

**O FAZER CRÍTICO: PROPOSTA *MAKER* DE ENSINO PARA A FORMAÇÃO  
INICIAL DE PROFESSORES DE QUÍMICA**

***DOING CRITICAL: TEACHING *MAKER* PROPOSAL FOR THE INITIAL TRAINING  
OF CHEMISTRY TEACHERS***

***HACER CRÍTICO: PROPUESTA *MAKER* DE ENSEÑANZA PARA LA  
FORMACIÓN INICIAL DE PROFESORES DE QUÍMICA***

Brunno André Ruela  
brunnoruela@gmail.com  
Mestre em Educação em Ciências e Matemática pela UFG  
Professor do Ensino Médio da rede SESI  
Técnico em Assuntos Educacionais da Universidade Federal de Goiás.

*Ana Carolina Rodrigues Mateus*  
ana.rodrigues@discente.ufg.br  
Mestranda em Educação em Ciências e Matemática - Universidade Federal de Goiás

*Marco Túlio França Martins*  
tuliofranca@discente.ufg.br  
Licenciado em Química pela Universidade Federal de Goiás

*Claudio Roberto Machado Benite*  
claudiobenite@ufg.br  
Doutor em Química pela Universidade Federal de Goiás  
Professor do Departamento de Ensino de Química da Universidade Federal em Goiás

## RESUMO

O Movimento *Maker* (MM) surgido nos Estados Unidos está reverberando em toda à sociedade estimulando pessoas a utilizarem as tecnologias digitais passando a influenciar a educação de um modo geral com as Propostas *Maker* de Ensino (PME). No entanto, a maioria dessas propostas está se distanciando dos princípios que a originaram contribuindo para a manutenção do status das desigualdades sociais. Logo, este estudo tem como objetivo discutir como uma PME pode contribuir para a formação crítica de professores de Química, sob a luz do referencial da pedagogia

crítica de Giroux (1997) e Freire (2016). Com elementos da pesquisa participante, o estudo foi desenvolvido em uma disciplina de formação inicial de professores intitulada “Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) para o Ensino de Química” em 4 etapas: discussões sobre as TIC e origens da cultura *maker* em relação à organização do trabalho pedagógico; reflexão em conjunto das concepções das PME dos docentes; utilização da PME atrelada aos problemas sociais buscando a construção de um protótipo por meio do fazer crítico; escolha da problemática e construção do artefato com apresentação dos resultados em vídeo educativo. Os encontros virtuais foram gravados em áudio e vídeo para análise da conversação das falas dos sujeitos, tendo como principais resultados as visões fetichizadas de tecnologia com reflexão esvaziada de ação. A partir de discussões acerca da produção de conhecimento em rede e das bases teóricas do MM, os sujeitos vislumbraram a produção de uma máscara de proteção contra a Covid-19 usando a Ciência a favor da segurança e o bem-estar coletivo. Assim, os discentes usaram o conhecimento de maneira política e interdisciplinar, por meio da experimentação com materiais alternativos, ou atividade *maker*, construindo novas concepções sobre a natureza da Ciência demonstrando compromisso social e autonomia e criatividade para a prática docente.

**Palavras-chave:** Cultura *Maker*. Pedagogia Crítica. Ensino de Química.

## ABSTRACT

The Maker Movement (MM) that emerged in the United States is reverberating throughout society, encouraging people to use digital technologies, starting to influence education in general with the Maker Teaching Proposals (MTP). However, most of these proposals are moving away from the principles that originated them, contributing to the maintenance of the status of social inequalities. Therefore, this study aims to discuss how an MTP can contribute to the critical education of Chemistry teachers, in the light of the critical pedagogy framework of Giroux (1997) and Freire (2016). With elements of participant research, the study was developed in an initial training course for teachers entitled “Information and Communication Technology (ICT) for Teaching Chemistry” in 4 stages: discussions on ICT and origins of maker culture in relation to organization of pedagogical work; Joint reflection on teachers MTP preconceptions; Use of MTP linked to social problems seeking the construction of a prototype through critical action; Choice of the problem and construction of the artifact with presentation of the results in an educational video. The virtual meetings were recorded in audio and video for analysis of the conversation of the subjects' speeches, having as main results the fetishized visions of technology with reflection emptied of action. From discussions about the production of networked knowledge and the theoretical bases of the MM, the subjects envisioned the production of a protective mask against Covid-19 using Science in favor of safety and collective well-being. Thus, students used knowledge in a political and interdisciplinary way, through

experimentation with alternative materials, or maker activity, building new conceptions about the nature of science, demonstrating social commitment and autonomy and creativity for teaching practice.

**Keywords:** Maker Culture. Critical Pedagogy. Chemistry teaching.

## RESUMEN

El Movimiento Maker (MM) surgido en los Estados Unidos está repercutiendo en toda la sociedad, incentivando el uso de las tecnologías digitales, comenzando a influir en la educación en general con las Propuestas *Maker* de Enseñanza (PME). Sin embargo, la mayoría de estas propuestas se alejan de los principios que las originaron, contribuyendo al mantenimiento del estatus de las desigualdades sociales. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo discutir cómo una PME puede contribuir a la formación crítica de profesores de Química, a la luz del marco de la pedagogía crítica de Giroux (1997) y Freire (2016). Con elementos de investigación participante, el estudio se desarrolló en un curso de formación inicial para profesores titulado "Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para la Enseñanza de la Química" en 4 etapas: discusiones sobre las TIC y los orígenes de la cultura *maker* en relación a la organización del trabajo pedagógico; Reflexión conjunta sobre los preconceptos de las PME de los docentes; Uso de PME vinculado a problemas sociales buscando la construcción de un prototipo a través de la acción crítica; Elección del problema y construcción del artefacto con presentación de los resultados en un video educativo. Los encuentros virtuales fueron grabados en audio y video para análisis de la conversación de los discursos de los sujetos, teniendo como principales resultados las visiones fetichizadas de la tecnología con reflexión vaciada de acción. A partir de discusiones sobre la producción de conocimiento en red y las bases teóricas del MM, los sujetos vislumbraron la producción de una máscara protectora contra la Covid-19 utilizando la Ciencia a favor de la seguridad y el bienestar colectivo. Así, los estudiantes utilizaron el conocimiento de forma política e interdisciplinaria, a través de la experimentación con materiales alternativos, o actividad *maker*, construyendo nuevas concepciones sobre la naturaleza de la Ciencia, demostrando compromiso social y autonomía y creatividad para la práctica docente.

**Palavras-chave:** Cultura *Maker*. Pedagogía Crítica. Enseñanza de la Química.

## INTRODUÇÃO

Segundo Milton Santos (2000), a humanidade como um todo está vivendo um processo de globalização, mesmo que não havendo um espaço global, as nações

compartilham quase que instantaneamente pessoas, mercadorias, pensamentos e informações. Esse intenso intercâmbio se dá pelo uso das tecnologias com destaque para as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) que permitem com que a comunicação aconteça em diversas partes do mundo com apenas um “clique”. No entanto, a forma como as nações se relaciona não é igual, pois os países do centro, elites financeiras e econômicas mundiais, utilizam seu império para monetizar a vida social e pessoal dos seus próprios cidadãos e, sobretudo, a vida dos habitantes da periferia global.

O mesmo autor, apesar de analisar a realidade social da atualidade, propõe na obra *Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal* uma alternativa ao pensamento único propalado pelas nações hegemônicas tentando uma nova consciência universal a partir da apropriação das tecnologias dessa globalização, mas com uma nova atribuição de sentido e significado a elas.

Como exemplo de tal projeção, temos o Movimento *Maker* (MM), movimento surgido nos Estados Unidos que reuniam pessoas que consideravam inventores/consertadores, aliados à disponibilidade de tecnologia estimulado pela expansão do vale do silício, tanto pela iniciativa privada como por órgãos governamentais (DOUGHERTY, 2012). Apesar de ter surgido do intenso fluxo de materiais, pessoas e ideias oferecido pela globalização possui suas origens históricas e filosóficas no movimento *punk*, um movimento estruturado em torno da música *rock*, gênero caracterizada por um estilo de contestação da realidade social, que trazia propostas de uma sociedade antiautoritária baseada na construção de conhecimento coletivo apoiado em uma rede de ajuda mútua. A popular expressão “faça você mesmo” ou “*Do it yourself*”, concebida na década de 1960 nos Estados Unidos, como forma de unir pessoas que alentavam os mesmos ideias de sociedade, deve ser entendida como “façamos nós mesmos” ou “*do it ourselves*”, por entendermos que o conhecimento se constrói na coletividade (DAVIES, 1996; VYGOTSKY, 1991).

No Brasil, o MM está presente em diversas partes da sociedade, seja nos variados tutoriais de construção disponíveis na rede de computadores, como no *YouTube*, ou mesmo na associação de pessoas que querem dar outro significado às tecnologias. Exemplo de uma proposta nesse sentido é “A nuvem”, localizada na região de Visconde de Mauá, no Rio de Janeiro, cujo espaço funciona como um local de produção de alimentos utilizando alta tecnologia, como microprocessadores e drones, visando impactar beneficentemente a sociedade ao seu entorno (FONSECA; FLEISCHMAN, 2014).

Esse caso, porém, pode ser considerado como uma exceção à regra, uma vez que o MM ficou conhecido como um movimento que está alinhado aos interesses do modo de produção aumentando a exploração dos recursos naturais, gerando desemprego em massa com a Revolução Industrial 4.0, desenvolvendo novas tecnologias militares, muito fomentadas por batalhas de robôs. Assim, para se alinhar com os interesses de modernização da economia Americana e formação de mão de obra para operar tecnologia de ponta, o governo dos Estados Unidos passa a estimular Propostas *Maker* de Ensino (PME) tanto na educação básica (sistema K-12 norte americano) quanto na educação superior (Martin, 2015). Logo, utilizando elementos da ludicidade e da experimentação, tais propostas são utilizadas para atender aos interesses econômicos e políticos das nações imperialistas usando a educação para manter a exploração e a dominação do modo de produção capitalista (BOURDIEU; PASSERON, 1982).

Uma das PME mais emblemática foi ofertada pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT), com a disciplina “*How to do almost anything*” do professor Neil Gershenfeld, ministrada em 2001, com o objetivo de construir qualquer objeto utilizando equipamentos como impressora 3D, cortadora a laser com o uso de *softwares* livres e de programação aberta, criando formas de se relacionar com o mundo (BEVAN et al., 2014).

Nessa proposta foram utilizados artefatos como o Arduino, cortadora a laser, fresadora e as TIC visando promover o ensino de diversas áreas. Além dos materiais, a proposta teve diversas influências pedagógicas, como a aprendizagem baseada em projetos de Dewey, o construcionismo de Papert e até mesmo a Pedagogia Crítica de Paulo Freire. No entanto, essa última tem sido abafada por tendências educacionais mais liberais (BLIKSTEIN, 2018).

Devido à imensa troca de informações e dada à relação histórica de importação de propostas dos EUA, as PME não tardaram a chegar ao Brasil. Diversas são as propostas existentes no âmbito da educação formal como, por exemplo, o projeto “Aprender Brincando” desenvolvido na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) que oferece oficinas práticas com a utilização da linguagem digital por meio de projetos colaborativos. Também são encontradas propostas no âmbito da educação privada, como a do Coletivo Marista de Tecnologias Livres que tem o intuito de produzir e disseminar tecnologias que tenham impacto social, empregando a robótica, materiais recicláveis e *softwares* livres (FONSECA; FLEISCHMAN, 2014).

Nos documentos oficiais brasileiros (BRASIL, 2017a; BRASIL, 2017b), apesar de não tratarem especificamente das PME, pode-se avistar certo alinhamento ideológico com tais propostas. Isso pode ser visto nas últimas mudanças realizadas nos documentos norteadores da Educação Básica com a instituição da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a qual se orienta por uma pedagogia baseada em competências e habilidades voltadas a uma educação do futuro, ou seja, a uma educação baseada no uso das tecnologias e construções de protótipos que intervenham na realidade social. Ademais, o Novo Ensino Médio apresenta uma adesão epistemológica à cultura *maker* em seu teor oficial, como na afirmação das ideias do construcionismo, em que o aluno é considerado o protagonista do processo educativo (PAPERT, 2008). Tais reformas educacionais foram impulsionadas por reformas educativas de outros países, como Inglaterra, Canadá, Austrália e Estados

Unidos, onde o desenvolvimento das PME já está em contexto completamente diferente do que a realidade socioeducacional brasileira (BACICH; HOLANDA, 2018).

Como demonstrado em revisões de literatura de recentes produções (AQUINO, 2016; RODRIGUES, 2016; SILVA JUNIOR, 2019), as interpretações de propostas de formação de professores com o foco no uso das tecnologias em relação às PME sinalizam uma tendência homogênea do uso de materiais didáticos produzidos em larga escala empreendido por grandes corporações, como a LEGO®, tratando o conhecimento como uma mera aplicação das tecnologias, focado somente na construção de objetos que não contemplam a realidade da maioria das escolas brasileira, revelando certo fetichismo em relação as PME, demonstrando um modismo implementado pelas elites financeiras e econômicas.

Nesse sentido, as PME voltadas para a formação de professores de Ciências/Química concebem o professor como reproduzidor de práticas elaboradas por especialistas, muitas provenientes de empresas privadas, que suprimem abordagens que envolvam aspectos ideológicos necessários à formativa crítica cidadã, mantendo-os numa posição de meros executores da tecnologia contribuindo para a manutenção do status de dominação e desigualdade social presente em seu país (FREIRE, 2016).

Tal cenário demonstra a necessidade das Universidades e Institutos de Ensino Superior promoverem formação docente que compreenda a educação no seu nível histórico-objetivo e que as práticas pedagógicas possibilitem “articular uma proposta pedagógica cujo ponto de referência, cujo compromisso seja a transformação da sociedade e não sua manutenção, a sua perpetuação (da exploração)” (SAVIANI, 2013, p. 80). Baseados na pedagogia crítica, entendemos que o professor deve construir sua *práxis*<sup>1</sup> numa relação dialética entre ação e reflexão fazendo a leitura da

---

<sup>1</sup> Para Freire (2016), o conceito de *práxis* refere-se ao processo de busca de liberdade dos oprimidos por meio do processo de tomada de consciência da realidade opressora, através da ação e reflexão do mundo concreto, tendo em vista que a libertação não será pelo acaso ou ato generoso e sim pela busca do conhecimento e o reconhecimento de se lutar pela liberdade. Assim, no contexto desta pesquisa a *práxis* é entendida como o processo “reflexão e

realidade e entendendo suas contradições, tendo o conhecimento científico como alicerce. Compreendendo-a em sua totalidade, o professor passar de consciência ingênua para consciência crítica fazendo com que o conhecimento químico não seja uma massa de conhecimento amorfa em relação ao restante da sociedade (FREIRE, 2016).

Sendo assim, buscamos neste estudo sinalizar a possibilidade do rompimento com a formação de professores de química com viés tecnicista, sob influência do positivismo dado a proximidade com os cursos de química bacharelado, visando a construção de conhecimentos pedagógicos específicos da profissão (GAUCHE, et al., 2008) por meio do desenvolvimento das metodologias ativas, como a PME com viés crítico ou fazer crítico.

Baseados em Ratto (2011), sugerimos neste estudo a produção de artefatos com o propósito de preencher a lacuna entre a reflexão crítica cidadã, a criatividade e o conhecimento científico produzindo protótipos a partir de três estágios: análise dos problemas sociais como propósito para a prototipagem; construção coletiva do artefato a partir dos conhecimentos envolvidos e; por último, reflexão crítica reconsiderando o artefato em relação à sua finalidade.

Diante do exposto, este estudo tem como objetivo discutir como uma PME pode contribuir para a formação crítica de professores de Química sob a luz do referencial da pedagogia crítica de Giroux (1997) e Freire (2016).

## **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Contendo elementos da Pesquisa Participante (PP), buscamos neste estudo questionar sistematicamente a realidade docente por meio do entendimento de que pesquisadores e sujeitos da pesquisa são atores de transformações sociais. Assim,

---

ação dos homens sobre o mundo para transformá-lo, sem ela, é impossível a superação da contradição opressor-oprimidos.” (FREIRE, 2016, p. 25) realizados durante o processo de ensino-aprendizagem.

devem ser desenvolvidas ferramentas psíquicas, teóricas e, sobretudo, um saber-fazer que favoreça o contato com a realidade prática dos indivíduos desenvolvendo um agir social integrado à realidade. Desvincula-se, portanto, das pesquisas científicas que ficam acomodadas nas prateleiras e nos repositórios das bibliotecas das Universidades (DEMO, 2004; HABERMAS, 2011). Tentamos romper com os paradigmas positivistas das pesquisas das Ciências Sociais que buscam resultados exatos e precisos do fazer humano.

A PP desenvolve uma análise em conjunto com os participantes da pesquisa e propõe uma apropriação pedagógica crítica da realidade. Nesse caso, buscamos desenvolver nos professores em formação inicial (PFI) aspectos teóricos e práticos que os permitissem utilizar as tecnologias por meio das metodologias ativas, como a PME com o viés crítico, tendo como *lócus* de ação uma disciplina do curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Goiás (UFG) (LE BOTERF, 1984).

A disciplina “Tecnologia da Informação e Comunicação para o Ensino de Química” é optativa para o curso de Química Licenciatura, com carga horária de 64h, e sua ementa visa:

[...] dar subsídios aos estudantes na utilização de forma crítica das tecnologias de informação e comunicação como recurso didático no ensino de química. Orientar o estudante na busca de instrumentos que lhe permita desenvolver atividades em ambientes virtuais, analisando suas possibilidades e adequação a diferentes realidades educacionais, fundamentadas em pressupostos teóricos e metodológicos. (UFG, 2021, p. 1).

Neste estudo, a disciplina foi ministrada no período da pandemia de Covid-19 no Ensino Remoto Emergencial pela ferramenta Google Meet e contou com a participação de nove professores em formação inicial (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8 e A9), os quais foram enumerados de acordo com a aparição nos turnos da transcrição, mas somente cinco chegaram ao final da disciplina. Houve também a atuação do professor formador, docente da universidade (PF), bem como um

professor em formação continuada em nível de mestrado (PFC), autor deste estudo e que ministrou parte das aulas durante seu estágio docência.

Na primeira etapa desta pesquisa, buscou-se a problematização do uso das PME para o ensino de Ciências/Química, uma vez que nosso grupo de pesquisa foi procurado para atuar na formação de professores, devido à demanda de escolas públicas e privadas da região metropolitana de Goiânia. Assim, foram definidas as bases teóricas para que os professores em formação continuada atuassem de forma crítica, entendendo-a em suas relações com as TIC e compreendendo suas origens históricas e filosóficas. A partir da noção de que o conhecimento científico se dá mediante uma construção sócio-histórica, almejou-se construir novas relações na organização do ambiente pedagógico realizando movimentos dialéticos entre teoria e prática para a construção de um concreto mais mediado, por meio das objetivações realizadas pela consciência por meio dos signos em relação aos objetos da realidade.

Na segunda etapa da pesquisa, realizou-se um estudo junto à população envolvida buscando entender como os docentes, em geral, concebiam a PME no ensino de Química.

Na terceira etapa, os discentes realizaram a análise crítica dos problemas elencados, momento em que foi proposta a construção de um artefato real com vistas a solução de um problema de relevância social. Os professores em formação inicial selecionaram os conhecimentos necessários ao entendimento e à resolução do imbróglio escolhido, tanto em se tratando de conhecimento teórico (conhecimentos científicos, tecnológicos, políticos e sociais) quanto da parte operacional (equipamentos, ferramentas e materiais), a fim de que pudessem confeccionar a construção e um protótipo real para a resolução do problema.

Na quarta etapa foi montado um plano de ação e executada a construção dos projetos dos objetos reais. Além disso, foi elaborado um vídeo pedagógico para que os futuros professores pudessem fazer a articulação de todo o conhecimento

envolvido durante a disciplina, de maneira à pôr em prática as metodologias ativas em sua ação.

Este estudo segue as quatro etapas (Quadro 1) da PP de Le Boterf (1984).

**Quadro 1:** As quatro etapas da pesquisa e as ações realizadas.

<b>Etapa da pesquisa</b>	<b>Ações realizadas</b>
1ª: Definição das bases teóricas da pesquisa	Discussões sobre TIC; Origens da cultura <i>maker</i> ; Natureza da Ciência e mediação pedagógica; Metodologias ativas.
2ª: Estudo da população envolvida	Reflexão conjunta das pré-concepções das PME dos docentes.
3ª: Análise crítica dos problemas elencados pelo Professores em formação	Utilização da PME atrelada aos problemas sociais, buscando a construção de um protótipo por meio do trabalho colaborativo e reflexão do objeto em relação à sua proposição.
4ª: Elaboração e execução do plano de ação	Escolha do problema social e construção do artefato que o atenda, com apresentação e reflexão dos resultados por meio de vídeo educativo.

Fonte: os autores (2021).

As aulas virtuais foram gravadas em áudio e vídeos (totalizando 16 horas e 41 minutos de gravação) para posterior transcrição e análise teórica da conversação (MARCUSCHI, 1986).

As falas foram organizadas em turnos separados por linha que expressavam a fala de cada sujeito, respeitando a sequência cronológica da gravação. Os turnos foram separados em tópicos temáticos que geraram o diálogo para interpretação de maneira a organizar as mudanças de discurso dos futuros professores ao longo das interações sociais desenvolvidas nos encontros das disciplinas. Assim, foram selecionados trechos das transcrições da fala dos PFI que cristalizassem as concepções de seu pensamento em cada etapa da disciplina para, então, realizar a análise teórica, tendo como referencial os ideais de Giroux (1997) e Freire (2016).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Garcia (1994), a formação de professores se dá pela interação entre o formador e o formando produzindo intercâmbios conscientes entre esses sujeitos.

Essas mudanças volitivas permeiam não só os domínios práticos, mas também os teóricos. Para o autor, existem sete princípios que devem orientar a formação de professores. Alguns deles foram utilizados para planejar e ministrar a disciplina “TIC e ensino de Química” com o objetivo de oferecer suporte teórico-prático aos futuros professores, aliando conteúdos acadêmicos junto à formação pedagógica dos professores para utilizar PME de maneira crítica, visando “integrar a formação de professores aos processos de mudanças e inovação e desenvolvimento do currículo” (GARCIA, 1994, p. 14).

Uma disciplina pode se constituir como um rico espaço para a formação, contudo entendemos que o processo de formação de professores é contínuo e bem mais amplo que as experiências realizadas no ambiente de sua formação inicial. Além disso, com base nos princípios das metodologias ativas (BACICH; MORAN, 2017), propomos a realização de projetos elaborados em duplas pelos professores com o intuito de desenvolver o fazer crítico (RATTO, 2011) e, com isso, favorecer uma aprendizagem personalizada para que os professores possam ter seus interesses pessoais, profissionais e sociais contemplados.

Neste estudo, a execução dos projetos foi dada pelos próprios PFI baseados na aprendizagem por isomorfismo, uma vez que o método de educação que se oferece aos discentes é o mesmo que se espera que eles desenvolvam quando estiverem em sala de aula (GARCIA, 1994). Aqui, serão apresentadas as discussões suscitadas nas intervenções pedagógicas destacando as contribuições teórico-práticas para a formação de professores de Química.

No início da proposta ressaltamos as dificuldades dos PFI em conceberem a ideia de metodologias ativas, neste caso as PME para a apropriação das TIC no ensino de Química, já que suas expectativas eram estudar de maneira exploratória e descritiva os tipos de ferramentas tecnológicas existentes (Quadro 2).

**Quadro 2:** Extrato de transcrição 1.

Turno	ID	Discurso
145	A1	“Uma criação de um <b>jogo</b> , por exemplo, seria uma maneira de solucionar determinado tema?”
146	PFC	“Depende. Essa relação você vai ter que criar. Eu acho que ele pode ser uma <b>ferramenta para ensinar</b> , agora, uma ferramenta para resolver o problema eu acho que não. Entenda essa articulação: você tem que ter um problema e o jogo vai resolver o problema. Ele pode ser uma ferramenta que proporcione o meio de ensinar o conteúdo e não uma resolução de um problema real ou hipotético”.
147	A2	“Professor, eu te peço mais uma semana para pensar no protótipo, pois <b>eu não havia entendido</b> a ideia <b>que era necessário construir um protótipo</b> para o final da disciplina.”
148	A7	“Eu também queria te pedir mais um tempo, se eu posso acompanhar hoje como o pessoal está formulando o protótipo... <b>eu tenho a ideia ampla, mas não sei bem o que construir.</b> ”
153	PFC	“Não necessariamente você precisa criar um problema real, você pode criar um problema hipotético. A questão é que esse problema te gera uma pergunta que você quer responder. E essa resposta vem a partir do conhecimento científico relacionado ao protótipo a ser criado por você.”
154	A5	“ <b>Agora ficou mais difícil.</b> ”
155	A4	“ <b>Onde entra as TIC?</b> ”
156	PFC	“Na própria criação do protótipo.”
157	A4	“Me dá um exemplo, professor.”
158	PF	“Mas esse é o trabalho de vocês.”
159	A4	“ <b>Você fala na ‘própria criação’,.. Então, a internet seria um meio para que eu estivesse pesquisando isso?</b> ”

Fonte: os autores (2021).

Os resultados do quadro 2 demonstram que alunos tiveram dificuldades em entender o ciberespaço como um espaço virtual que medeia as ideias humanas e a realidade concreta (LÉVY, 1998), como dito pelos alunos A2 e A7 nos turnos 147 e 148. Já aqueles que conseguem entender a função das TIC na atividade (A1 no turno 145) propondo a construção de um jogo digital buscam intervir apenas no mundo virtual, neste caso, com uma ferramenta de ensino para a conscientização de algum problema, mas que nada afetaria sua realidade social prática, uma reflexão esvaziada de ação, ou seja, a objetivação dos objetos da realidade quando refratados na consciência, não conseguem compreender a totalidade dos fenômenos, fazendo com que não haja ação para mudança daquela realidade por não haver sua compreensão (FREIRE, 2016).

Comumente, professores pensam o uso das TIC de maneira fetichizada sem pensar nos objetivos que tais ferramentas alcançarão na atividade pedagógica. Assim, há uma repressão da técnica pelo agir social, pois os sujeitos mais se importam em produzir novas técnicas do que em pensar na resolução de questões práticas da vida social (HABERMAS, 2011; BENITE, CAMARGO e BENITE, 2021). Somente no turno 159, após intervenção dos professores formadores relacionando as TIC e o protótipo a ser construído, A4 vê a possibilidade que a rede de computadores tem para se pesquisar informações e desenvolver o projeto. Tal percepção é fundamental para que os professores possam deixar de serem usuários das TIC, saindo da condição de técnicos para a de intelectuais críticos transformadores que pensam a realidade social, o que confere um caráter político e ideológico aos objetivos educacionais e que buscam formar cidadãos críticos e ativos interessados em construir uma sociedade mais democrática (GIROUX, 1997).

Após o entendimento das bases teóricas da proposta de apropriação das tecnologias para se criar uma nova realidade, os projetos passaram de propostas menos engajadas socialmente com a realidade dos PFI, como nos casos de A1 e A4 que propuseram a conscientização de descarte de pilhas e baterias visando o ensino das propriedades do ácido sulfúrico, a projetos relacionados com o momento sócio histórico, como a crise sanitária, social, econômica e ambiental: a pandemia causada pelo vírus SARS-CoV-2.

Nesse sentido, nossos resultados evidenciam que as PME podem contribuir com a formação crítica de professores, uma vez que os projetos para que fossem realizados necessitavam de reflexão teórica abandonando a simples reprodutibilidade de projetos alheios à realidade docente buscando desenvolver uma pedagogia que fizesse “da opressão e de suas causas objeto da reflexão dos oprimidos, de que resultará o seu engajamento necessário na luta por sua libertação, em que esta pedagogia se fará e refará” (FREIRE, 2016, p. 20).

Logo, o referido projeto propôs a construção de uma máscara de proteção individual, com material alternativo e de baixo custo, a partir da investigação dos tecidos adequados para uma melhor proteção contra o vírus. Outra dupla propôs a construção de um avental que pudesse ser utilizado por médicos e enfermeiros nas Unidades de Tratamento Intensivo, valendo-se do PET como alternativa. A última dupla propôs a construção de uma composteira com vistas a diminuir o lixo orgânico gerado durante o período de isolamento social.

### Primeira fase do fazer crítico: Estudo do problema de investigação.

Por motivo de espaço discutiremos neste estudo o projeto “Protótipo da fabricação de uma máscara de tecido híbrido” desenvolvido por A1 e A4. Por meio de pesquisas semanais, os discentes apresentavam os resultados das pesquisas dos problemas que iriam desenvolver por meio de relatórios escritos e exposições orais como demonstrado no quadro 3.

Quadro 3: Extrato de transcrição 2.

Turno	ID	Discurso
209	A4	“Aí nossa pergunta é: <b>será que a máscara que compramos no supermercado está nos protegendo?</b> Ela é efetiva? Essa é uma problemática e uma dúvida que eu tenho. Se é qualquer tecido que está me protegendo. Mas onde entra a Química aí? A Química dos <b>polímeros</b> para entender a estrutura desses tecidos, do poliéster, das poliamidas, do algodão, pra ver quantas camadas precisa e o produto final <b>seria uma máscara pensada nessas estruturas químicas</b> . E o porquê seria viável? <b>Eu já trabalhei em confecção</b> e tenho noção de tecido. A mãe da A1 tem habilidade de costura. Então, é possível a criação de uma máscara efetiva que vai ser testada. Ou seja, <b>vai ser possível eu utilizar os conhecimentos químicos de polímeros para saber qual tecido vou utilizar</b> . Eu conheço alguns como o ‘Oxford’, entre outros. Na feira e no supermercado existem máscaras com uma infinidade de tecidos. Tem gente que está preocupado só com a questão estética da máscara. Mas onde entram as TIC? A criação, por exemplo, de <b>um blog discutindo as máscaras</b> , os diferentes tipos que nós estudamos.”
210	A1	“Nós temos um <b>Instagram</b> que divulgamos curiosidades de Química. Nós podemos utilizar pra divulgar.”

Fonte: os autores (2021).

Defendemos neste estudo que o fazer crítico com auxílio das TIC pode levar à formação de conceitos científicos, conforme apresentado pelo discurso de A4, no turno 209. Segundo Davydov (1982), os conceitos são construídos em um movimento

dialético, entre teoria e prática, no qual se tem uma ascensão do abstrato ao concreto. Nesse caso, os alunos propuseram o estudo de um objeto evoluído de sua realidade prática (as diversas máscaras de seu cotidiano) buscando traçar a origem de suas determinadas e singulares características, a partir da sua fundação genética original. Tais resultados sinalizam a procura por aspectos químicos submicroscópicos para fundamentar a proposta entendendo que uma máscara de determinado(s) polímero(s) realizaria proteção adequada contra partículas de aerossóis que contivessem vírus, buscando trazer a sua *práxis* elementos teóricos que fundamentassem sua ação, rompendo com a educação que preza pela arquivagem dos conteúdos mantendo-os “fora da busca, fora da *práxis*, (...), não há criatividade, não há transformação, não há saber” (FREIRE, 2016, p.18).

Trata-se, portanto, de passar do concreto sensível, percebido de maneira mais imediata pelos sentidos humanos, que é apreendido de forma fragmentada e empobrecida, ao concreto pensado, enriquecido de múltiplas determinações levando a uma nova totalidade do objeto (KOSIK, 2010). Assim, defendemos que o uso das TIC aliada a prototipagem, pode promover um entendimento da realidade, a partir do conhecimento científico, de maneira crítica, buscando entender as multivariáveis presentes na matéria e sua relação com sua aplicabilidade social (LÉVY, 1998; RATTO, 2011)

Importa também ressaltar o uso das TIC como meio de divulgação científica, fundamentos e pressupostos do protótipo, por meio de um *blog* dos próprios PFI como forma de devolutiva ao ciberespaço retornando a um novo concreto mais complexificado: a máscara desenvolvida por eles. Tal fato intenciona que novas pessoas possam se apropriar novamente desse objeto, a máscara, construindo uma rede aberta de conhecimento, conforme discutido por A1, no turno 210, colaborando para a criatividade e o discernimento do professor acerca da realidade (GIROUX, 1997).

Segundo Sánchez-Mora (2003), esse processo de divulgação científica amplia o público da Ciência para além dos seus especialistas, sendo necessárias adaptações da redação científica para se realizarem as articulações contextuais pertinentes para se atingir o público não especializado. Nessa investigação foi usado como objeto de estudo um item que a maioria da população é obrigada a usar, a máscara de proteção, com o amparo da Lei nº 14.019, de 2 de julho de 2020 (BRASIL, 2020). Assim, o conhecimento crítico adquirido pode ser compartilhado e ressignificado por várias pessoas por meio da mediação dos signos compartilhados socialmente por uma comunidade, tendo o professor como sujeito ativo desse processo por se tratar do indivíduo mais experiente da cultura científica, tonando o "conhecimento curricular significativo, crítico e emancipatório" (GIROUX, 1997, p. 163).

Para tal, as intervenções se basearam no movimento de enriquecimento das generalizações acerca do objeto proposto contextualizando historicamente o uso das máscaras e dos tecidos, como apresentado no quadro 4.

**Quadro 4:** Extrato do relatório final 1.

Exemplo	Escrita
1	“Existem evidências indicando que o uso de máscaras pela população durante uma pandemia de uma doença respiratória pode minimizar a propagação da enfermidade e seu impacto econômico se usadas de maneira adequada e consistente, constituindo uma intervenção não farmacêutica eficaz no controle da propagação da doença. A indicação de máscaras têxteis foi sustentada em <b>pandemias anteriores e infecções emergentes</b> , como em 1918, no contexto da Gripe Espanhola ou 2009 na pandemia de H1N1, especialmente em contextos de baixa ou média renda devido à escassez de equipamentos de proteção individuais (EPIs), tendo em vista a emergência global.”
2	“Os polímeros naturais foram os padrões em que se basearam os pesquisadores para busca de similares sintéticos durante o extraordinário desenvolvimento da Química de polímeros após a <b>II Guerra Mundial</b> , isto é, no início da década de 1950. Eles eram utilizados para isolar as linhas elétricas usadas pelos radares aéreos, capacetes, como no caso do polietileno. O acrílico estava presente nas janelas de compartimento dos tanques, o nylon substituiu a seda para a fabricação de paraquedas.”

Fonte: os autores.

No quadro 4, PFI acrescenta elementos da história para ampliar o sentido da prática docente para além da Ciência pela Ciência, traçando relações com características contextuais. Tal articulação infere ao futuro professor a necessidade de pensar uma prática que resulte em letramento científico, mostrando como a Ciência

é uma construção humana feita por um grupo social em determinado tempo histórico, de modo a assegurar compreensão crítica e reflexiva dos tempos atuais (SILVA, 2006).

Neste caso, defendemos o ciberespaço como fonte de informações confiáveis que podem ser articuladas e potencializadas a partir do trabalho individual ou colaborativo (professores de diversas áreas) durante a formação inicial, influenciando na formação dos PFI, transformando-os em “agentes críticos; que tornem o conhecimento problemático; utilizem o diálogo crítico e afirmativo; e argumentem em prol de um mundo qualitativamente melhor para todas as pessoas” (GIROUX, 1997, p. 163).

### **Segunda fase do fazer crítico: Elaboração de hipóteses**

Buscando avançar na discussão acerca do conhecimento químico envolvido na elaboração das máscaras, os professores em formação inicial aborda o conceito de polímeros, macromoléculas caracterizadas pela repetição de uma unidade definida como monômero e pela elevada massa molar, relacionando-o à composição das fibras dos tecidos visando a análise crítica da composição dos diversos materiais usados na produção das máscaras comercializadas (Quadro 5), como: a celulose; o poli(tereftalato de Etileno) conhecido como PET; as Poliamidas (Policaprolactama) e; o elastano (estrutura química dos seus monômeros em N4) (MANO; MENDES, 2004) para levantar a hipóteses sobre qual melhor tecido pra elaborar as máscaras.

As fibras de polímeros naturais, como a celulose, produzidas pelos animais, como a lã da ovelha, a seda feita por alguns invertebrados pelas plantas, como as fibras de polissacarídeo de celulose produzidas ao redor da semente de algodão. Já nos polímeros como poliéster, poliamida e elastanos as fibras são sintéticas provenientes de reações químicas de dois ou mais compostos orgânicos (MANO; MENDES, 2004).

Para avaliar as características das fibras de cada polímero é essencial o conhecimento de suas estruturas químicas e ligações intermoleculares realizadas. A presença de ligações de hidrogênio nos polímeros N1 e N3 assegura a formação de fibras mais resistentes do ponto de vista mecânico, especialmente quando as cadeias poliméricas são flexíveis e permitem a orientação por estiramento. Mas na presença de anel aromático na cadeia, polímeros N2 e N4, essa impede ou reduz substancialmente a sua flexibilidade e orientação. As ligações de hidrogênio, tão abundantes nas fibras naturais, propiciam a absorção de umidade decorrente da transpiração humana e a sensação de conforto (MANO; MENDES, 2004).

A análise dos dados das ligações intermoleculares nos dá um aspecto qualitativo das propriedades físico-químicas de como as fibras compostas pelos polímeros interagem com a matéria: as partículas aerossóis de saliva expelidas pela pessoa contaminada com a Covid-19. Neste estudo, A1 e A4 realizaram uma revisão bibliográfica sobre tecidos utilizados na produção de máscaras considerando o conhecimento científico como um constructo social consensual e histórico em que as hipóteses científicas estão sujeitas ao processo social de aceitação e de registro do conhecimento científico (HODSON, 1986).

A prototipagem dos PFI se baseou no estudo de Konda e colaboradores (2020), em que a análise foi feita em um gerador de aerossóis por meio do uso do Cloreto de Sódio (NaCl) e da água, processo em que o ar flui da câmara de geração para a câmara de coleta através de um tubo PVC com uma máscara encaixada. Há um manômetro que mede a diferença de pressão entre as duas câmaras e um medidor de nanopartículas e um dimensionador ótico para realizar as medições das partículas que conseguem atravessar a fibra. Os resultados encontrados nessa investigação foram traduzidos e apresentados na tabela 1.

**Tabela 1:** Eficiências de Filtração de Várias Amostras de Teste a uma Taxa de Fluxo de 1,2 CFM (34L/min) e a Pressão Diferencial Correspondente ( $\Delta P$ ) através da amostra<sup>2</sup>

Amostra/tecido	Quociente de vazão: 1,2 CFM (34,0 L/min)		Diferença de Pressão/ Pa
	Eficiência de Filtração $\pm$ erro/ %		
	Partículas <300 nm	Partículas >300 nm	$\Delta P$
<b>N95 (sem abertura)</b>	85 $\pm$ 15	99.9 $\pm$ 0.1	2.2
<b>N95 (com abertura)</b>	34 $\pm$ 15	12 $\pm$ 3	2.2
<b>Máscara cirúrgica (sem abertura)</b>	76 $\pm$ 22	99.6 $\pm$ 0.1	2.5
<b>Máscara cirúrgica (com abertura)</b>	50 $\pm$ 7	44 $\pm$ 3	2.5
<b>Colcha de algodão</b>	96 $\pm$ 2	96.1 $\pm$ 0.3	2.7
<b>Colcha de algodão (80 TPI<sup>3</sup>), 1 camada</b>	9 $\pm$ 13	14 $\pm$ 1	2.2
<b>Colcha de algodão (80 TPI), 2 camadas</b>	38 $\pm$ 11	49 $\pm$ 3	2.5
<b>Flanela</b>	57 $\pm$ 8	44 $\pm$ 2	2.2
<b>Algodão (600 TPI), 1 camada</b>	79 $\pm$ 23	98.4 $\pm$ 0.2	2.5
<b>Algodão (600 TPI), 2 camadas</b>	82 $\pm$ 19	99.5 $\pm$ 0.1	2.5
<b>Neoprene, 1 camada</b>	67 $\pm$ 16	73 $\pm$ 2	2.7
<b>Neoprene, 2 camadas</b>	83 $\pm$ 9	90 $\pm$ 1	3.0
<b>Seda natural, 1 camada</b>	54 $\pm$ 8	56 $\pm$ 2	2.5
<b>Seda natural, 2 camadas</b>	65 $\pm$ 10	65 $\pm$ 2	2.7
<b>Seda natural, 4 camadas</b>	86 $\pm$ 5	88 $\pm$ 1	2.7
<b>Híbrido algodão/Neoprene 1</b>	97 $\pm$ 2	99.2 $\pm$ 0.2	3.0
<b>Híbrido 2 algodão/seda (sem abertura)</b>	94 $\pm$ 2	98.5 $\pm$ 0.2	3.0
<b>Híbrido 2 algodão/seda (com abertura)</b>	37 $\pm$ 7	32 $\pm$ 3	3.0
<b>Híbrido algodão/flanela 3</b>	95 $\pm$ 2	96 $\pm$ 1	3.0

Fonte: Adaptado e traduzido de Konda et al. (2020).

Pautados nessas informações, os autores escolheram os tecidos mais adequados para uma filtração mecânica dos aerossóis (sedimentação por gravidade, impacto inercial, interceptação pelas tramas e difusão browniana) e filtração eletrostática ocasionada pelo acúmulo de carga por atrito na superfície do tecido.

<sup>2</sup> As eficiências de filtração são as médias ponderadas para cada faixa de tamanho inferior a 300 nm e superior a 300 nm.

<sup>3</sup> Trama; por polegada (densidade da malha).

Os dados da tabela 1 demonstram que as fibras de algodão (polímero N1) possuem uma grande quantidade de hidroxilas (-OH) em sua estrutura sendo bastante adequadas para a filtração mecânica dos aerossóis (compostos majoritariamente de água) e o poliéster (polímero N2), com seus anéis de ressonância ( $C_6H_4$ ), estabilizam cargas elétricas geradas por atrito sendo adequado como barreira eletrostática das partículas de aerossóis.

### **Terceira fase do fazer crítico: Prototipagem**

Articulando essas informações com os dados da tabela 1 e sabendo que o Neoprene é majoritariamente composto por poliéster, os PFI construíram uma máscara “híbrido 1” (Figura 1) com possível eficiência de filtração de partículas menores que 300 nm próxima da máscara N95 (KONDA et al., 2020), conforme dados tabela 1.

Recortes dos tecidos Brinlev (100% algodão) e Neoprene (99% poliéster) foram usados, além de elásticos para as alças considerando que sem os ajustes adequados a máscara diminuiria sua eficiência de filtração de partículas. Um pedaço de arame foi usado como clipe nasal e fechos de sutiã como ajuste da alça da máscara contra a face visando melhor adaptação e funcionamento.

**Figura 1:** Protótipo construído pelos professores em formação inicial, sendo a parte azul o algodão e a branca, o Neoprene.



Fonte: os autores.

Azevedo (2004) afirma que atividades investigativas promovidas pelas PME desenvolvem nos alunos a capacidade de refletir, discutir e explicar a realização do objeto construído, extrapolando as habilidades manuais desenvolvidas em sala de aula. O protótipo construído possibilitou discussões acerca de como os princípios da cultura *maker* contribuem para a construção de artefatos personalizados, contraponto do modo de produção. Um exemplo foi o uso do fecho de sutiã para ajuste da máscara na face (DAVIES, 1996), demonstrando como o conhecimento científico articulado a criatividade pode libertar o sujeito do pensamento imposto pelo modo de produção capitalista e a globalização. Concordamos com Giroux (1997, p.162) que o ensino não pode ser reduzido ao “treinamento de habilidades práticas, mas que, em vez disso, envolve a educação de uma classe de intelectuais vital para o desenvolvimento de uma sociedade livre”.

Dito isso, os resultados deste estudo salientam a prototipagem como estratégia de ensino que visa estimular o uso das habilidades dos alunos em atividades práticas suscitando maior interesse e engajamento (GONÇALVES; BENITE, 2022), confrontando com o discurso desmotivador que muitos professores de Química usam

para não realizarem atividades práticas e experimentos, como: falta de espaço físico adequado, ausência de materiais específicos e até formação. Assim, nas PME o docente propõe atividades práticas partindo de questões sociais, manipulando materiais e ferramentas comuns, rompendo com os princípios do pragmatismo normalmente atribuído a essa disciplina. Ademais, a construção do protótipo possibilitou discussões que permitiram maior compreensão da natureza das atividades científicas.

No entanto, foram ressaltadas limitações dos estudos científicos, sobretudo devido ao fato de que os estudos serem recentes, bem próximos da data do início da pandemia, e que o próprio artigo de referência, Konda et al. (2020), sofreu complementação de dados após a sua publicação na revista.

Logo, as PME são importantes para se construir um arcabouço teórico sobre como se dão as investigações científicas no mundo real, combatendo sua simplificação e manipulação propagada nas redes na forma de *fakenews*, ampliando o arcabouço teórico para se estabelecer o diálogo entre os pares, combatendo o ativismo, uma vez que “a ação involucra uma crítica reflexão que, organizando cada vez o pensar, nos leva a superar um conhecimento estritamente ingênuo da realidade” (FREIRE, 2016, p.81).

Além disso, como dito por um dos PFI, em outros estudos (MORAIS et al., 2021) que realizaram a mesma análise os dados são destoantes chegando a conclusões diferentes, afirmando que o algodão não é tão eficiente para filtrar aerossóis, sendo necessárias, portanto, mais investigações para confirmar os dados atualmente disponíveis. Assim, os PFI puderam compreender que a Ciência é falível e limitada a um determinado momento histórico e que tal concepção deve ser levada por eles para a sala de aula (GIL-PÉREZ, 2001).

Dada a apropriação crítica realizada pelos PFI, outras questões relativas à eficiência de filtração das máscaras caseiras foram questionadas, como o fato delas sofrerem alterações microscópicas, danificando a trama de tecidos no momento de

lavagem e reutilização, bem como no momento de sua fabricação, visto que a costura é feita manualmente, em pontos, e não soldada industrialmente, como são fabricadas as N95, modelo considerado mais seguro.

Aqui evidenciamos as vantagens do uso da PME para enriquecer o processo de formação de conceitos superando o reducionismo conceitual e discutindo aspectos procedimentais e axiológicos da Ciência, como o fato de que existem limitações nas investigações científicas, sobretudo quando se trata de uma pandemia, em que o problema avançava e, concomitantemente, tentou-se chegar a compreensão mais apurada acerca de um problema de saúde pública. Contribuições desse tipo auxiliam no entendimento sobre a Natureza da Ciência e podem ser obtidas por meio de atividades do ensino, em que várias se baseiam em práticas científicas, como a descrita neste estudo, caracterizando-se como um desafio para as pesquisas na área educacional (PRAIA et al., 2007).

A partir da articulação entre conhecimento, cultura e sociedade foi solicitado aos PFI a elaboração de um produto pedagógico, mais especificamente um vídeo educacional que pudesse ser usado em sala de aula. A produção durou, em média, 10min30s (Figura 2), abordando cada etapa do fazer crítico propostas ao longo da disciplina. As sugestões de realização do vídeo foram em direção de buscar a articulação do conhecimento para se construir um videoapoio, em que o professor, utiliza imagens para ilustrar seu discurso verbal na obra multimídia (ARROIO; GIORDAN, 2006).

Pautados em Lévy (1998), entendemos que no ciberespaço a mediação digital reconfigura algumas atividades cognitivas relacionadas com a linguagem: a sensibilidade, o conhecimento e a imaginação inventiva. Nele é possível serem produzidas obras, como no caso do vídeo educativo, que tenham diversidade, multimodalidade e versatilidade no processo de comunicação, como, por exemplo, a fala do professor pelo áudio e a sua gesticulação pelo vídeo, além de agregar estruturas moleculares, gráficos, textos escritos e setas para ênfase (Figura 2).

**Figura 2:** Frames do vídeo produzido por A1 e A4 para explicar o processo de construção da máscara caseira



Fonte: os autores.

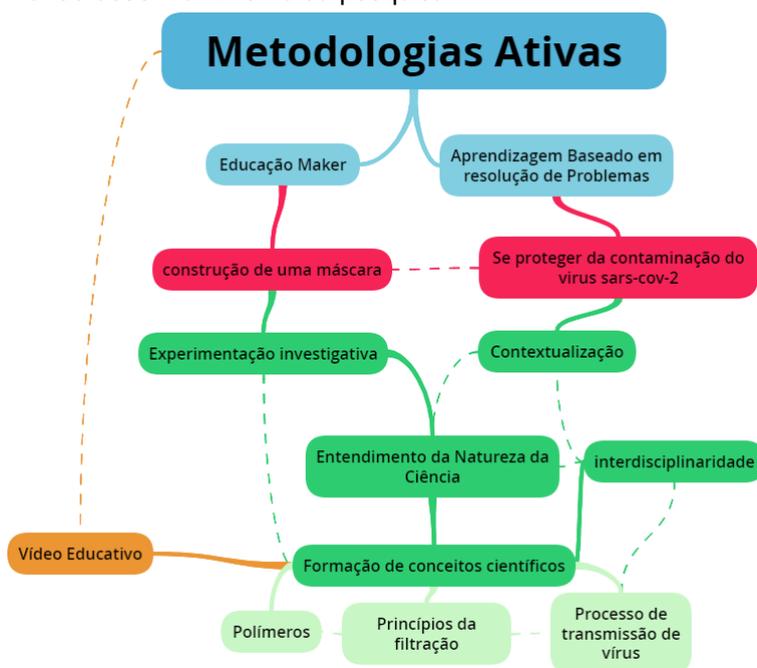
O produto educacional elaborado pelos PFI foi uma videoaula. Segundo Britto (1988), os professores sofrem desgastes em relação à sua categoria por serem considerados meros reprodutores de conteúdos do livro didático e, conseqüentemente, não possuem capacidade intelectual para elaborar seu próprio material.

Visando romper com esse desgaste, a PME buscou desenvolver nos PFI a autonomia de criar seus próprios materiais, isso porque o vídeo educativo dispõe de organização e seleção prévias dos conteúdos prioritários e quais exemplos devem ser utilizados para contextualizar o saber, além de demonstrar que toda reflexão necessita de ação, neste caso, instituído pela prototipagem visando uma formação de sujeitos críticos, rompendo os modelos da educação instituído pelo modo de produção capitalista (CONTRERAS, 2002; BOURDIEU; PASSERON, 1982, GIROUX, 1997). Durante a pandemia, a construção do vídeo foi uma estratégia didática utilizada para adequação ao Ensino Remoto Emergencial, estimulando a competências técnicas

para o uso das ferramentas de edição de vídeo, além da apropriação crítica de todo o conhecimento envolvido.

Desse modo, nossos resultados evidenciam que as PME objetivam construir um protótipo pensado como solução para um problema social, por meio do trabalho colaborativo, possibilitando PFI o desenvolvimento de diversas estratégias didáticas, como a contextualização, a experimentação investigativa, o entendimento da natureza da Ciência e visando um ensino de química mais crítico. Objetivou-se, assim, formar conceitos científicos, utilizando um vídeo educativo como uma ferramenta da ação mediada, conforme mapa mental apresentado na figura 3.

**Figura 3:** Mapa mental do desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: os autores.

Com isso, há o enriquecimento da atividade docente para além do ensino convencional do conhecimento químico, a qual pode contribuir para a formação da identidade docente que, por sua vez, poderão empregar esses elementos em sua prática educativa. Logo, a presente investigação contribui com a formação docente

pela pesquisa, mostrando as potencialidades da implementação de propostas inovadoras como a PME que com um viés crítico pode romper com a prática bancária, reacionária, buscando a autonomia do trabalho docente para entender o mundo na sua inconclusão “aprofundando a tomada de consciência da situação, os homens se “apropriam” dela como realidade histórica, por isto mesmo, capaz de ser transformada por eles” (FREIRE, 2016, p. 48).

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em virtude dos fatos mencionados e da discussão teórica realizada, foi evidenciado que as metodologias ativas, como a PME ou fazer crítico, podem contribuir para mudança de concepção de trabalho docente para os futuros professores de química, passando de uma apropriação do conhecimento químico sem nenhum movimento de ação, para a construção de um *práxis*, tendo a pedagogia crítica como base, em que a química, as tecnologias são elementos indissociáveis do agir docente, juntamente com o engajamento social visando a resoluções de problemas que afetam tanto professor, como alunos e a sociedade em geral.

Desse modo, afasta-se de um uso da tecnologia de maneira fetichizada, importada, sem sentido e significado na vida dos próprios docentes e de seus alunos, para a construção de um conhecimento que esteja atrelado ao contexto em que vivemos, nas suas relações micro e macroscópicas. Nesse sentido, propicia-se a construção de uma nova identidade docente, de modo pensarmos uma formação de um profissional que seja intelectual, crítico, transformador, contribuindo para a construção de uma sociedade mais dialógica.

### REFERÊNCIAS

AQUINO, Raphael de Jesus Lisboa. **Detecção e análise de movimentos do cotidiano via interface Arduino**. 2016. 94 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2016.

ARROIO, Agnaldo; GIORDAN, Marcelo. O vídeo educativo: aspectos da organização do ensino. **Qnesc**, v. 24, n1, p. 8-11, 2006.

AZEVEDO, Maria Cristina P. Stella. Ensino por Investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. *In*: CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Thomson, 2004. p. 19-33.

BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias Ativas para uma Educação Inovadora**. Porto Alegre: Penso, 2018.

BENITE, Claudio R. M.; CAMARGO, Marysson, J. R.; BENITE, Anna M. C. O agir comunicativo e a educação inclusiva: uma possibilidade de análise da formação docente em ambiente virtual. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.26, n.3, p.237-258, 2021.

BEVAN, Bronwyn; GUTWILL, Joshua P.; PETRICH, Mike; WILKINSON, Karen. Learning Through STEM-Rich Tinkering: Findings From a Jointly Negotiated Research Project Taken Up in Practice. **Science Education**, v. 99, n.1, p. 98-120, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.21151>

BLIKSTEIN, Paulo. **Maker Movement in Education: History and Prospects. Handbook of Technology Education**, Springer International Handbooks of Education, 2018.

BOURDIEU, Pierre; PASSERON, Jean-Claude. **A reprodução: elementos para uma teoria do sistema de ensino**. Tradução: Reynaldo Bairão. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1982.

BRASIL. **Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017**. Institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral. Brasília, DF, Diário Oficial da União, 2017b. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/lei/l13415.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13415.htm). Acesso em: 5 maio 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base**. Brasília, DF: MEC, 2017a.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Lei nº 13.969, de 6 de fevereiro de 2020**. Dispõe sobre as medidas para enfrentamento da emergência de saúde pública de importância internacional decorrente do coronavírus responsável pelo surto de 2020. Brasília, DF, Diário Oficial da União, 2020.

BRITTO, Luiz Percival Leme. Leitor interdito. *In*: MARINHO, M.; SILVA, C. S. R. (orgs.). **Leituras do professor**. Campinas, SP: Mercado das Letras, 1988. p. 61-78.

CONTRERAS, José. **A autonomia de professores**. São Paulo: Cortez, 2002.

DAVIES, Jude. The future of “no future”: Punk rock and postmodern theory. **The Journal of Popular Culture**, v. 29, n. 4, p. 3-25, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0022-3840.1996.00397.x>.

DAVYDOV, Vasily Vasilovich. **Tipos de generalización en la enseñanza**. 3. ed. Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1982.

DEMO, Pedro. **Pesquisa Participante: saber pensar e intervir juntos**. Brasília, DF: Líber Livros Editora, 2004.

DOUGHERTY, Dale. The maker movement. *Innovations: Technology, governance, globalization*, v. 7, n. 3, p. 11-14, 2012.

FONSECA, Felipe Schmidt; FLEISCHMAN, Luciana. **Arranjos Experimentais Criativos em Cultura Digital**. São Paulo: FNDU, 2014.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2016.

GARCIA, Carlos Marcelo. **Formación del profesorado para el cambio educativo**. Barcelona: PPU, 1994.

GAUCHE, Ricardo; SILVA, Roberto Ribeiro da; BAPTISTA, Joice de Aguiar; SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MÓL, Gerson de Souza; MACHADO, Patrícia Fernandes Lootens. Formação de professores de química: concepções e proposições. **Química Nova na Escola**, n. 27, n. 1, p. 26-29, 2008.

GIROUX, Henry Armand. **Os professores como intelectuais: rumo a uma pedagogia crítica da aprendizagem**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. p.157-164.

GONÇALVES, Diângelo C.; BENITE, Claudio R. M. Metodologia ativa e robótica educacional: uma proposta para o estudo do sistema solar. **ENCITEC – Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v.12, n.3, p.149-163, 2022.

HABERMAS, Jürgen. **A lógica das Ciências Sociais**. Petrópolis: Vozes, 2011.

HODSON, Derek. Rethinking the role and status of observation in science education. **Journal of Curriculum Studies**, i. 18, p. 381-396, 1986.

KONDA, Abhiteja; PRAKASH, Abhinav; MOSS, Gregory A.; SCHMOLDT, Michael; GRANT, Gregory D.; GUHA, Supratik. Aerosol Filtration Efficiency of Common Fabrics Used in Respiratory Cloth Masks. **ACS nano**, v. 14, n.5, p. 6339-6347, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1021/acsnano.0c03252>.

KOSIK, Karel. **Dialética do Concreto**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2010.

LE BOTERF, Guy. Pesquisa Participante: propostas e reflexões metodológicas. In: BRANDÃO, C. R. (org.). **Repensando a Pesquisa Participante**. São Paulo: Brasiliense, 1984. p. 51-81.

LÉVY, Pierre. **A inteligência coletiva: por uma antropologia do ciberespaço**. Tradução: Luiz Paulo Rouanet. São Paulo: Loyola, 1998.

MANO, Eloisa Biasotto; MENDES, Luís Cláudio. **Introdução a polímeros**. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 2004.

MARCUSCHI, Luiz Antônio. **Análise da Conversação**. São Paulo: Ática, 1986.

MORAIS, Fernando G.; SAKANO, Victor K.; LIMA, Lucas N. de; FRANCO, Marco A.; REIS, Daniel Costa; ZANCHETTA, Liz M. Filtration efficiency of a large set of COVID-19 face masks commonly used in Brazil. **Aerosol Science and Technology**, v.55, n.9, p. 1028-1041, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/02786826.2021.1915466>.

PAPERT, Seymour. **A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática**. Tradução: Sandra Costa. ed. revisada. Porto Alegre: Artmed, 2008.

PRAIA, João; GIL-PÉREZ, Daniel; VILCHES, Amparo. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania, **Ciênc. Educ.**, Bauru, v. 13, n. 2, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132007000200001>.

RATTO, Matt. Critical making: Conceptual and material studies in technology and social life. **The information society**, 2011, 27.4: 252-260.

RODRIGUES, Ernani Vassoler. **Atividades para o aprendizado de acústica**. 2016. 188 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2016.

SÁNCHEZ-MORA, Ana Maria. **A divulgação da ciência como literatura**. Tradução: Silvia Pérez Amato. Rio de Janeiro: Casa da Ciência/Editora UFRJ, 2003.

SANTOS, Milton. **Por uma outra globalização: do pensamento único**. São Paulo: Record, 2000.

SAVIANI, Dermeval. **Pedagogia histórico-crítica**. 11. ed. Campinas: Autores Associados, 2013.

SILVA, Cibelle Celestino (org.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

SILVA JUNIOR, Luiz Alberto da. **O discurso de professores de ciências relativo ao uso da robótica educacional na cidade do Recife**. 2019. 203 f. Tese (Doutorado em Ensino das Ciências) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. Pró-Reitora de Graduação. **Plano de Ensino da disciplina “Tecnologias da Informação e Comunicação e o Ensino de Química”**, de 2 de fevereiro de 2021. Dispõe sobre a ementa da disciplina. Goiânia: PROGRAD, 2021.

VYGOTSKY, Lev Semionovitch. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. M. Cole et al. (org.). Tradução: J. Cipolla Neto. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.