

O ENSINO DE FUNÇÃO AFIM COM SUPORTE DO GEOGEBRA: UMA PRÁTICA EDUCATIVA BASEADA NA TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS

TEACHING AFFINE FUNCTION WITH GEOGEBRA SUPPORT: AN EDUCATIONAL PRACTICE BASED ON THE CONCEPTUAL FIELDS THEORY

ENSEÑANZA DE LA FUNCIÓN AFÍN CON SOPORTE GEOGEBRA: UNA PRÁCTICA EDUCATIVA BASADA EN LA TEORÍA DE LOS CAMPOS CONCEPTUALES

Paulo Vitor da Silva Santiago¹ & Francisco Régis Vieira Alves²

¹Universidade Federal do Ceará, Brasil

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Ceará, Brasil
paulovitor.paulocds@gmail.com

RESUMO | Este trabalho vai apresentar os resultados de uma investigação sobre o conteúdo de função afim com o suporte do *software* GeoGebra, fundamentada na Teoria dos Campos Conceituais no contexto do ensino híbrido, utilizando a metodologia de ensino sala de aula invertida. A metodologia inserida foi o estudo de caso de uma pesquisa qualitativa, estruturado com uma turma de 38 estudantes do 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública de tempo integral brasileira. A atividade foi desenvolvida a partir da construção denominada função afim, disponível na plataforma GeoGebra, e estruturada em dois encontros, um de forma remota e outro presencial. Os resultados apresentados são do uso da Teoria dos Campos Conceituais no estudo da função afim utilizando uma concepção dinâmica do GeoGebra. Consideramos que o entendimento da relação entre os coeficientes durante o manuseio dos parâmetros no gráfico de uma função afim com uso da tecnologia digital é importante no ensino e aprendizagem.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologia digital, GeoGebra, Sala de Aula Invertida, Ensino Híbrido, Função Afim.

ABSTRACT | This paper aims to present the results of an educational practice of teaching about the affine function with the support of GeoGebra software, based on the Conceptual Fields Theory in the context of hybrid teaching, using the flipped classroom teaching methodology. The methodology: case study, structured with a class of 38 high school students from a Brazilian full-time public school. The activity was developed from the construction called affine function, available on the GeoGebra platform, and structured in two meetings, one remotely and the other face-to-face. The results: present the need to investigate the study of the affine function using a dynamic conception in GeoGebra, starting from the understanding of the relationship between the coefficients during the handling of the parameters in the graph of an affine function by digital technology important in student learning.

KEYWORDS: Digital Technology, GeoGebra, Flipped Classroom, Hybrid Learning, Affine Function.

RESUMEN | Este trabajo tiene como objetivo presentar los resultados de una práctica educativa de enseñanza sobre la función afín con el apoyo del software GeoGebra, basada en la Teoría de Campos Conceptuales en el contexto de la enseñanza híbrida, utilizando la metodología de enseñanza flipped classroom. La metodología: estudio de caso, estructurado con una clase de 38 alumnos de secundaria de una escuela pública brasileña a tiempo completo. La actividad se desarrolló a partir de la construcción denominada función afín, disponible en la plataforma GeoGebra, y se estructuró en dos encuentros, uno a distancia y otro presencial. Los resultados: presentan la necesidad de investigar el estudio de la función afín utilizando una concepción dinámica en GeoGebra, a partir de la comprensión de la relación entre los coeficientes durante el manejo de los parámetros en el gráfico de una función afín por la tecnología digital importante en el aprendizaje de los estudiantes.

PALABRAS CLAVE: Tecnología digital, GeoGebra, Flipped Classroom, Aprendizaje híbrido, Función afín.

1. INTRODUÇÃO

A matemática, com o uso de recursos tecnológicos, enfrenta diversos desafios na perspectiva de tornar essa disciplina mais interessante, atrativa e próxima ao cotidiano em que o estudante está inserido. Ao lidarmos com esses desafios, considerados inovadores, é possível notar que o uso das Tecnologias Digitais (TD) tem como objetivo aprimorar o processo de ensino e aprendizagem, motivando os estudantes em sala de aula e tornando as aulas cada vez mais interativas, utilizando recursos tecnológicos para promover o desenvolvimento de novas metodologias educacionais. Segundo Silva e Novello (2019, p. 4), as TD “[...] não pode ser vista como, mais um recurso a ser incorporado nas salas de aula, mas como possíveis inovações que poderão desencadear a transformação nos diferentes espaços educacionais”.

A aprendizagem precisa ser, necessariamente, transformadora, exigindo do professor uma compreensão de novos significados para a aula, relacionando-os às experiências adquiridas e às experiências dos estudantes, permitindo a estruturação de problemas que estimulem, instiguem e experimentem novas aprendizagens. Nesse contexto, Bacich (2016) surge com a perspectiva da sala de aula invertida, com o propósito de uma abordagem pedagógica que interage nas atividades desenvolvidas em dentro e fora da sala de aula por meio das TD. Dessa forma, neste método de ensino, o objetivo é tornar o estudante autônomo, ágil e responsável pelo seu conhecimento a fim de envolvê-lo no aprendizado.

Em meio a uma variedade de mudanças, os resultados das avaliações externas revelam o que os estudantes em geral sabem a respeito de um tema específico. No Brasil, essas avaliações têm se tornado referência de indicadores de qualidade educacional, sendo utilizadas em todos os níveis de ensino. Ao contrário das avaliações realizadas no Brasil, o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) possibilita o confronto de conhecimentos e habilidades dos estudantes, mostrando os resultados do progresso de ensino e aprendizagem dos 37 países-membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), além de 42 países/economias parceiras (Brasil, 2019).

Os estudantes enfrentam dificuldades de compreensão na educação básica com os estudos das funções, especialmente a função afim (Antunes & Nogueira, 2022), para assimilar problemas e relacionar os parâmetros da função com os coeficientes da construção gráfica.

Para compreender as dificuldades enfrentadas, analisamos os resultados da pesquisa apresentada neste trabalho sob a perspectiva da Teoria dos Campos Conceituais, criada por Gérard Vergnaud, matemático, filósofo, psicólogo francês e estudante de educação matemática. De acordo com Vergnaud (1990), o campo conceitual é constituído por um conjunto de propriedades, situações, representações simbólicas e teoremas relacionados aos conteúdos da análise conceitual do domínio. Neste pesquisa, nos interessamos pelas relações entre as situações-problemas e pela estruturação progressiva das relações número e espaço da álgebra. O professor pesquisador considera dois momentos importantes no estudo: a diversidade (variedade de contextos associados às filiações e rupturas do conteúdo conceitual) e a história (o progresso da apresentação contextual do conteúdo).

Com base nessas premissas e levando em conta a estruturação do Campo Conceitual da Função Afim, apresentamos o *software* GeoGebra, que empregamos uma construção chamada “estudo da função afim”, para compreender como os estudantes relacionam o conceito de função afim, seus elementos matemáticos e o uso do comando controle deslizante para movimentação

do gráfico, por meio de uma situação didática dinâmica. “GeoGebra é um programa de *software* concebido tanto para o ensino quanto para a aprendizagem, cujo objetivo principal é tornar os conceitos matemáticos mais claros e fáceis de serem compreendidos pelos alunos” (Ziatdinov & Valles Júnior; 2022, p. 1, tradução nossa).

A questão de pesquisa foi: quais aprendizados a Sala de Aula Invertida com a inclusão do GeoGebra pode proporcionar ao ensino de função afim, com base na Teoria dos Campos Conceituais? Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi analisar as contribuições do *software* GeoGebra para o ensino de conceitos de função afim: coeficientes e gráfico da função, sob a perspectiva da Teoria dos Campos Conceituais no contexto do Ensino Híbrido, usando a metodologia de ensino Sala de Aula Invertida.

A metodologia inclusa para a elaboração desta pesquisa foi de natureza qualitativa, do tipo de estudo de caso, pois segundo Yin (2001), o delineamento acontece a partir de questões norteadoras do tipo “como” e “por que”. Dessa forma, verificamos a disponibilidade dos estudantes em relação à atividade proposta pelo professor, bem como seus interesses e conjecturas de aprendizado sobre o conteúdo de função afim com o uso do GeoGebra.

A prática educativa proposta foi realizada em uma escola de tempo integral localizada na cidade de Quixeramobim, Ceará, Brasil, com uma turma de 1.º ano do Ensino Médio Integral (faixa etária entre 15 a 17 anos), composta por 38 estudantes. O trajeto foi dividido em dois encontros, um de forma remota (assíncrona – virtual) e outro de forma presencial, no *lócus* da escola. A coleta de dados foi feita por meio de gravações de áudios, fotos das anotações dos estudantes, as práticas realizadas e postadas na plataforma virtual Google Sala de Aula (*Classroom*) na plataforma do GeoGebra.

Por fim, nos próximos tópicos, apresentaremos a base teórica deste estudo, abordando as perspectivas e obstáculos no ensino da função afim em questão, a Teoria dos Campos Conceituais e sua conexão com as TD no Ensino de Matemática, o GeoGebra e o cenário do Ensino Híbrido, além da descrição da metodologia deste estudo, seus principais resultados, conclusões e implicações.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O estudo da função afim requer conhecimento algébrico e compreensão do gráfico em relação ao movimento da reta, além da capacidade própria do seu entendimento em problemas, o que ainda é um desafio imenso para os estudantes da educação básica, como apresentam os estudos (Silva & Pitanga, 2018; Oliveira & Romão, 2018; Correa, Meneghetti & Poffal, 2020).





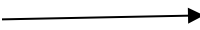

De acordo com Correa et al. (2020), o trabalho com funções afins em sala de aula é realizado, na maioria das vezes, com aplicação de avaliações e por meio de métodos tradicionais na resolução de problemas, nas quais pouco se sugere, na perspectiva das tarefas, o uso de questões como forma de aperfeiçoar o conhecimento matemático sobre este assunto. Oliveira e Romão (2018) descrevem sobre o aprendizado durante o desenvolvimento algébrico e as habilidades profissionais em situações desafiadoras dentro do conceito de função afim. Ao ensinar funções, esses autores afirmam que os conteúdos abrangem princípios, comportamentos e normas para o aprendizado. Segundo Silva e Pitanga (2018), referem que é possível usar o

software GeoGebra para resolver problemas, ou seja, para explorar os conteúdos de função afim antes de apropriar-se dele.

Dessa forma, é possível notar que Vergnaud (1996; 2009b) apresenta dois campos conceituais que estão ligados a conceitos matemática, sendo: o Campo Conceitual das Estruturas Aditivas e o Campo Conceitual das Estruturas Multiplicativas. O autor fala sobre seis classes de estruturas aditivas: composições de medidas, transformação de medidas, comparação de medidas, composições de duas transformações, transformações de uma relação e composição de duas relações, as quais são compostas por relações ternárias que se conectam entre si.

Em resposta aos problemas de estruturas multiplicativas, Vergnaud (1996; 2009b) apresenta cinco classes, conforme demonstrado por Gitirana, Magina, Spinillo e Campos (2014), sob as seguintes denominações: comparação multiplicativa; produto de medidas; proporção simples; proporcionalidade múltipla e função bilinear. Dessa forma, as classes de comparação multiplicativa e produto de medidas estão relacionadas às ternárias, que ligam três elementos entre si; já as outras classes proporção simples, função bilinear e proporcionalidade múltipla têm relações quaternárias, que unem quatro elementos. As classes de problemas são representadas por uma nomenclatura, um símbolo e uma descrição (Vergnaud, 2009b), permitindo que os cálculos sejam relacionados com o problema apresentado no presente trabalho. Todas as nomenclaturas estão relacionadas (Quadro 1) por desenhos e descrições para auxiliar no enunciado do problema.

Quadro 1 - Nomenclatura de símbolos com descrição

Nomeclatura	Símbolo	Descrição
Retângulo		número natural
Círculo		número relativo
Chave vertical		composição de elementos matemáticos de mesma natureza
Chave horizontal		
Flecha horizontal		transformação/relação da estruturação de elementos matemáticos de natureza diferente
Flecha vertical		

Fonte: Adaptado de Vergnaud (2009, p. 201).

No problema misto, Vergnaud (2009b) fala sobre situações matemáticas que envolvem relações e questões, e que podem ajudar o estudante a resolver o problema de várias formas e métodos. Esses problemas mistos carecem de interpretações textuais para que os estudantes possam identificar as relações entre cada elemento do campo aditivo e multiplicativo, bem como desenvolver cálculos relacionais e numéricos, podendo incluir um suporte tecnológico para o procedimento que permita a solução da questão.

Quadro 2 - Expressões analíticas por categoria e suas relações

Categoria	Expressão analítica
Proporção simples	$y = ax$
Produto de medida	$y = ax$
Composição de medidas	$y = ax$ ou $y = \pm ax \pm b$
Proporção simples e composição de medidas	$y = ax \pm b$
Proporção simples e transformação de medidas	$y = b \pm ax$
Comparação multiplicativa e composição de medidas	$y = ax + b$
Comparação multiplicativa e transformação de medidas	$y = ax$
Proporção simples, composição de transformações e transformações de medidas	$y = ax + b$
Comparação multiplicativa e proporção simples	$y = ax$

Fonte: Adaptado de Miranda (2019, p. 148).

Dos 30 tipos de classes para os problemas mistos, Miranda (2019) descreve que eles estão inclusos nas classes de problemas dos campos aditivo e multiplicativo. A pesquisadora identificou, em livros didáticos para o 9º ano do Ensino Fundamental e o 1.º ano do Ensino Médio, oitenta e nove problemas de matemática relacionadas à função afim, pertencentes a uma das nove classes de problemas mistos identificadas nas obras analisadas. Miranda (2019), demonstra que os problemas de função afim são flexíveis de serem analisados, através de estudos que se referem às estruturas aditivas e multiplicativas.

Vergnaud (2009b), em sua teoria, descreve que um conceito não se estrutura sozinho e de forma independente. Dessa forma, são realizados estudos sobre as relações entre os conceitos envolvidos em situações-problemas que envolvem zero da função, gráfico e movimento da reta, respectivamente. Além disso, de acordo com Vergnaud (2009b), a explanação dos tipos de relações entre deduções e visualizações que podem ser consideradas para cada tipo de problema.

Alves (2019) aponta que, na perspectiva de Vergnaud (1990), que “[...] sua integração em estudos voltados para a compreensão da aprendizagem por intermédio das atividades [...]” sustenta a compreensão do processo compreensivo e adaptativo da organização da tarefa, do sujeito, do docente de matemática, do seu ambiente de trabalho e, sobretudo, do desenvolvimento do educador competente e atuante.

No que diz respeito ao uso da TD em funções afins, o documento que estabelece as matrizes curriculares brasileiras – a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) – reforça que as TD na educação não se limitam a utilizá-las como suporte para proporcionar aprendizagens ou estimular o interesse dos estudantes, mas sim a utilizá-las com os estudantes para estruturar seus conhecimentos através do uso de tecnologias educacionais (Brasil, 2018). Assim como, no método proposto de atividade, utilizando registros manuais em papel e a ajuda de um programa, *software*, plataforma ou aplicativo digital educacional.

Dessa forma, apresentamos nesta pesquisa uma atividade que tem como objetivo o ensino da função afim com a utilização da TD através do GeoGebra, um *software* que realiza construções matemáticas direcionadas ao ensino de matemática. Na Figura 1, é possível observar que a plataforma do GeoGebra aborda diversos tópicos de matemática (Materiais):



Figura 1 Plataforma de materiais do GeoGebra (<https://www.geogebra.org/materials>).

Ao optar pelo uso do GeoGebra como recurso tecnológico, o professor pode aplicar suas construções armazenadas na plataforma ou selecionar um dos autores listado na Figura 1, conforme ilustrado ajustando a TD ao seu planejamento pedagógico. Na Figura 2 um exemplo de material na plataforma GeoGebra, denominada “Gráficos e equações da Função Afim”:

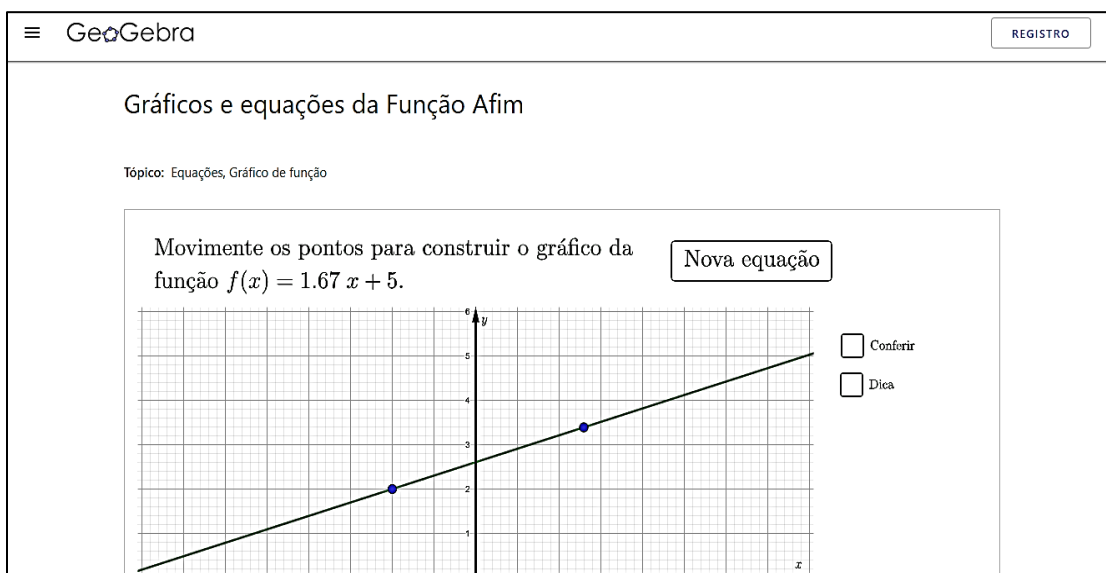


Figura 2 Exemplo de material didático na plataforma GeoGebra (<https://www.geogebra.org/m/gpfvb4qp>).

Neste material, o professor aplica o tema de gráfico de uma função afim, em que os estudantes tiveram a oportunidade de movimentar (controle deslizante) os pontos da reta para

solucionar a função descrita, tendo a caixa de marcação “Conferir” e “Dica”, no que lhe diz respeito, podem auxiliar na resolução da questão. O estudante também tem a oportunidade de ver a opção de vídeo depois que marcar “Conferir” e a “Solução”, buscando uma forma de aprendizado no tópico de Matemática, assim, o conceito de gráfico da função afim é melhor compreendida, diante do exemplo da Figura 2.

De acordo com Oliveira (2021), é possível usar comandos disponíveis no GeoGebra para ajudar os estudantes a aprender matemática, como: “[...] modificar funções através do controle deslizante; obtenção de pontos especiais das funções, como raízes, valor máximo ou mínimo, intersecção com os eixos; resolver derivadas e integrais; dentre outros” (Oliveira, 2021, p. 41).

O *software* GeoGebra é um recurso tecnológico que tem grande potencial para auxiliar o estudante no seu aprendizado sobre a função afim. Ele pode analisar os comandos de forma manipulável e participativa, relacionando seus conceitos com as imagens gráficas das estruturas a partir do manuseio de suas funções, tornando-se uma ferramenta facilitadora da aprendizagem. Diante do cenário do COVID-19, reiteramos que a atividade descrita neste estudo foi realizada na modalidade de Ensino Híbrido. Segundo Bacich (2016, p. 4), essa modalidade se divide em “[...] dois ambientes de aprendizagem, a sala de aula considerada tradicional e o ambiente virtual de aprendizagem estão tornando-se gradativamente complementares”.

Em relação à metodologia de sala de aula invertida, de acordo com Pavanelo e Lima (2017), a metodologia ativa de aprendizagem pode facilitar ações voltadas à aprendizagem interativa no ambiente escolar e criar diretrizes baseadas em recursos digitais fora da sala de aula, com a notável característica de que o tempo de aula não é usado para exposições na sala de aula, mas sim para atividades interativas em grupos ou individuais.

Com a inclusão da metodologia ativa de sala de aula invertida, o que antes era apenas uma tarefa tradicional de casa, passou a ser realizada em sala de aula, trazendo situações do cotidiano para o ambiente escolar de forma presencial, uma vez que os conceitos e definições mais difíceis podem ser analisados pelo professor durante a aula, uma vez que se supõe que o estudante chega à sala de aula com conhecimentos prévios sobre o conteúdo (Bacich, 2016).

Diante do que foi apresentado, no tópico seguinte apresentaremos as descrições do processo metodológico deste trabalho, com a prática educativa implementada.

3. METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO

A metodologia utilizada neste trabalho é qualitativa, do tipo estudo de caso, no qual analisamos o progresso dos estudantes em relação à atividade oferecida pelo *software* GeoGebra, que está relacionada ao modelo de ensino de sala de aula invertida. Dessa forma, temos uma descrição do problema a partir da situação em que a investigação está sendo desenvolvida (Gil, 2002).

A análise dos dados é descritiva, uma vez que esse tipo de análise visa descrever e compreender os momentos ao longo da aplicação da situação. Assim, descrevemos os momentos interativos que envolvem o GeoGebra nas aulas de Matemática. A ideia foi estruturar uma interpretação dos dados, que, de acordo com Gil (2002), estabelece uma conexão entre os resultados obtidos e outros resultados conhecidos, sejam eles teóricos ou de pesquisas anteriores. Nesta situação, relacionamos nossa interpretação dos dados à Teoria dos Campos

Conceituais e às dificuldades de aprendizado relacionadas à função afim em questão já mencionadas na pesquisa.

Dessa forma, escolhemos aplicar, neste estudo, a experimentação de uma metodologia diferente da tradicional, pois, em geral, a sala de aula invertida precisa que o estudante esteja apto a saber sobre o tema em questão (Sousa & Alves, 2022). Além disso, ocorreu no período de transição do ensino híbrido para o presencial, considerando o lócus da sala de aula com uso do *tablet* para avaliar a interação dos estudantes e mediá-los em suas dúvidas.

A atividade organizada aborda a temática da função afim, cujo propósito da aula é examinar os coeficientes e gráficos gerados por essa função. Os objetivos específicos da aula estão concentrados em:

(i) compreender o que acontece com os coeficientes quando os parâmetros a e b são movimentados no gráfico de uma função afim no *software* GeoGebra;

(ii) identificar o zero da função afim e o comportamento da reta em relação aos parâmetros a e b da função manipulada; e

(iii) confrontar os dados da função afim em relação à reta sob uma perspectiva gráfica.

A atividade foi realizada no 1.º ano do Ensino Médio (faixa etária entre 15 e 17 anos), sendo convidados os 38 estudantes da turma e o professor de matemática, que foi o responsável pela instrução e mediação da atividade. O lócus de desenvolvimento da atividade foi uma escola pública de ensino integral, localizada na cidade de Quixeramobim, Ceará, Brasil. A metodologia ativa empregada foi a Sala de Aula Invertida, dividida em dois encontros, um virtual por videoconferência e outro presencial na escola.

É importante salientar que, devido à pandemia do Coronavírus (COVID-19) e às medidas de distanciamento social adotadas em todas as instituições educacionais, dos 38 estudantes que compõem a turma se comunicaram virtualmente, mas apenas 27 deles compareceram ao encontro na escola. Enquanto isso, os outros estudantes participaram do discurso transmitido pelo Google *Meet*, discutindo as informações obtidas no bate-papo virtual, sendo gravado os áudios de suas considerações da aula. Entretanto, todos concluíram e enviaram a atividade proposta no Google *Classroom* (Sala de Aula).

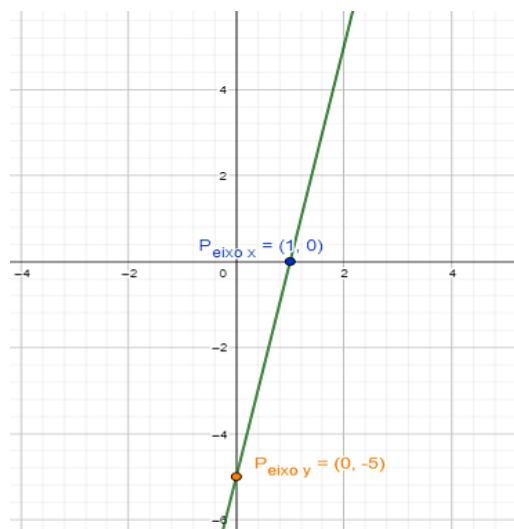
Na interação virtual, os estudantes tiveram acesso à atividade proposta no GeoGebra através *link* disponibilizado pelo professor, denominado “Função Afim (Atividade Interativa)”¹ e tiveram a oportunidade de manipular o gráfico (Figura 2). Após a manipulação, os estudantes foram solicitados a utilizar a plataforma Google *Classroom* para resolver uma atividade que se referia à movimentação da reta de uma função afim, a partir de suas reflexões e compreensão do comportamento do gráfico. Os problemas apresentados na atividade virtual estão listados no Quadro 3:

¹ A atividade está disponível no endereço eletrônico: <https://www.geogebra.org/m/uugvmdz6>

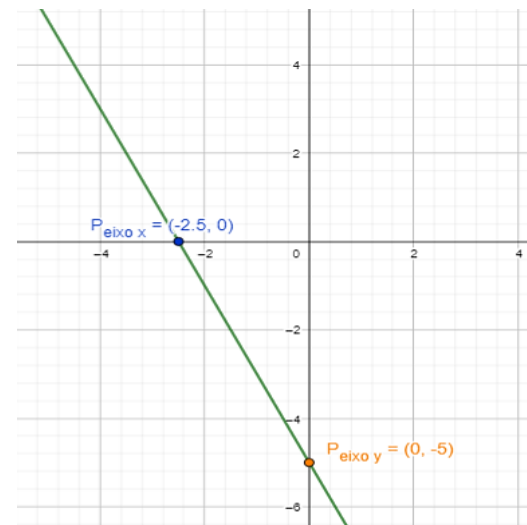
Quadro 3 - Perguntas direcionadas na atividade proposta

Questão 01. Os gráficos seguintes representam uma função afim. Identifique se cada função exposta é crescente ou decrescente.

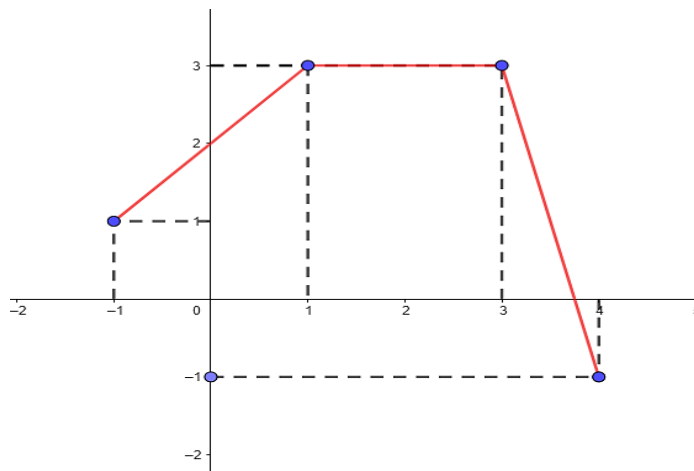
(a) $f(x) = 5x - 5$



(b) $-2x - 5$



Questão 02. Responda às questões a partir da visualização do gráfico gerado pela função f :



- (a) Qual é o domínio e qual é a imagem de f ?
- (b) Em quantos pontos o gráfico corta o eixo x ? E o eixo y ?
- (c) $f(1, 7)$ é maior, menor ou igual a $f(2, 9)$?
- (d) Qual é o valor máximo de $f(x)$? E o valor mínimo?
- (e) Qual ponto do gráfico tem abscissa -1 ?
- (f) O ponto $(4, -1)$ pertence ao gráfico de f ?
- (g) Qual é o valor de x quando $f(x) = 3$?

Fonte: *Elaboração dos autores (2021).*

No encontro presencial, o professor socializa a resolução das questões para os estudantes, apresentando o *software* GeoGebra e verificando se as respostas apresentadas estavam corretas. A partir daí, cada estudante teve a oportunidade de estruturar, matematicamente, o movimento da reta de uma função afim a partir do uso do controle deslizante empregado nos coeficientes (a e b) da atividade proposta no GeoGebra baseado no discurso das resoluções inseridas no Google *Classroom* e a consulta do livro didático como suporte em sala de aula.

Os instrumentos de pesquisa empregados para coletar informações foram um questionário virtual criado para coletar as respostas e registros dos estudantes, além da observação realizada pelos dois professores que supervisionavam a pesquisa e a coleta de informações. Dessa forma, para a coleta de dados, foram feitas anotações das resoluções dos estudantes na plataforma virtual Google *Classroom* e registros fotográficos da atividade desenvolvida em sala de aula. Para manter a identidade dos participantes da pesquisa, os estudantes terão seus nomes definidos como P1 (participante 1), P2 (participante 2).

Este trabalho envolve seres humanos, portanto, anunciamos que todas as identificações dos participantes foram preservadas, bem como reforçamos que as questões éticas que constituem à análise e interpretação dos dados coletados nesta pesquisa foram atendidas, reservando suas identidades conforme o Comitê de Ética e Pesquisa.

Com base na metodologia descrita, no próximo tópico, evidenciamos os resultados da análise da prática e seus principais resultados discutidos.

4. ANÁLISE DA INVESTIGAÇÃO E SEUS PRINCIPAIS RESULTADOS

Nesta seção, apresentamos uma discussão sobre as resoluções mostradas pelos estudantes a prática implementada, fundamentada na Teoria dos Campos Conceituais. Dessa forma, trazemos algumas reflexões sobre o uso do *software* GeoGebra no modelo de ensino híbrido, os registros fotográficos e a experiência com a metodologia da Sala de Aula Invertida.

As resoluções dos estudantes foram analisadas, evidenciadas e discutidas por dois professores de matemática da escola onde o trabalho foi realizado.

Em termos de tratamento e análise dos dados, usa-se o raciocínio epistemológico *a posteriori* (Sousa & Alves, 2022) para deduzir os dados coletados, interpretando-os de acordo com os referenciais teóricos indicados nesta pesquisa e com os achados de pesquisas relevantes ao tema. A qualidade e reflexividade da análise das resoluções dos estudantes (Figura 3) e dos momentos interativos em sala de aula são avaliadas não só pelas respostas corretas ou erradas, mas também as várias formas com que demonstram os conhecimentos com o GeoGebra em sala de aula e, também, como forma de observar as dificuldades de aprendizagem.

Dessa forma, o estudo se baseia na confiabilidade de trabalhos de outros autores que tratam do tema, bem como na experiência dos professores que conduziram o estudo. Sendo assim, dominar um campo conceitual não é uma tarefa fácil, mas, quando você tem dificuldades, você consegue (Batista, Staudt, Zabadal & Tauceda, 2021).

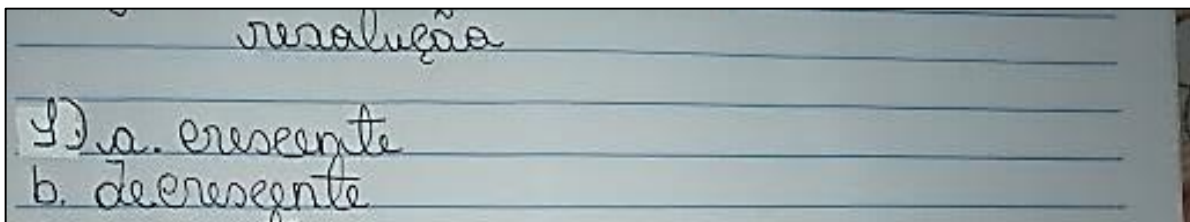


Figura 3 Resolução do estudante P2.

Os registros fotográficos mostram as anotações do estudante P2 na Figura 3, que mostra a resolução a partir da observação do gráfico da função afim durante a movimentação do parâmetro a e b , evidenciando que o coeficiente é maior do que zero ($a > 0$), temos uma função afim crescente; quando é menor do que zero ($a < 0$), temos uma função afim decrescente.

Portanto, Batista et al. (2021), enfatizam a importância de proporcionar oportunidades e momentos estimulantes que permitam o estudante falar, pois por meio da fala ele consegue expressar sua compreensão de um determinado conceito específico, revelando ao professor quais conceitos foram assimilados durante a aplicação da atividade com uso da TD.

Nesta problema, todos os estudantes visualizaram o gráfico no GeoGebra e associaram o movimento do controle deslizante da função afim e suas propriedades conceituais (Figura 4), o que pode ser entendido como um problema misto visual (Miranda, 2019).

A atividade proposta considerou somente as análises dos 27 participantes do encontro presencial, que combinaram o movimento do gráfico da função com base em características conceituais, embora a reta da função afim no GeoGebra não seja um simples conceito do aprendizado, mas uma ilustração (Vergnaud, 2009a). Essa estruturada é apresentada na Figura 4.

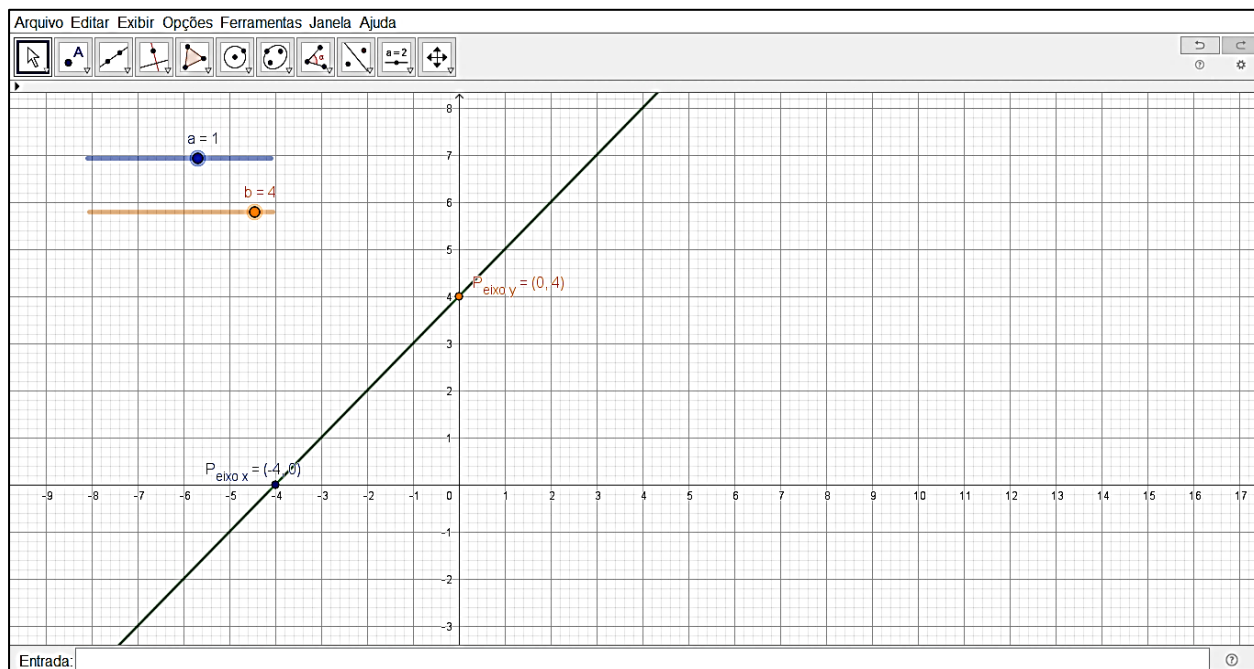


Figura 4 Visualização da reta no GeoGebra.

A partir dessa perspectiva, é perceptível que a segunda questão, descreve perguntas direcionadas ao parâmetro da função, o que pode causar certa dificuldade para verificar as informações apresentadas no gráfico, conforme ilustrado na Figura 5.

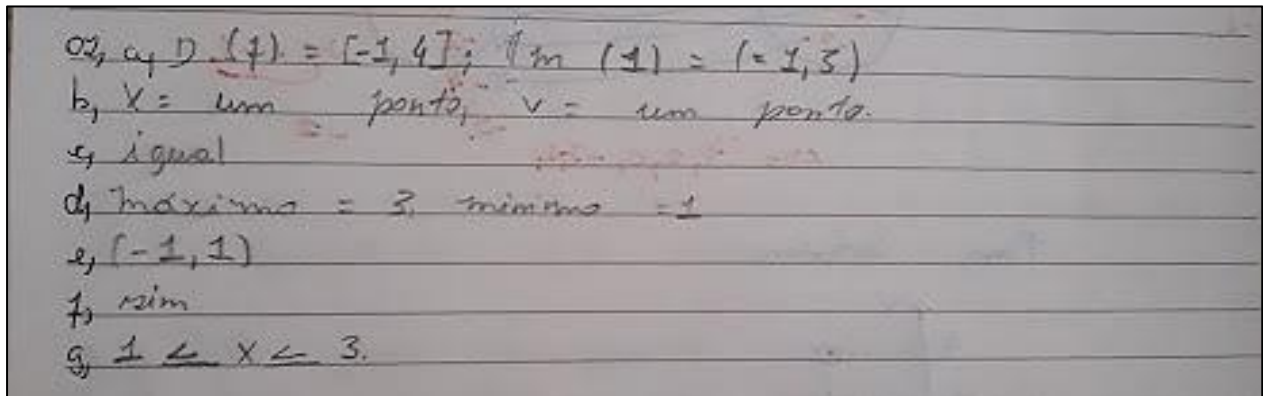


Figura 5 Resolução do P7.

O estudante P7 relaciona os pontos no gráfico a partir dos coeficientes visualizado no GeoGebra. Já o estudante P9 afirma que o sinal na função é alterado conforme o movimento de a e b localizado nos controles deslizantes. Podemos notar que a Figura 5 que os estudantes mostraram resoluções baseadas apenas na ilustração vista no GeoGebra, mas que a posição relativa da reta teve um melhor entendimento e compreensão de todos (Figura 6).

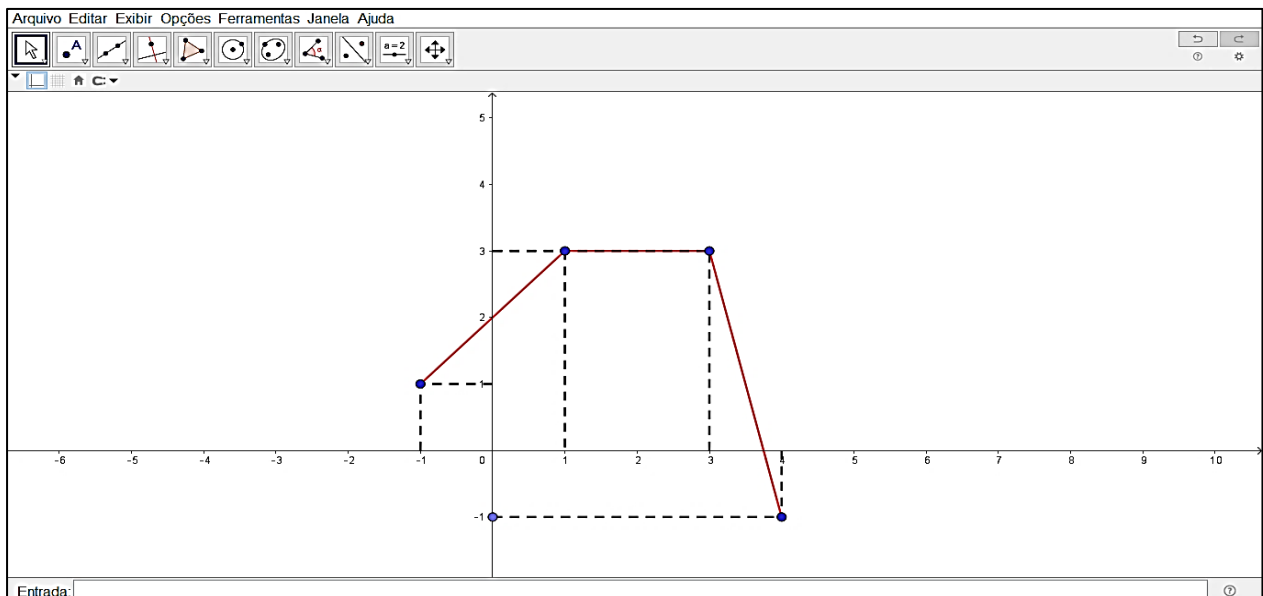


Figura 6 Construção do gráfico referente a segunda questão.

Com base em Vergnaud (2009a), a análise de uma questão mista, permite uma observação detalhada das informações contidas no gráfico e perguntas pertinentes à situação e das relações definidas entre os pontos presentes na situação-problema (Figura 6). Ortega et al. (2020) fornecem um conceito para uma função afim, definida como uma função linear do tipo $ax + b$,

como a e b são números naturais. A questão busca os conhecimentos prévios dos estudantes como o zero da função, conjuntos numéricos na definição de domínio, contradomínio e imagem da função, além de requerer um nível de concepção para o qual o estudante muitas vezes não está preparado a enfrentar.

Entendemos que houve um equívoco na interpretação da segunda questão por esses estudantes de forma específica, possivelmente por não conseguirem entender a parte teórica citada no livro didático, o que foi explicado pelo professor no momento da interação em sala de aula no formato presencial. Segundo Vergnaud (2009a), é importante a variedade de situações para a aprendizagem do estudante. No entanto, o professor optou por apresentar as situações parecidas, do ponto de vista da Teoria dos Campos Conceituais, uma demonstração seguida da outra, fato que contribuiu bastante para ampliar os conhecimentos dessas questões pelos estudantes e interagir com a turma.

No encontro presencial, visto na Figura 7, Figura 8 e Figura 9 os registros fotográficos dos estudantes com uso do GeoGebra divididos em equipes, onde foram discutidos os conteúdos explorados no *software* e esclarecidas as dúvidas sobre a atividade proposta pelo professor.



Figura 7 Primeiro encontro presencial com a turma de 1.º ano do Ensino Médio.

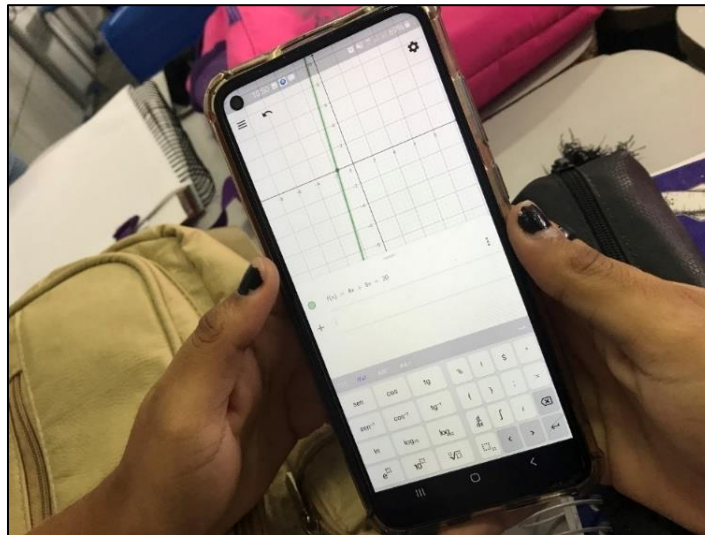


Figura 8 Registros fotográficos do *software* GeoGebra.

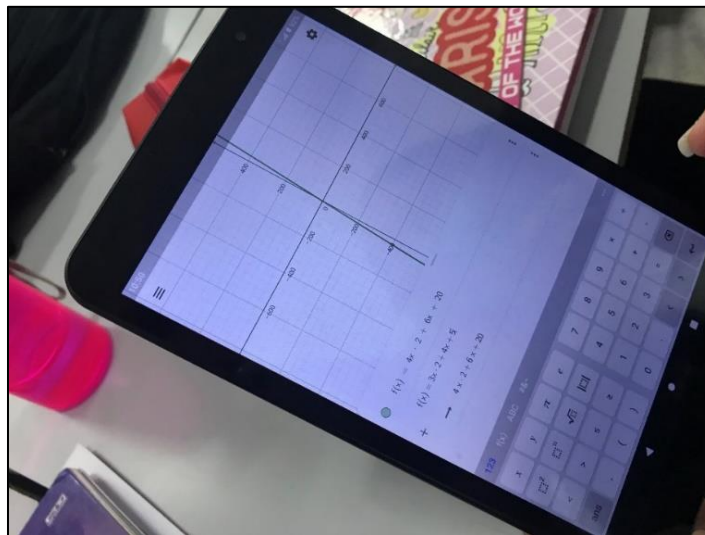


Figura 9 Manuseio do gráfico da função afim no *tablet*.

A utilização do GeoGebra em sala de aula permitiu o desenvolvimento de soluções para uma atividade extra classe, de acordo com os padrões da Sala de Aula Invertida. Os 27 estudantes responderam a todos os problemas com o auxílio do *software*, sendo verificado pelo professor na plataforma do Google Sala de Aula.

Contudo, é possível notar que a pesquisa de Silva e Pitanga (2018) nos incentivou a usar o *software* GeoGebra com conteúdos da função afim, assim como os trabalhos de Oliveira e Romão (2018), Correa et al. (2020), e outras pesquisas citadas ao longo deste trabalho. Além disso, as pesquisas de Vergnaud (1990; 2009a) nos apresentaram os meios para compreender essas dificuldades e interpretá-las com base em sua Teoria dos Campos Conceituais.

Quadro 4 – Resposta dos estudantes extraídas do Google Meet

Participante P7: não entendi o conteúdo de função, mas o professor falou sobre a equação do 1.º grau e eu aprendi, mas só consegui entender depois que comecei a manusear o gráfico da reta na forma crescente e decrescente.

Participante P2: gostei do GeoGebra, apesar de nunca ter usado ou instalado no meu *tablet*. Percebi que ele facilita a visualização do gráfico da função afim.

Participante P9: A interação proporcionou uma reflexão de aprendizagem de Matemática na turma, com o GeoGebra, que facilita a análise dos problemas propostos na avaliação pelo professor da disciplina.

Fonte: Elaboração dos autores (2021).

As observações e resoluções dos estudantes nos permitem, como educadores, refletir sobre nossas práticas para fornecer aos alunos os recursos e métodos relacionados à matemática (especialmente à álgebra) de forma mais clara e concreta, fortalecendo conceitos teóricos para responder às questões que requerem cálculos de maneira prática.

A análise dos resultados da pesquisa sugere que os professores de matemática devem aprimorar as suas aulas, escolhendo novas estratégias para o ensino de função afim na educação básica brasileira, uma vez que apenas o método de situação-problema e a utilização de livros didáticos não são suficientes adequados para a aprendizagem das operações algébricas.

Por último, ressaltamos a importância do documento da BNCC para conectar-se com os recursos educacionais tecnológicos, afim de aprimorar e fortalecer o planejamento pedagógico do professor e delinear os pensamentos matemáticos dos estudantes. Isso ocorre devido às novas gerações de alunos conectados à internet, as quais demandam a inserção de metodologias de ensino que interajam com suas habilidades para resolver problemas matemáticos.

5. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

Este trabalho teve como objetivo analisar a contribuição do *software* GeoGebra no ensino de função afim com os conteúdos coeficientes e gráfico da função, tendo como base as atividades propostas e a Teoria dos Campos Conceituais, dando ênfase aos conhecimentos prévios dos estudantes. Foram realizadas uma discussão e reflexão a respeito da inserção da Teoria dos Campos Conceituais para evidenciar o ensino de matemática, com intuito de associar os parâmetros de uma função afim e sua representação gráfica no GeoGebra. Isso mostra a relevância de trabalhar esse conteúdo para despertar o interesse do estudante e o significado em situações do cotidiano que envolvem esse tema, o que ficou mais claro devido ao uso do GeoGebra.

Dessa forma, apresenta-se como resultados a contribuição do *software* GeoGebra no desenvolvimento do pensamento e raciocínio matemático do estudante. O estudo também visou ao desenvolvimentos de novas interações das resoluções produzidas em sala de aula, em que os estudantes tiveram a oportunidade de analisar seus erros e pensar sobre eles, bem como

internalizar seus acertos e expor o entendimento da função afim, de forma natural. As principais diferenças entre este estudo e outros estudos lidos e apresentados no referencial teórico deste trabalho são: conduzido em instrução mista; o uso do *software* GeoGebra como recurso de ensino em conjunto com uma abordagem de Sala de Aula Invertida; e análise da Teoria dos Campos Conceituais, contribuiu com a formação dos conceitos e a oportunidade de aplicar os conhecimentos implícitos e explícitos dos estudantes.

As transformações no cenário educacional ocasionadas a partir do novo Coronavírus (COVID-19) necessitam de novas metodologias de trabalho, diferentes da aula tradicional expositiva. A partir desta prática, consideramos a necessidade de uma nova postura em relação à sala de aula, na qual refletimos evidente o papel da TD para a transformação e aprendizagem dos estudantes e melhoria do tempo pedagógico do professor. Dentre os obstáculos deste estudo, temos a adversidade acontecida durante a aula virtual relacionada ao acesso à internet pelos estudantes, bem como a falta de equipamentos tecnológicos compatíveis com o *software* para o desenvolvimento das tarefas domiciliares. Infelizmente, isso é algo comum na realidade de muitas instituições de ensino públicas brasileiras. Além disso, consideramos também que parte dos alunos participaram dos dois encontros virtuais, tendo em vista distanciamento social imposto pela pandemia do COVID-19 em 2021.

Além disso, como concepção de futuro, é relevante notar que outros professores de matemática no Brasil e em outros países utilizam as TD, bem como o método da Sala de Aula Invertida, que rendeu uma boa prática no ambiente escolar e domiciliar. Por fim, esperamos que esta pesquisa possa incentivar outros docentes a trabalhar com metodologias ativas, usando a TD além da sala de aula e usando o *software* GeoGebra para exploração de outras possibilidades metodológicas para o ensino de matemática.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao incentivo e aporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq para o desenvolvimento desta pesquisa no Brasil.

REFERÊNCIAS

- Alves, F. R. V. (2019). A vertente francesa de estudos da didática profissional: implicações para a atividade do professor de matemática. *Vidya*, 39(1). <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/VIDYA/article/view/2459>
- Antunes, F. C. A., & Nogueira, C. M. I. (2022). Tarefas Envolvendo Função Afim em Um Livro Didático: Uma Análise à Luz da Teoria Antropológica do Didático Realizada por Acadêmicos de Licenciatura em Matemática. *Perspectivas Da Educação Matemática*, 15(40), 1-20. <https://doi.org/10.46312/pem.v15i40.15776>
- Bacich, L. (2016). Ensino híbrido: relato de formação e prática docente para a personalização e o uso integrado das tecnologias digitais na educação. *Simpósio Internacional de Educação e Comunicação - SIMEDUC*, 7. <https://eventos.set.edu.br/simeduc/article/view/3323>
- Batista, G. E., Staudt, E., Zabadal, J. R. S., & Tauceda, K. C. (2021). Resolução de problemas abertos considerando a aprendizagem significativa e teoria de campos conceituais: uma proposta para ensinar física quântica no ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, 16(3). <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/1011>
- Brasil. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Ministério da Educação. Brasília, 2018. Recuperado de: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>

- Brasil. (2019). Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. 2019. Ministério da Educação do Brasil. *Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA)*. Recuperado de: <http://portal.inep.gov.br/pisa>
- Correa, M. M., Meneghetti, C. M. S., & Poffal, C. A. (2020). Resolução de problemas envolvendo função afim e semelhança de triângulos. *Ensino da Matemática em Debate*, 7(3), 28–46. <https://doi.org/10.23925/2358-4122.2020v7i3p28-46>
- Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas.
- GeoGebra (2022). *GeoGebra - Aplicativos Matemáticos*. Recuperado de: <https://www.geogebra.org/?lang=pt>
- Gitirana, V., Magina, C., Spinillo, A., & Campos, T. M. M. (2014). *Repensando multiplicação e adição: contribuições da teoria dos campos conceituais*. São Paulo: PROEM.
- Miranda, C. A. (2019). *Situações-problemas que envolvem o conceito de função afim: uma análise à luz da Teoria dos Campos Conceituais*. (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel. PR.
- Oliveira, F. de F. (2021). *Modelagem matemática e a calculadora gráfica geogebra no estudo da função afim*. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional). Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, RN. <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/6752>
- Oliveira, S. L. de., & Romão, E. C. (2018). Sequência didática para o ensino de função afim utilizando aprendizagem baseada em projetos. *ACTIO: Docência em Ciências*, 3(3). <https://doi.org/10.3895/actio.v3n3.7485>
- Ortega, M. V., Rodriguez, G. A. A., & Nieto Sanchez, Z. C. (2020). Transposición didáctica para apoyar la enseñanza de la función lineal y afín para estudiantes de cálculo usando las NTIC. *Revista Aglala*, 11(2). <https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/1586>
- Pavanelo, E. & Lima, Renan. (2017). Sala de Aula Invertida: a análise de uma experiência na disciplina de Cálculo I. *Bolema*, 31(58), 739-759. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-4415v31n58a11>
- Silva, F. dos S., & Pitanga, J. S. (2018). Sequência de ensino: uma proposta de resolução de problemas na integração do software geogebra no estudo da função afim no 9º ano. *Revista Sergipana de Matemática e Educação Matemática*, 3(1). <https://seer.ufs.br/index.php/ReviSe/article/view/7293>
- Silva, R. S. da., & Novello, T. P. (2019). O uso das tecnologias digitais no ensinar matemática: recursos, percepções e desafios. *Revista Internacional De Educação Superior*, 6. <https://doi.org/10.20396/riesup.v6i0.8655884>
- Sousa, R. T., & Alves, F. R. V. (2022). O ensino de função quadrática com arrimo do simulador phet: uma prática analisada com base na teoria dos conceitos figurais. *APeDuC Revista/ APeDuC Journal*, 3(1), 81-101. <https://apeduc revista.utad.pt/index.php/apeduc/article/view/252>
- Vergnaud. G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 1(23), 133-170. Recuperado de: https://gerardvergnaud.files.wordpress.com/2021/09/gvergnaud_1990_theorie-champs-conceptuels_recherche-didactique-mathematiques-10-2-3.pdf
- Vergnaud, G. (1996). *A Teoria dos Campos Conceituais*. In: Brun, J. (Org.). *Didáctica das Matemáticas*. (Trad.) Lisboa: Instituto Piaget, 155-191.
- Vergnaud, G. (2009a). O que é aprender. In: M. Bittar, Marilena, C.A, Muniz. *A aprendizagem matemática na perspectiva da Teoria dos Campos Conceituais*, 13-35. Curitiba: CRV.
- Vergnaud, G. (2009b). *A Criança, a matemática e a Realidade*. Trad. Moro, M. L. F. Curitiba: Editora UFPR.
- Yin, R. K. (2001). *Estudo de Caso: planejamento e métodos*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman.
- Ziatdinov, R., & Valles Júnior, J. R. (2022). Síntese de Modelagem, Visualização e Programação em GeoGebra como uma Abordagem Eficaz para o Ensino e Aprendizagem de Tópicos STEM. *Mathematics*, 10(398). <https://doi.org/10.3390/math10030398>