

Vacinas: constituição de um percurso de estudo e pesquisa para sala de aula

Vaccines: creating of study and research path for the classroom

Edelweis José Tavares Barbosa¹

Marilena Bittar²

Resumo

O objetivo deste artigo é apresentar um Percurso de Estudo e Pesquisa para a Formação de Professores (PEP-FP) como ferramenta metodológica para a formação docente. Fundamenta-se na Teoria Antropológica do Didático (TAD), especificamente nos constructos teórico-metodológicos de um Percurso de Estudo e Pesquisa (PEP), tendo como objeto do conhecimento a função polinomial do segundo grau. Como resultado, identificou-se um conjunto de condições e restrições constituídas na formação inicial, bem como limitações relacionadas à falta de recursos tecnológicos disponíveis na instituição em que o PEP foi aplicado. Ademais, os licenciandos não estão habituados a formular suas próprias questões. Por fim, percebeu-se que o PEP representa um dispositivo didático norteador para a mudança do paradigma vista às obras para o questionamento do mundo. Destaca-se ainda o engajamento no trabalho em grupo, a troca de experiências, a busca pela veracidade e análise dos dados obtidos para chegar a uma resposta à questão proposta.

Palavras-chave: Questionamento do Mundo; Dispositivo didático; Função Polinomial do segundo grau; dialéticas.

Abstract

The aim of this article is to propose a Study and Research Paths for Teacher Education (SRP-TE) as a methodology for teacher training. It is based on the Anthropological Theory of the Didactic (ATD), specifically on the theoretical-methodological constructs of a Study and Research Path (SRP), with the polynomial function of the second degree as the object of knowledge. As a result, a set of conditions and restrictions constituted in the initial training were identified, as well as limitations related to the lack of technological resources available at the institution where the SRP was applied. In addition, undergraduates are not used to formulating their own questions. Finally, it was noted that the paradigm shift (looking at the works) towards questioning the world is a guiding didactic device for this change. Also noteworthy was the engagement in group work, the exchange of experiences, the search for veracity and the analysis of the data obtained in order to arrive at an answer to the proposed question.

Keywords: Questioning the world; Didactic device; Polynomial function of the second degree; dialectics.

¹ Universidade Federal de Pernambuco | edelweis.barbosa@ufpe.br

² Universidade Federal do Mato Grosso do Sul | marilenabittar@gmail.com

Introdução

A pesquisa descrita neste artigo é resultado de um trabalho de pós-doutoramento desenvolvido sob o marco teórico da Teoria Antropológica do Didático (TAD) (Chevallard, 2007; 2015; 2022). O principal objetivo deste estudo é investigar a aplicação do Percurso de Estudo e Pesquisa para a Formação de Professores (PEP-FP) como metodologia na formação docente. Para tanto, é essencial analisar as condições e restrições que surgem durante a implementação de um PEP-FP.

Para Ruiz-Olarría (2015), o PEP-FP se inicia com uma questão geratriz (questão inicial (Q0)), a qual deve ser formulada com base em um objeto de ensino a ser trabalhado, considerando o nível escolar. É importante salientar ainda que o escopo dessa abordagem metodológica abrange tanto aspectos sociais quanto a resolução de problemas específicos.

Ao longo de mais de duas décadas de atuação na formação docente, tanto na inicial quanto na continuada, temos testemunhado angústias e anseios de futuros professores e professoras que, a cada semestre letivo levantam questionamentos sobre o que ensinar em suas aulas de matemática e como abordar o ensino. Essa discussão torna-se mais frequente quando os discentes da Licenciatura se preparam para realizar o Estágio Supervisionado, cenário no qual esta pesquisa foi conduzida.

Na disciplina Estágio Supervisionado, os licenciandos vivenciam a rotina escolar da Educação Básica, o que inclui tanto os anos finais do ensino fundamental quanto o ensino médio. Eles entram em contato com todo o universo de uma sala de aula, devendo elaborar e executar planos de ensino; analisar livros didáticos e documentos oficiais norteadores das atividades docentes; aplicar e corrigir avaliações e exercícios. Para muitos licenciandos, essa é a primeira vez que ministram uma aula ou elaboram um plano de ensino. Esse processo é permeado por diversas dúvidas, como: O que ensinar? Quais dificuldades os discentes podem enfrentar? Como trabalhar para favorecer a aprendizagem dos discentes?

Diante dessas inquietações, em nossa pesquisa, buscamos elementos de resposta ao seguinte questionamento: “Como construir atividades matemáticas provenientes de temas próximos à realidade dos estudantes para iniciar uma pesquisa em sala de aula?”. Antes de trazer os resultados obtidos e sua análise, apresentamos os principais elementos da Teoria Antropológica do Didático (TAD), com destaque para o conceito de Percurso de Estudo e Pesquisa (PEP).

A Teoria Antropológica do Didático

A Teoria Antropológica do Didático, desenvolvida por Chevallard (2009; 2011), permite estudar a atividade humana e, dentre estas, a atividade *fazer matemática*, que é o que nos interessa: estudar o desenvolvimento da atividade fazer matemática por futuros professores.

Para este autor, o sistema didático é formado por um conjunto de três elementos $S(X, Y, \heartsuit)$ sendo X uma instância constituída por um grupo de discentes (ou pessoas que querem estudar algo), cujos componentes são indicados por X ; Y é a instância que auxilia o estudo de X (dirigentes do estudo: professores de matemática, orientadores de pesquisas de mestrado e doutorado, entre outros), em que os representantes são indicados por Y ; e, finalmente, $\heartsuit$ é um desafio didático que X deve estudar com a orientação/ajuda de Y . Este modelo permite estudar qualquer tipo de sistema didático, dos mais tradicionais aos mais revolucionários.

A TAD apoia-se em três conceitos primitivos – objetos, pessoas e instituições – além dos conceitos de *relações pessoais* de um indivíduo com um objeto, e de *relações institucionais* de uma instituição com um objeto. Um exemplo de objeto matemático é a equação polinomial do segundo grau, saber contemplado nesse estudo, mas uma cadeira, um anzol, entre outros, são também objetos.

Um objeto se constitui como tal a partir do momento em que uma pessoa (X) ou uma instituição (I) reconhece sua existência. Além disso, Chevallard (1999, 2011) propõe outra noção fundamental, a de *relação*, que se manifesta como relações pessoais ($R(X, O)$) e relações institucionais ($(R(I, O))$) com o objeto. Em outras palavras, a existência de um objeto (O) ocorre quando ele é reconhecido por, pelo menos, uma pessoa (X) ou uma instituição (I).

Outra noção fundamental dessa teorização é a de *instituição* (I), que consiste em um dispositivo social abrangente que, mesmo tendo uma extensão limitada no espaço social, permite e impõe a seus sujeitos maneiras específicas de pensar e agir, além de possibilitar a existência de um determinado saber. Portanto, todo saber é saber associado a, pelo menos, uma instituição e, para Chevallard (2003), um saber não existe no vazio; ele emerge a partir de sistemas de práticas que se estabelecem em uma determinada instituição³. Exemplos de instituições incluem a família, a sala de aula do 9º ano, a escola, entre outros.

Outro elemento importante é a *pessoa* (X), uma noção complexa que faz sentido quando consideradas outras duas dimensões: Indivíduo e Sujeito. Segundo Chevallard (2003) o estágio primário é o de Indivíduo, caracterizando esse ser único e imutável, contemplado, de certa forma, pela dimensão biológica. Independentemente das instituições, o Indivíduo permanece o mesmo. O Indivíduo torna-se um Sujeito quando se relaciona com uma Instituição(I) qualquer e, por meio de um processo de sujeição, passa a agir conforme as exigências e restrições dessa instituição. No entanto, desde o nascimento, o Indivíduo está sujeito a (vive em) várias instituições com demandas, hábitos e normas específicas, às quais deve se adequar para pertencer a cada uma delas. Exemplos incluem a escola, o grupo de amigos, o time de futebol, a família, entre outros. Finalmente, a pessoa é constituída por todos esses assujeitamentos às diversas instituições às quais o indivíduo pertenceu ou pertence.

Para investigar as relações pessoais e institucionais, Chevallard (1998) desenvolveu a noção de organização praxeológica, um quarteto composto por tipo de tarefas, técnicas, tecnologia e teoria. Este quarteto praxeológico modeliza as práticas sociais de forma geral e, mais especificamente, as atividades matemáticas. Para Chevallard (1998; 2014), a existência de um tipo de tarefas (por exemplo, resolver uma equação do tipo $ax^2 + bx + c = 0$) implica na presença de, pelo menos, uma técnica para resolver este tipo de tarefas (por exemplo, fórmula de Bhaskara), acompanhada de uma tecnologia que explique e justifique essa técnica, (como as propriedades das operações inversas em $\mathbb{R}$ ou as leis da transposição de termos), e, por fim, a teoria que justifica e explica a tecnologia/teoria.

³ Esta é a problemática ecológica discutida por Chevallard (2011), porém, não aprofundaremos esta discussão por este não ser o foco deste artigo.

Percurso de Estudo e Pesquisa para Formação de Professores – PEP-FP

A pesquisa que desenvolvemos teve como objetivo principal superar o paradigma didático vigente, denominado Paradigma Visita às Obras (PVO) e tentar implementar o Paradigma Questionamento do Mundo (PQM) (Chevallard, 2015). No PVO, o discente (ou o professor) é convidado apenas a visitar uma obra pronta, como o livro didático ou a aula apresentada pelo professor. Não há interação direta com o objeto de estudo; este não pode ser modificado por quem o visita, por isso a analogia com a visita a uma obra em um museu: aprecia-se a obra! Por outro lado, no PQM, o estudo é guiado por questões a serem pesquisadas e respondidas, cujas respostas não são conhecidas de antemão. Para buscar vivenciar esse paradigma, Chevallard (2013) propôs a utilização de uma organização didática associada diretamente às ações na sala de aula, o Percurso de Estudo e Pesquisa (PEP)⁴, cuja característica principal é partir de uma questão (Q_0) que tenha o poder gerador de novas questões, de modo a instigar um ambiente de estudo e pesquisa.

No caso da pesquisa em tela, a questão geratriz de investigação apresentada aos licenciandos foi: “As vacinas produzidas no Brasil são suficientes para atender a população brasileira, conforme o Programa Nacional Imunização (PNI) preconizado pelo SUS?” Esta questão deve ser tal que possa levar os discentes a colocarem novas questões, responder algumas delas e seguir neste percurso até obter aquela que responda, efetivamente, a questão geratriz (Q_0). Neste caminho, algumas vezes haverá visita às obras, porém são visitas pontuais e bem definidas, pois o que as guiam são as questões a serem respondidas ao longo do percurso de estudo.

O sistema didático, no qual o PEP se ancora, pode ser denotado $S(X, Y, Q_0)$, sendo constituído por um desafio didático cujo ponto de partida é uma questão inicial Q_0 (questão geratriz) seguida de novos questionamentos e de respostas. Nesta pesquisa, o sistema didático correspondente foi: X são os estudantes do curso de licenciatura em matemática; Y é o primeiro autor deste artigo; e o desafio didático é a questão geratriz (Q_0), enunciada anteriormente.

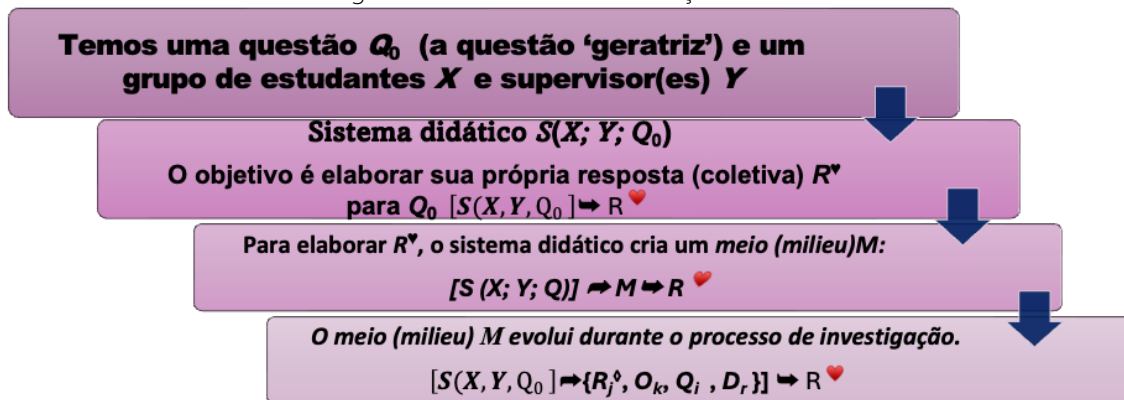
Para o estudo do sistema didático, Chevallard (2016) define o esquema herbartiano⁵, representado $[S(X; Y; Q) \Rightarrow \overline{M}] \Rightarrow R^\heartsuit$, no qual M representa o meio, formado por um conjunto de recursos antigos e novos que serão mobilizados por X , por questões parciais (Q_i), derivadas de Q_0 , por respostas já prontas em relação a Q_0 , chanceladas por uma ou mais instituições, intituladas de $R^\diamond$ (R punção). A apreciação das respostas $R^\diamond$ municiará a construção da resposta $R^\heartsuit$ (R coração). Além disso, outros elementos integram o meio M e auxiliam como ferramentas para analisar as respostas $R^\diamond$, que são as obras (O_i) e os dados produzidos (D), sendo, então, o meio M representado por $M = \{$

⁴ Pesquisadores em distintos países, como França, Brasil, Espanha, Argentina, Japão e outros, utilizam o PEP como recurso metodológico para o desenvolvimento de suas pesquisas. Destacam-se trabalhos de Rodríguez, Bosch e Gascón, (2007), Barquero (2009), Chevallard (2013), Lucas (2015), Santos Júnior, Dias e Bosch (2019), Barbosa e Almouloud. (2022).

⁵ Em homenagem a Johann Friedrich Herbart (1776-1841), filósofo alemão, fundador da pedagogia como disciplina acadêmica.

$R_1^0, R_2^0, \dots, R_n^0, Q_{n+1}, \dots, Q_m, Q_{m+1}, \dots, Q_p$. Na Figura 1, temos um resumo do processo de constituição de um PEP:

Figura 1 – Processo de constituição do PEP



Fonte: A pesquisa (2023)

Para delinear e analisar um PEP e a evolução do meio M , algumas dialéticas se fazem presentes e ajudam a compreender o processo. Nesta pesquisa trabalhamos mais especificamente com os conceitos de: cronogênese, mesogênese e topogênese, desenvolvidos por Chevallard (2009; 2011) e colaboradores, que aplicaram essas dialéticas em seus estudos (Llanos & Otero, 2017; Barquero & Bosch, 2018; Bosch, 2018; Benito & Bosch, 2021).

Na cronogênese, ou dialética questão-resposta, procura-se exibir as questões e respostas advindas do estudo e como estas se relacionam (evolução das questões e conhecimento introduzido pelas mídias). A cronogênese é o ponto de partida para descrição do PEP, representado por um mapa com as questões e respostas produzidas, tendo como fim destacar os marcos estabelecidos ao longo da pesquisa pelos investigadores (Y). Por meio deste mapa obtemos distintos meios para organizar/agrupar o saber estudado. Jansen e Winsløw, (2011) sugerem a elaboração de um mapa *a priori* contendo questões e respostas, delineando os possíveis caminhos a serem percorridos por X no processo de construção e reconstrução dos conhecimentos.

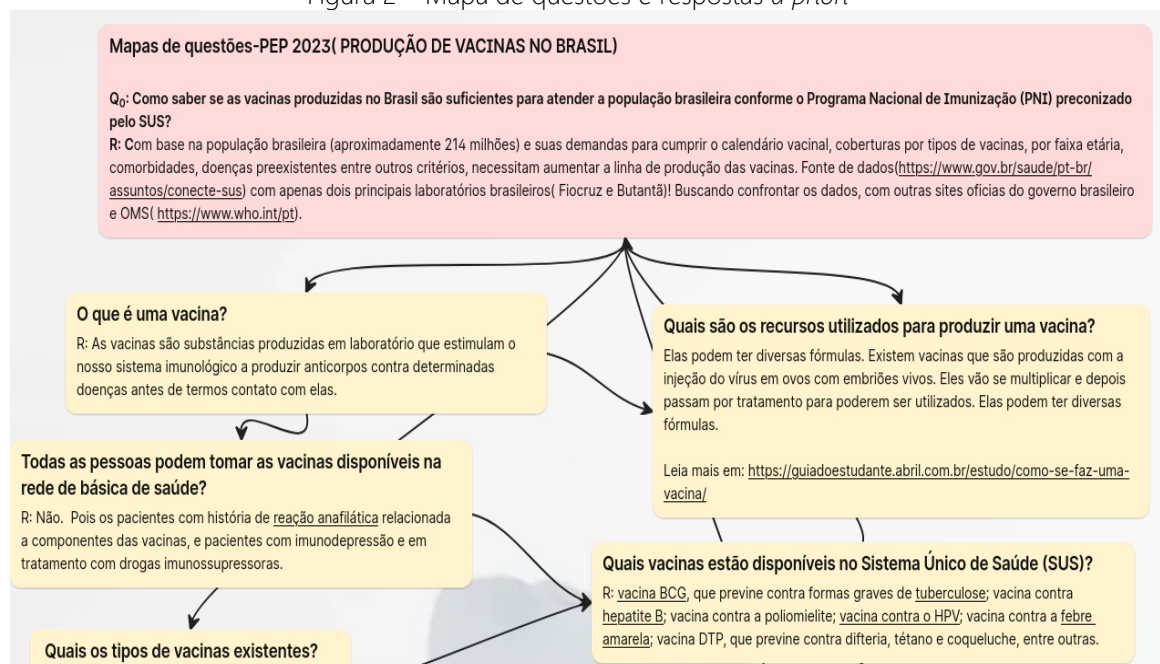
A segunda dialética, mesogênese (mídia-meio), trata a evolução do meio durante a experimentação do PEP, isto é, na interação entre as mídias empregadas na busca de respostas/novos conhecimentos e o meio M . Permite analisar quais mídias foram mobilizadas pelos discentes; quais parâmetros foram utilizados para avaliar tanto a mídia, quanto as informações para a validação dos conhecimentos encontrados ou as respostas produzidas em um grupo. Esta dialética favorece o acompanhamento do processo de construção e reconstrução dos conhecimentos em jogo pelos discentes, e dos conhecimentos disponíveis no meio, que podem ser trabalhados para estudar, avaliar e construir novos conceitos.

Por fim, a topogênese, ou a dialética coletivo-individual, trata a divisão das responsabilidades entre os participantes do PEP, tanto do docente quanto dos discentes. Essa dialética permite examinar os papéis desempenhados, identificando quem formula e quem valida as questões, quem confirma as respostas e as atribuições específicas de cada estudante nos grupos de atuação. A topogênese permite, assim, descrever e compreender como ocorre a realização do trabalho.

No processo de construção da pesquisa, é importante ressaltar que a resposta procurada $R^\heartsuit$ não é revelada no início do estudo, ela é desconhecida. Dessa forma, a instância Y elaborará um mapa de questões-respostas (Q-R), delineando, *a priori*, os possíveis caminhos que os participantes do processo poderão percorrer ao longo da jornada de estudo, de maneira coletiva e dinâmica (Jansen & Winsløw, 2011). Estes caminhos são delineados com base em seus respectivos equipamentos praxeológicos⁶. Essa reflexão possibilitará ao docente/pesquisador (Y) fazer correções e ajustes durante a aplicação do percurso de estudo com os discentes quando necessário, instigando o surgimento de novas questões e questionando-os sobre a validade das fontes pesquisadas. A análise do mapa *a priori* permite, ainda, estudar a riqueza da questão proposta.

Na Figura 2 descrevemos prováveis questões e respostas para a pesquisa em tela pensadas por nós, porém é fundamental ressaltar que não se trata de um modelo estático que deve ser seguido. Dependendo dos sujeitos participantes da pesquisa, novas perguntas, não previstas inicialmente, deverão e vão surgir, outras não aparecerão. Esse processo é essencial para o desenvolvimento da autonomia de X.

Figura 2 – Mapa de questões e respostas *a priori*



Fonte: A pesquisa (2023)

A seguir, apresentaremos algumas reflexões sobre o Percurso de Estudo e Pesquisa para a Formação de Professores (PEP-FP), que segue a mesma estrutura de um PEP. Na formação do professor (inicial ou continuada), o PEP-FP visa ser um arcabouço didático útil para o desenvolvimento profissional docente. Além disso, diversas pesquisas abordam o PEP-FP, como os estudos de Ruiz-Olarría (2015), Barquero, Bosch e Romo-Vázquez (2015;

⁶ O equipamento praxeológico para Chevallard (2007) tende a ser desenvolvido e remodelado ao longo do tempo, à medida que a relação dele com os objetos é aprimorada. Essa relação é pessoal e subjetiva, ou seja, cada sujeito possui uma forma peculiar de reconhecer o mesmo objeto.

2018; 2019), Barquero, Florensa, Hausberger e Romo-Vázquez (2016), Benito (2019), Licera (2017), Barbosa e Almouloud (2023).

Para Barquero, Bosch e Romo-Vázquez (2015) e Ruiz-Olarría (2015), o docente iniciará explorando um tema específico a ser estudado; em seguida, deve formular uma questão geratriz (Q_0) para investigar um ou mais objetos matemáticos. Posteriormente, deve implementar a modelagem matemática e, por fim, aplicar os recursos didáticos necessários para ensinar um objeto, levando em consideração o nível de atuação docente (educação básica ou nível superior). O PEP-FP é estruturado em cinco módulos (M_0, M_1, M_2, M_3, M_4).

No *Módulo M_0* devem ser explicitadas as razões de ser do PEP-FP. Este módulo se desenvolverá por meio de uma pergunta geratriz do tipo: "Como ensinar um objeto matemático específico C?". A questão geratriz, Q_0 -FP, pode ser: "Como ensinar uma função polinomial do segundo grau?". Ao buscar responder a essa questão, surgem questões parciais tais como: "Por que se deve ensinar função polinomial do segundo grau?"; "Qual a razão de ser de uma função polinomial do segundo grau na matemática escolar?"; "Qual a aplicação no cotidiano da função polinomial do segundo grau?"

No *Módulo M_1* , o docente vivencia um PEP proposto pelo formador/pesquisador. Nesta etapa, o objetivo é que o docente compreenda o percurso e, para isso, é necessário que ele tenha vivenciado um PEP na posição de estudante, a fim de apresentar uma possível resposta à M_0 .

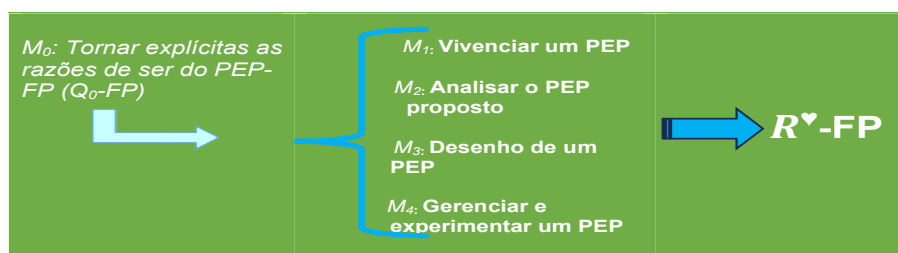
No *Módulo M_2* , após a vivência do PEP no módulo M_1 , espera-se que os docentes (ou futuros docentes) passem a analisar o que foi vivenciado, com a orientação do formador e sob uma perspectiva praxeológica, didática e econômica. O objetivo é direcionar o foco para as condições e restrições encontradas nas instituições escolares ao implementar esse tipo de dispositivo de ensino.

No *Módulo M_3* : *Desenho de um PEP*, os docentes são desafiados a elaborar um PEP para um grupo exclusivo de discentes, englobando uma análise criteriosa do progresso alcançado nos módulos anteriores. Além disso, é essencial levar em conta as restrições institucionais, incluindo a rigidez curricular, a distribuição do tempo, o planejamento de atividades, assim como os papéis definidos tanto para o docente quanto para o discente.

O *Módulo M_4* : *Gerenciar e experimentar um PEP* objetiva oferecer suporte aos docentes na elaboração, administração e análise do PEP desenvolvido com os discentes. Durante esta etapa, são passíveis de discussão, por exemplo, as dificuldades enfrentadas na implementação do percurso, incluindo questões práticas em sala de aula, bem como outros tópicos relevantes.

Na Figura 3 apresentamos uma síntese dos cinco módulos do PEP-FP, iniciando em M_0 , com a formulação de uma pergunta geratriz (Q_0 -FP). Essa pergunta norteadora permeará os demais módulos, culminando com a resposta denominada $R^\heartsuit$ -FP.

Figura 3 – Desenho e desenvolvimento da análise do PEP-FP



Fonte: A pesquisa (2023)

A seguir, descrevemos o contexto institucional e as condições para a aplicação do PEP-FP, seguido de sua análise.

Contexto institucional e as condições de aplicações do PEP-FP

A experiência de PEP-FP relatada neste texto ocorreu na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), *campus* do Agreste, na cidade de Caruaru-PE, com uma turma do sexto período da Licenciatura em Matemática, na disciplina Estágio Supervisionado I. A turma foi composta por 18 licenciandos, e a pesquisa foi realizada entre os meses de março e abril de 2023. A segunda parte da pesquisa foi desenvolvida pelos licenciandos com os discentes da Educação Básica durante seus estágios, no sétimo período do curso, nos meses de julho e agosto, compreendendo os Módulos 3 e 4 de um PEP-FP, que não é objeto do presente artigo.

Como no Brasil há dois principais laboratórios produtores de vacinas, Fiocruz e Butantan, a turma foi separada em dois grupos de nove discentes, e cada grupo ficou responsável por estudar os dados de um laboratório. O primeiro autor deste texto atuou como docente, propondo aos licenciandos o desafio didático de investigar se a produção nacional de vacinas atende adequadamente a população brasileira.

Análise do PEP-FP

A pesquisa foi desenvolvida em oito encontros, às quartas-feiras no período noturno, como parte da atividade de pesquisa durante as aulas de Estágio Supervisionado I. A seguir apresentamos os dados e a análise da realização do PEP-FP, iniciando com o módulo M_0 , seguindo para o módulo M_1 , finalizando com o módulo M_2 .

Módulo M_0 : tornar explícitas as razões de ser do PEP-FP

Para iniciarmos a discussão no primeiro encontro, apresentamos slides em *PowerPoint* com o cronograma de trabalho, contendo ainda elementos básicos da TAD, tais como: o paradigma questionamento do mundo; o PEP e suas ferramentas de análise. Após esse momento, apresentamos a questão geratriz da pesquisa para envolver os discentes, a saber, Q_0 : "As vacinas produzidas no Brasil são suficientes para atender a população brasileira, conforme o Programa Nacional de Imunização (PNI) preconizado pelo SUS?".

Com o objetivo de incentivar o debate, disponibilizamos um breve vídeo que mostra a linha de produção de um instituto de vacinas no Brasil⁷, juntamente com um texto introdutório⁸, inserido na plataforma *Google Classroom* da turma de Estágio I. Neste primeiro dia, contamos com a participação de todos os 18 licenciandos da turma. Solicitamos que cada um deles elaborasse individualmente possíveis respostas para a questão geratriz, registrando em uma folha do caderno. Em seguida, reservamos os últimos

⁷ Retirado em 15 março, 2023, de: <https://www.youtube.com/watch?v=1Da4vONh0W0>.

⁸ Retirado em 15 março, 2023, de: <https://butantan.gov.br/noticias/butantan-entrega-obra-civil-do-centro-de-producao-multiproposito-de-vacinas-que-vai-produzir-100-milhoes-de-doses-por-ano>.

30 minutos da aula para a apresentação das perguntas e respostas produzidas por eles. Essas contribuições foram digitadas e projetadas na lousa usando um *Padlet*⁹.

Na dinâmica de apresentação das respostas, surgiram algumas questões e dificuldades entre os licenciandos. Primeiramente, observou-se um desafio relacionado à participação ativa na atividade. Em segundo lugar, em alguns casos, as questões formuladas por eles eram respondidas parcialmente ou com poucos dados, assim como as próprias respostas.

Neste módulo M_0 , a *dialética individual-coletivo* pôde ser observada na discussão inicial, ao apresentar a questão geratriz registrada na lousa. Isso é seguido pelas interações decorrentes das perguntas registradas pelos licenciandos no *Padlet*, as quais foram visualizadas pelos membros da turma. Após esse momento, e para responder às trinta e três questões postadas no *Padlet*, os licenciandos foram divididos em dois grupos, que, por sua vez, foram subdivididos em três eixos: dados dos laboratórios produtores de vacinas; dados da população brasileira; e dados do sistema de saúde do Brasil. A partir dessa divisão, e com as perguntas de cada eixo selecionadas, os licenciandos buscaram as respostas individualmente para depois discuti-las em seus trios e, em seguida, com os demais componentes do grupo.

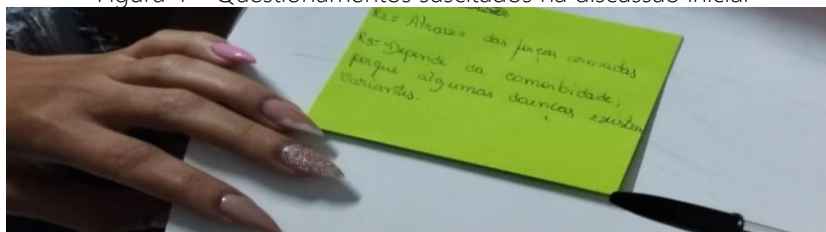
Esta dinâmica proporcionou um debate coletivo rico, abordando cada pergunta e resposta registrada na plataforma, evidenciando a interação entre as perspectivas individuais e o desenvolvimento coletivo do entendimento da questão geratriz.

A *dialética média-meio* pôde ser caracterizada no momento inicial do estudo, quando os licenciandos buscaram desenvolver a pergunta inicial (geratriz). Durante esse processo, a partir do meio elaborado pelo pesquisador, os discentes puderam reelaborar o meio, formulando novas indagações e incorporando diversas mídias como dados do Sistema Único de Saúde (SUS), informações provenientes dos sites dos laboratórios de produção de vacinas (Fiocruz e Butantan), e dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), todos acessados *on-line*.

A busca por respostas para as perguntas que surgiram possibilitou a evolução do meio, além de promover uma dinâmica de interação constante entre os licenciandos e as fontes de informação, enriquecendo o processo de pesquisa e de formação, ao fortalecer a colaboração e o aprendizado coletivo.

Neste primeiro momento de estudo, os estudantes iniciaram o debate sobre a questão geratriz, colocando diversas questões e esboçando algumas possíveis respostas ou elementos de respostas, caracterizando assim a *dialética questões e respostas*. Uma das questões que surgiu foi: "Ao receber uma dose da vacina, estaremos completamente imunes à covid-19?". Vejamos um exemplo de respostas decorrentes desse momento inicial.

Figura 4 – Questionamentos suscitados na discussão inicial



Fonte: A pesquisa (2023)

⁹ O *Padlet* é uma ferramenta que permite criar quadros virtuais para organizar a rotina de trabalho, estudos ou de projetos pessoais.

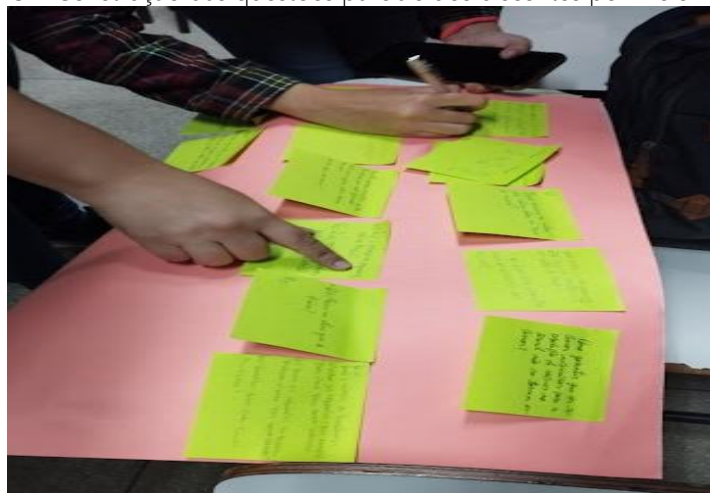
Percebemos que ambas as respostas destacam a preocupação quanto à eficácia das vacinas nos seres vivos. Essa inquietação surge a partir de discussões presentes em fontes como revistas, jornais e redes sociais, sendo respondida por meio de pesquisas acadêmicas da Organização Mundial da Saúde (OMS). Essas respostas contribuem para a formulação de novas políticas públicas no enfrentamento de epidemias.

Análise do Módulo M₁: Viver um PEP

Neste módulo os futuros professores assumiram a posição de estudantes buscando apresentar uma possível resposta à questão geratriz. Foram dedicados três encontros com duas horas de duração, totalizando seis horas, para este módulo. Considerando que o Brasil conta com dois laboratórios que produzem vacinas para atender às demandas do SUS, no segundo encontro com a turma, optou-se por dividir os licenciandos em dois grupos, cada um composto por nove licenciandos. Em seguida, solicitou-se que cada licenciando lesse as perguntas formuladas no primeiro encontro. Cada grupo recebeu uma cartolina e um bloco de *post-its*¹⁰ para registrar as perguntas e respostas do grupo.

Assim, cada grupo deu início ao levantamento e à produção dos dados, surgindo novas questões derivadas e suas respectivas respostas. Isso culminou na fase de debate e investigação das informações relacionadas aos dois principais laboratórios brasileiros de produção de vacinas, a Fiocruz e o Butantan, conforme ilustrado na Figura 5:

Figura 5 – Construção das questões parciais dos discentes por meio manual



Fonte: A pesquisa (2023)

Devido ao tempo restrito para interagir com os licenciandos e com o propósito de organizar e otimizar os próximos encontros, além de prevenir a perda de informações de cada grupo, decidimos pela utilização da sala virtual do *Google Classroom* para a comunicação entre os grupos e o armazenamento dos dados pesquisados.

Observamos que os dois grupos desenvolveram um quantitativo maior de questões parciais do que o previsto no mapa *a priori*. Por exemplo, o primeiro grupo formulou um total de 18 perguntas parciais, e o segundo grupo elaborou um total de 15 perguntas

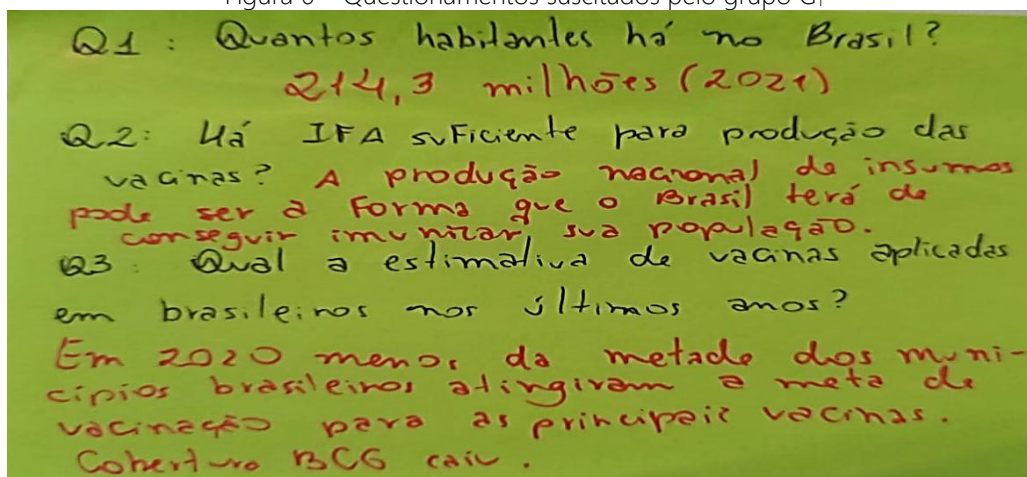
¹⁰ Optamos pelo uso *post-its* para que estes dessem maior flexibilidade aos trabalhos dos estudantes, uma vez que poderiam mudar a organização do mapa de questões sempre que desejassem.

parciais. Isso evidencia a riqueza das indagações exploradas pelos licenciandos durante o desenvolvimento do trabalho.

Destacamos ainda que algumas questões e respostas **R**^o coincidiram com o mapa *a priori*. Foi possível constatar, ainda, que os licenciandos foram além das questões propostas inicialmente, adentrando em outros campos do conhecimento para além da matemática, como a química, a geografia humana, as ciências sociais e a biologia, áreas que não foram pesquisadas devido, entre outros fatores, ao tempo para aplicação do PEP na sala de aula, bem como ao fato de alguns conhecimentos necessários para responder as perguntas suscitadas estavam muito além do que os estudantes do ensino médio dispunham ou poderiam se apropriar naquele momento.

Inicialmente, destacamos que os licenciandos responsáveis pelo Instituto da Fiocruz debateram e expuseram algumas perguntas parciais (Figura 6) a respeito das vacinas, assim como a sua relevância e utilidade pública para a população brasileira e mundial.

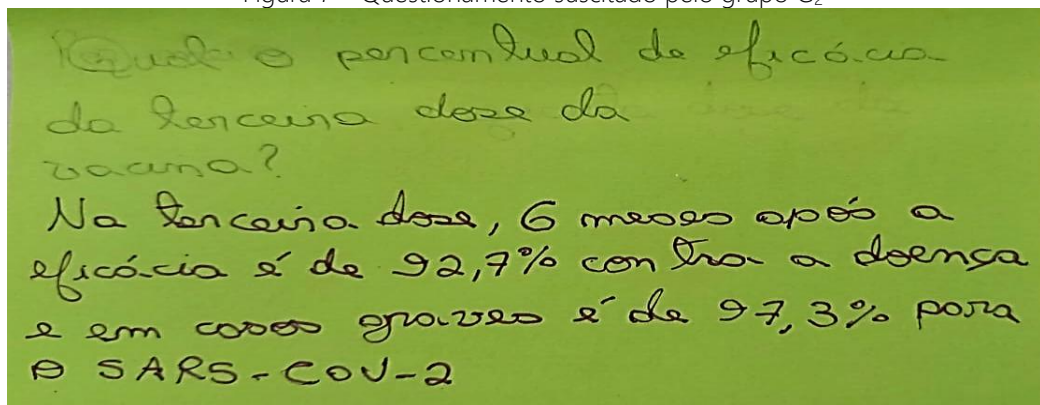
Figura 6 – Questionamentos suscitados pelo grupo G₁



Fonte: A pesquisa (2023)

O segundo grupo, responsável pelo Instituto Butantan, igualmente apresentou algumas perguntas parciais, conforme ilustrado na Figura 6. Neste contexto, destaca-se a preocupação em compreender a eficácia das vacinas tanto nacional quanto internacionalmente. Além disso, o grupo expressou interesse em obter dados precisos sobre a população brasileira, visando à aquisição e distribuição adequada das doses.

Figura 7 – Questionamento suscitado pelo grupo G₂



Fonte: A pesquisa (2023)

Ao longo da pesquisa, à medida que as discussões avançavam na tentativa de responder aos questionamentos levantados pelos grupos, ficou evidente a ausência de registros (dados) referentes à produção das vacinas nacionais (cobertura vacinal do Ministério da Saúde) anteriores à pandemia de covid-19. A falta dessas informações levou os grupos a concentrarem seus esforços na análise da produção das vacinas específicas para a covid-19.

Ao realizar a pesquisa dessas informações, alguns licenciandos demonstraram não ter conhecimento sobre o programa brasileiro de vacinação, que disponibiliza vacinas gratuitas para todos os cidadãos brasileiros. Vale ressaltar que, para além das vacinas, os laboratórios também são responsáveis pela produção de soros antirrábicos e diversos outros produtos.

A *dialética individual-coletivo* foi estabelecida, neste módulo, por meio das discussões fomentadas pelos licenciandos que categorizaram as perguntas conforme os temas já mencionados no M_0 : laboratórios produtores de vacinas, a população brasileira e o sistema de saúde do Brasil. Esse processo ficou evidente pelas novas questões propostas, como ilustrado nas Figuras 6 e 7. Para isso, os grupos se dividiram em trios, nos quais cada membro buscou informações e/ou relatórios pertinentes ao seu tema, utilizando os bancos de dados disponibilizados pelos respectivos laboratórios – Ministério da Saúde, Organização Mundial da Saúde (OMS) e mídia impressa ou digital. Ao buscarem as respostas dessas questões individualmente, os licenciandos, ao responderem à questão, discutiam a resposta com o seu trio e, posteriormente, com todo o grupo, finalizando com a discussão coletiva de cada grupo ao chegarem à resposta da questão geratriz.

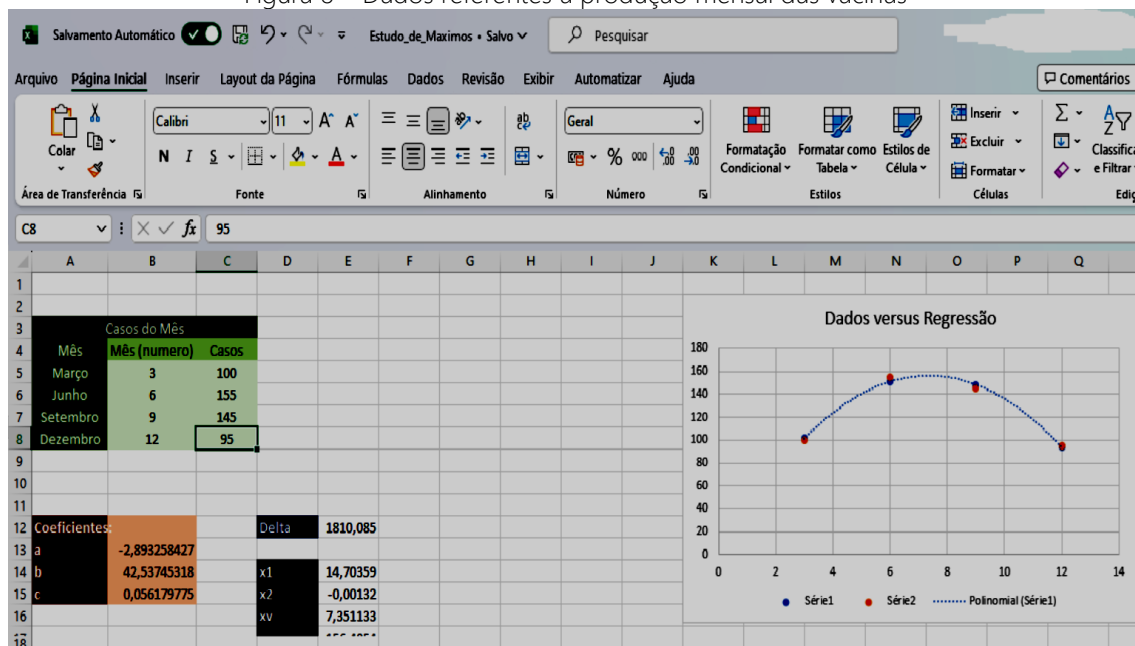
A *dialética mídia-meio* ficou evidente no PEP, especialmente quando os licenciandos buscaram responder à questão geratriz, iniciando com a constituição do meio (nas obras e dados *on-line* pesquisados), evoluindo para um meio específico de cada grupo, com novos questionamentos e respostas, conforme demonstrados na Figura 5, bem como a integração das diversas mídias utilizadas. Com base nesses questionamentos e respostas, os licenciandos exploraram temas matemáticos como a função polinomial do segundo grau, construindo modelos para resolver problemas; investigando e identificando padrões de representações por funções quadráticas e os pontos de máximo e mínimo. Essa abordagem permitiu a evolução do meio de cada grupo individualmente. Na discussão final, os licenciandos apresentaram coletivamente a resposta à questão geratriz.

Durante o desenvolvimento dessa fase, os licenciandos dedicaram-se à pesquisa, desencadeando um processo detalhado de formulação de novas perguntas e respostas parciais, permitindo evidenciar a presença da *dialética questões e respostas*.

Com o propósito de estudar a função polinomial do segundo grau, a expectativa era que cada grupo, ao elaborar o PEP (as questões derivadas), explorasse o conhecimento matemático na Educação Básica. Para isso, a questão geratriz foi moldada com base nos seguintes questionamentos: Qual a capacidade da linha de produção dos laboratórios brasileiros? Qual o custo de uma dose da vacina? O que seria preciso para aumentar a produção das vacinas nesses laboratórios? Como o Ministério da Saúde organiza a população que recebeu as doses das vacinas primeiro?

A modelação matemática dos dados foi realizada por meio do uso de planilha do *Excel*, utilizando a função SOLVER. Essa abordagem foi aplicada com base na produção anual de vacinas, sendo possível adaptar esse modelo para outros contextos ou aplicações, como o acompanhamento de uma linha de produção em um laboratório. Isso pode ser visualizado na Figura 8, abaixo.

Figura 8 – Dados referentes à produção mensal das vacinas



Fonte: A pesquisa (2023)

Ao consolidar os dados provenientes de fontes confiáveis, como o Ministério da Saúde e os laboratórios, e ao progredir na modelagem matemática, os grupos constataram que a produção de vacinas engloba diversas variáveis, que incluem despesas relacionadas à pesquisa da vacina, ao desenvolvimento, aos custos de produção, à logística de distribuição.

Por fim, a resposta final dos grupos referente à questão geratriz foi:

R1: Até o dia 04/04/2023, foram aplicadas no Brasil 511.082.927 doses de vacinas contra COVID-19. Deste total, a Fiocruz atendeu apenas 153.268.544 doses. Pelos dados, já podemos observar que a instituição Fiocruz não conseguiria atender, nas condições atuais, a produção de vacinas para atender toda a população brasileira de acordo com o total de doses aplicadas. O custo para atender toda a demanda ficaria em mais de 15 bilhões, se considerarmos o custo de cada dose a R\$ 30,00 (Grupo 01).

R2: Ao realizar esse processo, notamos existir certa dificuldade em encontrar informações sobre as vacinas, como: valor, quantidade de vacinas produzidas em determinado ano, dados sobre a eficácia das vacinas. Contudo, vale reiterar que a vacina do COVID foi uma das únicas com tamanha facilidade em mecanismos de pesquisa, sendo possível notar que, esses mecanismos 'excluíram' outras vacinas que não fossem a do COVID. Mesmo com ampliação do instituto Butantã, não seria possível atender à produção de vacinas para imunizar a população brasileira (Grupo 02).

Neste processo formativo, evidenciamos o comprometimento dos licenciandos em explorar novas questões e respostas, enriquecendo as reflexões por meio dos debates coletivos. Assim, destacamos que os saberes desenvolvidos em um PEP-FP podem ultrapassar as fronteiras disciplinares, permitindo a colaboração interdisciplinar com outros docentes em uma turma. No caso específico da investigação aqui relatada, diversos

componentes curriculares podem enriquecer o trabalho dos estudantes, tais como: a química, biologia, economia, geografia, história, entre outras. Exemplo disso é a pergunta levantada por um dos grupos: “Como serão feitos o armazenamento e a distribuição de forma que todos os estados sejam atendidos?”.

Após a familiarização com a proposta lançada em uma turma, observamos avanços na aplicação deste dispositivo didático, tornando-se uma ferramenta poderosa para transformar a realidade na sala de aula. Ao provocar mudanças no paradigma atual de visita às obras, que consiste basicamente em responder perguntas sem questioná-las, agora invertemos a ordem: iniciamos com uma questão geratriz, na qual os licenciandos (discentes) exploram novos questionamentos e descobrem novas respostas ao longo do percurso da pesquisa.

Análise do Módulo M_2

Neste módulo, o objetivo é que os licenciandos, ao apresentarem a resposta à questão geratriz Q_0 : “As vacinas produzidas no Brasil são suficientes para atender a população brasileira, conforme o Programa Nacional de Imunização (PNI), preconizado pelo SUS?”, analisassem o próprio dispositivo didático. Com o debate seria também possível identificar possíveis restrições institucionais para a aplicação na Educação Básica.

A primeira restrição institucional mencionada pelos licenciandos relaciona-se à forma como os currículos da Educação Básica e do Ensino Superior estão organizados, não proporcionando ao docente uma flexibilização ao ensinar os conteúdos nesses dois níveis de ensino. Em outras palavras, há um grande volume de conteúdos a serem ensinados em um ano letivo ou em um semestre letivo, e os docentes precisam cumprir o currículo estabelecido. Uma segunda restrição pode ser atribuída à falta apropriação dos próprios docentes em relação a esse dispositivo didático.

A terceira restrição refere-se ao uso das tecnologias na sala de aula, incluindo a falta de equipamentos pessoais (como *tablets*, *notebooks* ou celulares) por alguns licenciandos ou discentes da Educação Básica. Além disso, a disponibilidade de uma conexão *Wi-Fi* estável na sala de aula também é uma preocupação. Ao mesmo tempo, este dispositivo didático propõe uma mudança de postura tanto por parte do docente quanto do discente na dinâmica das aulas.

Considerações finais

Nesta pesquisa, trabalhamos com a formação inicial em uma turma de Licenciatura em Matemática, em Estágio Supervisionado I. Utilizamos um dispositivo didático chamado Percurso de Estudo e Pesquisa para Formação de Professores (PEP-FP). A questão central de pesquisa foi: “Como construir atividades matemáticas provenientes de temas próximos à realidade dos estudantes para iniciar uma pesquisa em sala de aula?”

Devido à novidade do recurso, os licenciandos enfrentaram dificuldades nos encontros iniciais para formular as questões parciais. Isso se deve, em parte, à estrutura do sistema educacional, que treina os discentes para responder às questões (listas de exercícios) para provas ou testes, e não para formular suas próprias questões e respostas.

Ao implementar a etapa posterior da pesquisa em uma escola da Educação Básica, abrangendo os módulos M_3 e M_4 , os licenciandos terão a oportunidade de vivenciar e

experimentalizar todo o processo, desde a construção da questão geratriz até o mapa de questões e respostas. Acreditamos que esse novo procedimento, no qual os licenciandos estão envolvidos em todo o percurso de estudo, proporcionará maior autonomia na aplicação desse dispositivo, permitindo-lhes explorar novas abordagens para conduzir uma pesquisa na sala de aula, considerando especialmente a experiência prévia com o PEP-FP.

Por fim, ao buscar vivenciar o paradigma questionamento do mundo, os discentes não se depararam apenas com uma pergunta para responder, mas sim com perguntas parciais, avançando até atingirem uma resposta final satisfatória para a questão geratriz. Embora isso demande mais tempo, desde o planejamento didático do docente até a implementação e desenvolvimento da proposta na sala de aula, a riqueza desse processo reside na profundidade das reflexões e na construção do conhecimento de forma mais abrangente. Simultaneamente, o percurso de estudo pode suscitar novos caminhos em sua aplicação, impulsionado pelos interesses de um grupo (ou indivíduo) ou pelas informações produzidas. Nesse contexto, é essencial envolver outros pesquisadores, de diferentes áreas do conhecimento, para responder às novas indagações.

Referências

BARBOSA, E. J. T.; ALMOULOU, S. A. *Proposta de um percurso de estudo e pesquisa para formação docente sobre o ensino de equações polinomiais do primeiro grau com uma incógnita*. Revista Paranaense de Educação Matemática, [s. l.], v. 11, n. 25, p. 46-79, 2022.

Disponível em: <https://periodicos.unespar.edu.br/index.php/rpem/article/view/5142>. Acesso em: 19 abr. 2023.

BARQUERO, B.; BOSCH, M. A. *Engenharia Didática como metodologia de pesquisa: de situações fundamentais a percursos de estudos e pesquisas*. In: ALMOULOU, S. A.; FARIAS, L. M. S.; HENRIQUES, A. (orgs.). *A teoria antropológica do didático: princípios e fundamentos*. 1. ed. Curitiba: CRV Editores, 2018. p. 275-304.

BARQUERO, B.; BOSCH, M.; GASCÓN, J. *The ecological dimension in the teaching of mathematical modelling at university*. Recherches en Didactiques des Mathématiques, Grenoble, v. 33, n. 3, p. 307-338, 2013. Disponível em: https://demimes2022.sciencesconf.org/data/pages/Barquero_bosch_Gascon.pdf. Acesso em: 30 abr. 2023.

BARQUERO, B.; BOSCH, M.; ROMO-VÁZQUEZ, A. *A study and research path on mathematical modelling for teacher education*. In: KRAINER, K.; VONDROVÁ, N. (eds.). *Proceedings of CERME 9*. Prague: CERME, 2015. p. 809-815.

BARQUERO, B.; BOSCH, M.; ROMO-VÁZQUEZ, A. *Mathematical modelling in teacher education: Dealing with institutional constraints*. ZDM Mathematics Education, [s. l.], v. 50, n. 1-2, p. 31-43, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0907-z>. Acesso em: 17 nov. 2023.

BENITO, R. N. *Construção de um percurso de estudo e pesquisa para formação de professores: o ensino de cônicas*. 2019. (Tese de Doutorado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2019.

CHEVALLARD, Y. *Passé et présent de la théorie anthropologique du didactique*. 2007. Disponível em: http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php3?id_article=134. Acesso em: 3 nov. 2023.

CHEVALLARD, Y. *La notion de PER: problèmes et avancées*. Toulouse, 28 abr. 2009. Disponível em: http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/La_notion_de_PER___problemes_et_avancees.pdf. Acesso em: 30 out. 2023.

CHEVALLARD, Y. *Didactique Fondamentale*: module 1: leçons de didactique. Curso dado à Universidade de Provence, 2011. Disponível em: http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/DFM_2011-2012_Module_1_LD_.pdf. Acesso em: 30 out. 2023.

CHEVALLARD, Y. *Praxeological Issues in the development, reception and use of ATD*. 2016. Disponível em: http://www.atd-tad.org/wp-content/uploads/2016/03/Chevallard_TAD-5_TexteCoference_EN.pdf.

FLORENSA, I.; BOSCH, M.; GASCÓN, J. *Question-answer maps as an epistemological tool in teacher education*. Journal of Mathematics Teacher Education, [s. l.], v. 24, p. 203-225, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10857-020-09454-4>. Acesso em: 20 nov. 2023.

HANSEN, B.; WINSLØW, C. *Research and study course diagrams as an analytic tool: The case of bidisciplinary projects combining mathematics and history*. In: BOSCH, M. J. et al. (eds.). Un panorama de la TAD. Barcelona: Centre de Recerca Matemàtica, 2011. p. 685-694. Disponível em: [https://www.uqat.ca/telechargements/info_entites/Un%20panorama%20de%20la%20TAD%20\(2012\).pdf](https://www.uqat.ca/telechargements/info_entites/Un%20panorama%20de%20la%20TAD%20(2012).pdf). Acesso em: 27 nov. 2023.

LLANOS, V. C.; OTERO, M. R. *Caractérisation des fonctions didactiques Topogenèse, Mésogenèse et Chronogenèse dans un Parcours d'Étude et Recherche (PER) monodisciplinaire dans l'École Secondaire*. Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática, Londrina, v. 10, n. 3, p. 220-227, 2017. Disponível em: <https://jjeem.pgsskroton.com.br/article/view/4857>. Acesso em: 24 out. 2023.

Licera, M. (2017). *Economía y ecología de los números reales en la Enseñanza Secundaria y la Formación del Profesorado*. (Tesis doctoral). Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

PROCESSO de tratamento e controle da qualidade da água da Compesa (versão reduzida). [S. l.:S. n.], 1 vídeo (1 min 18 s). Publicado pelo canal Compesa, 19 ago. 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=9nUhiobEaAQ>. Acesso em: 12 mar. 2023.

RUIZ-OLARRÍA, A. *La formación matemático-didáctica del profesorado de secundario de las matemáticas por enseñar a las matemáticas para la enseñanza*. 2015. Tesis (Doctorado in Didácticas Específicas) – Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, 2015. Disponível em: <https://repositorio.uam.es/handle/10486/665889?show=full>. Acesso em: 30 nov. 2023.