

Os modos do pensamento visual-espacial na inserção da calculadora geogebra 3d e realidade aumentada

Leandro Blass¹, Sonia Maria da Silva Junqueira²

leandrobllass@unipampa.edu.br, soniajunqueira@unipampa.edu.br

^{1,2}Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, Avenida Maria Anunciação Gomes de Godoy, 1650 - Bairro Malafaia - Bagé, Rio Grande do Sul, Brasil.

Resumo

O sistema educacional necessita reinventar-se para aprimorar o processo de aprendizagem matemática, nesse sentido, o uso de tecnologias digitais continua sendo uma aposta promissora. Nessa perspectiva, este estudo está alinhado ao objetivo de explorar como os modos do pensamento visual-espacial são influenciados pela inserção da Calculadora Geogebra 3D e Realidade Aumentada em uma proposta de oficina, neste caso, tematizada pelas pirâmides do Egito. Para isso, a base que fundamenta teoricamente a pesquisa é o modelo teórico do pensamento visual-espacial (Costa, 2005), lente sob a qual se mostram os elementos destacáveis dessa influência. Quanto ao método, a opção é por uma abordagem do método misto, aplicada sobre os dados produzidos e coletados durante a realização da oficina. Os resultados apontam diferenças significativas na percepção visual-espacial dos sujeitos investigados, sobretudo a partir da inserção dos recursos de visualização em 3D e Realidade Aumentada utilizados na oficina, demonstradas tanto no teste estatístico, quanto na natureza qualitativa das respostas produzidas. A análise qualitativa permitiu ainda encontrar elementos conceituais e motivacionais nas fases em que essas tecnologias foram incorporadas às atividades da oficina.

Palavras chave: Calculadora Geogebra 3D; Pensamento visual-espacial; Realidade Aumentada.

Modos de pensamiento visual-espacial en la inserción de la calculadora 3d de geogebra y realidad aumentada

Resumen

El sistema educativo necesita reinventarse para mejorar el proceso de aprendizaje matemático, en este sentido, el uso de las tecnologías digitales sigue siendo una apuesta prometedora. En esta perspectiva, este estudio está alineado con el objetivo de explorar cómo los modos de pensamiento visual-espacial están influenciados por la inserción de la Calculadora de Geogebra 3D y la Realidad Aumentada en una propuesta de taller, en este caso, tematizada por las pirâmides de Egipto. Para ello, la base que teóricamente fundamenta la investigación es el modelo teórico del pensamiento visual-espacial (Costa, 2005), lente bajo la cual se muestran los elementos desmontables de esta influencia. En cuanto al método, se opta por un enfoque de método mixto, aplicado a los datos producidos y recogidos durante el taller. Los resultados indican diferencias significativas en la percepción visual-espacial de los sujetos investigados, especialmente a partir de la inserción de recursos de visualización 3D y Realidad Aumentada utilizados en el taller, demostradas tanto en la prueba estadística como en la naturaleza cualitativa de las respuestas producidas. El análisis cualitativo también permitió encontrar elementos conceptuales y motivacionales en las fases en que estas tecnologías fueron incorporadas a las actividades del taller.

Palabras clave: Calculadora 3D de Geogebra; Pensamiento visual-espacial; Realidad aumentada.

Modes of visual-spatial thinking in the insertion of the geogebra 3d calculator and augmented reality

Abstract

The educational system needs to reinvent itself to improve the mathematical learning process, in this sense, the use of digital technologies remains a promising bet. In this perspective, this study is in line with the objective of exploring how the modes of visual-spatial thinking are influenced by the insertion of the 3D Geogebra Calculator and Augmented Reality in a workshop proposal, in this

case, themed by the pyramids of Egypt. For this, the base that theoretically supports the research is the theoretical model of visual-spatial thinking (Costa, 2005), a lens under which the detachable elements of this influence are shown. As for the method, the option is for a mixed method approach, applied to the data produced and collected during the workshop. The results point to significant differences in the visual-spatial perception of the investigated subjects, especially from the insertion of the 3D and Augmented Reality visualization resources used in the workshop, demonstrated both in the statistical test and in the qualitative nature of the responses produced. The qualitative analysis also allowed finding conceptual and motivational elements in the phases in which these technologies were incorporated into the workshop activities.

Keywords: 3D Geogebra Calculator; Visual-spatial thinking; Augmented Reality.

Les modes de pensée visuo-spatiale dans l'insertion du calculateur de géogebra 3D et de la réalité augmentée

Résumé

Le système éducatif doit se réinventer pour améliorer le processus d'apprentissage des mathématiques, en ce sens, l'utilisation des technologies numériques reste un pari prometteur. Dans cette perspective, cette étude s'inscrit dans l'objectif d'explorer comment les modes de pensée visuo-spatiale sont influencés par l'insertion du calculateur de géogebra 3D et de la réalité augmentée dans une proposition d'atelier, en l'occurrence thématique par les pyramides d'Égypte. Pour cela, la base qui fonde théoriquement la recherche est le modèle théorique de la pensée visuo-spatiale (Costa, 2005), une lentille sous laquelle les éléments détachables de cette influence sont montrés. En ce qui concerne la méthode, l'option est celle d'une approche mixte, appliquée aux données produites et collectées lors de l'atelier. Les résultats indiquent des différences significatives dans la perception visuo-spatiale des sujets étudiés, notamment de l'insertion des ressources de visualisation 3D et de Réalité Augmentée utilisées dans l'atelier, démontrées à la fois dans le test statistique et dans la nature qualitative des réponses produites. L'analyse qualitative a également permis de trouver des éléments conceptuels et motivationnels dans les phases dans lesquelles ces technologies ont été intégrées dans les activités de l'atelier.

Mots clés: Calculatrice 3D Geogebra; Pensée visuo-spatiale; Réalité augmentée.

1. INTRODUÇÃO

Diante do cenário tecnológico atual, é válido destacar os desafios e as diferentes dificuldades enfrentadas no ensino e aprendizagem da matemática, uma problemática que, segundo Watt (2004), aponta que o interesse em estudar matemática diminui ao longo da vida acadêmica dos estudantes, o que pode estar associado às dificuldades em aprender a matemática que se entende como escolar, uma vez que essa se liga a conteúdos programáticos exclusivamente explorados nesse ambiente e, por vezes, sem conexão com ambientes da realidade dos alunos.

Dentre os campos em que se reconhecem dificuldades de aprendizagem matemática, o pensamento geométrico tem foco neste artigo. A esse respeito, Battista & Clements (1996) destacam a dificuldade de aprendizagem do cálculo de volumes de sólidos, pois nesse âmbito geralmente os alunos não conseguem mentalizar o tridimensional a partir do bidimensional, uma vez que não há conversão mental das imagens bidimensionais em tridimensionais e vice versa. Da mesma forma, Oliveira & Bairral (2022) sinalizam para as dificuldades enfrentadas nos processos de visualização em geometria espacial e afirmam que a visualização é uma habilidade individual do pensamento matemático, que não é natural, precisa ser ensinada. Nessa lógica, há que se concordar que para dar lugar a habilidades de visualização espacial é preciso investir em

atividades e recursos com foco na visualização, abstração e representação de imagens mentais.

Nessa linha, Borsoi (2016, p.107) concluiu que a utilização do *software* Geogebra facilita a compreensão de conceitos matemáticos de geometria, o que permite que os alunos desenvolvam habilidades do pensamento visual-espacial. Essa afirmação se sustenta no amadurecimento do conhecimento dos alunos, como destaca essa pesquisadora, pois compreende “a atuação do aluno em atividades que privilegiaram tanto a interpretação de informações para gerar imagens mentais, quanto o aspecto inverso; e principalmente, nas interações via *software*”, o que permite certa conexão entre as representações externas com a imagem mental dos alunos.

Em paralelo, a utilização combinada do *software* Geogebra com a Realidade Aumentada (RA) contribui para o processo de ensino e aprendizagem de matemática, principalmente de Geometria Espacial, na visualização, construção e desenvolvimento de conceitos do pensamento geométrico (Soares, Santana & Santos, 2022). Nesse sentido, os resultados encontrados em Junqueira et al. (2022) contribuem na justificativa desta pesquisa, pois apontam diferenças significativas e ampliação da capacidade de visualização espacial dos investigados, quando o ambiente virtual da RA foi o facilitador do processo de abstração, formação de imagens e reconhecimento de padrões.

Dito isso, coube a iniciativa de ampliar e reaplicar a experiência desenvolvida em Junqueira et al. (2022) e buscar, nessa intencionalidade, responder à questão: Como se mostram os modos do pensamento visual-espacial na inserção da Calculadora Geogebra 3D e RA em uma oficina tematizada pelas pirâmides do Egito? Assim, o objetivo desta pesquisa estrutura-se em: explorar como os modos do pensamento visual-espacial são influenciados pela inserção da Calculadora Geogebra 3D e RA em uma proposta de oficina. Nessa direção, as hipóteses apontam que as tecnologias digitais podem ampliar a visualização interativa e a aprendizagem contextualizada, além de promover um *feedback* imediato.

No contexto do atual estudo, novamente a oficina foi tematizada pelas pirâmides do Egito, no entanto, cabe ressaltar que a pesquisa vivenciada em Junqueira et al. (2022) foi realizada de forma totalmente remota com acadêmicos de uma turma do curso de Matemática-Licenciatura. A experiência ora descrita ocorreu de modo presencial, com dezesseis participantes, acadêmicos, egressos e docentes do mesmo curso e todos os sujeitos participantes deste modo presencial não participaram da oficina remota. A oficina foi replicada em relação a suas etapas, diante das inquietações de alguns de seus autores na primeira experiência, pois os resultados apontaram a necessidade de aprofundar a discussão teórica e testar novas abordagens de análise. Essa iniciativa permitiu alcançar novos resultados e abriu possibilidades para trabalhos futuros, o que permitiu que fosse conduzida a reelaboração, aplicação e avaliação de uma nova oficina a partir da experiência inicial, com análise quantitativa e qualitativa dos dados. Esse trabalho faz parte do projeto de pesquisa “Resolução de problemas, metodologias ativas, diferentes formas de avaliar e o uso de tecnologias no ensino superior” e cadastrado no sistema da Universidade Federal do Pampa com registros 2022.PE.BG.1059 e, pertencendo ao Grupo de Pesquisa sobre Aprendizagens, Metodologias e Avaliação (GAMA).

Na sequência, é apresentada uma breve reflexão teórica, com destaque para o modelo teórico do pensamento visual-espacial (Costa, 2005) e argumentos a partir de revisão de literatura acerca da RA aplicada na formação do pensamento visual-espacial.

2. REFLEXÃO TEÓRICA

2.1.O modelo teórico dos modos do pensamento visual-espacial

O modelo teórico dos modos do pensamento visual-espacial toma forma nos estudos de Costa (2002; 2005), em que cada modo do pensamento se associa a diferentes processos mentais, como um conjunto de “[...] processos cognitivos para os quais as representações mentais para objectos espaciais ou visuais, relações e transformações podem ser construídas, manipuladas e codificadas em termos” (Costa, 2002, p.7).

Ao ampliar seu estudo, Costa (2005) apresenta quatro modos diferentes de pensar: o pensamento visual-espacial resultante da percepção, modo PVP; o pensamento visual-

espacial resultante da manipulação mental de imagens, modo PVMM; o pensamento visual-espacial resultante da construção mental de relações entre imagens, modo PVR; o pensamento visual-espacial, que está ligado à transmissão comunicação e representação, isto é, à exteriorização do pensamento, modo PVE (Costa, 2005). Importante salientar que os modos PVMM e PVR tem origem no modo PVMM/PVR, subdivididos pela pesquisadora na etapa de análise e validação do modelo teórico. Neste artigo, para fins associados à análise dos dados, trataremos os modos na forma separada.

O modo PVP incide sobre material perceptivo e de memória, envolve a percepção e interpretação, que dependem da experiência e de fatores socioculturais, além da forma como são trazidas as experiências de observação para a percepção, que se caracteriza como um tipo de imagética, que geralmente usa imagens concretas, como uma “figura na mente”, não necessariamente a mesma para todos e imagens de memória, produzidas no processo de recriação da experiência. O modo PVP está associado a processos mentais de: “intuições primárias; construção visual; re-apresentação e avaliação de imagens; reconhecimentos visuais; identificação de objectos, modelos, formação de um “gestalt”, apreensão global de uma configuração geométrica; abstracção” (Costa, 2005, p. 112).

O modo PVMM se caracteriza por operações intelectuais ligadas à manipulação e transformação de imagens, mentais e reflexivas, ou seja, um processo que se utiliza de imagens antecipadoras e dinâmicas e inclui a identificação dos processos associados a essa manipulação, dentre os quais se associam as intuições secundárias e antecipatórias; unificações; transformações mentais; modelos mentais, abstracção reflexiva; generalização reconstrutiva, estruturação espacial, coordenação e construção visual (Costa, 2005).

O modo PVR é definido por operações de construção mental entre imagens responsáveis por comparar ideias e conceitos, que geram novas representações mentais sobre um objeto. A esse modo estão associados: “intuições antecipatórias; comparações, descoberta de relações entre imagens, de propriedades e de factos; abstracção reflexiva; síntese e metacognição” (Costa, 2005, p. 132). Trata-se de um processo metacognitivo, que envolve a regulação cognitiva, o planejamento e a avaliação durante a resolução de um problema. Esse modo se desenvolve na previsão, transformação, comparação e construção mental, por meio de relações entre imagens e fatos.

O modo PVE é de natureza diferente dos demais modos, pois se apresenta no plano da comunicação dos outros modos. É responsável pela materialização das representações mentais em processo de elaboração de argumentos, socialização, descrição de ideias e base na conceitualização de abstrações. Para comunicar suas ideias o aluno pode, por exemplo, expressar-se por meio de modelos, desenhos, figuras e gráficos. Esse modo fundamenta-se na linguagem, seja ela visual, gestual, verbal, por meio de imagens concretas, dinâmicas, padronizadas ou cinestésicas. Segundo Costa (2005), os processos mentais desse pensamento estão ligados a:

representações externas, tradução, descrição da dinâmica mental, construção de argumentação, de conjecturas e uso de analogias ou metáforas.

Para relacionar os modos de pensamento visual-espacial, Costa (2005) considera dois planos paralelos, um plano cognitivo, onde se situam os modos PVP, PVMM e PVR e um plano de comunicação, onde se encontra o modo PVE, que segundo a autora é o responsável por dar a conhecer os demais modos. A concepção do modelo teórico de Costa (2005) mostrou a importância de fornecer aos alunos um ensino conduzido por experiências em pensamento visual-espacial que promovam a complexidade no raciocínio mental e na relação espacial, de modo a provocar o uso de “um pensamento visual-espacial de qualidade e então uma formação de professores e desenvolvimentos curriculares adequados” (Costa, 2005, p. 197). O estudo priorizou atividades voltadas para as séries iniciais de escolarização, porém abriu campo para investigações no campo do ensino de geometria em qualquer nível educacional.

2.2.A Realidade Aumentada no campo da percepção visual-espacial

A RA é uma tecnologia que vem tomando espaço no meio acadêmico, o uso dessa tecnologia no âmbito educacional parece tomar a magnitude que vem alcançando em outras áreas do desenvolvimento humano. Em uma conceituação frugal, a RA é composta de um objeto virtual apresentado no ambiente real, o que pode ser realizado por meio de aplicativos e *softwares* (Sirakaya & Kiliç, 2018). No contexto educacional a RA é uma ferramenta que pode auxiliar no processo de aprendizagem, nessa direção Sumadio & Rambli (2010) afirmam que os objetos virtuais e vídeos 3D trouxeram mais facilidade e integração nos processos de aprendizagem quando foram implantados no sistema educacional.

Em meio ao exposto, surgem estudos relativos ao pensamento visual-espacial, uma atividade individual e mental na qual se encontram habilidades para representação, interpretação, percepção, memorização e expressão verbal acerca de objetos geométricos (Surya et al., 2013). No campo educacional pesquisadores acreditam que através do sentido da visão os alunos são capazes de perceber e extrair informações, significados, conotações contidas em imagens, desenhos, linhas, símbolos e cores, convertendo-as em linguagem verbal e escrita (Sholihah & Maryono, 2020).

No contexto educacional, segundo Aldalalah et al. (2019), a RA influi no desempenho de matemática e na elaboração do pensamento visual-espacial dos alunos. Esses autores analisam o pensamento visual-espacial dos alunos em duas frentes, considerando o uso da RA em comparação com o uso do método de simulação computacional em atividades matemáticas. Os resultados apontam que os aplicativos desenvolvidos com RA são ferramentas eficazes para ensinar matemática, os gráficos tridimensionais sugerem um maior papel para articulação entre conceitos e realidade, em que os alunos aprofundam o pensamento visual, com a promoção de associações do aprendiz com o objeto. Nesse estudo, os alunos relataram a impressão de estarem conectados a objetos do mundo real. O uso da RA

desenvolve habilidades do pensamento visual, e segundo os autores da pesquisa, essa tecnologia poderia ser integrada em todos os materiais didáticos voltados ao aprendizado da matemática.

Nessa mesma linha, Elsayed & Al-Najrani (2021) pesquisaram sobre o impacto do uso da tecnologia de RA no ensino de matemática, sob uma análise do desenvolvimento do pensamento visual e motivação entre alunos do ensino médio no Reino da Arábia Saudita. Esse estudo incluiu uma amostra de 76 (setenta e seis) alunos divididos em dois grupos, um grupo experimental, que usou a RA e um grupo controle, que trabalhou com o método tradicional. Os pesquisadores concluíram que o uso da RA melhorou a percepção visual dos alunos diante dos problemas examinados, o que permitiu o desenvolvimento de aprendizagem real, referentes aos elementos gráficos, imagens 3D e animações. A pesquisa concluiu, após o estudo comparativo entre os grupos, que a tecnologia RA aprimorou a estrutura cognitiva dos alunos em relação às suas habilidades de pensamento visual-espacial e à motivação para aprender.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa foi delineada na perspectiva do método misto que segundo Creswell (2010) é a combinação da análise quantitativa e qualitativa, ambas realizadas com foco na percepção dos sujeitos investigados. As abordagens quantitativas e qualitativas de pesquisa demandam frequentes discussões sobre seus empregos, inclusive na defesa de sua dicotomia. No aspecto quantitativo, recorre-se à estatística para explicar os dados, enquanto no aspecto qualitativo, busca-se a interpretação das realidades sociais a partir dos dados produzidos. No entanto, ambas as abordagens são legítimas e não se colocam de forma conflituosa, pois, considerados os diferentes modos das pesquisas nas ciências sociais e humanas, não se pode alcançar os resultados por meio de uma única perspectiva. Nessa direção, a interpretação de Creswell (2007, p. 3), supõe um processo de interação, em que “A pesquisa de métodos mistos se encontra no meio deste continuum porque incorpora elementos de ambas as abordagens qualitativa e quantitativa”. O aspecto qualitativo se mostra na proximidade dos sujeitos com os pesquisadores, e foi delineado por meio de elaboração, aplicação e avaliação de uma oficina com questões abertas na produção de dados para análise textual discursiva. Na dimensão quantitativa, as evidências foram geradas por métodos empíricos, com a análise suportada no *software* Jamovi, com dados coletados por meio de questões objetivas e quantificáveis. O método misto “interpreta as informações quantitativas por meio de símbolos numéricos e os dados qualitativos mediante a observação, a interação participativa e a interpretação do discurso dos sujeitos (semântica)” (Knechtel, 2014, p. 106). Nesse sentido, cabe concordar que pesquisas que conjugam esses dois âmbitos no tratamento dos dados são complementares (Minayo, 1997), além de permitirem maior rigor às inferências e aos resultados alcançados.

3.2.A coleta de dados e os participantes da oficina

Os participantes da oficina são doze acadêmicos, uma docente e três egressos do Curso de Matemática-Licenciatura do campus Bagé da Universidade Federal do Pampa, estes últimos atuam como docentes em escolas públicas em Bagé. Neste artigo os sujeitos foram identificados por P (participante) seguido pelo numeral 1 a 16, ou seja, P1 a P16, conforme a ordem apresentada de suas respostas em formulário de questões via Google Forms. A oficina ocorreu de forma presencial, na semana acadêmica do curso e foi intitulada “Realidade Aumentada: as pirâmides do Egito”. Durante a oficina, os participantes responderam a quatro instrumentos de produção e coleta de dados via formulário do Google Forms, três referentes aos cenários investigativos, vinculados às etapas das atividades da oficina e de natureza investigativa e um para avaliar a oficina, de natureza quantitativa.

O primeiro cenário de investigação buscou verificar as percepções e associações que os participantes efetuaram a partir da apresentação de uma imagem inicial e fixa das pirâmides do Egito em um telão, exibição realizada após uma contextualização sobre os monumentos, com a seguinte orientação: “Observe cuidadosamente a imagem: As pirâmides do Egito. Agora escreva todas as relações que conseguir estabelecer a partir desta imagem” (ROTEIRO OFICINA).

No segundo cenário os participantes foram instruídos a construir uma pirâmide com uso do recurso 3D do aplicativo GeoGebra Calculadora 3D e a responder ao seguinte questionamento: “Refleta sobre as estruturas desenvolvidas durante o seu processo de plotagem no GeoGebra Calculadora 3D a partir da imagem: As pirâmides do Egito. Quais são todas as relações que você conseguiu estabelecer nesse processo de construção das pirâmides?” (ROTEIRO OFICINA).

No terceiro cenário os participantes deveriam converter a pirâmide já construída na versão 3D para o recurso RA e projetar na sala a sua pirâmide, para em seguida atender à solicitação do forms: “Registre todas as relações que você conseguiu estabelecer durante o seu experimento no GeoGebra Calculadora 3D RA” (ROTEIRO OFICINA). No encerramento da oficina foi solicitado que os participantes respondessem um questionário adicional, para avaliar aspectos como: conhecimento sobre a ferramenta, aprendizagem na oficina e impacto na formação e profissão docente dos participantes. Os dados produzidos e coletados, associados às percepções dos ministrantes da oficina, foram analisados e os resultados apresentados na seção dedicada a resultados e discussões.

3.3.A análise estatística com o uso do *software* Jamovi¹

A abordagem quantitativa, é definida por Creswell (2010) como o meio empregado para testar teorias objetivas a partir da relação entre as variáveis. Essas podem ser medidas por instrumentos específicos, desde que os dados numéricos possam ser analisados por ferramentas estatísticas. As afirmações, segundo Knechtel (2014),

baseiam-se no teste de uma teoria composta por variáveis quantificáveis, as quais são analisadas de modo estatístico, com o fim de quantificar os dados e medir opiniões e informações e mostrar relação entre as variáveis de causa e efeito e entre os diferentes fenômenos.

Na fase quantitativa desta pesquisa, os dados foram agrupados conforme o Quadro 1, seguindo os constructos: avaliação da oficina, conhecimento da ferramenta, aprendizagem na oficina, formação e profissão docente. O Quadro 1 apresenta algumas questões que precederam a análise estatística, com quatro grupos de questões.

Quadro 1 - Questões da análise quantitativa

Constructos	Questões
Avaliação da Oficina	Q1) Como você avalia a oficina de forma geral? (Atribua uma nota de 1 a 10).
	Q2) Como você avalia o uso da Realidade Aumentada na oficina realizada?
Conhecimento sobre a ferramenta	Q5) Como pensa que foi seu entendimento da proposta durante a oficina?
	Q6) Qual foi o seu grau de dificuldade ao utilizar o <i>software GeoGebra</i> calculadora 3D-RA durante a oficina?
Aprendizagem na Oficina	Q7) Qual o seu grau de satisfação em relação ao conteúdo da oficina?
	Q8) O <i>software GeoGebra</i> Calculadora 3D, com a função RA, auxiliou no aprendizado do estudo das pirâmides?
	Q9) Você se sentiu motivado a aprender ao utilizar o <i>software GeoGebra</i> calculadora 3D (RA)?
	Q9.1) De 1 a 10. Ao estudar a pirâmide de base quadrada diante da oficina com RA, se sente mais preparado e seguro para a discussão sobre o assunto abordado?
	Q10) Na primeira investigação, via imagem das pirâmides, como você avalia sua capacidade de visualização e abstração no que se refere a percepção de entes matemáticos relacionados ao estudo das pirâmides?
	Q11) Na segunda investigação, via manipulação com o <i>software GeoGebra</i> calculadora 3D, como você avalia sua capacidade de visualização e abstração no que se refere a percepção de entes matemáticos relacionados ao estudo das pirâmides?
Formação e profissão docente	Q12) Na terceira investigação, via manipulação com a Realidade Aumentada, como você avalia sua capacidade de visualização e de abstração no que se refere a percepção de entes matemáticos relacionados ao estudo das pirâmides?
	Q13) Em que medida você considera que sua compreensão acerca de cada uma das etapas da oficina foi atingida?
Formação e profissão docente	Q14) Como você avalia a contribuição da Oficina para a SUA qualificação profissional?

¹ The jamovi project (2020). jamovi. (Version 1.2) [Computer Software]. Retrieved from (<https://www.jamovi.org>).

Q14.1) O uso da Realidade Aumentada é um bom recurso para aprender conceitos de matemática?
Q16) Como você avalia a SUA capacidade de colocar em prática uma oficina com o tema da Realidade Aumentada?

Fonte: A pesquisa (2022).

Em todas as questões do Quadro 1 era solicitado para atribuir uma nota de 1 a 10, como consta na Q1. Com o uso do Jamovi foram realizadas análises envolvendo medidas de tendência central (média, mediana e moda), medidas de dispersão estatística descritiva (desvio padrão, variância, mínimo e máximo) e teste não paramétrico de Friedman para verificar se houve ou não diferenças sobre as investigações (Field, 2009), particularmente para as questões 10, 11 e 12 do questionário, representadas no Quadro 1. Na primeira parte da seção resultados e discussões estão apresentados as principais inferências acerca do recorte estatístico realizado.

3.4. Análise dos dados qualitativos

A análise dos dados qualitativos tem sua base na Análise Textual Discursiva (ATD), uma metodologia de análise recorrente nas pesquisas sociais e educacionais, radicalmente qualitativa, concebida a partir de estudos comparativos acerca da análise de conteúdo e análise do discurso. O envolvimento com a ATD permitiu produzir transformações e assumir pressupostos de natureza epistemológica, ontológica e metodológica que precedem a autoria das compreensões que emergem nesta pesquisa. Assim, a ATD tomou forma por meio de um processo de desconstrução e reconstrução dos fenômenos, validado por um processo de interpretação, produção e expressão das compreensões a partir da linguagem, uma vez que esse método “evidencia aproximações com a Hermenêutica, acionando processos reconstrutivos concretizados na linguagem, importante ferramenta de produção e expressão das compreensões produzidas” (Moraes, 2020, p. 596). O aspecto fenomenológico que encaminhou esta etapa da análise questionou sobre: O que se mostra dos modos do pensamento visual-espacial com a inserção da Calculadora Geogebra 3D e RA em uma atividade que explora a percepção dos sujeitos sobre as pirâmides?

A ATD compreendeu três etapas: unitarização, categorização e produção de metatextos. Essas etapas decorreram de movimentos desconstrutivos e reconstrutivos de conceitos, pelos quais foram produzidas novas compreensões acerca da interpretação dos dados. A etapa de unitarização se iniciou com a leitura cuidadosa das respostas dos participantes da pesquisa as três questões propostas durante a realização da oficina, com a finalidade de conhecer a dimensão geral dos dados, assim como de revisá-los e organizá-los, ou seja, constituiu um processo de desmontagem dos dados brutos produzidos. Desse processo, foram extraídos fragmentos que passaram a ser considerados unidades de significado. Na sequência houve a categorização dessas unidades de significado, a fim de buscar novas compreensões do fenômeno e foram definidas três categorias: 1- listagem dos conteúdos; 2 – argumentos explicativos e/ou conceituais; 3 – elementos motivacionais.

A partir da estruturação das unidades de significado em suas respectivas categorias, a elaboração dos metatextos tomou sua forma e compôs os resultados da análise qualitativa desenvolvida.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.2. Reflexões a partir da dimensão quantitativa da pesquisa

A Tabela 1 representa os dados da estatística descritiva e de tendência central para às oito questões já apresentadas na Tabela 1, referentes aos dados quantitativos, ou seja, número de respondentes (N), média (M), mediana (Me), moda (Mo), desvio padrão (DP), variância (Var), mínimo (Mín) e máximo (Máx).

Tabela 1 - Dados gerais da descrição estatística para cada questão

Tema da questão	N	M	Me	Mo	DP	Var	Mín	Máx
Q1-Avaliação geral	16	9,6	10,0	10,0	0,5	0,2	9,0	10,0
Q2-Avaliação RA	16	9,5	10,0	10,0	0,8	0,7	7,0	10,0
Q5-Entendimento	16	9,3	9,5	10,0	0,8	0,6	8,0	10,0
Q6-Dificuldade	16	4,0	3,5	1,0	3,2	10,0	1,0	9,0
Q7-Satisfação	16	9,6	10,0	10,0	0,6	0,4	8,0	10,0
Q8-Aprendizado	16	9,1	10,0	10,0	1,6	2,6	6,0	10,0
Q9-Motivação	16	8,9	10,0	10,0	2,2	5,0	1,0	10,0
Q9.1-Conhecimento	16	8,7	9,5	10,0	1,7	3,0	5,0	10,0
Q13-Compreensão	16	9,1	9,0	10,0	0,9	0,9	7,0	10,0
Q14-Contribuição	16	9,1	10,0	10,0	1,4	1,9	6,0	10,0
Q14.1-Recurso	16	9,8	10,0	10,0	0,3	0,1	9,0	10,0
Q16-Prática	16	7,8	8,0	8,0	2,3	5,1	1,0	10,0

Fonte: A pesquisa (2022)

Conforme a Tabela 1, o questionário teve dezesseis respondentes. A menor média está concentrada no tópico dificuldade. Como pode ser observado, também a maior variação nas medidas de desvio padrão e variância está concentrada neste item, indicando aos pesquisadores que os participantes da oficina tiveram certas dificuldades no uso do aplicativo GeoGebra calculadora 3D – RA, o que foi identificado durante a oficina em momentos de queda de sinal de internet.

Os dados demonstram que os itens satisfação, entendimento, recurso e avaliação da oficina foram os mais bem avaliados em comparação aos demais (com menor desvio padrão, menor variância é maior, média). O aprendizado foi bem avaliado, com pouca variabilidade nas avaliações, a motivação ao realizar a oficina foi bem avaliada, conforme valor da média, no entanto, o valor mínimo 1,0 faz com que o desvio padrão e a variância tenham valores significativos.

A compreensão tem uma variação dos dados pequena, indicando uma homogeneidade das avaliações, em relação ao conhecimento ao realizar a oficina em média foi bem avaliada, porém teve a segunda maior variância, já a questão sobre a contribuição profissional foi melhor avaliada comparada ao conhecimento, o que pode estar

ligado a experiência de usar a RA, por fim, a questão que perguntou sobre a possibilidade de ser colocada em prática a oficina, foi a menor média comparada com a demais questões, indicando que os participantes ainda não se sentem seguros em replicar a oficina.

Para a análise das questões Q10 - Investigação 1, Q11 - Investigação 2, Q12 - Investigação 3, foi verificado a distribuição dos dados por meio do teste de normalidade de Shapiro-Wilk (Field, 2009), que resultou em um p-valor < 0,05 para os dados, neste caso a distribuição não é normal. Dessa forma, foi usado o teste não paramétrico de Friedman (Field, 2009), com as seguintes hipóteses: H_0 : não há diferença estatística entre as avaliações dos participantes da oficina para as investigações 1, 2 e 3 ou; H_1 : há diferença estatística entre as avaliações dos participantes da oficina para as investigações 1, 2 e 3. Essa comparação é feita em relação às diferentes investigações usadas durante a elaboração da oficina no estudo da pirâmide. Ao considerar 95% de significância no teste, o resultado das comparações foi significativo, conforme o p-valor, ou seja, $[\chi^2(2) = 11,4; p\text{-valor} < 0,05]$. Dessa forma, aceita-se a hipótese que há diferença entre as avaliações. O teste de *post hoc* de *Pairwise* (também realizado pelo *software* Jamovi) das comparações múltiplas se mostrou significativo, ou seja, com valor-p < 0,05 para a combinação de todos os cenários, confirmando que existiram diferenças entre as avaliações dos cenários. A Tabela 2 representa a comparação entre as investigações.

Tabela 2 - Teste *post hoc* da comparação entre as investigações

Comparação	p-valor
Q10-Investigação 1 – Q11-Investigação 2	p-valor<0,05
Q10-Investigação 1 – Q12-Investigação 3	p-valor<0,05
Q11-Investigação 2 – Q12-Investigação 3	p-valor>0,05

Fonte: A pesquisa (2022)

Conforme a Tabela 2, há diferença significativa entre a comparação da Investigação 1 com a Investigação 2 e 3, diante da percepção de entes matemáticos relacionados ao estudo das pirâmides. Na combinação entre a Q11 versus Q12 não há diferença significativa entre a percepção de entes matemáticos. A Tabela 3 apresenta os resultados de medidas de tendência central e de dispersão.

Tabela 3 - Dados gerais da descrição estatística para os cenários

Cenários	N	M	Me	Mo	DP	Var	Mín	Máx
Q10- Investigação 1	16	7,9	8,5	10,0	2,4	5,8	1,0	10,0
Q11- Investigação 2	16	8,8	9,0	10,0	1,6	2,6	4,0	10,0
Q12- Investigação 3	16	8,8	9,0	9,0	1,3	1,6	5,0	10,0

Fonte: A pesquisa (2022)

Através da Tabela 3, pode-se notar que ao comparar a média há diferença entre a Q10 para a Q11 e Q12. Para a Investigação 1, tem-se um valor mínimo igual a 1,0; além de apresentar a maior variância e desvio padrão, isso devido a não homogeneidade dos dados.

4.3. O pensamento visual-espacial no contexto da ATD

O que se mostra dos modos do pensamento visual-espacial com a inserção da Calculadora Geogebra 3D e da RA, em uma atividade que explora a percepção dos sujeitos participantes em uma oficina sobre as pirâmides do Egito, pode ser apresentado em pelo menos três âmbitos da análise qualitativa, identificados por meio de etapas de uma Análise Textual Discursiva. O primeiro tem a ver com o âmbito dos conteúdos escolares, são tópicos que são expressados pelos participantes quando expostos a elementos históricos, imagens e construções geométricas que remetem as três mais conhecidas pirâmides do Egito; o segundo se relaciona com a capacidade dos participantes de explicar e conceituar as imagens e apresentar elementos singulares das abstrações que são capazes de organizar mentalmente em um processo de percepção visual-espacial, construído gradativamente com o auxílio do aplicativo Geogebra Calculadora 3D e da RA e, por fim; o terceiro âmbito diz respeito às motivações que são apresentadas pelos sujeitos a respeito da experiência de aprendizagem que vivenciam. Esse terceiro âmbito reproduz aspectos que podem auxiliar a entender o alcance de atividades matemáticas a partir de temas geradores como forma de alcançar um maior engajamento dos estudantes.

A fundamentação teórica na base da análise retoma o modelo teórico para compreensão do pensamento visual-espacial (Costa, 2005) e considera os quatro modos distintos do pensar geométrico, propostos pela pesquisadora: o modo resultante da percepção (PVP); o modo resultante da manipulação mental de imagens (PVMM); o modo resultante da construção mental de relações entre imagens (PVR) e o modo resultante da exteriorização do pensamento (PVE).

A análise toma seu contorno na intenção de responder como os modos do pensamento visual-espacial de acadêmicos, professores e egressos do curso de Matemática-Licenciatura foram influenciados pela inserção da Calculadora Geogebra 3D e RA em uma oficina temática sobre as pirâmides do Egito. Há possibilidade de encontrar novos resultados, complementares à experiência anterior desenvolvida em Junqueira et al., (2022). A seguir, são apresentadas considerações apontadas com base em metatextos e organizadas a partir dos âmbitos e categorias de análise apresentados.

4.4. Da análise sobre a listagem de conteúdos

A listagem dos conteúdos matemáticos, primeira categoria destacada, foi preponderante nas respostas dos participantes, nos três momentos de aplicação dos questionários. Os elementos matemáticos próprios da geometria bidimensional e tridimensional foram encontrados em unidades de significado de quase a totalidade dos respondentes. É importante destacar que a listagem de conteúdo foi a exposição mais recorrente nas respostas dadas pelos 16 investigados em relação à experiência com as imagens fixas das pirâmides e com o uso da plotagem 3D, o que mostrou a proporção de 12/16 e de 11/16 das 16 respostas válidas, respectivamente, nesses dois cenários. A inserção da RA na atividade mostrou uma proporção de 6/15 das respostas dos participantes em listagem de conteúdo.

Nessas respostas com menção a uma lista de conteúdos, foram verificados a preponderância de um ou mais ente geométrico, com foco para a Geometria Plana e Geometria Espacial, com destaque para elementos como arestas, vértices, apótema, faces, entre outros que são geralmente estudados no âmbito da geometria escolar. Cabe destacar que houve também um pequeno espaço para outros campos de aplicação matemática, com respostas que mencionaram Pitágoras, proporções, medições e ponto médio. Possivelmente as listagens expostas são relativas a conteúdos estudados em aulas de matemática, o que permite inferir que ao listarem tais objetos, os participantes dão sinais de que alguns processos de pensamento estão associados ao modo de pensar PVP, PVMM e PVE conforme apresenta Costa (2005).

Quando os estudantes foram solicitados a expressar todas as relações que conseguissem estabelecer ao olhar para as imagens fixas das pirâmides (primeiro momento da oficina), responderam majoritariamente com a listagem de conteúdos, na maioria das vezes relacionados a aspectos geométricos: *P1_1 - Face, arestas, vértices, ângulos; P1_2 - Face, vértice, altura, arestas; P7_1 - Trigonometria, geometria analítica, geometria espacial, geometria plana; P12_2 - Ponto médio, área da base, apótema, altura, arestas, relações trigonométricas no triângulo retângulo; P15_1 - simetria.*

Conforme argumenta Costa (2005) o modo de pensar PVP se refere a representações construídas pela experiência dos indivíduos, por meio de processos mentais, cujo processamento pode estar ligado à apreensão global, da memorização ou da exposição lógica a conceitos e modelos, definido como “um modo cujas operações intelectuais incidem sobre material perceptivo-sensorial e de memória” (Costa, 2005, p. 90). O que permite inferir que o modo de pensar PVP foi identificado no processo no sentido de re-apresentação e avaliação de imagens, pois os estudantes reconheceram e avaliaram as imagens das pirâmides a partir de objetos particulares, e escolheram se expressar por meio de uma sequência lógica, expressada individualmente na forma de listas de conteúdo. Durante o processo de elaboração das respostas, pode ter ocorrido interferência nas respostas dos participantes que estavam próximos, ou no mesmo grupo, porém, mesmo os que não mantinham proximidade entre si, apresentaram o mesmo tipo de resposta para o primeiro momento da oficina. Nesse processo do pensar PVP, os investigados, essencialmente, re-apresentaram elementos de suas memórias, ligadas a um contexto escolar e acadêmico. Conseguiram expressar corretamente os objetos que julgaram adequados na correlação com as imagens das pirâmides, e com coerência, o que pode confirmar a convergência em decorrência do ambiente de formação básica desses sujeitos ser em certa medida homogêneo no quadro de conteúdos programáticos.

Já, o processo do pensar PVMM pode ser caracterizado na listagem de conteúdos pela identificação da intuição secundária. De acordo com Costa (2005), as intuições secundárias são decorrentes de uma formação intelectual sistemática, são interpretações de fatos aceitos como certos. Conforme mencionado, pode ser admitido que os

conteúdos tomaram a forma de uma listagem comumente trabalhada no currículo programático escolar, o que confirma a compreensão de que esses aspectos não foram estruturados de forma natural, embora sejam exposições simplificadas, pois as listagens são composições dependentes de um processo de ensino sistematizado e organizado mentalmente pelos sujeitos.

É possível inferir ainda, que decorre do modo PVMM, o modo de pensar PVE, pois se trata da situação descrita por Costa (2005) em que foram interpretadas a linguagem de uma figura geométrica e, a partir das manipulações mentais, por meio de intuições secundárias, as imagens mentais foram associadas com experiências anteriores e traduzidas na informação escrita na forma de listagem de conteúdos, estruturados conforme uma lógica própria do meio acadêmico.

4.5. Da análise sobre os argumentos explicativos e conceituais

No segundo grupo, relativo a argumentos explicativos e conceituais, foram encontradas unidades que demonstraram explicações completas dos processos apreendidos pelos participantes durante a oficina. É importante destacar que nem todo argumento explicativo é um argumento conceitual, no entanto, todo argumento conceitual é explicativo e lógico, do ponto de vista da experiência vivenciada pela atividade.

Nesse sentido, os fragmentos do participante P9, (*P9_11 - Vários elementos matemáticos muito avançados para este período histórico e P9_13 - Uma sociedade precisa ser muito bem organizada para construir esta grande construção*); ao se referir aos conhecimentos exigidos para a construção das pirâmides do Egito e elaborar essa explicação, sugerem uma compreensão acerca do nível de conhecimento matemático exigido para a percepção de características dessas edificações históricas. Importante mencionar as respostas destacadas de P9 foram apresentadas antes da inserção do ambiente com a tecnologia 3D.

Outros dois participantes também apresentaram argumentos explicativos na fase anterior à inserção do Geogebra Calculadora 3D, conforme pode ser verificado nos fragmentos destacados: *P10_12 - Perfeição da criação das pirâmides, escaladas em diversos tamanhos e P11_1 - Além das relações matemática, tem o motivo e a orientação das faces.* Nessa mesma direção, as unidades de significado de P-13 chamam atenção pela clareza de detalhes: *P13_11 - Três pirâmides maiores e uma menor; P13_12 - Todas aparentemente de base quadrada; P13_13 - Uma das faces está sombreada em todas elas, caracterizando que as bases devem estar na mesma posição; P13_14 - As faces parecem triângulos isósceles ou equiláteros.*

Os argumentos explicativos permitem compreender a relação que os sujeitos estabelecem entre a imagem visualizada, suas memórias e fatos matemáticos. Nesse sentido é possível inferir que os modos do pensamento PVP e PVE (Costa, 2005) são acessados para essas respostas, uma vez que operações intelectuais sobre

material visualizado permitiu a representação, a tradução e a comunicação de significações coerentes na comunicação ou exteriorização do pensamento desses sujeitos. No entanto, tais respostas não apresentam elementos conceituais, pois se restringem a descrever a imagem e suas relações mentais, não conceituam ou comparam ideias para estabelecer relações de compreensão de novos significados.

A partir do momento que foi introduzida a segunda fase da oficina, com a inserção da ferramenta Geogebra Calculadora 3D, os argumentos exclusivamente explicativos continuaram a ser verificados, mas também foram encontrados argumentos conceituais, que não tinham aparecido na fase anterior da oficina, sem a tecnologia: *P13_21 - Que a altura de uma pirâmide de base quadrada é o segmento que vai do vértice principal ao ponto médio da diagonal da base; P13_22 - Que os segmentos da altura, do apótema da face e do segmento da base formam um triângulo retângulo; P14_2 - O estudo das pirâmides mostra que desde os tempos antigos existiam várias relações que utilizamos hoje em dia e nem percebemos, como ângulos, distâncias de um ponto ao outro, proporções, etc.*

O fator importante a destacar é que, embora sejam poucas as unidades de significado que remeteram ao estabelecimento de conceitos, elas surgiram somente quando foi incluída a fase de manipulação por meio do software, e nessa etapa os modos do pensamento PVMM, PVR e PVE foram verificados, pois operações intelectuais relacionadas com a manipulação e transformação de imagens ocorreram no processo de plotar a estrutura de uma pirâmide de base quadrada com o uso do aplicativo. Tais operações exigiram também a construção mental de relações entre as imagens, uma vez que os participantes foram convidados a descrever todas as relações que conseguiram estabelecer no processo de construção das pirâmides com a ajuda do Geogebra Calculadora 3D. É possível inferir, com a apresentação dessas representações, que houve uma construção mental de comparação de ideias, conceitos e modelos, assim como de comunicação dessas representações, com etapas de ligação PVMM para o PVE, além de PMM para PVR e deste para o PVE.

4.6. Da análise sobre os elementos motivacionais

Elementos motivacionais foram encontrados exclusivamente na terceira fase da oficina, etapa em que foi inserida a RA. A verificação desses argumentos foi menor, se comparada ao quantitativo do âmbito relacionado à menção de listas de conteúdos, pois apenas seis dos dezesseis participantes trouxeram expressões que remeteram a algum aspecto motivacional. Importante destacar que foram consideradas nesta categoria as unidades de significado que caracterizam algum tipo de sentimento em relação à oficina, quer sejam positivos ou negativos, ou que serviram de engajamento para o aprendizado.

As unidades de significado trouxeram de forma muito marcada a expressão *interessante*: *P8_3 - Achei muito interessante pois com este recurso podemos trabalhar*

várias formas geométricas; P9_31 - Foi muito interessante utilizar este recurso e P15_3 - achei bem interessante. Embora sejam formas singelas, essas considerações são construções visuais que remetem ao processo mental presente no modo PVP, pois ocorrem a partir de uma intuição primária, o que permitiu ao sujeito perceber a sua representação a partir de sua memória visual. No entanto, o que mais pode representar o termo interessante nas respostas? De modo direto nesta experiência, interessante se refere à ferramenta tecnológica que permitiu a percepção visual dos objetos por um ponto de vista diferente do usual, ou seja, o virtual. O processo de avaliar a imagem e (re)apresentá-la guarda ligação com uma experiência anterior do participante, contudo, não replica a mesma vivência, o recurso é novo para eles. As imagens (re)apresentadas permitiram aos sujeitos considerar que a experiência foi interessante, e podem ter modificado a (re)apresentação, pois essa foi influenciada não só pelas intenções do indivíduo, mas pelos recursos utilizados na tarefa de trazê-las à memória.

Nesse sentido, também há argumentos que mostraram relação com a formalização de aprendizagens articuladas, tanto dentro da própria matemática, como em relação à realidade, uma vez que, conforme propõe Costa (2005), o pensamento geométrico é uma componente do pensamento matemático. A relação mencionada aparece nestas unidades destacadas: *P4_31-No geogebra, pude perceber que, além de pirâmides, podemos projetar outras formas geométricas; P4_32- Pude relacionar os conteúdos com algumas já cursadas, bem como no Geogebra, porém nenhum foi utilizando esta ferramenta que eu não conhecia; P9_32- Relacionar com as teorias matemáticas da geometria espacial e plana que estudamos.* A partir desses fragmentos, é verificada a articulação entre contextos do conhecimento matemático, por meio de uma ligação com conhecimentos anteriormente constituídos, o que favorece o aprendizado significativo no sentido de Ausubel (2003).

A experiência com a oficina se amplia para articulação com a realidade, conforme mostram: *P4_33 - Além de relacionar com os conteúdos já trabalhados pode se relacionar com conteúdos do cotidiano, no caso das pirâmides e P10_32 - O tamanho usado na construção da pirâmide (sem mudar o tamanho posteriormente) são relativas a da realidade.* As conexões emitidas nessas falas destacadas permitem depreender que o modo do pensamento visual-espacial PVP antecede o modo PVE, o que, segundo Costa (2005), diz respeito a uma imagem que foi percebida e imediatamente comunicada e não apenas um registro do objeto, pois o pensamento exteriorizado transformou as percepções em concepções sobre realidades e conhecimentos distintos.

Cabe destacar que uma unidade de significado repetiu a constatação verificada em Junqueira et al. (2022), quando um dos participantes observou estar *dentro da pirâmide*, e desse modo observa os ângulos internos do sólido de uma nova perspectiva, *P10_31 - As relações de espaço usadas pelo aplicativo te colocam "dentro" do desenho, da pirâmide no caso.* Não há como medir o potencial da ferramenta no sentido de permitir a experiência virtual de observar o objeto de dentro, no entanto, esse tipo de

operação mental é característico do modo PVMM, assim, é possível admitir que houve nessa passagem uma ligação do tipo PVMM e PVE, pois o participante usou uma imagem cinestésica, por meio da sua movimentação ou gesto de entrar na pirâmide para depois exteriorizar a sua percepção.

5. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo confirmaram, por meio de uma análise pelo método misto, que houve diferenças significativas na percepção visual-espacial dos sujeitos participantes da oficina com a inserção dos recursos de visualização Geogebra Calculadora 3D e RA.

O estudo demonstrou, tanto no teste estatístico, quanto na análise de natureza qualitativa dos dados, que houve verificação de elementos conceituais e motivacionais nas fases em que essas tecnologias foram incorporadas aos cenários de investigação propostos na oficina. A análise qualitativa permitiu verificar padrões relativos aos quatro modos do pensamento visual-espacial, modelo teórico de Costa (2005). Nesse processo foram verificadas ligações, como o modo PVP que antecedeu aos modos PVMM e PVE, além de uma ligação do tipo PVMM e PVE, na passagem entre os modos do pensamento visual-espacial. A experiência em replicar a oficina permitiu ainda visualizar novas possibilidades para pesquisas futuras, entre elas, a necessidade de ampliar a amostra e diversificar a proposta de oficinas com novos cenários de investigação com foco na abstração e no modelo teórico do pensamento visual-espacial.

6. REFERÊNCIAS

Aldalah, O., Ababneh, Z., Bawaneh, A., & Alzubi, W. (2019). Effect of augmented reality and simulation on the achievement of mathematics and visual thinking among students. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 14(18), 164-185. Disponível em: <<https://online-journals.org/index.php/ijet/article/view/10748>>. Acesso em: 23 sep. 2022.

Ausubel, D. P. (2003). Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. *Lisboa: Plátano, 1*.

Battista, M. T., & Clements, D. H. (2012). Students' understanding of three-dimensional cube arrays: Findings from a research and curriculum development project. In *Designing learning environments for developing understanding of geometry and space* (pp. 241-262). Routledge. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/749365>>. Acesso em: 14 nov. 2020.

Borsoi, C. (2016). *GeoGebra 3D no Ensino Médio: uma possibilidade para a aprendizagem da geometria espacial*. (Dissertação de Mestrado em Ensino de Matemática, Instituto de Matemática (IM), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS).

Creswell, J. W. (2010). *Projeto de Pesquisa: Método qualitativo, quantitativo e Misto*. Tradução: Magda Lopes, 3. Ed., Porto Alegre: Artmed Editora.

Creswell, J. W. (2007). *Projeto de pesquisa: métodos qualitativos, quantitativos e mistos*. 2. Ed., Porto Alegre: Artmed Editora.

Costa, M. M. (2002). Processos mentais associados ao pensamento matemático avançado: visualização. *Anais do Encontro da Seção de Educação Matemática da Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação*, Universidade de Coimbra, pp. 257-273. Disponível em: <https://www.esev.ipv.pt/mat1ciclo/2008%202009/temas%20matematicos/CCosta_proc_mentais_visual.pdf>. Acesso em 06 dez. 2022.

Costa, M. M. (2005). *Modelo do pensamento visual-espacial: transformações geométricas no início da escolaridade*. (Tese de doutorado em Ciências de Educação, Universidade nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa).

Elsayed, S. A., & Al-Najrani, H. I. (2021). Effectiveness of the augmented reality on improving the visual thinking in mathematics and academic motivation for middle school students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(8), p. 1-16. Disponível em: <<https://www.ejmste.com/article/effectiveness-of-the-augmented-reality-on-improving-the-visual-thinking-in-mathematics-and-academic-11069>>. Acesso em: 21 nov. 2022.

Field, A. (2009). *Descobrendo a estatística usando o SPSS-5*. Porto Alegre: Artmed.

Junqueira, S. M. da S., Blass, L., Morales, L. S., Silva, L. P. da, Capello, L., & Pinheiro, K. W. (2022). Abstração e formação de imagens na visualização espacial: o espaço 3D e a realidade aumentada. *Revista De Educação Matemática*, 19(Edição Esp), 1 - 22. <https://doi.org/10.37001/remat25269062v19id681>.

Knechtel, M. D. R. (2014). Metodologia da pesquisa em educação: uma abordagem teórico-prática dialogada. *Curitiba: Intersaberes, 200p*.

Machado, G. B., Ribeiro, R., Renzi, A., Silva, R., & Almeida, E. (2015). Representação do Conhecimento através de Pensamento Visual: uma experiência em sala de aula para elicitação de modelos e mapas cognitivos. *Competência-Revista da Educação Superior do Senac-RS [online]*, 8(2), 91-106. Disponível em: <<http://seer.senacrs.com.br/index.php/RC/article/view/272/246>>. Acesso em: 24 out. 2020.

Moraes, R. (2020). Avalanches reconstrutivas: movimentos dialéticos e hermenêuticos de transformação no envolvimento com a análise textual discursiva. *Revista Pesquisa Qualitativa*, 8(19), 595-609, São Paulo - SP. Disponível em: <<https://editora.sepq.org.br/rpq/article/view/372>>. Acesso em: 28 nov. 2022.

Oliveira Settimy, T. F., & Bairral, M. A. (2020). Dificuldades envolvendo a visualização em geometria espacial. *VIDYA*, 40(1), 177-195. Disponível

em: <<https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/VIDYA/articloe/view/3219>>. Acesso em: 14 nov. 2022.

Sholihah, U., & Maryono, M. (2020). Students' visual thinking ability in solving the integral problem. *JRAMathEdu (Journal of Research and Advances in Mathematics Education)*, 5(2), 175-186. Disponível em: <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1267284.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2022.

Sirakaya, M., & Kiliç Çakmak, E. (2018). Investigating Student Attitudes toward Augmented Reality. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 6(1), 30-44. Disponível em: <<https://eric.ed.gov/?id=EJ1165447>>. Acesso em: 21 nov. 2022.

Soares, F. R., Santana, J. R., & dos Santos, M. J. C. (2022). A realidade aumentada na aprendizagem de Geometria Espacial e as contribuições da Sequência Fedathi. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 13(4), 1-25. Disponível em: <<https://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/3537>>. Acesso em: 14 nov. 2022.

Surya, E., Sabandar, J., Kusumah, Y. S., & Darhim, D. (2013). Improving of junior high school visual thinking representation ability in mathematical problem solving by CTL. *Journal on Mathematics Education*, 4(1), 113-126. Disponível em: <<https://ejournal.unsri.ac.id/index.php/jme/article/view/568>>. Acesso em: 21 nov. 2022.

Sumadio, D. D., & Rambli, D. R. A. (2010, March). Preliminary evaluation on user acceptance of the augmented reality use for education. In *2010 second international conference on computer engineering and applications* (Vol. 2, pp. 461-465). IEEE. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/5445691>>. Acesso em: 21 nov. 2022.

Watt, H. M. (2004). Development of adolescents' self-perceptions, values, and task perceptions according to gender and domain in 7th-through 11th-grade Australian students. *Child development*, 75(5), 1556-1574. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15369531/>>. Acesso em: 21 nov. 2022.

Leandro Blass:

Possui graduação em Licenciatura Matemática pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (2008), mestrado em Modelagem Matemática (Conceito CAPES 4) pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (2011). Doutorado em Modelagem Computacional (Conceito CAPES 6) pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (2015). Atualmente é professor Adjunto C do curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) e da Especialização em Ensino de Matemática no Ensino Médio (Matemática na Prática) - (UAB), edição 2021. Membro dos Grupos de pesquisa: pesquisa sobre Aprendizagens, Metodologias e Avaliação (GAMA/registrado no Diretório de Grupos do CNPq), que apresenta uma perspectiva inter e transdisciplinar, de 2018 até o atual momento e do grupo de Modelagem aplicada no desenvolvimento e otimização de processos tecnológicos e sistemas dinâmicos de 2014 até o momento atual. Tem experiência na área de modelagem dos fenômenos de transporte, com ênfase em Modelagem de deposição de parafinas em dutos de petróleo. Possui também experiência na modelagem e simulação dos fenômenos de transferência de calor em pavimentos flexíveis. Trabalha com os seguintes métodos numéricos: diferenças Finitas e Volumes Finitos para resolução de equações diferenciais parciais. Também fazem parte de suas pesquisas os temas: aprendizagens ativas no Ensino Superior, avaliação do desempenho discente, rubricas avaliativas e estatística aplicada.