

O USO DA TEORIA DAS SITUAÇÕES DIDÁTICAS COM O APOIO DO GEOGEBRA NA FORMAÇÃO CONTINUADA DO PROFESSOR DE MATEMÁTICA

The Use Of The Theory Of Didactic Situations With The Support Of Geogebra In The Continuing Education Of Mathematics Teachers

Aline Maria da Silva CAMILO

Secretaria de Educação do Ceará, Fortaleza, Brasil
allynecamilo@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4403-8951>

Francisco Régis Vieira ALVES

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do estado do Ceará, Fortaleza, Brasil
fregis@ifce.edu.br

<https://orcid.org/0000-0003-3710-1561>

A lista completa com informações dos autores está no final do artigo ●

RESUMO

Este trabalho apresenta uma pesquisa realizada no contexto da formação continuada em serviço do professor de Matemática, mediante a aplicação de uma situação didática, constituída por uma situação-problema de Geometria plana, mais especificamente sobre área de figuras planas. O Objetivo do trabalho se deu em verificar como a TSD, auxiliada pelo GeoGebra, pode contribuir para a formação continuada em serviço do professor de Matemática. A metodologia de pesquisa utilizada foi a da Engenharia Didática de Formação (EDF), por ser apropriada ao cenário de formação docente. A fundamentação teórica, por sua vez, se deu por meio da Teoria das Situações Didática (TSD), que se refere a um modelo teórico de ensino, pautado por quatro fases dialéticas, a saber: ação, formulação, validação e institucionalização. Para tal, organizou-se um momento de formação, no qual teve como sujeitos, a princípio, um grupo de oito professores de Matemática do Ensino Médio, de duas escolas estaduais, localizadas no município de Caucaia/CE. Na ocasião, realizou-se a aplicação de uma situação didática, no intuito de analisar as ações e estratégias manifestadas no decorrer do processo. Como forma de auxiliar a percepção visual, durante a resolução da situação-problema, utilizou-se o *software* GeoGebra para visualização e manipulação dos elementos geométricos presentes. Em seguida, realizou-se um questionário final, a fim de verificar as percepções que os participantes tiveram ao vivenciarem as etapas da TSD. Destarte, ao final do estudo, ficou evidente que a formação realizada neste trabalho despertou o interesse dos professores participantes, em relação ao uso do GeoGebra em sala de aula, e ainda provocou, diante da análise dos preceitos advindos da TSD, uma reflexão de suas práticas docentes.

Palavras-chave: Formação de professores, Engenharia Didática de Formação, Geometria

ABSTRACT

This work presents research carried out in the context of in-service continuing education for Mathematics teachers, through the application of a didactic situation, constituted by a problem-situation of Plane Geometry, more specifically about the area of plane figures. The objective of this work was to verify how the TSD, aided by GeoGebra, can contribute to the continued in-service training of Mathematics teachers. The research methodology used was the Education Didactic Engineering (EDF), as it is appropriate for the scenario of teacher education. The theoretical foundation, in turn, was based on the Theory of Didactic Situations (TSD), which refers to a theoretical model of teaching, guided by four dialectical phases, namely: action, formulation, validation and institutionalization. To this end, a training moment was organized, in which the subjects, at first, were a group of eight high school Mathematics teachers, from two state schools, located in the

municipality of Caucaia/CE. On the occasion, a didactic situation was applied, in order to analyze the actions and strategies manifested during the process. As a way to help the visual perception, during the resolution of the problem situation, the GeoGebra software was used for visualization and manipulation of the present geometric elements. Then, a final questionnaire was carried out in order to verify the perceptions that the participants had when experiencing the TSD stages. Thus, at the end of the study, it was evident that the training carried out in this work aroused the interest of the participating teachers, in relation to the use of GeoGebra in the classroom, and even provoked, in the face of the analysis of the precepts arising from the TSD, a reflection of their teaching practices.

Keywords: Teacher Training, Training Didactic Engineering, Geometry

1 INTRODUÇÃO

Pensar e tecer reflexões acerca da prática pedagógica, considerando-se as necessidades e obstáculos, inerentes ao sistema de ensino, apresenta-se como um dos principais objetivos da formação continuada em serviço do professor. Diferente da formação continuada “clássica” (Flóride & Steinle, 2008) que, no geral, se baseia em uma racionalidade técnica, basicamente se apresentando como uma extensão e complementação da formação inicial (no que se refere à organização e metodologia utilizada), a formação continuada em serviço é entendida como uma espécie de “reflexão da reflexão da prática” (Garrido, 2000, p. 5 *apud* Salles, 2004, p. 5), onde os professores se transformam em sujeitos do seu próprio processo de conhecimento, partindo da ação para a teoria, em seu respectivo ambiente de trabalho (escola).

Pensando ainda no contexto da formação de professores, acredita-se que esta, organizada por meio da implementação de situações didáticas, que priorize a interação e o desenvolvimento autônomo e argumentativo do processo de conhecimento, propicia ao professor tanto uma reflexão de sua prática docente, como expande a possibilidade de um modelo de proposta pedagógica, que possa vir a ser implementado em sala de aula.

Define-se situação didática como sendo um conjunto de relações, estabelecidas entre o aluno e o professor, inseridos em um certo meio (*milieu*), onde o aluno deverá adaptar-se, de forma autônoma, sem a interferência (ou a mínima possível) do professor, perante situações desafiadoras que priorizem o raciocínio. Estas situações são utilizadas para representar o modelo teórico de ensino, desenvolvido por Guy Brousseau (2002,2008), voltado especialmente ao ensino da Matemática, denominado de Teoria das Situações Didáticas (TSD) que, por sua vez, se apresenta a partir da interação entre o professor, o aluno e o saber, por meio de suas quatro fases dialéticas: ação, formulação, validação e institucionalização, nas quais serão descritas e detalhadas mais à frente.

Desta forma, o objetivo geral deste trabalho consiste em verificar como a TSD, auxiliada pelo GeoGebra, pode contribuir para a formação continuada em serviço do professor de Matemática. Para tal, realizou-se um momento de formação, direcionado a professores de Matemática em exercício, conduzido pela elaboração e implementação de Situações Didáticas, com o intuito de observar as ações e estratégias manifestadas no decorrer do processo formativo. Ao final do processo de formação, realizou-se a aplicação de um questionário, entre os participantes, de modo a obter informações complementares acerca de suas concepções sobre as etapas da TSD, abordadas durante a formação. Tal realização, é parte principal de uma pesquisa de mestrado, que se propôs a analisar situações didáticas, elaboradas a partir de situações-problema, de Geometria plana/espacial, com a utilização dos pressupostos da TSD. Como forma de sintetizar este trabalho, será aqui explicitada somente uma situação, na qual abordará a Geometria plana.

Para auxiliar na compreensão e percepção visual dos elementos geométricos envolvidos na situação e, ao mesmo tempo, incentivar o seu uso em sala de aula, contribuindo para uma aprendizagem mais significativa e atrativa, pretende-se utilizar o *software* GeoGebra, como uma opção capaz de aliar o dinamismo com a tecnologia, no contexto do ensino da Geometria. O GeoGebra é um *software* dinâmico livre e gratuito, provido de vários recursos, nos quais permitem a construção e manipulação de elementos relacionados à Geometria (Geo) e à Álgebra (Gebra) (Gravina e Contiero, 2011).

Por fim, este trabalho foi fundamentado na Engenharia Didática de Formação (EDF), enquanto metodologia de pesquisa, na qual apresenta-se como uma engenharia, que propõe produzir recursos para o ensino regular e formação de professores (Perrin-Glorian & Bellemain, 2019). Pode também ser chamada de Engenharia Didática de segunda geração, uma vez que ela se apoia em uma primeira engenharia didática, no sentido clássico, denominada de Engenharia Didática (ED) (Artigue, 1988), porém com seu objeto de estudo estendido ao papel do professor, perpassando, assim como a ED, pelas suas quatro fases: (i) análises preliminares, (ii) concepção e análises *a priori*, (iii) experimentação, (iv) análise *a posteriori* e validação.

Portanto, nas seções vindouras, serão abordados alguns pressupostos das teorias que norteiam este trabalho, bem como a descrição das etapas da EDF que compuseram a metodologia desta pesquisa.

2 QUADRO TEÓRICO

A “Engenharia Didática de 2ª geração ou Engenharia Didática de Formação” (Alves & Catarino, 2019, p. 105), diz respeito a uma metodologia de pesquisa, do tipo qualitativa, voltada para a formação inicial ou continuada, apresentada como um recurso para o ensino e formação de professores. É nomeada de segunda geração por se fundamentar em uma primeira engenharia didática clássica (ED) (Perrin-Glorian & Bellemain, 2019).

A ED, surgida no início dos anos 80, no cenário da Didática da Matemática, dos anseios em desenvolver quadros teóricos e conceituais, próprios da Matemática, tinha como principal interesse de investigação a ação do aluno, por meio da concepção, realização, observação e análise de situações de ensino (Artigue, 1988). Ela compreende quatro fases: (i) análises preliminares; (ii) concepção e análise *a priori*; (iii) experimentação; (iv) análise *a posteriori* e validação.

Por outro lado, nos últimos anos da década de 80, verificou-se uma mudança nas investigações ligadas à ED, nomeada de Engenharia Didática de Formação (EDF) ou Engenharia Didática de 2ª geração (Alves & Catarino, 2019), com um maior interesse na observação da práxis docente, perspectivando a produção de recursos didáticos e a realização de formação inicial e continuada de professores (Perrin-Glorian & Bellemain, 2019). Portanto, de acordo com as autoras, deve-se considerar tanto as necessidades e questionamentos, revelados pelos professores, como os identificados pelos pesquisadores que, não necessariamente, se coincidem. Por fim, pelo fato de a EDF se basear na Engenharia Didática Clássica, ambas perpassam pelas mesmas quatro fases, conforme apresentadas anteriormente.

O quadro teórico se refere à Teoria das Situações Didáticas (TSD), que é caracterizada por um modelo teórico, desenvolvido também no contexto da Didática da Matemática, por Guy Brousseau (2002,2008), apresentada a partir de uma situação didática, na qual demonstra o interesse voltado à interação do professor, aluno e saber (Alves, 2016a). Por um lado, apresenta-se o professor, que manifesta tanto seus conhecimentos epistemológicos (na sua relação com o saber), como seus conhecimentos pragmáticos (ao elaborar e desenvolver situações que provoquem a aprendizagem nos alunos). Os alunos, por sua vez, são dotados de conhecimentos prévios, nos quais deverão ser aperfeiçoados e/ou corrigidos pelo professor, durante o processo de interação com o saber, respeitando suas necessidades e particularidades.

O aprendizado do aluno, portanto, ocorre mediante a sua adaptação a um meio (*milieu*), que provoca contradições, dificuldades e desequilíbrios, ocasionando a transformação de conhecimento em saber (Brousseau, 2008). Em outras palavras, o *milieu* é representado pelos vários recursos com os quais o aluno interage, com o objetivo de evoluir seus conhecimentos. Estes recursos podem compreender uma situação-problema, um jogo, uma história contada, uma simulação ou uma experiência realizada, e até mesmo os próprios conhecimentos dos colegas e do professor (Pommer, 2013).

É importante destacar que a responsabilidade pela produção do conhecimento não deve ficar a cargo, exclusivamente do professor, sendo necessário, em alguns momentos, interromper esta relação tradicional de ensino, para que, assim, os alunos sejam capazes de utilizar o conhecimento fora do sistema didático, em diferentes contextos (Perrin-Glorian & Bellemain, 2019). A este momento dá-se o nome de situação adidática, parte mais importante da aprendizagem, onde o estudante, age sobre o problema, de forma autônoma, não sofrendo nenhum tipo de controle direto por parte do professor (Brousseau, 2002).

Para que o docente tenha êxito neste processo, é necessário que ele realize uma escolha sensata de situações, capaz de provocar no discente o interesse em aceitar o problema, encarando-o como desafiador e, tomando para si uma parte da responsabilidade, por sua própria aprendizagem. Tal processo se caracteriza em uma ação de devolução, definida por Brousseau (2008, p. 91) como o momento no qual o professor “faz com que o aluno aceite a responsabilidade de uma situação de aprendizagem (adidática) ou de um problema e assume ele mesmo as consequências dessa transferência”

Brousseau (2002) ainda afirma que os matemáticos não transmitem seus conhecimentos da mesma forma em que os encontra. Eles alteram, dando uma forma mais geral possível. “Eles procuram situações que possam dar sentido ao conhecimento a ser ensinado” (Brousseau, 2002, p. 227, tradução dos autores). Assim, “o professor deverá recontextualizar e repersonalizar o saber científico” (Alves, 2016b, p. 60), remetendo ao conceito de transposição didática, denominada por Chevallard (1991), como sendo a passagem do saber sábio para o saber ensinado.

Desta maneira, o uso do GeoGebra, neste trabalho, apresenta-se como um exemplo de uma transposição didática, visto que os recursos, trazidos pelo *software*, possibilitam realizar uma transposição do saber científico para o saber ensinado, promovendo uma maior assimilação dos conceitos geométricos, presentes na situação didática proposta.

É importante destacar que o desenvolvimento da transposição didática, no sistema didático, não ocorre de maneira isolada, e sim associada, intrinsecamente, a outro

fenômeno: o contrato didático, definido por Brousseau (2002) como um conjunto de compromisso bilateral, entre professor e aluno, semelhantes a um contrato, onde se assumem um acordo de obrigações e responsabilidades, com suas regras voltadas para um saber específico que se deseja alcançar. Assim, a maneira como é conduzida um determinado contrato didático pode ou não apresentar fragilidades, ocasionando, então, em uma quebra de contrato didático. Brousseau (2002) afirma que estas quebras (ou rupturas) é que são importantes, visto que a partir disso, é possível impedir que venham a surgir possíveis dificuldades que possam prejudicar a dinâmica das situações didáticas.

Ainda, dentro do processo de transmissão do saber, Brousseau (2002) afirma que o aluno não adquire um novo conhecimento sem utilizar-se de conhecimentos anteriores. Ele, certamente, traz consigo saberes antigos, obtidos no decorrer de sua vivência, por muitas vezes acompanhados de erros, nos quais não podem ser ignorados e nem considerados como resultado de ignorância ou incerteza. Bachellard (1996) afirma que estes erros são formados por conhecimentos mal estabelecidos e, geralmente adquiridos empiricamente, devendo então, ser desconstruídos e corrigidos, para assim estabelecer o ato de conhecer, tornando-se então, um elemento relevante no processo de aprendizagem.

Por fim, a TSD divide o processo de interação, ou dialética com o meio e formalização do saber, em quatro fases diferentes. São elas:

- a) situação de ação: Tipo de uma situação adidática, promovida pela “sucessão de interações entre o aluno e o meio” (Brousseau, 2002, p. 9). Na ocasião, o aluno, de posse do problema, mobiliza seus conhecimentos prévios para formular meios de resolução do problema, sem nenhuma intervenção do professor.
- b) situação de formulação: momento de uma situação adidática onde ocorre a interação entre os alunos, por meio de uma linguagem compreensível a todos, com o intuito de compartilhar as estratégias adotadas e as soluções encontradas (Brousseau, 2008).
- c) situação de validação: momento de uma situação adidática em que os alunos demonstram a validade de suas construções, por meio de argumentos racionais, mesmo que incorretos, insuficientes ou desajeitados (Brousseau, 2002).
- d) situação de institucionalização: momento de uma situação didática, pois é realizada pelo professor, no qual resgata para si a responsabilidade pela aprendizagem, outrora transferida para os alunos (situação adidática), lhes

conferindo o estatuto do saber ou desconsiderando alguma de suas produções (Brousseau, 2008).

3 METODOLOGIA

Participaram desta pesquisa oito professores de Matemática (nomeados de P1 a P8), atuantes em uma das duas escolas participantes, localizadas na cidade de Caucaia/CE (nomeadas de escola A e escola B). Os quatro primeiros participantes atuavam na escola A e os quatro últimos, na escola B. P1 era formado em Engenharia de produção, P3 em Engenharia elétrica, e os demais possuíam o diploma de Licenciatura em Matemática. Os professores P1, P3, P6, P7 e P8 possuíam menos de 10 anos de profissão, enquanto que os outros tinham mais de 10 anos de experiência docente. O processo se deu de forma remota, com o arrimo das plataformas *Google Meet* e *WhatsApp*.

3.1 Análises Preliminares

Na fase das análises preliminares, que diz respeito às considerações, sobre o quadro teórico didático geral e os conhecimentos específicos, sobre o objeto de pesquisa (Machado, 1999), realizou-se uma análise epistemológica (características do saber em jogo) e didática (particularidades do funcionamento do sistema de ensino).

Em relação à análise epistemológica, elaborou-se um breve esboço sobre o desenvolvimento histórico do ensino da Geometria no Brasil, considerando-se sua relevância e seus obstáculos, onde constatou-se que a situação de tal ensino passou por momentos de dificuldades e abandono, no qual apresenta traços, consequentes desta fase, até os dias atuais (Santos & Nacarato, 2014).

Na análise didática, por sua vez, realizou-se uma investigação mais ampla, destacando-se, principalmente, uma apreciação das orientações curriculares oficiais, com ênfase nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN), nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). À vista desta análise, verificou-se que tais documentos oficiais apresentam uma preocupação com o ensino da Geometria (BRASIL, 2017), trazendo em seus contextos uma série de recomendações, que provoquem nos professores e pesquisadores “uma reflexão, elaboração, implementação e avaliações de alternativas para seu ensino” (Gabriel, 2017, p. 36).

Ainda realizou-se uma abordagem acerca da formação dos professores, relacionada ao ensino da Geometria, onde constatou-se a demanda por uma maior atenção nesta área de ensino (Nasser & Vieira, 2015), sendo preciso oferecer aos professores espaços de discussão e reflexão, para que eles possam vivenciar situações relevantes ao desenvolvimento de competências, habilidades, atitudes e (re) significações de suas concepções sobre o ensino geométrico. Santos e Nacarato (2014) expõem que pesquisas neste campo de investigação têm crescido, devido à ampliação dos programas de pós-graduação em Educação e em Ensino de Ciências e Matemática.

3.2 Conceção e Análise *a priori*

Esta fase desempenha um papel de orientação, para a elaboração das situações didáticas, verificando, assim, como as escolhas realizadas, possibilitam controlar a ação e o comportamento dos alunos e explicar seu sentido (Machado, 1999).

Portanto, nesta etapa, realizou-se o planejamento de uma situação didática, bem como a escolha da situação-problema, que foi aplicada no momento da formação, analisando as possíveis ações dos professores participantes, mediante o desafio surgido, “decorrente das possibilidades de ação, de escolha, de decisão, de controle e de validação de que ele disporá durante a experimentação” (Machado, 1999, p. 204).

Neste trabalho, portanto, será apresentada uma das situações, elaboradas na pesquisa de mestrado, propondo analisar as concepções dos professores, de acordo com a TSD e utilizando o GeoGebra como recurso auxiliar, tanto para a resolução do problema, como na perspectiva de mostrar aos professores os recursos oferecidos pelo *software*, incentivando, assim, o seu uso em sala de aula.

3.2.1 Situação Didática Profissional

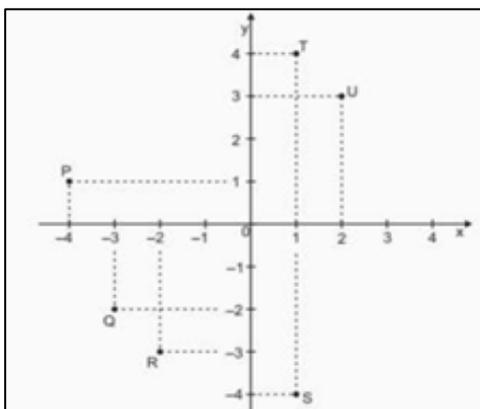


Figura 1: Item retirado do boletim pedagógico de Matemática do SPAECE 2017
Fonte: Adaptado de Ceará (2017, p. 45)

Observe os pontos P , Q , R , S , T e U no plano cartesiano acima. Calcule a área do polígono $PQRSUT$.

Na fase de ação, os participantes deverão agir sobre o problema, tentando desenvolver estratégias intuitivas ou racionais, diante das informações trazidas pelo enunciado, tais como: localizar os pontos no plano cartesiano; traçar a região delimitada pelos pontos; identificar o polígono formado; e reconhecer as figuras planas envolvidas e suas devidas áreas. É válido destacar que todas estas ações podem ser realizadas com o auxílio do GeoGebra. Além disso, espera-se que os professores em formação analisem as ações dos alunos, diante de tal situação, na busca de refletirem sobre a melhor maneira de conduzi-la em sala de aula.

Na fase de formulação, os participantes, já de posse de algum modelo de resolução definido, ou esquemas teóricos delineados, deverão realizar um debate de opiniões e estratégias, utilizando-se de uma linguagem compreensível a todos. Neste momento, é provável que eles sejam tentados a aplicar, de forma imediata, as fórmulas algébricas para o cálculo de áreas. Caso isso ocorra, a pesquisadora poderá incentivá-los a tentar criar uma estratégia de resolução, se desprendendo ao máximo de procedimentos mecanizados.

Na etapa de validação, é necessário o emprego de mecanismos de prova e demonstração, onde se mostrará evidente “o caráter da verdade e eliminação de possíveis incoerências e incongruências dos argumentos empregados” (Alves, 2016b, p. 62). Portanto, é esperado que neste momento os professores em formação apresentem suas estratégias adotadas para a resolução do problema, com um olhar voltado às necessidades e habilidades do aluno.

Por fim, na etapa de institucionalização, a pesquisadora deverá realizar um levantamento do que foi aferido, nos momentos anteriores, disponibilizando aos participantes a construção da figura da resolução no GeoGebra, para que assim eles possam confrontar com as suas resoluções, identificando as particularidades de cada método empregado, revendo os conceitos utilizados, realizando as correções necessárias e apresentando algumas preposições, considerando-se tudo o que foi produzido e explorado nas etapas anteriores.

3.3 Experimentação

De acordo com Almouloud (2007) este é o momento de se colocar em prática todo o dispositivo construído, colhendo dados necessários, para serem analisados posteriormente. Como já mencionado, a pesquisa ocorreu em duas escolas públicas estaduais do Ceará, denominadas de escola A e escola B, com oito professores (P1 a P8), sendo quatro de cada escola. Em um momento anterior à aplicação da situação, a pesquisadora apresentou as principais informações a respeito da pesquisa, além dos conceitos básicos sobre a TSD e o GeoGebra. Durante o momento de acordos e ajustes, para a realização da formação, o professor P3 optou por findar sua participação no processo, devido à indisponibilidade de tempo. Desta forma, a escola A ficou composta por três integrantes (P1, P2 e P4) e a escola B por quatro (P5, P6, P7 e P8).

Os encontros formativos ocorreram de forma remota, por meio das ferramentas de comunicação *Google Meet* e *WhatsApp*, além da utilização do *software* GeoGebra.

3.3.1 Experimentação da Situação Didática

De início, a pesquisadora compartilhou o enunciado da questão, na tela de apresentação do *Google Meet*, e disponibilizou a construção do problema no GeoGebra, via *WhatsApp*. Na ocasião, ela informou que os valores de cada um dos lados do polígono formado, poderiam ser consultados pelo recurso do GeoGebra, visto que o enunciado não trazia tal informação.

Assim, no momento de ação, os professores realizaram a leitura da situação-problema e começaram a traçar estratégias, mediante seus conhecimentos epistêmicos e pragmáticos. Eles também manipularam a figura no GeoGebra, onde perceberam que a união dos pontos, no plano cartesiano, formava a figura de dois polígonos (PSUT e PQRS), como mostrado a seguir:

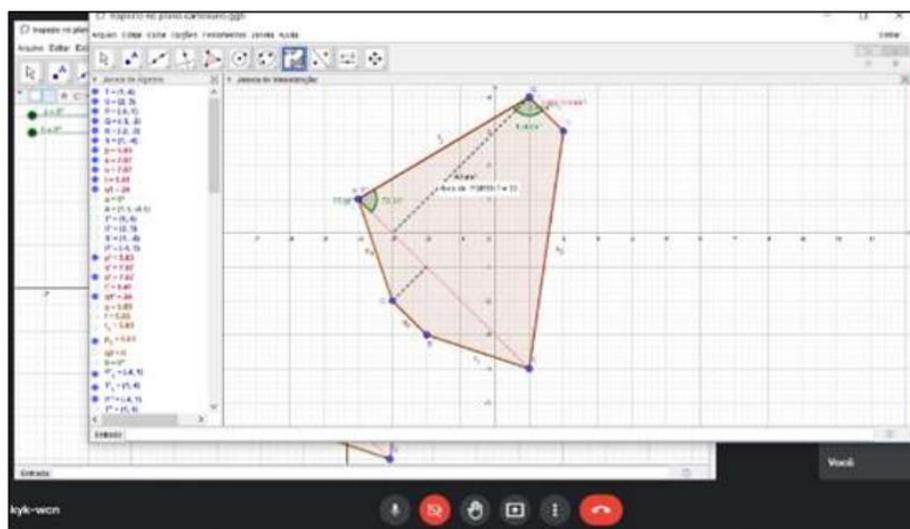


Figura 2: Ação de modelização da SDP no GeoGebra realizada pelo professor P4
 Fonte: Dados da pesquisa

No momento de formulação, observou-se alguns diálogos entre os professores, sobre a tentativa de padronizar uma resolução para o problema, como exposto a seguir, pelos professores da escola A:

P4: Dá para dividir em retângulos e triângulos aqui.

P2: É. Fazendo a decomposição... a base comum do trapézio vale quanto?

P4: 7,07...

P2: Eu ia dividir em dois triângulos nas laterais e um retângulo central, mas eu acho que ia dificultar muito. Melhor dividir em dois trapézios mesmo.

P4: Eu tinha pensado em dividir em triângulos e fazer pela Geometria analítica.

P2: Eu vendo dessa forma aqui, pelo trapézio, fica bem mais fácil... então a área total da figura dá 30 né?

P4: Não deu exatamente 30 não, deu 29,9768.

P2: Deu aproximadamente.

(Diálogo entre os participantes da escola A, 2021).

Pela fala dos professores, verifica-se que, a princípio, eles não adotariam a estratégia de dividir o polígono em dois trapézios. No entanto, após o contato com a construção no GeoGebra, acabaram por mudar suas estratégias iniciais, verificando assim, que o *software* agiu como um recurso visual, impulsionando o raciocínio geométrico dos participantes.

Na fase de validação, os professores apresentaram seus modelos algébricos estruturados, por meio de cálculos matemáticos, onde calcularam primeiramente a área do trapézio maior (PSUT) e depois a do trapézio menor (PQRS), para que, em seguida, chegasse à área total da figura, conforme apresentado na imagem a seguir:

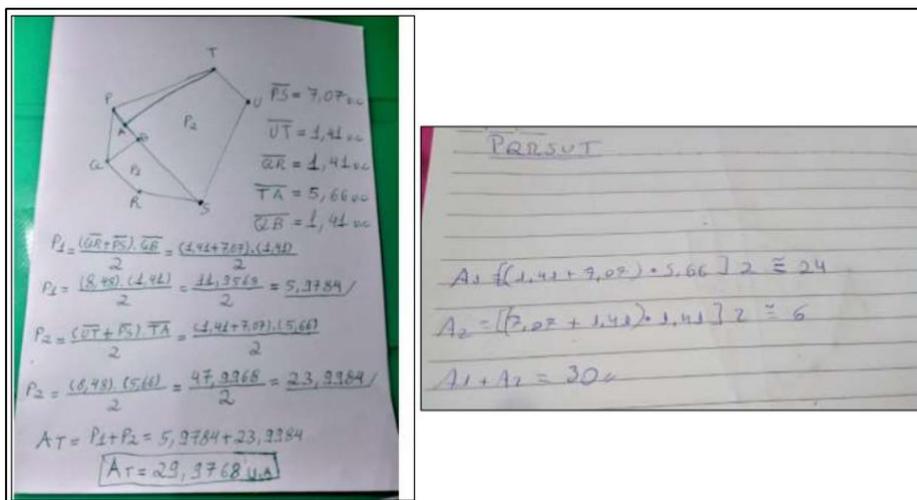


Figura 3: Resolução algébrica da SDP apresentada pelos professores da escola A e escola B, respectivamente
 Fonte: Dados da pesquisa

Convém destacar sobre uma solução diferente das demais, apresentada pelo professor P5, no qual utilizou o GeoGebra para auxiliar na manifestação do seu raciocínio:

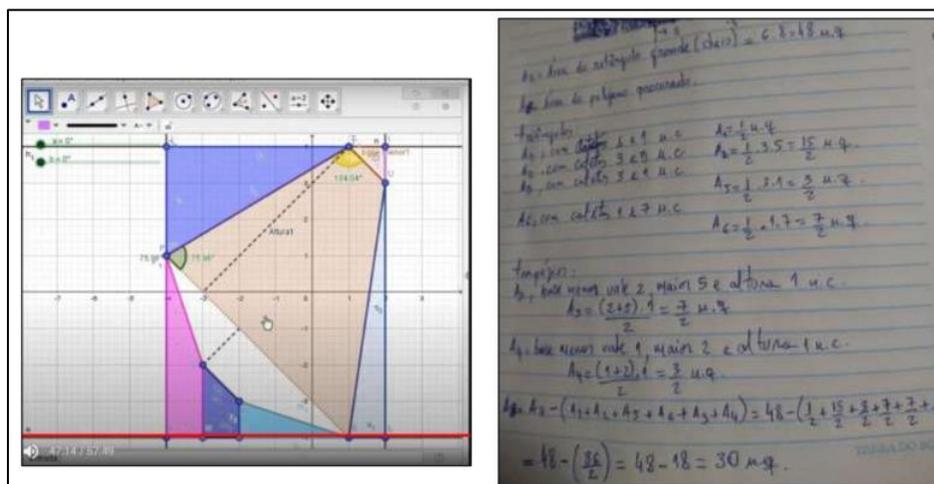


Figura 4: Modelização no GeoGebra e resolução algébrica da SDP realizada pelo professor P5
 Fonte: Dados da pesquisa

Observa-se pela Figura 4, que P5 delimitou o polígono em um retângulo, destacando a região externa, e separando-a em triângulos e trapézios, de medidas de lados conhecidas. Assim, diante de tal solução, verifica-se a manifestação dos conhecimentos pragmáticos do professor, diante da mobilização da Matemática do saber, auxiliada pelo recurso visual do GeoGebra. A solução algébrica, por sua vez, mostra a formalização do resultado das estratégias utilizadas, onde o mesmo buscou explicitar o passo a passo da resolução, de modo a tornar-se compreensível e aceito pelos demais participantes.

Por fim, na institucionalização, a pesquisadora validou as estratégias utilizadas, apresentando mais uma vez a construção do problema no GeoGebra. Com isto, foi possível, mostrar outras funções, não exploradas anteriormente, e associar a solução algébrica ao modelo construído, dando ênfase à demonstração visual, da fórmula da área do trapézio, através da formação de um paralelogramo e, seguidamente, à rotação deste, de modo a ficar paralelo ao eixo x, facilitando, assim, a visualização dos valores de suas medidas, conforme figura a seguir:

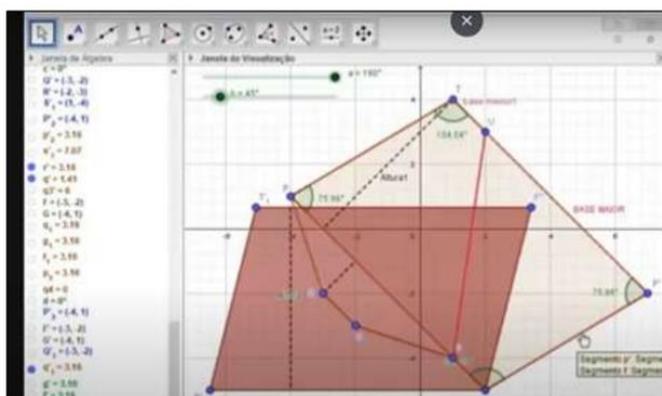


Figura 5: Utilização do GeoGebra na fase de institucionalização
Fonte: Dados da pesquisa.

Após a apresentação da construção, alguns professores supuseram que tal problema seria de difícil entendimento, sugerindo que seria necessário indicar ao aluno o que deveria ser feito. Este pensamento indica traços implícitos de um contrato didático, uma vez que, o professor continua associando a ideia de indicar caminhos para que o aluno consiga chegar à solução de um problema. Portanto, a pesquisadora provocou uma reflexão nos participantes, acerca do que fora abordado, mostrando a importância de o professor instigar os alunos a buscarem sozinhos soluções para o problema, para que assim os possíveis erros surgidos possam ser identificados, corrigidos e transformados em conhecimento (Brousseau, 2008). Além disso, a pesquisadora reforçou sobre a necessidade de desprender-se de fórmulas, mostrando, como no exemplo da área do trapézio, que se pode chegar à solução do problema, relacionando-o à visualização e percepções algébricas. Por fim, ainda houve uma recapitulação das fases da TSD, relacionando-as às ações desenvolvidas pelos professores, ao longo da resolução do problema.

3.3.2 Questionário final

A aplicação do questionário final se deu também de forma remota, sendo disponibilizado via *e-mail*, para os sete participantes que concluíram todo o processo formativo. Com a intenção de verificar a concepção dos professores, em relação ao uso do GeoGebra e à aplicação das etapas da TSD e seus pressupostos, em suas futuras aulas de Geometria. Em seguida, apresenta-se as perguntas contidas em tal questionário e suas devidas análises:

- 1) Como você avalia a contribuição que o uso do *software* GeoGebra trouxe para a resolução da situação-problema apresentada?
- 2) Como você avalia a contribuição que o uso do *software* GeoGebra traz para o ensino da Geometria?
- 3) Na sua opinião, o aporte do *software* GeoGebra pode ser um recurso tecnológico capaz de propiciar aos alunos uma melhor compreensão dos conceitos geométricos? Justifique.
- 4) De acordo com o vivenciado durante a sua participação nesta pesquisa, você acha que as quatro fases da Teoria das Situações Didáticas (TSD) podem promover aos alunos uma maior apreensão do saber matemático? Justifique.
- 5) De acordo com o vivenciado durante a sua participação nesta pesquisa, você conseguiu identificar uma ou mais ações docentes que podem vir a ser colocadas em prática no ensino da Geometria plana e espacial? Quais?
- 6) Na sua opinião, a sua participação nesta pesquisa, em geral, contribuiu na sua formação docente? Se sim, como? Faça um breve relato sobre o que você vivenciou nesses encontros.

A primeira questão investigava sobre a contribuição do GeoGebra para a situação-problema trabalhada. Neste caso, todos os participantes o avaliaram positivamente, destacando suas contribuições, trazidas para a solução do problema, tais como o fato de ter propiciado maior percepção visual, facilitando a construção e ideias e promovendo uma melhor compreensão dos objetos matemáticos envolvidos.

A segunda questão tratava acerca da contribuição do *software* para o ensino da Geometria. Todos eles concordaram com o apoio trazido pelo GeoGebra, destacando a capacidade do *software* em auxiliar na visão geométrica do aluno, permitindo ao professor

demonstrar, com mais facilidade, propriedades e modelos, favorecendo a aprendizagem geométrica.

A terceira questão indagava se o GeoGebra seria capaz de proporcionar ao aluno uma melhor compreensão dos conceitos geométricos. Os participantes responderam acreditar que sim, visto que o *software*, por ser de fácil visualização e manipulação, poderia permitir ao aluno uma melhor percepção e construção de conhecimento.

A quarta questão indagava se a TSD, por meio de suas quatro etapas, poderia propiciar uma maior apreensão do saber matemático. Os professores responderam que sim, enfatizando alguns pontos, tais como, o aluno ser o protagonista na situação-problema, a criação de um método investigativo e o fato de as quatro fases da TSD contribuir para uma melhor sistematização da construção dos conceitos.

A quinta questão indagava se, durante a formação, os participantes conseguiram identificar uma, ou mais ações docentes, possíveis de se colocar em prática, no ensino da Geometria. As principais ações citadas por eles foram: a utilização do GeoGebra; deixar o aluno produzir suas próprias inferências; e estimular a união entre os alunos, por meio de discussões e elaborações de estratégias.

Por fim, a última questão verificava com os participantes, se a formação havia contribuído, de alguma maneira, com sua profissão docente. Todos responderam que sim, citando alguns exemplos, tais como: a apresentação do GeoGebra como uma ferramenta tecnológica possível de ser utilizada em sala de aula; a contribuição para uma sistematização e solidificação da TSD; e a oportunidade de fazê-los pensar como os alunos, escalonando as possíveis dificuldades que eles enfrentariam.

3.4 Análise a posteriori e Validação

Esta etapa apresenta a última fase da EDF, onde foram tratados os dados coletados e os resultados alcançados, realizando uma análise das informações mais relevantes e possibilitando a realização da validação do que foi levantado na análise *a priori*.

Desta forma, de acordo com o previsto anteriormente, pôde-se verificar que os professores encontraram a solução do problema, por meio de seus conhecimentos prévios manifestados, e auxiliados pelo GeoGebra. Observou-se ainda, que a utilização do *software* propiciou uma melhor interpretação visual do problema, chegando a provocar mudanças nas estratégias iniciais dos participantes e a manifestação de diferentes raciocínios,

promovendo, assim, uma reflexão quanto à possibilidade de seu uso em sala de aula, conforme mencionado nas respostas do questionário final.

Ainda foi possível realizar uma análise e reflexão das concepções pragmáticas dos sujeitos, mediante às ações docentes, embasadas pelos pressupostos da TSD, sobretudo pelas suas quatro fases. De acordo com o previsto nas análises *a priori*, no momento de ação, por exemplo, os participantes envolveram-se no papel de aluno, podendo, dessa maneira, vivenciar as particularidades do problema e enxergar possíveis detalhes que antes, na função de professor, poderiam passar despercebidos. Na fase de formulação, foi possível provocar um ambiente de aprendizagem colaborativo, onde realizaram-se discussões de estratégias, mostrando então, a importância de reservar tal momento em sala de aula. Na validação, pôde-se verificar as construções algébricas e visuais, nas quais permitiram à pesquisadora realizar uma posterior reflexão, sobre a necessidade de demonstrar um raciocínio válido para as fórmulas matemáticas. Por fim, na fase de institucionalização, a pesquisadora listou as estratégias observadas, validou as soluções apresentadas e complementou a ação com uma reflexão sobre as práticas pedagógicas que pudessem ser utilizadas durante o momento de aplicação, de uma determinada situação didática, em sala de aula, com o auxílio do GeoGebra.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer deste trabalho buscou-se apresentar uma situação didática que envolvesse a Geometria plana, especificamente sobre a área de figuras planas. Na ocasião, a situação fora aplicada em um momento de formação continuada em serviço, de professores de Matemática, em duas escolas de Ensino Médio da rede estadual do Ceará. Este trabalho norteou-se segundo as orientações metodológicas da EDF, tendo a TSD como principal referencial teórico. Desta forma, traçou-se o objetivo geral, com o intuito de verificar como a TSD, auxiliada pelo GeoGebra, poderia contribuir em tal formação.

Assim, na fase das análises preliminares, realizou-se uma análise epistemológica e didática, por meio, respectivamente, da elaboração de um breve esboço sobre o desenvolvimento histórico do ensino de Geometria no Brasil e de uma apreciação dos principais documentos oficiais, norteadores da educação básica no Brasil, tais como as DCNs, os PCNs e a BNCC. Além disso, ainda na análise didática, observou-se a

importância de oferecer uma formação continuada, voltada ao ensino da Geometria, aos professores de Matemática.

Na segunda fase da EDF (concepção e análise *a priori*), executou-se o planejamento da situação didática escolhida, com o intuito de realizar um debate e provocar uma reflexão das práticas docentes, entre os participantes da pesquisa, auxiliando, assim, no desenvolvimento de suas habilidades e competências. Além disso, o GeoGebra apresentou-se como recurso auxiliar, na resolução do problema, proporcionando uma melhor percepção visual, na compreensão dos elementos matemáticos envolvidos, bem como incentivando os participantes a considerarem o seu uso em sala de aula. Em seguida, foram apresentadas possíveis ações, a serem realizadas, conforme transcorridas as quatro fases da TSD, nas quais iriam ser confirmadas ou refutadas na última fase da EDF.

Na fase de experimentação (terceira fase da EDF), apresentou-se os sujeitos da pesquisa, que consistiram em sete professores de Matemática (que participaram até o final do processo) de duas escolas de ensino médio da rede estadual de ensino. Os encontros ocorreram de forma virtual, por meio das ferramentas de comunicação *Google Meet* e *WhatsApp*. As ações dos participantes perpassaram por todas as fases da TSD, nas quais foram analisadas e mediadas pela pesquisadora que, na ocasião, buscava sempre provocar uma reflexão nos professores, acerca de suas práticas pedagógicas, no intuito de despertar mudanças em suas concepções pragmáticas, fazendo com que eles enxergassem, na prática, as particularidades e as dificuldades presentes em sala de aula.

Na etapa de análise *a posteriori* e validação (quarta etapa), realizou-se a confrontação e validação do conjunto de dados, obtidos na fase anterior, sendo possível analisar e validar os dados previstos na fase da análise *a priori*.

Sendo assim, na primeira etapa da TSD (fase de ação), observou-se um interesse dos participantes em traçar estratégias, diante da análise do problema apresentado, empregando seus conhecimentos prévios necessários para resolver a situação-problema.

Na fase de formulação, ocorreu um momento de discussão e debate dos procedimentos adotados por cada um dos participantes, onde verificou-se que, diante dos diálogos trocados, alguns deles mudaram suas estratégias, na tentativa de estabelecer um padrão de resolução mais simples e dinâmica.

A fase de validação foi o momento em que ocorreu a socialização das estratégias adotadas na resolução do problema, por meio da linguagem escrita, algébrica e dinâmica. É válido ressaltar que, apesar de a maioria ter utilizado o modelo algébrico, como validação

de suas ideias, observou-se que um dos participantes (P5) empregou o GeoGebra para tal fim.

Por fim, a fase de institucionalização foi conduzida pela pesquisadora, onde se explanou os procedimentos utilizados, ratificou-se os cálculos realizados e validou-se as soluções apresentadas. Na ocasião, utilizou-se o GeoGebra, para confrontar o modelo computacional com o modelo matemático, apresentado pelos participantes e, ainda mostrar as diversas possibilidades de seu uso, enfatizando a importância do *software*, no processo de ensino das propriedades geométricas. Desta forma, foi possível verificar que tal momento propiciou despertar nos participantes o interesse do uso do GeoGebra em sala de aula.

A aplicação do questionário final, que buscou investigar a visão dos sujeitos participantes, em relação ao uso do GeoGebra e à utilização da TSD, ajudou a confirmar a influência da teoria, auxiliada pela utilização do GeoGebra, no processo formativo, permitindo verificar as transformações ocorridas e as novas concepções adquiridas pelos professores, provocando, assim, mudanças em suas práticas docentes.

Portanto, com a aplicação deste estudo, constatou-se que a TSD, mediante suas quatro fases, com o auxílio do *software* GeoGebra, contribuiu, de forma exitosa, para o processo de uma formação continuada em serviço, uma vez que, provocou nos professores participantes, o interesse e reflexão das suas práticas docentes, contribuindo para o ensino da Geometria, sobretudo dos conteúdos explorados na situação didática.

Desta forma, espera-se que a realização deste trabalho sirva de aporte ao ensino da Geometria, pautada nos preceitos da EDF e TSD, com o auxílio da inserção do *software* GeoGebra, visando a adoção de tais metodologias nas práticas docentes, favorecendo na melhoria do processo de ensino e aprendizagem da Matemática.

REFERÊNCIAS

- Almouloud, S. A. (2007). *Fundamentos da didática da Matemática*. UFPR.
- Alves, F. R. V. (2016a) Didática da Matemática: Seus pressupostos de ordem epistemológica, metodológica e cognitiva. *Interfaces da Educação*, 7 (21), 131-150.
- Alves, F. R. V. (2016b) Teoria das Situações Didáticas (TSD): Sobre o ensino de pontos extremantes de funções com arrimo da tecnologia. *Sala de aula em foco revista eletrônica*, 5 (2), 59-68.

- Alves, F. R. V., Catarino, P. M. M. (2019) Situação Didática Profissional: um exemplo de aplicação da Didática Profissional para a pesquisa objetivando a atividade do professor de Matemática no Brasil. *Indagatio Didactica*, 11 (1), 103-129.
- Artigue, M. (1988) Ingénierie Didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 9 (3), 281-308.
- Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Traduzido por: Estela dos Santos Abreu. CONTRAPONTO.
- Brasil (2017). Ministério da Educação. *Base nacional comum curricular: Ensino médio*. Brasília, DF: MEC.
- Brousseau, G (2002). *Theory of Didactical Situations in Mathematics: Didactique des Mathématiques, 1970-1990*. Edição e Tradução de N. Balacheff, M. Cooper, R. Sutherland e V. Warfield. New York, Boston, Dordrecht. KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS.
- Brousseau, G (2008). *Introdução ao estudo da teoria das situações didáticas: Conteúdos e métodos de ensino*. ÁTICA.
- Ceará. (2017). Secretaria da Educação do Estado do Ceará. SPAECE. *Boletim do professor – Matemática*. CAED.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposición didáctica: Del saber sabio al saber enseñado*. Traduzido por Claudia Gilman. AIQUE.
- Flóride, M. A.; Steinle, M. C. B. (2008). *Formação continuada em serviço: uma ação necessária ao professor contemporâneo*. Portal Educacional do Paraná. Secretaria do Estado de Educação do Paraná.
- Gabriel, L. S. (2017). *Contributos de uma sequência didática para o ensino de quadriláteros: compreensões a partir da Teoria das Situações Didáticas*. 145f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) – UNIVERSIDADE CRUZEIRO DO SUL/SP.
- Gravina, M. A.; Contiero, L. O. (2011). Modelagem com o GeoGebra: uma possibilidade para a educação interdisciplinar? *CINTED – UFRGS Novas tecnologias na Educação*, 9 (1), 1-10.
- Machado, S. D. A. (1999). Engenharia Didática. In: Machado, S. D. A. et al. (orgs.). *Educação Matemática: uma introdução*, 197-208. EDUC.
- Nasser, L.; Vieira, E. R. (2015). Formação de professores em Geometria: Uma experiência no ciclo de alfabetização. *VYDIA*, 35 (2), 19-36.
- Perrin-Glorian, M. J. & Bellemain, P. M. B. (2019). L'ingenierie didactique entre recherche et ressource pour l'enseignement et la formation des maîtres. *Caminhos da Educação Matemática em Revista/Online*, 9 (1), 45-82.

- Pommer, W. M. (2013). *A Engenharia Didática em sala de aula: Elementos básicos e uma ilustração envolvendo as Equações Diofantinas Lineares*. TABS.
- Salles, F. C. (2004). A formação continuada em serviço. *Revista Iberoamericana de Educación*, 33, 1-8.
- Santos, C. A. S.; Nacarato, A. M. (2014). *Aprendizagem em Geometria na educação básica: a fotografia e a escrita na sala de aula*. 1 ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora.

NOTAS DA OBRA

TÍTULO DA OBRA

O uso da Teoria das Situações Didáticas com o apoio do GeoGebra na formação continuada do professor de Matemática

Aline Maria da Silva Camilo

Mestrado em Ensino de Matemática
Secretaria de Educação do Ceará, Fortaleza, Brasil
allynecamilo@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4403-8951>

Francisco Régis Vieira Alves

Doutorado em Ensino de Matemática
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do estado do Ceará/ IFCE, Fortaleza, Brasil
fregis@ifce.edu.br
<https://orcid.org/0000-0003-3710-1561>

Endereço de correspondência do principal autor

Rua Alexandre Rolim, 149, CEP: 61.621-210, Caucaia, CE, Brasil.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento aos professores participantes da pesquisa.

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Concepção e elaboração do manuscrito: A M S Camilo, F R V Alves

Coleta de dados: A M S Camilo

Análise de dados: A M S Camilo

Discussão dos resultados: A M S Camilo

Revisão e aprovação: A M S Camilo, F R V Alves

CONJUNTO DE DADOS DE PESQUISA

Todo o conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo foi publicado no próprio artigo.

FINANCIAMENTO

Não se aplica.

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), mediante o número de Parecer: 4.648.023 na data de 14 de Abril de 2021.

CONFLITO DE INTERESSES

Não se aplica

LICENÇA DE USO – uso exclusivo da revista

Os autores cedem à **Revemat** os direitos exclusivos de primeira publicação, com o trabalho simultaneamente licenciado sob a [Licença Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY) 4.0 International. Esta licença permite que **terceiros** remixem, adaptem e criem a partir do trabalho publicado, atribuindo o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico. Os **autores** têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão

do trabalho publicada neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico.

PUBLISHER – uso exclusivo da revista

Universidade Federal de Santa Catarina. Grupo de Pesquisa em Epistemologia e Ensino de Matemática (GPEEM). Publicação no [Portal de Periódicos UFSC](#). As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

EQUIPE EDITORIAL – uso exclusivo da revista

Méricles Thadeu Moretti
Rosilene Beatriz Machado
Débora Regina Wagner
Jéssica Ignácio
Eduardo Sabel

HISTÓRICO – uso exclusivo da revista

Recebido em: 16-05-2024 – Aprovado em: 09-07-2024

