II SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PESQUISA E ENSINO
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO E A PESQUISA
5 E 6 DE DEZEMBRO DE 2024
SIPEN SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PESQUISA E ENSINO
PPGEn UESB

EXPLORANDO O PENSAMENTO GEOMÉTRICO COM A TECFORMAÇÃO DIGITAL: ABORDAGEM HÍBRIDA NO ENSINO DE MATEMÁTICA

Mateus Souza de Oliveira[1]

Resumo

Este estudo analisa como o uso do GeoGebra Classroom Beta (ggb-CB), dentro da proposta da Tecformação Digital, pode potencializar o processo de aprendizagem na formação inicial de professores de Matemática, no que tange a demonstração do Triângulo Retângulo Inscrito no Semicírculo com foco no desenvolvimento do pensamento geométrico. Desse modo, sinaliza que foi aplicada uma pesquisa-intervenção mediante uma abordagem qualitativa, em uma disciplina do curso de licenciatura em Matemática com o foco no ensino de geometria. A metodologia baseou-se na Atividade Orientada de Ensino e Aberta (AOEA), que promoveu a autoformação e a exploração dinâmica de conceitos geométricos através de Tecnologias Digitais Interativas (TDI). Os resultados evidenciam que o ggb-CB facilitou a visualização e dedução geométrica, estimulando o desenvolvimento progressivo do pensamento geométrico dos participantes conforme os níveis de Van Hiele. Conclui-se que a Tecformação Digital oferece um modelo híbrido inovador, que transforma as práticas pedagógicas e prepara futuros professores para as demandas contemporâneas da Educação Matemática, integrando teoria e prática de maneira interativa.

Palavras-chave: GeoGebra Classroom; Formação Inicial; Tecnologias Digitais Interativas.

Introdução

Na contemporaneidade, o ensino de Matemática, particularmente no campo da geometria, enfrenta grandes desafios impulsionados pelas novas demandas da era digital. A presença das Tecnologias Digitais Interativas (TDI) possibilita ambientes de aprendizado mais dinâmicos e colaborativos, transformando a maneira como os conceitos matemáticos são apresentados e assimilados. Segundo Lévy (2023), o uso dessas tecnologias amplia o potencial educativo ao proporcionar um espaço onde os estudantes podem interagir de forma ativa e construtiva com os conteúdos. No contexto da formação inicial de professores de Matemática, essa abordagem tecnológica torna-se especialmente relevante, pois permite que os futuros educadores vivenciem e internalizem novas metodologias de ensino que integram teoria e prática de maneira inovadora. O uso de ferramentas digitais, como o GeoGebra *Classroom Beta* (ggb-CB), permite uma abordagem interativa e prática que facilita a visualização e manipulação dos conceitos. Diante disso, explorar como essas ferramentas digitais podem contribuir para o desenvolvimento do pensamento geométrico é de suma importância.

O objetivo desta pesquisa é analisar como o uso do ggb-CB, dentro da proposta da Tecformação Digital, pode potencializar o processo de aprendizagem na formação inicial de professores de Matemática, no que tange a demonstração do Triângulo Retângulo Inscrito no Semicírculo com foco no desenvolvimento do pensamento geométrico. A investigação pretende compreender em que medida o uso de TDI promove uma compreensão mais robusta dos conceitos geométricos, permitindo aos discentes não apenas visualizar e explorar os teoremas, mas também aplicar essas construções de maneira interativa e reflexiva. A Tecformação Digital, conceito introduzido nesta pesquisa, é um modelo de ensino híbrido que combina práticas tradicionais com abordagens mediadas por TDI, promovendo uma aprender-com-tecnologias-digitai-interativas, criando um ambiente de aprendizado em que a teoria e a prática são complementares. Ao explorar a geometria de maneira dinâmica, os estudantes não se limitam a um aprendizado passivo, mas passam a ser protagonistas de sua formação. Este modelo visa integrar o rigor conceitual da matemática com a flexibilidade exploratória das tecnologias digitais, permitindo que o processo de ensino se adapte melhor às demandas contemporâneas e às necessidades formativas dos futuros professores.

Para estruturar a análise, esta pesquisa se baseia na Teoria da Atividade, proposta por Engeström (2016), que considera o aprendizado como resultado de sistemas de atividades interconectados. Nesse contexto, são considerados dois sistemas de atividades: o Ensino Curricular de Geometria Formal (ECGF) e a Exploração Construtiva da Geometria Dinâmica (ECGD). A interação entre esses sistemas, com o suporte das TDI, promove um espaço onde os discentes podem alinhar o conhecimento teórico com a prática interativa, gerando um "objeto partilhado" que representa uma síntese entre o formal e o exploratório. Em meio a esse contexto, o desenvolvimento do pensamento geométrico dos discentes é analisado à luz do modelo de Van Hiele (1986), que identifica cinco níveis progressivos de compreensão geométrica. Esses níveis vão desde a visualização inicial das formas geométricas (Nível 0) até o rigor abstrato e formal (Nível 4). Além disso, o conceito de autoformação, conforme desenvolvido por Pineau (2023), é central para o modelo da Tecformação Digital. Ao promover uma abordagem autodirigida, a autoformação incentiva os discentes a assumirem a responsabilidade por seu processo de aprendizado, experimentando, explorando e construindo o conhecimento de forma autônoma. Lévy (1999) enfatiza que as tecnologias digitais contribuem para essa autonomia, ao disponibilizarem ferramentas que estimulam o protagonismo dos estudantes.

Metodologia

A pesquisa apresenta uma amostra de uma Atividade Orientada de Ensino e Aberta (AOEA), adotando uma abordagem qualitativa, que segundo Gil (2019), é de extrema importância em estudos educacionais, pois permite uma análise aprofundada das interações e percepções dos participantes. Nesse sentido, foi aplicada uma pesquisa-intervencionista em uma Instituição de Ensino Superior (IES) e teve como participantes discentes do curso de Licenciatura em

Matemática, especificamente aqueles matriculados na disciplina Fundamentos da Matemática Elementar III, que aborda conteúdos de geometria plana e espacial. Dentre os 29 discentes matriculados na disciplina, 7 se voluntariaram para participar ativamente do estudo, porém devido ao pouco espaço de argumentação será apresentado some um único caso.

A proposta de Tecformação Digital introduzida na pesquisa busca implementar um modelo híbrido de ensino inovador, que utiliza TDI para potencializar o aprendizado. Uma das etapas desse modelo é a fase da "Proatividade", onde as atividades são divididas em orientações para ensino e aprendizagem. Na atividade de ensino, o professor propõe atividades orientadas e abertas, incentivando os cursistas a desenvolverem modelos virtuais que aplicam os conceitos geométricos abordados. Essas atividades incluem questões reflexivas e exploratórias que desafiam os estudantes a buscar múltiplas abordagens e encontrar soluções inovadoras para problemas complexos, por meio de simulações, modelagens e estudos de caso. Do lado da atividade de aprendizagem, os discentes assumem uma postura ativa, aplicando os conceitos estudados em atividades criativas e práticas. Eles desenvolvem e testam modelos virtuais, resolvendo questões abertas e explorando soluções inovadoras para os desafios propostos.

A atividade específica apresentada nesta tese é o ensino do triângulo retângulo, que será analisado sob a perspectiva da quarta contradição proposta por Engeström (2016) na Teoria da Atividade. Nesse caso, temos dois sistemas de atividade que interagem: o sistema central, representado pelo ECGF, e o sistema vizinho, que é a ECGD, promovida pelo uso dos recursos do ggb-CB. Desse modo, a análise apresentada nesta pesquisa busca explorar a interação entre os dois sistemas de atividade na tentativa de identificar qual é o objeto partilhado que emerge dessa interação. Para alcançar essa compreensão, a atividade realizada pelos discentes será examinada à luz do modelo de desenvolvimento do pensamento geométrico de Van Hiele (1986), o qual oferece uma estrutura para analisar os níveis de compreensão geométrica dos estudantes, desde o reconhecimento visual até o rigor dedutivo. Adicionalmente, o uso dos recursos do ggb-CB será explorado em termos das potenciais contribuições das tecnologias digitais para o processo de ensino-aprendizagem de geometria.

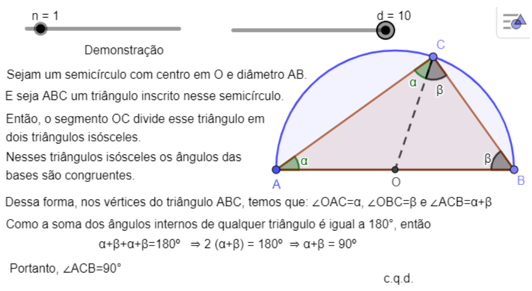
Resultados e discussão

Devido à limitação de espaço, optamos por analisar uma tarefa realizada por um participantes da pesquisa, destacando a participação do aluno D06. A análise será fundamentada nas suas respostas transcritas, obtidas por meio do ggb-CB da turma. O objetivo da Tarefa 10.1 é comprovar que, para qualquer triângulo inscrito em um semicírculo, o ângulo oposto ao diâmetro é reto. Essa atividade se aproxima do ECGF ao estruturar passos lógicos e demonstrativos, exigindo aplicação de teoremas para justificar matematicamente a propriedade do triângulo. Ao mesmo tempo, aproxima-se da ECGD, pois permite que os discentes interajam com a construção geométrica de forma dinâmica, usando o ggb-CB para manipular e observar propriedades visuais em tempo real. Assim, a tarefa integra formalidade teórica e prática exploratória dinâmica, proporcionando um aprendizado equilibrado entre teoria e experimentação.

Quadro 1 – Tarefa 10.1 (Prova do Triângulo Retângulo Inscrito no Semicírculo)

Orientação de Ensino e Aberta – Digitalidade	Pensamento Geométrico – Maturação
Prove para qualquer triângulo inscrito em um semicírculo, o ângulo oposto ao diâmetro é sempre um ângulo reto. ***1. Orientações construtivas:*** *1.1. Utilize a ferramenta "Controle Deslizante" para criar um controle deslizante chamado n, variando seus valores de 0,1 a 10. Ajuste a cor para a visualização de círculo.* *a) Por que o valor 0 não pode ser usado nessa construção?* *1.2. Use a ferramenta "Segmento de Comprimento Fixo" para construir um segmento n, clique na Janela de Visualização e digite n na janela de comando.* *1.3. Use a ferramenta Semicírculo" para construir um semicírculo de diâmetro AB, clique no ponto A e depois em B.* *1.4. Use a ferramenta "Ponto em Objeto" clique sobre a borda do semicírculo, ponto C.* *1.5. Use a ferramenta "Polígono" e construa o triângulo ABC, sendo AB o diâmetro.* *1.6. Use a ferramenta "Ponto Médio Ou Centro" e encontre o ponto médio AB, nomeia ele de O.* *1.7 Use a ferramenta "Segmento" e trace o segmento OC. Ajuste ele para estilo tracejado.* *b) Os triângulos AOC e OBC são sempre o quê? Por quê?* *1.8. Meça os ângulos internos dos triângulos AOC e OBC. Ajuste eles para as mesmas cores e legendas quando forem congruentes.* ***2. Aplique os passos das orientações para a demonstração argumentativa*** *(Use os teoremas da base do triângulo isósceles e da soma dos ângulos internos de um triângulo).* ***3. Use as orientações para a demonstração dinâmica.***	***Transcrição das respostas de D06:*** *a) O valor 0 não pode ser usado porque um raio de comprimento zero não define um círculo. Para construir um círculo, o raio deve ser um valor positivo, pois representa a distância do centro até qualquer ponto na circunferência. Um raio de 0 resultaria em um ponto e não em um círculo.* *b) São sempre triângulos isósceles. Isso se deve ao fato de que AO, OC e OB ser o raio do triângulo ABC.* *Demonstração* *Sejam um semicírculo com centro em O e diâmetro AB. E seja ABC um triângulo inscrito nesse semicírculo. Então, o segmento OC divide esse triângulo em dois triângulos isósceles. Nesses triângulos isósceles os ângulos das bases são congruentes.* *Dessa forma, nos vértices do triângulo ABC, temos que:* $\angle OAC=\alpha$, $\angle OBC=\beta$ e $\angle ACB=\alpha+\beta$ *Como a soma dos ângulos internos de qualquer triângulo é igual a 180°, então* $\alpha + \beta + \alpha + \beta = 180° \Rightarrow 2\ (\alpha + \beta) = 180°$ $\Rightarrow \alpha + \beta = 90°$. *Portanto,* $\angle ACB=90°$. *c.q.d.*

Pensamento Geométrico – Construtivo



Fonte: Pesquisador (2024)

Na análise das respostas do participante D06 na tarefa de prova do triângulo retângulo inscrito em um semicírculo, observamos inicialmente que ele demonstrou um **Nível 0** de Visualização ou Reconhecimento. Nesse nível, o participante D06 identifica visualmente que um raio de valor zero não define um círculo, justificando que, para que o círculo exista, o raio precisa ser positivo, pois representa a distância do centro até qualquer ponto da circunferência. Essa compreensão inicial reflete a capacidade do participante de raciocinar visualmente, reconhecendo a importância do valor do raio para a construção geométrica proposta. Ao utilizar a ferramenta "Segmento de Comprimento Fixo" para construir o diâmetro e traçar o semicírculo de diâmetro *AB*, D06 avança para o **Nível 1** de Análise. Nesse ponto, ele é capaz de discernir as características dos triângulos formados e identificar que os triângulos *AOC* e *OBC* são sempre isósceles. Essa identificação decorre do entendimento de que os segmentos *AO*, *OC* e *OB* representam raios do triângulo *ABC*, revelando uma análise das propriedades geométricas da figura.

Na sequência, ao medir os ângulos internos dos triângulos *AOC* e *OBC* e associar as cores e legendas para indicar congruência, D06 demonstra uma compreensão do **Nível 2** de Dedução Informal ou Ordenação. Ele não apenas define as propriedades das figuras, mas também começa a estabelecer relações entre essas propriedades, como a congruência dos ângulos nas bases dos triângulos isósceles. Essa observação indica que ele já consegue inter-relacionar as propriedades dos triângulos e aplicar deduções, embora ainda não seja uma dedução formal rigorosa. Na etapa da demonstração argumentativa, em que ele utiliza os teoremas da base do triângulo isósceles e da soma dos ângulos internos de um triângulo para deduzir que o ângulo $\angle ACB$ é sempre 90°, D06 atinge o **Nível 3** de Dedução Formal. Ele organiza uma sequência lógica de afirmações dedutivas, usando definições geométricas e princípios matemáticos. Esse raciocínio revela uma compreensão formal, onde ele é capaz de construir e entender provas matemáticas de forma sequencial, demonstrando um pensamento geométrico mais estruturado e avançado.

O processo de trabalho de D06 nessa atividade também reflete a importância do uso das ferramentas digitais do ggb-CB, especialmente na fase de demonstração dinâmica. Por meio dessa ferramenta, o participante conseguiu manipular e visualizar as transformações geométricas de forma interativa, o que facilitou o entendimento de como os triângulos isósceles são formados dentro do semicírculo e como o ângulo oposto ao diâmetro se configura em 90°. A interação proporcionada pelo software permitiu uma visualização concreta e uma experimentação prática dos conceitos geométricos, promovendo uma compreensão mais profunda das relações entre os ângulos e os lados do triângulo inscrito no semicírculo.

Na interação entre o ECGF e a ECGD, observam-se abordagens distintas sobre o conhecimento geométrico, o que gera uma contradição. O ECGF adota uma abordagem tradicional e formal, centrada na compreensão teórica e no domínio de conceitos matemáticos estruturados. Nesse contexto, os discentes são incentivados a seguir regras rígidas e aplicar métodos dedutivos para construir um entendimento geométrico, com ênfase em raciocínios abstratos e provas formais. Em contraste, o ECGD, auxiliado por ferramentas digitais como o ggb-CB, oferece um ambiente flexível e dinâmico, favorecendo a experimentação prática e intuitiva. Nesse sistema vizinho, os discentes têm a oportunidade de visualizar, manipular e interagir com objetos geométricos, permitindo uma abordagem empírica e exploratória, que contrasta com o rigor teórico do ECGF. A contradição entre esses sistemas emerge na dificuldade de alinhar a compreensão abstrata exigida pelo ECGF com a prática exploratória e intuitiva promovida pelo ECGD. Esse desafio incentiva os discentes a integrar ambos os enfoques, o que estimula um aprendizado expansivo, conforme a teoria de Engeström (2016).

Desse modo, a quarta contradição proposta por Engeström (2016) sugere que essa tensão entre os dois sistemas pode culminar em um novo objeto partilhado: um entendimento geométrico híbrido que combina o rigor do ECGF com a exploração visual do ECGD. Esse objeto compartilhado resulta em uma forma de conhecimento que integra o teórico e o prático, capacitando os discentes a navegar entre a abstração e a concretude, teoria e prática. Assim, a interação entre ECGF e ECGD não só promove a ampliação do aprendizado, como também permite que o uso de ferramentas digitais interativas, como o GeoGebra, ajude a superar essa tensão. Em vista disso, os discentes adquirem habilidades de visualização e experimentação que enriquecem sua compreensão geométrica, promovendo uma visão integrada que transforma as práticas pedagógicas e os prepara para enfrentar as demandas da Educação Matemática contemporânea com maior profundidade e adaptabilidade.

Além disso, na realização da tarefa 10.1, o participante D06 evidenciou um processo de autoformação que se destacou pela autonomia e pela capacidade de construir conhecimento de forma autodirigida. A interação contínua com o ggb-CB permitiu ao discente explorar conceitos geométricos, formular hipóteses e testar suas deduções, desenvolvendo habilidades de raciocínio crítico e resolução de problemas de maneira independente. Esse processo de aprender-com-tecnologias-digitais-interativas não apenas contribuiu para o aprofundamento do pensamento geométrico, mas também estimulou o engajamento ativo, proporcionando uma experiência de aprendizado conceitual e integrada com o uso das ferramentas digitais. Essa experiência autoformativa observada na tarefa de D06 refletiu-se também em outras atividades ao longo do curso, evidenciando a relevância da AOEA no desenvolvimento da autonomia dos discentes. Nesse cenário, essas atividades permitem que os estudantes assumam o protagonismo de sua própria aprendizagem, incentivou uma postura investigativa e reflexiva, facilitando a construção coletiva e individual do conhecimento. As atividades orientadas e abertas possibilitaram uma imersão prática e dinâmica nos conteúdos geométricos, destacando a importância de um modelo de ensino híbrido que valorize tanto a autoformação quanto a colaboração entre pares.

Conclusões

A pesquisa demonstra como a integração do ggb-CB, dentro do modelo Tecformação Digital, contribui significativamente para o desenvolvimento do pensamento geométrico na formação inicial de professores de Matemática. Ao explorar a geometria de maneira prática e interativa, os discentes ampliam suas capacidades de análise, dedução e compreensão visual dos conceitos geométricos, equilibrando teoria e prática em um ambiente híbrido de ensino. Observa-se que o uso das TDI, aliado ao modelo de AOEA, proporciona um espaço de aprendizagem no qual os futuros professores experimentam uma abordagem inovadora e reflexiva, apropriando-se das ferramentas digitais para construir e validar conceitos matemáticos de maneira autônoma. Esse processo de autoformação reforça a autonomia do discente, permitindo que ele atue ativamente na construção de seu conhecimento e desenvolva competências tecnológicas e pedagógicas alinhadas às demandas contemporâneas. A partir dos resultados obtidos, conclui-se que a Tecformação Digital, com o apoio das TDI, não apenas facilita o ensino de geometria, mas também transforma as práticas pedagógicas, promovendo um ensino ativo e centrado no aluno. O modelo se revela eficaz ao preparar futuros professores para lidarem com as complexidades da Educação Matemática, oferecendo uma abordagem equilibrada entre ensino formal e exploração prática. Essa pesquisa contribui para a literatura ao apresentar uma metodologia inovadora e replicável, que pode servir de referência para futuras investigações sobre o uso de tecnologias digitais no ensino de Matemática, potencializando o aprendizado e fortalecendo o desenvolvimento profissional dos futuros docentes.

Referências

ENGESTRÖM, Y. **Aprendizagem expansiva**. Tradução Fernanda Liberali. 2. ed. Campinas: Pontes, 2016.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

LÉVY, P. **As tecnologias da inteligência:** o futuro do pensamento na era da informática. Trad. Carlos Irineu da Costa. 3. reimp. São Paulo: Editora 34, 2023.

PINEAU, G. **Genèse de l'écoformation**. Transformation du préfixe éco en vert paradigme de formation avec les environnements. Paris, L'Harmattan, 2023.

VAN HIELE, P. M. **Structure and Insight: a theory of mathematics education**. Orlando: Academic Press, 1986.