessiva automação das atividades diárias:

- sedentarismo
- desemprego
- tempo livre

Opine

Eu sou a favor da automação das atividades das pessoas porque as pessoas terão mais tempo livre e descanso e também farão as atividades mais rápido e melhor. As pessoas podem fazer atividade física para não ficarem sedentários. Todos devem ter acesso a tecnologia

Figura 6. Lista com os impactos da automação na sociedade seguido de texto argumentativo e de posicionamento.

As duas últimas aulas da sequência didática trabalharam com a expansão Artes e Humanidade. As Aulas 7 e 8 compreenderam uma pesquisa, apresentação e discussão da representação da tecnologia nas diferentes linguagens, como: charges, quadrinhos, música, reflexões (epígrafes), filmes, gravuras e esculturas. A aula teve como objetivo aumentar o repertório dos estudantes para o encaminhamento da produção autoral deles que posteriormente foi apresentada na mostra científica-cultural. Nessa mostra, houve a participação conjunta das três escolas, estando presentes as diretoras, coordenadoras, professores, alunos e até alguns pais. O encontro foi *online* e no estilo de roda de conversa. Todos mostraram as maquetes decoradas, apresentaram suas produções artísticas e dialogaram sobre os aprendizados. A Figura 7 mostra uma

Revista Eletrônica do INSTITUTO DE HUMANIDADES

ISSN 1678-3182

roupa estampada com representações de casas, uma casa do futuro se deslocando no espaço e um poema sobre as usinas geradoras.

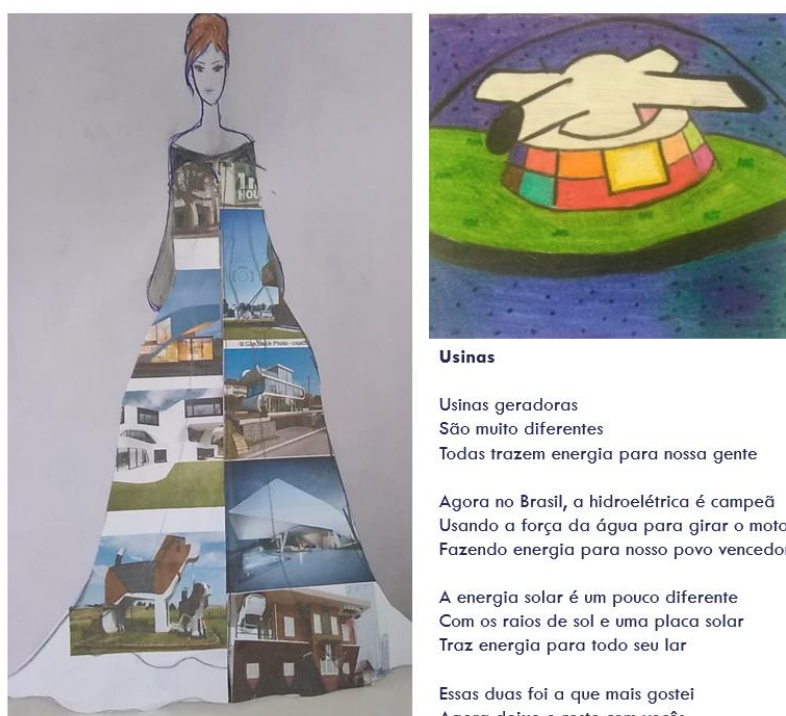


Figura 7. Produção artística dos alunos sobre o aprendizado ao longo do projeto em relação a Ciência e Tecnologia.

Discussão e conclusão

O modelo Expansões STEM que desenvolvemos e implementamos neste projeto propõe ampliar a abordagem STEM com a integração de outras áreas do conhecimento. Ao expandir o objeto tecnológico para as outras áreas do currículo em uma perspectiva transdisciplinar, supere-se uma perspectiva instrumental da Ciência e Tecnologia, e não se perde de vista a formação do pensamento crítico e ético, especialmente nas suas relações com a sociedade (ênfase CTS). Em particular, a expansão Cultura digital e Sociedade permitiu

Revista Eletrônica do INSTITUTO DE HUMANIDADES

ISSN 1678-3182

trazermos problemas reais para dentro da escola e ir além da simples montagem do dispositivo tecnológico ou da resolução dos desafios associados a ele.

Analisando o aprendizado dos alunos com base nas ricas e complexas produções destacadas na seção anterior, nota-se que eles desenvolveram conceitos e habilidades STEM, mas, principalmente, articulando-os com outras áreas do conhecimento e da cultura. Todos relataram ter sido a primeira vez que tiveram contato com dispositivos eletrônicos abertos e com programação. Do ponto de vista do engajamento, o fornecimento dos *kits* mão na massa no ensino remoto, i.e., a entrega dos materiais para a montagem da maquete na residência dos alunos, foi essencial para o retorno da interação deles com professores e colegas, e permitiu que continuassem a estudar fora do encontro online.

Durante a implementação, a coleta de informações sobre o processo e seus resultados foi direcionada para algumas das necessidades apontadas por Kelley e Knowles (2016) que sugerem que a pesquisa STEM precisa documentar de forma mais detalhada não apenas os resultados de cada intervenção, mas também a natureza da integração curricular, as mediações oferecidas aos alunos e os desenhos instrucionais. Essas mediações e desenhos estão explicitamente destacados dentro do referencial teórico-metodológico adotado.

Além disso, o desenho da intervenção seguiu a noção de “aparato operacional para prática profissional viável” (Ruthven *et al.*, 2010). Os autores chamam de “aparato” um material didático com apoio para professores que inclui explicitamente em seu desenho instrucional as inovações pedagógicas. Os autores consideram quatro funções desse aparato; funções simbólicas e pragmáticas que fornecem uma substância e estrutura concreta para mudar a atividade em sala de aula, além de funções epistêmicas e heurísticas que trazem a cristalização de um conjunto de princípios de conhecimento pedagógico

Revista Eletrônica do INSTITUTO DE HUMANIDADES

ISSN 1678-3182

construídos de forma ponderada e empregados de forma flexível pelos professores.

Então, argumentamos que o fornecimento de atividades de aprendizagem exemplares pode desempenhar um papel relevante no suporte, estruturação e realização de uma mudança inicial da prática dos professores. Ou seja, a partir da prática e da vivência dessa experiência mais estruturada, os professores podem seguir para a elaboração de suas próprias aulas e projetos STEM. Entendemos que as três expansões conjuntamente com os contextos de aprendizagem da investigação científica-cultural são marcadores explícitos e concretos que operacionalizam uma prática viável.

Agradecimentos: o projeto foi concretizado por meio do apoio logístico e financeiro do Instituto Lótus e Fundação Telefônica Vivo que permitiram a compra, impressão e distribuição dos materiais didáticos.

Referências bibliográficas

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 3, n. 2, p. 122–134, 2001.

BACICH, L.; HOLANDA, L.; GERALDI, A. M. (org.). **EDUCAÇÃO STEAM: Reflexões teórico-práticas do coorte da Liga STEAM**. São Paulo, SP: Tríade Educacional, 2022.

BLIKSTEIN, P.; VALENTE, J.; MOURA, É. M. de. Educação maker: onde está o currículo? **Revista e-Curriculum**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 523–544, 2020.

ENGESTRÖM, Y. Non scolae sed vitae discimus: Toward overcoming the encapsulation of school learning. **Learning and instruction**, [s. l.], v. 1, n. 3, p. 243–259, 1991.

Revista Eletrônica do INSTITUTO DE HUMANIDADES

ISSN 1678-3182

JÚNIOR, E. A.; CAVALCANTI, C. J. de H.; OSTERMANN, F. A Base Nacional Comum Curricular como revocalizadora de vozes dos Parâmetros Curriculares Nacionais: o currículo Ciência, Tecnologia e Sociedade na educação científica para os anos finais do Ensino Fundamental. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 38, n. 2, p. 1339–1363, 2021.

KELLEY, T. R.; KNOWLES, J. G. A conceptual framework for integrated STEM education. **International Journal of STEM Education**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 11, 2016.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em perspectiva**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 85–93, 2000.

LAGO, L. G.; ORTEGA, J. L. N. A.; MATTOS, C. R. A investigação científica-cultural como forma de superar o encapsulamento escolar: uma intervenção com base na teoria da atividade para o caso do ensino das fases da Lua. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 24, n. 1, p. 239, 2019.

MAIA, D. L.; CARVALHO, R. A. D.; APPELT, V. K. Abordagem STEAM na educação básica brasileira: uma revisão de literatura. **Revista Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, v. 17, n. 49, p. 68, 2021.

PUGLIESE, G. STEM Education – um panorama e sua relação com a educação brasileira. **Currículo sem Fronteiras**, [s. l.], v. 20, 2020.

RIGA, F. *et al.* Inquiry-Based Science Education. *In*: TABER, K.; AKPAN, B. (org.). **Science Education - An International Course**. Rotterdam: Sense Publishers, 2017. (New Directions in Mathematics and Science Education). p. 247–262.

RODRIGUES, A. M.; CAMILLO, J.; DE MATTOS, C. R. STEM and Its Roots and Branches: Critical Reflections from Cultural-Historical Activity Theory. *In*: PLAKITSI, K.; BARMA, S. (org.). **Sociocultural Approaches to STEM Education**. Cham: Springer International Publishing, 2023. (Sociocultural Explorations of Science Education). v. 21, p. 3–17.

RUTHVEN, K. *et al.* Effecting Principled Improvement in STEM Education: Research-based pedagogical development for student engagement and learning

Revista Eletrônica do
INSTITUTO DE HUMANIDADES

ISSN 1678-3182

in early secondary-school physical science and mathematics. **Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics**, [s. l.], v. 30, n. 1, p. 191–198, 2010.

VAN OERS, B. *et al.* (org.). **The Transformation of Learning: Advances in Cultural-Historical Activity Theory**. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.

VILLIAS, G.; WINTERBOTTOM, M. Facilitating the Practice of 4C Skills in Biology Education Through Educational Escape Rooms. *In*: KORFIATIS, K.; GRACE, M.; HAMMANN, M. (org.). **Shaping the Future of Biological Education Research**. Cham: Springer International Publishing, 2024. (Contributions from Biology Education Research). p. 63–78.