



Artigo

Contribuições da Pesquisa Baseada em *Design* na formação inicial de professores de Matemática

Contributions of Design-Based Research to the initial training of Mathematics teachers

Aportes de la Investigación Basada en Diseño en la formación inicial de profesores de Matemáticas

*Elisângela Fouchy Schons¹, **Eleni Bisognin²

*Instituto Federal Farroupilha (IFFar), Júlio de Castilhos-RS, Brasil

**Universidade Franciscana (UFN), Santa Maria-RS, Brasil

Resumo

O processo de ensino e aprendizagem é um complexo sistema de interações comportamentais e metodológicas e o professor é o seu principal articulador. A Pesquisa Baseada em *Design* é uma metodologia que busca colaborar com a compreensão desse processo por meio da implantação de princípios de *design* e o trabalho conjunto entre pesquisadores e professores através da constituição de um grupo de colaboradores. Nesse sentido, essa pesquisa tem por objetivo analisar as contribuições dessa metodologia na construção de conhecimentos para o ensino de Geometria Espacial por estagiários de um curso de Licenciatura em Matemática. O artefato pedagógico construído por meio dessa metodologia, constitui-se de uma sequência de atividades sobre Poliedros e o seu desenvolvimento seguiu as etapas propostas por Reeves (2000). Apresenta-se aqui a atividade de exploração de prismas e pirâmides, nas suas duas aplicações, a primeira no ensino presencial e a segunda no ensino remoto. As características apresentadas por cada um desses modelos de ensino fizeram com que o grupo de colaboradores planejasse e replanejasse as atividades, os materiais e os recursos utilizados. Nos dois modelos foi possível observar os conhecimentos matemáticos para o ensino mobilizados pelos estagiários. Pode-se inferir que o resultado satisfatório dessa aplicação foi fruto do trabalho em equipe, característica importante da metodologia de Pesquisa Baseada em *Design*.

Abstract

The teaching and learning process is a complex system of behavioral and methodological interactions and the teacher is its main articulator. Design-Based Research is a methodology that seeks to collaborate with the understanding of this process through the implementation of design principles and joint work between

¹ Docente de Matemática do Instituto Federal Farroupilha – campus Júlio de Castilhos, Doutora em Ensino de Matemática. ORCID id: <https://orcid.org/0000-0003-3366-5212>. E-mail: elisangela.schons@iffarroupilha.edu.br

² Docente do programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Franciscana, Doutor em Matemática. ORCID id: <https://orcid.org/0000-0003-3266-6336>. E-mail: eleni@ufn.edu.br

researchers and professors through the constitution of a research group. In this sense, this research aims to analyze the contributions of this methodology in the construction of knowledge for the teaching of Spatial Geometry by interns of a degree course in Mathematics. The pedagogical artifact built through this methodology is a sequence of activities on Poliedros and its development followed the steps proposed by Reeves (2000). Here we present the activity of exploring prisms and pyramids, in its two iterations, the first in classroom teaching and the second in remote teaching. The characteristics presented by each of these teaching models led the research group to plan and re-plan the activities, materials and resources used. In the two models it was possible to observe the mathematical knowledge for teaching mobilized by the interns. It can be inferred that the satisfactory result of this application was the result of an important teamwork, characteristic of the methodology of Design-Based Research.

Resumen

El proceso de enseñanza y aprendizaje es un sistema complejo de interacciones conductuales y metodológicas y el docente es el principal articulador. La Investigación Basada en Diseño es una metodología que busca colaborar con la comprensión del proceso a través de la implementación de principios de diseño y el trabajo conjunto entre investigadores y profesores a través de la constitución de un grupo de colaboradores. En ese sentido, esta investigación tiene como objetivo analizar los aportes de esta metodología en la construcción del conocimiento para la enseñanza de la Geometría Espacial por parte de estudiantes de un curso de Licenciatura en Matemáticas. El artefacto pedagógico construido con esta metodología constituye una secuencia de actividades sobre Poliedros y su desarrollo sigue los pasos propuestos por Reeves (2000). Se presenta aquí la actividad de exploración de prismas y pirámides, en sus dos aplicaciones, la primera en la enseñanza presencial y la segunda a distancia. Las características que presenta cada uno de estos modelos de enseñanza, hicieron que el grupo de colaboradores planificara y replanificara las actividades, los materiales y recursos utilizados. En los dos modelos nos permiten observar el conocimiento matemático para enseñar movilizados por los estudiantes. Se puede inferir que el resultado satisfactorio de esta aplicación fue fruto del trabajo en equipo, característica importante de la metodología de Investigación Basada en Diseño.

Palavras-chave: Ensino de Geometria, Estágio Curricular Supervisionado, Ensino Superior.

Keywords: Teaching Geometry, Supervised internship, University education.

Palabras clave: Enseñanza de la Geometría, Pasantía supervisada, Enseñanza superior.

1. Introdução

O processo de ensino e aprendizagem é um complexo sistema de interações comportamentais e metodológicas entre professores e alunos. Vasconcelos (2000) coloca que, no caso da Matemática, o professor é o principal articulador desse processo, pois é ele quem decide o que pretende ensinar, as contribuições desse ato à aprendizagem dos alunos e como será o desenvolvimento desse processo.

Para Roldão (2007) essas percepções, que fazem parte da profissão docente, são construídas, através da formação, assentadas em princípios de teorização (prévia e posterior), tutorização e discussão da ação docente vinda da prática e da observação da prática de outros. Loewenberg Ball, Thames e Phelps (2008) colocam que, em relação à Matemática, essas percepções são

importantes para que o professor consiga acompanhar o raciocínio de seus alunos, interpretar suas soluções matemáticas, explicar procedimentos e responder de forma hábil e rápida as demandas especiais do seu ensino.

Dessa forma, cabe ao professor, a partir da reflexão da sua prática, perceber os interesses, motivações, dificuldades e potencialidades intelectuais de seus alunos a fim de organizar os tempos, metodologias e espaços adequados para a realização das atividades de ensino e aprendizagem.

Uma abordagem metodológica que pode ajudar na compreensão sobre o desenvolvimento, a divulgação e a validação de ambientes de aprendizagem em um sistema complexo como a sala de aula, é a Pesquisa Baseada em *Design* (PBD). Segundo Reeves (2000), essa metodologia busca resolver problemas de ensino reais através da construção de princípios de *design*. Com esses princípios, espera-se explicar como a aprendizagem acontece e, assim, desenvolver teorias que mostrem não só se um projeto funciona, mas como ele pode ser adaptado a novas circunstâncias e futuras aplicações.

A PBD é uma metodologia intervencionista que busca aproximar a pesquisa às práticas educacionais através da aplicação de um artefato, que não precisa ser “concreto”, mas deve ter por intenção informar sobre modelos de práticas e aprendizagem. (KELLY, 2004).

Ela não busca soluções universais, mas sim, compreender os fatores que interferem no processo de ensino e aprendizagem e a melhoria de contextos locais e, tem por capacidade, mudar a maneira como pesquisadores e profissionais, juntos, investigam e resolvem problemas educacionais significativos. (HERRINGTON, REEVES, 2011).

Pode ser descrita, segundo Wang e Hannafin (2005), a partir de cinco características: pragmática; fundamentada; interativa, iterativa e flexível; integrativa e contextual. Pragmática, porque busca aliar teoria e prática e a teoria é avaliada através da sua capacidade de melhorar a prática. É fundamentada porque se embasa em contextos do mundo real nos quais os participantes interagem entre si.

Como, durante a sua realização, há a colaboração entre pesquisadores e professores, através de ciclos de *design*, aplicação, análise e *redesign* com a intenção de melhorar o plano inicial a partir dos resultados coletados durante as aplicações sucessivas, essa abordagem é, também, interativa, iterativa e flexível. Classifica-se como integrativa porque se baseia na integração de diferentes abordagens e métodos que aumentam a objetividade e a aplicabilidade da pesquisa. E, finalmente, é contextual porque os estudos são realizados em ambientes autênticos e os resultados são registrados e usados para informar os ciclos subsequentes.

Gravemeijer e Van Eerde (2009) observam que, o tipo de pesquisa proposto pela PBD se assemelha ao que os professores fazem quando planejam, aplicam e avaliam suas lições e que, os dados gerados podem ser utilizados por eles como ponto de referência para pesquisar sobre os seus trabalhos, mas que, muitas vezes, isso não é possível por falta de tempo e recurso. Por esse motivo, os autores, propõem a combinação do trabalho dos professores com o de pesquisadores.

Esse trabalho conjunto entre professores e pesquisadores fica melhor organizado quando esses constituem um grupo de colaboradores, que realize encontros frequentes para planejamento do artefato a ser aplicado, bem como o

acompanhamento, observação e avaliação deste. Para Lobo da Costa e Poloni (2011), uma vantagem da PBD é que a cada experimento pode-se fazer análise, reflexão e modificação no artefato para as próximas intervenções (*redesign*).

As reflexões sobre o processo de ensino e aprendizagem, que acontecem nos encontros do grupo, são importantes momentos para a formação do professor de Matemática. Por meio dessas reflexões, os professores percebem os "Conhecimentos Matemáticos" para o "Ensino" que possuem, quais podem ser melhorados, bem como, maneiras de implantar esses conhecimentos e de desenvolver habilidades para ajudar outras pessoas a instruir-se e fazer Matemática.

A pesquisa de doutorado da qual trata esse trabalho, teve por objetivo, analisar as contribuições da Pesquisa Baseada em *Design* na construção de conhecimentos para o ensino de Geometria Espacial, por estagiários de um curso de Licenciatura em Matemática. E, como princípios de *design*, a organização do trabalho em equipe para aprofundamento teórico, elaboração de atividades e análise e discussão dos resultados e a utilização de materiais manipuláveis para desenvolver as atividades que compõe o artefato pedagógico, como formas de promover a construção de conhecimentos matemáticos para o ensino pelos futuros docentes.

A fim de verificar a importância e a originalidade desta pesquisa, durante o primeiro semestre do ano de 2019, fez-se uma revisão de literatura com a finalidade de encontrar trabalhos relacionados ao tema estudado. Foram encontradas seis teses que utilizaram a PBD na formação de professores. Destas, três investigaram os Conhecimentos Matemáticos para o Ensino dos professores em formação e, apenas uma foi desenvolvida junto a docentes em formação inicial. Com essa busca pode-se perceber que, até então, não haviam sido realizadas pesquisas sobre os Estágios Curriculares Supervisionados (ECS) na formação inicial de professores, em especial, de Matemática, e o uso da Pesquisa Baseada em *Design*, o que justificou o empreendimento da pesquisa proposta.

Os estagiários, participantes da pesquisa, eram alunos de uma instituição federal de ensino do Rio Grande do Sul e estavam realizando seus Estágios Curriculares Supervisionados com turmas de Ensino Médio, no conteúdo de Geometria Espacial – Poliedros.

Para uma melhor observação do processo cíclico da pesquisa e coleta de dados, definiu-se que ela teria duas aplicações, em dois anos letivos diferentes e com estagiários diferentes. Neste artigo, são relatados resultados de uma das atividades realizadas nas duas aplicações da pesquisa, destacando a relevância da Pesquisa Baseada em *Design* para o seu desenvolvimento.

A primeira aplicação realizou-se de forma presencial, com o grupo de colaboradores trabalhando conjuntamente na elaboração da sequência de atividades (*design* do artefato), na sua aplicação junto aos alunos do Ensino Médio, na sua avaliação e proposta de *redesign*. A segunda aplicação aconteceu de forma remota, pois ocorreu em um momento atípico para todo o mundo, visto que, em função da pandemia de Covid-19 causada pelo coronavírus SARS-CoV-2, as atividades letivas passaram a ser realizadas de modo remoto. Essa mudança fez com que o grupo de colaboradores repensasse seus encontros e o *redesign* do artefato.

2. A pesquisa

Conforme Minayo (2002), a pesquisa realizada é de cunho qualitativo, pois se trabalhou com o universo de significados, processos e fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalidade de variáveis e os dados coletados foram interpretados e não mensurados.

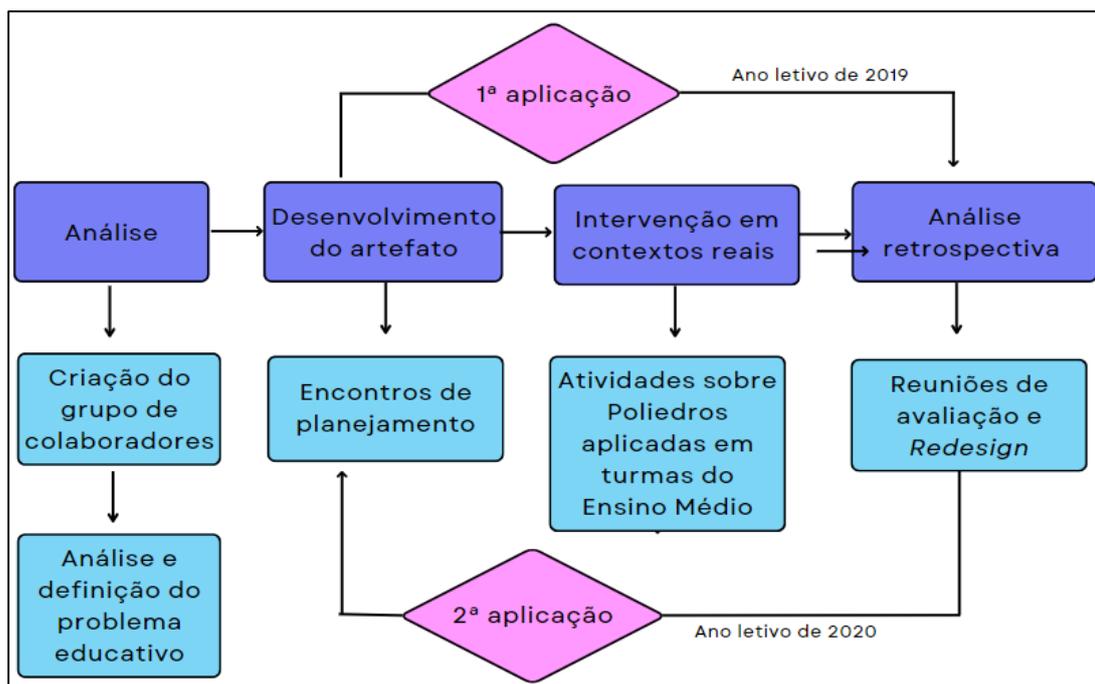
Para tanto, a fim de aprofundar a compreensão da pesquisadora e do grupo de colaboradores quanto ao fenômeno sob investigação, os dados analisados foram coletados durante toda a realização do experimento (COBB *et al.*, 2003). O levantamento desses dados aconteceu por meio de entrevista, questionário e observação. E o registro das observações ocorreu através de anotações na forma de um diário de bordo, gravação de áudio e vídeo e fotos.

Os dados coletados foram analisados por meio da Análise por Triangulação, com o propósito de responder à questão de pesquisa: “a Pesquisa Baseada em *Design* fortalece a construção de conhecimentos para ensinar Geometria Espacial pelos estagiários de um curso de Licenciatura em Matemática?”. Como categorias de análise utilizou-se os domínios do Conhecimento para o Ensino de Matemática de Loewenberg Ball, Thames e Phelps (2008), através da criação de indicadores relacionados a cada um deles. Para a formulação dos indicadores utilizou-se de questões criadas por Hurrell (2013) com a finalidade de servir de apoio para se investigar em que o desenvolvimento profissional pode ser adequado e, assim, verificar quais os Conhecimentos para o Ensino de Matemática os acadêmicos, futuros professores, possuem e quais podem ser melhorados.

As duas aplicações realizadas seguiram as quatro fases definidas por Reeves (2000) para um experimento utilizando a PBD, que são: análise do problema educativo, desenvolvimento do artefato pedagógico, intervenção em contextos reais de aprendizagem e análise retrospectiva para elaborar um *redesign* do artefato e/ou da aplicação. Ramos (2010) ao analisar essas fases, as definiu como:

a investigação parte de problemas educativos analisados com os sujeitos envolvidos nas práticas pedagógicas; o artefato pedagógico é desenvolvido a partir da teoria norteadora, levando-se em conta as especificidades dos contextos; a intervenção é considerada uma forma de compreender e avaliar como o artefato desenvolvido contribuiu na prática para a solução do problema educativo; a partir da avaliação da intervenção, princípios de design são desenvolvidos sobre o processo de aprendizagem potencializado pelo artefato, permitindo revisitar cada fase do processo e refinar a intervenção (RAMOS, 2010, p. 28).

Na Figura 1, abaixo, apresentam-se essas fases e como elas foram organizadas na pesquisa.

Figura 1 - Fases da Pesquisa Baseada em Design

Fonte: Reeves (2000), adaptado pelas autoras.

O grupo de colaboradores foi constituído pela pesquisadora, designada por P, orientadora da tese, orientadora dos estágios, e estagiários designados por E₁, E₂, E₃, E₄, E₅ e E₆.

Os encontros de planejamento iniciaram logo após a definição do grupo e serviram para o levantamento do problema educativo, o planejamento das atividades que compuseram o artefato pedagógico, a escolha dos recursos materiais e tecnológicos e das metodologias de ensino de Matemática que seriam utilizados.

O problema educativo definido para análise foi o processo de ensino e aprendizagem de Geometria Espacial, no conteúdo de Poliedros. Essa escolha se deu enquanto os estagiários definiam as turmas e os conteúdos com quais iriam trabalhar em seus Estágios de Regência e o grupo identificar, através de relatos, pesquisa e estudo, que esse conteúdo é um dos que os alunos de Ensino Médio possuem maior dificuldade em aprender. Para Herrington e Reeves (2011), essa exploração colaborativa da natureza do problema, é uma característica chave da PBD porque, com o propósito de encontrar a sua solução, cada um dos envolvidos pode apresentar seus conhecimentos, experiências e compreensões relativas a ele.

Na primeira aplicação, no ano letivo de 2019, participaram do grupo quatro acadêmicos: os dois que aplicaram o primeiro *design* do artefato pedagógico em suas turmas de ECS e dois que, durante essa aplicação, foram os observadores para que no ano letivo de 2020, aplicassem o *redesign* do artefato.

O grupo de colaboradores, após a exploração do problema em questão, definiu que o artefato a ser elaborado seria composto de seis atividades sobre Poliedros. Para definir essas atividades, a literatura foi novamente consultada, a fim de se encontrar teorias relevantes que pudessem guiar o pensamento crítico

e criativo, bem como intervenções que potencialmente fornecessem uma solução para o problema (HERRINGTON, REEVES, 2011).

A partir dessa consulta, as atividades foram criadas, discutidas e experienciadas pelos estagiários, que durante esse processo vivenciaram o papel de professor e de aluno. Professor, porque as atividades seriam aplicadas por eles nas suas aulas e eles deveriam definir como elas seriam realizadas e, aluno, porque, além de estarem cursando a licenciatura, eles experimentaram as propostas, colocando-se no lugar de seus futuros alunos. Esses encontros proporcionaram momentos de reflexão sobre a prática docente e de observação, pela pesquisadora, dos Conhecimentos Matemáticos para o Ensino dos estagiários.

A intervenção em contextos reais de aprendizagem aconteceu durante o Estágio de Regência dos dois estagiários. Nessa fase, eles aplicaram a sequência de atividades planejada e foram observados pelos demais elementos do grupo, que fizeram anotações relativas a essa aplicação. A participação desses elementos foi fundamental para a realização da primeira aplicação do artefato pedagógico porque as observações realizadas por eles possibilitaram a avaliação e validação do ciclo de aplicação, a compreensão do fenômeno em estudo e, também, o planejamento do próximo ciclo. Para Matta, Silva e Boaventura (2014, p. 31):

A respeito das iterações, a DBR³ assume que uma única implementação de solução raramente será suficiente para ter evidências sobre o sucesso de uma intervenção. Um estudo DBR deve ter dois ou mais ciclos de aplicação, os quais vão, a partir da análise da aplicação anterior, provocar alterações e refinamentos na intervenção proposta, que assim vai se desenvolvendo.

A partir das observações feitas, por todos os componentes do grupo, e discutidas ao término de cada dia de aplicação das atividades, a análise retrospectiva foi realizada. Com essa análise, os pontos positivos e o que podia ser melhorado no artefato foram apontados para a segunda aplicação, o *redesign*, que foi executado no ano letivo de 2020. Para Herrington e Reeves (2011) essa revisão pelos pares e refinamento do artefato é essencial para o aprimoramento da prática profissional e a produção de melhores resultados educacionais, como o maior envolvimento dos alunos.

Como a primeira aplicação foi realizada de forma presencial, os encontros do grupo de colaboradores aconteceram nas dependências da Instituição Federal de Ensino e as atividades com os alunos do Ensino Médio ocorreram em diferentes ambientes da escola e usando, para cada uma delas, de diferentes materiais manipuláveis. Já a segunda aplicação se deu de forma remota, com os encontros do grupo de pesquisa e as aulas com as turmas de Ensino Médio acontecendo via videoconferências *on-line*.

A mudança no modelo de encontro e de aula se deu em função da pandemia de Covid-19. A pandemia impôs várias restrições à população mundial, entre elas a não presença física dos estudantes e professores nos espaços geográficos das instituições de ensino (MOREIRA e SCHLEMMER,

³ Design-Based Research.

2020). Sendo assim, o grupo precisou reformular o *redesign* do artefato, propondo adequações nas atividades a serem aplicadas e nos recursos a serem usados, adaptando-os ao modelo remoto de ensino. Nessa aplicação, o grupo de colaboradores continuou com a participação de quatro estagiários, sendo que esses foram divididos em duplas para a realização do ECS.

No Quadro 1, a seguir, apresenta-se a sequência de atividades e os materiais e recursos utilizados em cada uma das aplicações.

Quadro 1 - Relação das atividades, materiais e recursos utilizados em cada uma das aplicações do artefato

ATIVIDADE	MATERIAIS E RECURSOS 1º APLICAÇÃO – 2019 PRESENCIAL	MATERIAIS E RECURSOS 2º APLICAÇÃO – 2020 REMOTO
Atividade 1 – Reconhecimento de prismas e pirâmides	Embalagens e sólidos geométricos em acrílico	Software GeoGebra
Atividade 2 – Exploração de prismas e pirâmides	Embalagens e sólidos geométricos (planificados e fechados)	Embalagens e software GeoGebra
Atividade 3 – Área de prismas	Situação problema e sólidos geométricos em acrílico	Situação problema e software GeoGebra
Atividade 4 – Área de pirâmide	Situação problema e sólidos geométricos em acrílico	Situação problema e software GeoGebra
Atividade 5 – Volume de prismas e pirâmides	Sólidos geométricos, situação problema e software GeoGebra	Embalagens, situação problema e software GeoGebra
Atividade 6 – Volume Princípio de Cavalieri	Vídeo e materiais manipuláveis	Vídeo e software GeoGebra

Fonte: Autoras.

Pelo Quadro 1, acima, percebe-se que os materiais e recursos utilizados em cada uma das aplicações da sequência de atividades foram diferentes. Essa mudança se deu em função, principalmente, do modelo de ensino que estava em vigor no ano de execução de cada uma delas. Para demonstrar as mudanças realizadas, é apresentada, a seguir, a atividade de Exploração de prismas e pirâmides nas duas aplicações.

2.1 Exploração de prisma e pirâmide

Essa atividade foi planejada com o objetivo de reconhecer os sólidos geométricos planificados e montados, identificando suas características e calculando sua área. Dessa forma, durante o planejamento da atividade, para a primeira aplicação, o grupo de colaboradores definiu que os alunos do Ensino Médio seriam divididos em trios e que, para cada um deles, seria entregue duas embalagens (uma embalagem de prisma e uma planificação de pirâmide ou uma embalagem de pirâmide e uma planificação de prisma) e um roteiro para realização da atividade. Essas decisões foram tomadas durante encontro de

estudo e planejamento e podem ser observadas na conversa realizada entre a pesquisadora (P) e os estagiários (E₁ e E₂).

P: *Para essa aula nós queremos trabalhar com a planificação das embalagens e o cálculo de área. Qual o nosso objetivo? Por que nós queremos fazer a planificação dos sólidos? De que maneira vocês querem conduzir esse trabalho?*

E₂: *Para podermos falar de área. A visualização dos sólidos é necessária.*

E₁: *Eu estava pensando, se a gente quer que eles (alunos do Ensino Médio) planifiquem, precisamos mostrar as embalagens para eles e cada um escolhe uma embalagem e planifica, por exemplo, escolheu um prisma e planifica esse prisma.*

E₂: *Então podemos dar duas embalagens para eles, uma planificada e outra fechada. Uma na forma de prisma e outra na forma de pirâmide.*

Para poder definir o roteiro da atividade, a equipe foi vivenciar a atividade. Para isso, cada elemento pegou uma embalagem e um sólido planificado e começou o processo de exploração, analisando as faces e desenhando as planificações.

E₁: *Podemos pedir para que eles indiquem na planificação os elementos do sólido: face, aresta e vértice. Podemos pedir para que eles abram a embalagem e verifiquem se a planificação que eles fizeram realmente representa a embalagem.*

E₂: *Estou achando legal dessa forma. Eles podem verificar se desenharam certo, se não, o que faltou, o que pode ser redesenhado. Será que já podemos pedir para eles calcularem a área?*

P: *O que tu achas?*

E₂: *Eles sabem calcular a área de figuras planas, já aprenderam e nós revisamos. Então, como os sólidos estarão planificados, eles conseguirão perceber quais os polígonos que formam as suas faces e saberão calcular a área de cada um deles. Podemos pedir para que eles calculem o quanto de material foi gasto para construir a embalagem e no final da atividade conversamos sobre.*

E₁: *Vamos montar um roteiro que entregaremos para eles realizarem a atividade?*

P: *Sim, e depois da exploração e da conversa entre os grupos, faremos uma discussão, com toda a turma, para que possamos rever os conceitos de prismas e pirâmides e começar a falar em cálculo de área.*

Após as experimentações, definiram as embalagens que seriam usadas e o roteiro que serviria para guiar a atividade. As embalagens são apresentadas na Figura 2 e o roteiro na Figura 3.

Figura 2 - Embalagens utilizadas na primeira aplicação da atividade



Fonte: Relatório dos estagiários.

Figura 3 - Roteiro de realização da atividade

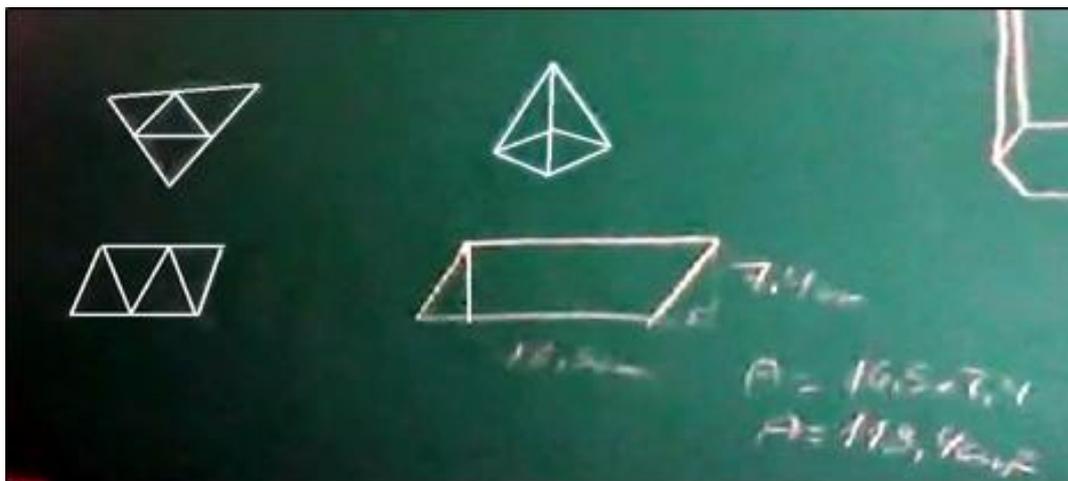
Vocês receberam duas embalagens, uma fechada e outra aberta (planificada). As questões de 1 a 4 serão realizadas com a embalagem fechada e as questões de 5 a 8 com a embalagem planificada.

- 1) Planifique a embalagem
- 2) Identifique na sua planificação os elementos do sólido representado e dê sua classificação.
- 3) Abra a embalagem e compare-a com a sua planificação e descreva o que observou.
- 4) Calcule o quanto de material foi gasto para fazer essa embalagem. (Sugestão: utilize da geometria plana para calcular as áreas das faces).
- 5) Desenhe como você acha que ficará a embalagem planificada quando fechada.
- 6) Identifique na planificação os elementos do sólido representado e dê sua classificação.
- 7) O sólido desenhado é semelhante ao sólido montado? Justifique sua resposta.
- 8) Calcule o quanto de material foi gasto para fazer essa embalagem. (Sugestão: utilize da geometria plana para calcular as áreas das faces).

Fonte: Autoras.

No dia da realização da atividade, após organizar os trios e entregar o material necessário para a realização da atividade, cada um dos estagiários acompanhou o seu desenvolvimento observando o trabalho dos estudantes e tirando dúvidas quando solicitado. A maioria dos alunos conseguiu realizar o que foi proposto com facilidade. Na Figura 4 é apresentada uma das planificações realizadas.

Figura 5 - Representação da embalagem na forma de tetraedro pelos componentes do grupo γ



Fonte: Autoras.

Aluno B₆: *Quando nós recebemos a embalagem que era assim (apontando para o segundo desenho apresentado na Figura 4) achamos que a planificação dela iria ficar assim (apontando para o primeiro desenho da Figura 4), quando a abrimos ela ficou assim (apontando para o primeiro desenho do paralelogramo da Figura 4). Podíamos calcular a área do triângulo do primeiro desenho, mas achamos mais fácil calcular a área do paralelogramo e o cálculo que fizemos está aqui (apontando para o cálculo que estava no quadro).*

A partir das colocações dos estudantes, o professor estagiário comentou com a turma que, quando é possível fazer a planificação da embalagem, o cálculo da área fica mais fácil de ser realizado, e que, cada um pode fazê-lo com base no polígono que preferir.

No final das aulas, o grupo de colaboradores se reuniu para avaliar a atividade realizada. Todos a acharam produtiva, pois, durante a sua execução, foi possível perceber que os alunos haviam entendido o conteúdo abordado na atividade anterior e, o objetivo traçado para essa atividade, foi atingido. Os alunos conseguiram reconhecer os sólidos geométricos planificados e montados, identificaram suas características e calcularam suas áreas. Dessa forma, para a próxima aplicação do artefato, avaliou-se que essa atividade poderia permanecer com o mesmo formato.

Durante a reunião de planejamento da segunda aplicação da atividade, os estagiários perceberam que ela não poderia ser realizada nos mesmos moldes da aplicação anterior, porque eles não tinham como entregar as embalagens para os alunos do Ensino Médio. Decidiram, então, que a embalagem fechada seria na forma de prisma e nela seria feita a localização dos elementos e percepção das características, assim como a planificação. Escolheram essa embalagem porque seria a mais fácil de os alunos do Ensino Médio terem em mãos.

Como sólido planificado usariam a pirâmide e o *software* GeoGebra para demonstrar o processo de planificação e fechamento do sólido. Decidiram, também, utilizar o mesmo roteiro (Figura 3) criado para a primeira aplicação,

acrescentando imagens de um prisma retangular e de uma pirâmide de base quadrada planificada. As decisões tomadas podem ser observadas na conversa apresentada abaixo, que iniciou com a pesquisadora (P) e os estagiários (E₃ e E₄) relatando como havia acontecido a aplicação anterior:

P: Agora que já lembramos como aconteceu a atividade no ano passado, como iremos fazer esse ano visto que o nosso encontro com os alunos será on-line? Como vamos organizar a aula? Qual o objetivo dela?

E₃: Eles poderiam levar as embalagens e manuseá-las, enquanto nós vamos fazendo perguntas, conforme o roteiro que foi montado no ano passado.

E₄: Eu pensei em usar o GeoGebra, por isso fui pesquisar e consegui com um controle criar polígonos de 3 até 6 lados. Depois eu consegui construir prismas e pirâmides a partir desses polígonos. Com um controle deslizante eu posso planificar e fechar esses sólidos.

E₅: Usaremos o GeoGebra para estudar as pirâmides. Para os prismas pediremos que os alunos levem caixas vazias, porque isso provavelmente todos irão ter, daí nós também levamos uma para poder abrir.

P: Então ok. Pensando na aula... qual o objetivo dessa atividade? Qual a importância para os alunos em enxergar os sólidos abertos e fechados?

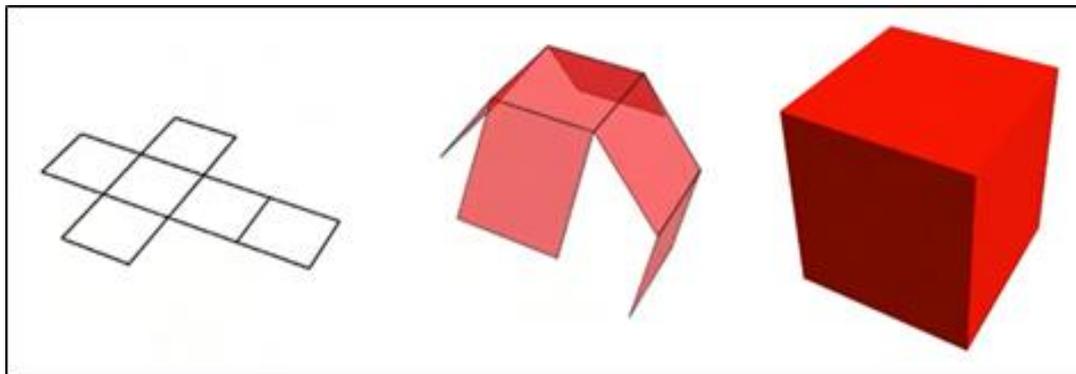
E₄: Os sólidos abertos vão facilitar, para eles, a visualização das arestas, das faces, das figuras planas que compõe o sólido, e no cálculo da área.

E₆: Com essa aula queremos mostrar para os alunos as características dos prismas e pirâmides e como calcular a área da superfície deles. Para isso vamos usar a embalagem e as perguntas daquele roteiro. Vamos abrir a embalagem para mostrar como ela fica planificada, depois fizemos o contrário com a pirâmide... por fim falamos sobre a área.

P: Isso mesmo. Agora é colocar a atividade no plano de aula e terminar de organizá-la.

No dia da aplicação da atividade, na turma dos estagiários E₃ e E₄ tinham apenas três alunos participando da aula. Somente uma abriu a câmera para mostrar como estava realizando o que era solicitado, os outros preferiram enviar foto via aplicativo de troca de mensagens, mesmo assim responderam às perguntas feitas e tiraram dúvidas através do ambiente virtual da aula. Os estagiários optaram, após verificar as planificações feitas pelos alunos, em demonstrar a planificação do prisma utilizando do *software* GeoGebra, conforme é ilustrado na Figura 6.

Figura 6 - Planificação de um hexaedro utilizado pelos estagiários para demonstrar a planificação de um prisma



Fonte: Autoras.

Os alunos conseguiram identificar os elementos do prisma e fazer a planificação das embalagens. Uma aluna mostrou dificuldade em calcular a área da sua embalagem, então os professores estagiários (E₃ e E₄) pediram para que ela relatasse o que não estava conseguindo e juntos verificaram as medidas das faces, os polígonos que a constituíam e como realizar o cálculo da área.

Em relação à pirâmide, os alunos (A₃ e A₁₂) conseguiram desenhá-la fechada, mas uma das alunas se confundiu quanto a quantidade de arestas e faces.

A₃: *Eu contei 12 arestas, mas no meu desenho fechado só deu 8.*

E₄: *Por que tu achas que deu diferente? Qual será a quantidade certa de arestas?*

A₃: *Agora estou em dúvida. Acho que são 8, não sei...*

E₃: *O que acontece... quando tu fazes a planificação da pirâmide algumas arestas são contadas duas vezes. Podemos pensar assim, a base é um quadrado e tu vais contar os lados dos triângulos, as arestas laterais, que quando tu juntares no vértice de cima, a figura montada, vai ter 8 arestas. Mas, na planificação aparecem 12 porque as arestas laterais estão contadas duas vezes.*

A₃: *Ah, entendi. Isso vai acontecer com os vértices também, porque quando eu fechar a pirâmide aqueles quatro vértices dos quatro triângulos vão virar só um.*

E₄: *Sim. Então quantas arestas, faces e vértices tem uma pirâmide quadrangular?*

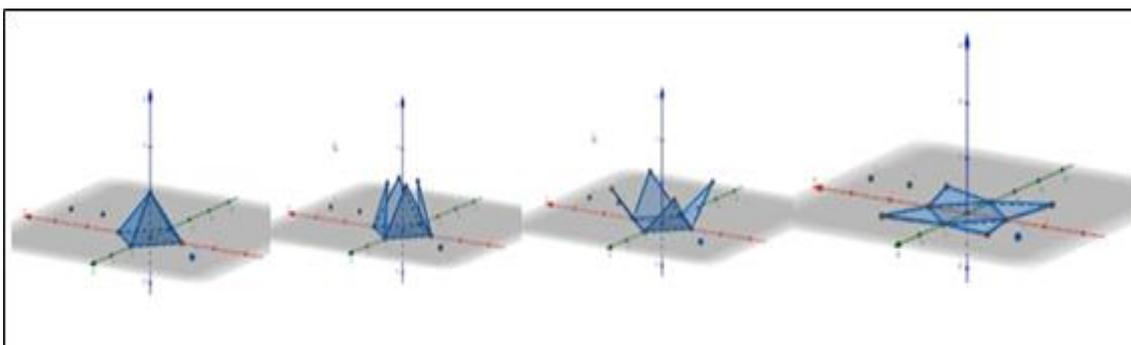
A₁₂: *São 8 arestas, 5 faces e 5 vértices.*

A dupla de estagiários, E₅ e E₆, decidiu por estudar os prismas utilizando embalagens, nas quais foram identificadas as arestas, vértices, faces e os polígonos que as constituem. Após fazerem essa análise pediram para que os alunos planificassem suas embalagens e a abertura delas, a fim de conferir se o desenho feito por eles reproduzia a embalagem aberta. Solicitaram, aos estudantes, também, que calculassem a quantidade de material utilizado na fabricação destas. A atividade foi realizada por eles também com suas

embalagens. Os três alunos presentes na aula conseguiram realizar com êxito o estudo dos prismas.

Para estudar as pirâmides, assim como E_3 e E_4 , eles utilizaram o *software* GeoGebra para demonstrar o movimento de abertura e fechamento do sólido e corrigir as questões do roteiro, conforme é mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Planificação de pirâmide quadrangular feita pelos estagiários utilizando o *software* GeoGebra



Fonte: Autoras.

Nas duas turmas os alunos demonstraram dificuldades em calcular a área da pirâmide, mas com a ajuda dos professores estagiários e dos conhecimentos que eles possuíam sobre área de triângulos e do teorema de Pitágoras, chegaram ao resultado.

No término da aula a equipe de colaboradores se reuniu para avaliar a atividade, e todos chegaram à conclusão de que os recursos tecnológicos e materiais foram importantes para o seu desenvolvimento.

Uma das preocupações colocadas pelos estagiários foi a pouca participação dos alunos nas aulas. No dia desse encontro, em cada turma apenas três educandos se fizeram presentes. Além desse momento de encontro síncrono, a aula era gravada e ficava à disposição dos alunos das turmas dos estagiários e esses, também, podiam solicitar ajuda por diferentes meios, mesmo assim não o fizeram. Essa problemática foi socializada com o grupo para que, juntos, refletissem a fim de encontrar estratégias para reverter essa situação.

2.2 Análise da atividade de Exploração de prisma e pirâmide

Ao longo da realização da atividade os estudantes, tanto os do Ensino Médio quanto os da licenciatura, foram observados. Os alunos do Ensino Médio na aplicação presencial, trabalharam em grupos, o que contribuiu com a construção de seus conhecimentos sobre o tema, porque ao manusear os objetos entregues puderam analisá-los e, assim, discutir as questões propostas e os resultados encontrados. Já na segunda aplicação, trabalhando individualmente e a distância, os alunos interagiram apenas com os professores estagiários, respondendo aos questionamentos feitos por eles e sem demonstrar muitas dúvidas.

Os licenciandos, nas duas aplicações, manifestaram estar aperfeiçoando seus Conhecimentos Matemáticos para o Ensino quando se preocuparam em propor uma atividade que despertasse o interesse dos alunos e colaborasse com a aprendizagem do conteúdo por eles, quando conseguiram,

durante a aplicação da atividade, reconhecer as respostas erradas e os conceitos errôneos que os alunos tinham sobre o conteúdo, corrigindo-os a partir do uso de diferentes materiais e de diferentes formas de explicação. Bem como, quando, durante o momento de avaliação da atividade, analisaram o desenvolvimento das suas aulas e a eficiência da metodologia e dos materiais utilizados. No Quadro 2, a seguir, apresenta-se, os indicadores criados e os indicativos observados durante a análise dos conhecimentos dos futuros professores.

Quadro 2 - Conhecimentos selecionados e analisados durante as aplicações da atividade de Exploração de prismas e pirâmides

CONHECIMENTO	INDICADOR	INDICATIVO
Conhecimento Comum do Conteúdo	- reconhecer quando um aluno dá uma resposta errada;	A estagiária aproveitou para mostrar a essa aluna, quando foram fazer a classificação, a relação entre o nome do sólido e a quantidade de faces (tetraedro – quatro faces).
Conhecimento do Conteúdo e dos Estudantes	- interpretar as ideias emergentes e incompletas dos alunos;	<i>“Novamente eu repito que existem diferentes formas de planificar e calcular a área dos sólidos quando nós conseguimos manuseá-los, abrindo, fechando, medindo suas arestas... cada um escolhe a que acha melhor”</i> (Estagiário E ₂).
Conhecimento Especializado do Conteúdo	- propor exemplos e exercícios que colaborem com a aprendizagem do conteúdo de Poliedros;	<i>“Para isso, vamos usar de embalagem e das perguntas daquele roteiro. Vamos abrir as embalagens para mostrar como ela fica planificada. Depois, fizemos o contrário com a pirâmide... por fim falamos sobre a área”</i> (Estagiário E ₆).
Conhecimento do Conteúdo e do Ensino	- analisar o desenvolvimento de suas aulas; - verificar se as metodologias utilizadas foram eficientes.	<i>“Percebi que, durante a realização da atividade, [...]o que foi realizado foi bem proveitoso, porque eles conseguiram ver de forma mais concreta o que a gente está ensinando, que é algo que está no cotidiano deles e eles conseguem assimilar o que está sendo feito, que aquilo faz parte do dia a dia deles. Por isso, acho que, nessa atividade, é importante que se use tanto do material concreto quanto do GeoGebra”</i> (Estagiário E ₃).

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

Observa-se, também, que nos dois momentos de aplicação da atividade, os planejamentos foram seguidos pelos estagiários, mas cada um utilizou os

recursos da maneira que achou que melhor atenderia as demandas da sua turma. Com esse fato foi possível perceber que eles conheciam as habilidades e competências de seus alunos e se preocupavam com a aprendizagem deles.

3. Conclusão

A pesquisa de doutorado teve dois momentos de aplicação da sequência de atividades. Para a primeira aplicação, o *design* do artefato pedagógico, os encontros de planejamento, aplicação e avaliação foram realizados de forma presencial, com encontros semanais do grupo.

A segunda aplicação, o *redesign* do artefato, aconteceu de forma virtual, com estagiários e alunos do Ensino Médio, tendo aulas na modalidade de ensino remoto. Essa forma de trabalho fez com que o grupo de colaboradores tivesse de fazer adaptações nas atividades planejadas, principalmente, nos recursos utilizados, pois os estagiários não estariam fisicamente junto de seus alunos do Ensino Médio e não poderiam manusear os materiais conjuntamente. Por esse motivo, eles precisaram utilizar de *softwares* e recursos tecnológicos, bem como solicitar aos alunos do Ensino Médio, que buscassem em suas casas, materiais que pudessem ser usados nas aulas à distância.

Durante a realização da pesquisa ficou inerente algumas características de cada um dos modelos de ensino. O modelo presencial mostrou, como principal característica, a proximidade entre professor e alunos, o que permitiu que esse percebesse se os estudantes estavam entendendo o que era proposto, assim como suas dificuldades e as suas formas de raciocínio. Permitiu, também, aos estudantes maior contato, possibilitando o trabalho em grupo, a troca de ideias e a ajuda mútua.

Já o modelo remoto apresentou, como principal característica, a possibilidade de haver o encontro entre professores e alunos, mesmo que a distância, e a versatilidade dos estagiários, pois esses precisaram se adaptar a um modelo de ensino novo para eles.

Para a pesquisadora nas duas aplicações, e modelos de ensino, foi possível observar os Conhecimentos Matemáticos para o Ensino dos estagiários a partir do trabalho desenvolvido e de suas propostas, sugestões, dúvidas e preocupações com o processo de ensino e aprendizagem. Observa-se, apenas, que os encontros no modelo presencial apresentaram uma maior riqueza de informações e dados a serem coletados e analisados.

Ao propor o trabalho em grupo, de forma colaborativa, através da constituição de uma equipe, proporcionou-se o aprofundamento teórico, o planejamento conjunto, a ajuda, a discussão, a troca de ideias e a reflexão da prática realizada. Esse trabalho colaborativo auxiliou os estagiários quanto à oportunidade de conhecer e utilizar metodologias de pesquisa e ensino, bem como, na elaboração e utilização de recursos materiais e digitais que ajudaram no desenvolvimento das atividades. Além do mais, possibilitou que eles identificassem que suas experiências e opiniões foram importantes para a construção e melhoria do processo de ensino e aprendizagem.

Para as investigadoras, o trabalho colaborativo permitiu conhecer um pouco mais as experiências e necessidades dos professores em formação. Também foi possível acompanhar o desenvolvimento e aprimoramento dos Conhecimentos Matemáticos para o Ensino destes, através da elaboração,

aplicação e avaliação de atividades matemáticas, que tinham por objetivo principal a aprendizagem dos alunos do Ensino Médio.

Dessa forma, pode-se afirmar que, apesar da apreensão inicial dos estagiários quanto ao desenvolvimento de seus estágios e a aplicação das atividades, percebeu-se que, ao término do trabalho, eles estavam satisfeitos com os resultados obtidos e que os princípios de *design* que embasaram a intervenção foram validados para esse contexto. Esse resultado satisfatório é fruto do trabalho em equipe e da organização desse trabalho, o que são características da Pesquisa Baseada em *Design*.

Sendo assim, retornando ao problema de pesquisa e a partir do que foi exposto, conclui-se que a PBD, por meio de suas características, demonstrou fortalecer nesse grupo de estagiários a construção de seus Conhecimentos Matemáticos para o Ensino de Geometria Espacial e do processo de ensino e aprendizagem. Ela também colaborou com a formação das pesquisadoras, porque ao trabalhar em equipe, de forma colaborativa, criou-se um ambiente de aprendizagem mútua, caracterizado pela troca de saberes teóricos e práticos e pela reflexão conjunta da prática docente e seus percalços.

Por fim, ressalta-se que o tema de estudo da pesquisa apresentada pode ser explorado em outras pesquisas, visto que, a partir da revisão de literatura realizada, até o presente momento, não havia outras pesquisas que tratassem desse assunto.

Referências

- COBB, Paul *et al.* Design experiments in education research. **Educational Researcher**, v. 32, n. 1, p. 9-13, Janeiro, 2003.
- GRAVEMEIJER, Koen; VAN EERDE, Doly. Design research as a means for building a knowledge base for teachers and teaching in mathematics education. **The Elementary School Journal**, 109(5), p. 510-524, Maio, 2009.
- HERRINGTON, Jan; REEVES, Thomas C. Using design principles to improve pedagogical practice and promote student engagement. **Proceedings ASCILITE 2011 – Changing Demands, Changing Directions**, p. 594-601, Dezembro, 2011.
- HURRELL, Derek P. What Teachers Need to Know to Teach Mathematics: An argument for a reconceptualised model. **Australian Journal of Teacher Education**, v. 38, n. 11, p.54-64, Novembro, 2013.
- KELLY, Antony. Design Research in Education: Yes, but is it Methodological? *In*: **Journal of the Learning Sciences**, v. 13, p. 115-128, Janeiro, 2004.
- LOBO DA COSTA, Nielce Meneguelo; POLONI, Marinês Yoli. Design based research: uma metodologia para pesquisa em formação de professores que ensinam matemática. **XIII Conferência Interamericana de Educação Matemática - CIAEM**. Recife, 2011.
- LOEWENBERG BALL, Deborah; THAMES, Mark Hoover; PHELPS, Geoffrey Charles. Content knowledge for teaching: What makes it special? **Journal of Teacher Education**, v. 59, p. 389-407, Novembro, 2008.

MATTA, Alfredo Eurico Rodrigues; SILVA, Francisca de Paula Santos da; BOAVENTURA, Edivaldo Machado. Design-based research ou pesquisa de desenvolvimento: metodologia para pesquisa aplicada de inovação em educação no século XXI. **Revista da FAEBA – Educação e Contemporaneidade**, v. 23, n. 42, p. 23-36, Julho/dezembro, 2014.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **Pesquisa Social: teoria, método e criatividade**. 21ª edição. Petrópolis: Vozes, 2002.

MOREIRA, José Antonio; SCHLEMMER, Eliane. Por um novo conceito e paradigma de educação digital onlife. **Revista UFG**, v. 20, n. 26, 2020.

RAMOS, Paula. **Ambiente Virtual Vivências: análise do processo de desenvolvimento na perspectiva da pesquisa baseada em design**. 2010. 240 f. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Saúde, Núcleo de Tecnologia Educacional para a Saúde) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

REEVES, Thomas C. Socially responsible educational technology research. **Educational Technology**, v. 40, n. 6, p. 19-28, Novembro/dezembro, 2000.

ROLDÃO, Maria do Céu. Função docente: natureza e construção do conhecimento profissional. **Revista Brasileira de Educação**, v.12, n.34, p. 94-103, Janeiro/abril, 2007.

VASCONCELOS, Claudia Cristina. **Ensino-Aprendizagem da Matemática: Velhos problemas, Novos desafios**. Lisboa: Editora Instituto Politécnico de Viseu, 2000.

WANG, Feng; HANNAFIN, Michael J. Design-based research and technology-enhanced learning environments. **Educational Technology Research and Development**, v.53, n. 4, p. 5-23, Dezembro, 2005.

Enviado em: 09/novembro/2022 | Aprovado em: 15/abril/2023