



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIÊNCIAS E  
MATEMÁTICA  
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIENTÍFICA**

**MICHELLE CRISTINA BOAVENTURA FRANÇA**

**O MODELO HOLOGRÁFICO COMO ESTRATÉGIA DE VISUALIZAÇÃO DE  
FIGURAS GEOMÉTRICAS ESPACIAIS**

**BELÉM-PA  
2022**

**MICHELLE CRISTINA BOAVENTURA FRANÇA**

**O MODELO HOLOGRÁFICO COMO ESTRATÉGIA DE VISUALIZAÇÃO DE  
FIGURAS GEOMÉTRICAS ESPACIAIS**

Texto para a defesa da Dissertação a ser apresentado ao Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemáticas (PPGECM), do Instituto de Educação Matemática e Científica (IEMCI/UFPA) como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação em Ciências e Matemáticas, área de concentração Educação Matemática.

**Orientador:** Prof. Dr. Tadeu Oliver Gonçalves

**Orientadora:** Prof. Dra. Soraia Valeria de Oliveira Coelho Lameirão

**BELÉM-PA  
2022**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com  
ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará

Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)  
autor(a)

---

B662m BOAVENTURA FRANÇA, MICHELLE CRISTINA.  
O MODELO HOLOGRÁFICO COMO ESTRATÉGIA DE  
VISUALIZAÇÃO DE FIGURAS GEOMÉTRICAS ESPACIAIS  
/ MICHELLE CRISTINA BOAVENTURA FRANÇA. — 2022.  
69 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Tadeu Oliver Gonçalves  
Coorientação: Prof<sup>a</sup>. Dra. Soraia Valeria de Oliveira Coelho  
Lameirão

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,  
Instituto de Educação Matemática e Científica, Programa de Pós-  
Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas, Belém,  
2022.

1. “Cubo Holográfico”. Ensino da Geometria.  
Ferramenta. Fantasma de Pepper. Matemática.  
“Pirâmide holográfica”.. I. Título.

CDD 370

---

**MICHELLE CRISTINA BOAVENTURA FRANÇA**

**O MODELO HOLOGRÁFICO COMO ESTRATÉGIA DE VISUALIZAÇÃO DE  
FIGURAS GEOMÉTRICAS ESPACIAIS**

Texto para a defesa da Dissertação a ser apresentado ao Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemáticas (PPGECM), do Instituto de Educação Matemática e Científica (IEMCI/UFPA) como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação em Ciências e Matemáticas, área de concentração Educação Matemática.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Tadeu Oliver Gonçalves  
Universidade Federal do Pará  
(Membro Interno)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Soraia Valeria de O. C. Lameirão  
Universidade Federal do Pará  
(Membro Externo)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Talita Carvalho Silva de Almeida  
Universidade Federal do Pará  
(Membro Interno)

---

Prof. Dr. Marcos Guilherme Moura Silva  
Universidade Federal do Pará  
(Membro Interno)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Terezinha Valim Oliver Gonçalves  
Universidade Federal do Pará  
(Membro Suplente)

**BELÉM-PA**  
**2022**

Dedico esta pesquisa a minha mãe Maria das Graças Santiago Boaventura França (em memória), que foi e é minha fonte de energia para seguir na vida. Dedico também ao meu tio José Elpidio Boaventura (em memória), que foi um grande apoiador de meus estudos.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pela força e coragem que me proporcionou para lidar com todas as dificuldades para concretizar essa pesquisa.

Ao meu irmão Marcos Gabriel Boaventura França que esteve comigo em todos os momentos.

Aos meus tios e tias que sempre me apoiaram nessa caminhada pelos estudos, Maria do Socorro, Tereza Cristina, Maria da Glória, João Adec, José Omar e Haroldo.

Ao meu tio Sandoval Cleto que não mediu esforços para me apoiar em toda a trajetória pelos estudos.

Ao meu pai Edimilson Pantoja França pelo apoio nos estudos.

A minha família que esteve presente nessa caminhada acadêmica.

Aos meus orientadores Tadeu Oliver Gonçalves e Soraia Valeira Lameirão, pela dedicação e interesse pela pesquisa desenvolvida, pelas críticas e sugestões que contribuíram para minha formação e amadurecimento profissional e acadêmico.

Aos grupos de pesquisa Transformação e Neuro Educação Matemática pelas contribuições e sugestões feitas em minhas apresentações. E também aos professores do programa que sempre contribuíram para o aprimoramento deste estudo.

A minha grande amiga Maria Dulce pelos ensinamentos, acompanhamento e sugestões durante esse estudo. Meus amigos Alice e Rubens pelo apoio, paciência e ensinamentos durante esse estudo.

Aos meus amigos pessoais que sempre estiveram comigo durante esse período de aprendizado acreditando em meu estudo.

À Universidade Federal do Pará que possibilitou a realização deste curso.

Deus tirou tudo de Jó, depois devolveu tudo em dobro. Vai doer, vai machucar, vai te destruir, você vai achar que não vai aguentar, mas no final Deus honra!

Jaii Santos.

## RESUMO

A presente pesquisa apresenta o primeiro contato com a holografia. Após esse momento desenvolveu-se o contexto histórico sobre a holografia, holograma e também a relação matemática que essa técnica utiliza. Esse desenvolvimento desencadeou uma ampliação sobre o tema e, conforme visto, nesta perspectiva foi possível identificar conceitos básicos sobre a holografia e o holograma. Nesse sentido o objetivo geral é estabelecer um estudo chamado de estado da arte sobre holograma e “pirâmide holográfica” como estratégia para a visualização de figuras geométricas espaciais. Nesse trajeto, também surgiu à proposta de utilizar a holografia e o holograma voltados para a visualização de figuras geométricas espaciais e, com esse ponto de vista, foi possível analisar estudos que abordavam essa temática. Dessa maneira, notou-se que o holograma poderia ser visto como proposta para assunto e, em concordância com essa concepção, também se descobriu que a terminologia “pirâmide holográfica” estava voltada para a aprendizagem pautada na importância da visualização de figuras. Nesse estudo sobre holograma e “pirâmide holográfica” perceberam-se distinções entre os conceitos. Outra análise feita foi de que a “pirâmide holográfica” pode ser usada como ferramenta que auxilia no ensino de geometria voltando esse desenvolvimento para a visualização. A metodologia utilizada foi de estado da arte uma vez que foram percebidos erros conceituais entre as terminologias holograma e “pirâmide holográfica”. E como resultados, estabelecer as bases conceituais do modelo holográfico e sua aplicação no ensino; inferir a respeito dos equívocos conceituais que permeiam esse tema e, a partir de uma reflexão, ilustrar uma proposta de construção de um modelo que auxilie na visualização de figuras geométricas espaciais. .

**Palavras – Chave:** “Cubo Holográfico”. Ensino da Geometria. Ferramenta. Fantasma de Pepper. Matemática. “Pirâmide holográfica”.

## ABSTRACT

This research presents the first contact with holography. After that moment, the historical context about holography and the hologram was developed, and also the mathematical relationship that this technique uses. This development provided an expansion about this theme and, in this perspective, it was possible to identify basic concepts about holography and the hologram. In this sense, the general objective is to establish a study called the state of the art on hologram and "holographic pyramid" as a strategy for the visualization of spatial geometric figures. Along this way, the proposal to use holography and holograms on education also emerged for the visualization of spatial geometric figures, and with this point of view, it was possible to analyze studies that addressed this theme. In this way, it was noted that the hologram could be seen as a theme for teaching and, in accordance with this conception, it was also discovered that the terminology "holographic pyramid" was focused on learning based on the importance of visualizing figures. In this study about hologram and "holographic pyramid" distinctions between the concepts were observed. Another analysis was that the "holographic pyramid" can be used as tool that helps in the teaching of geometry, turning this development to visualization. The methodology used was state-of-the-art since conceptual errors were noticed between the terminology hologram and "holographic pyramid". And as a result, establish the conceptual bases of the holographic model and its application in teaching; infer about the conceptual mistakes that permeate this theme and, from a reflection, to illustrate a proposal to build a model that helps in the visualization of spatial geometric figures.

**Key Words:** "Holographic Cube". Teaching Geometry. Tool. Pepper's Ghost. Math. "Holographic Pyramid".

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processo holográfico	24
Figura 2: O Fantasma de Pepper	45
Figura 3: Demonstração do Fantasma de Pepper	46
Figura 4: As três fases de iluminação da casa de Monga	47
Figura 5: “pirâmide holográfica” de acrílico	48
Figura 6: Trapézio	52
Figura 7: Tronco de pirâmide	52
Figura 8: “pirâmide holográfica” de acrílico mostrando um prisma	53
Figura 9: ‘Cubo holográfico’ entre a pirâmide e o prisma	54
Figura 10: Composição do “cubo holográfico”	54
Figura 11: Fantasma de Pepper proposto a um grande público	55
Figura 12: Holapex criador de ‘hologramas’	55
Figura 13: Representação planificada da onça	56
Figura 14: Projetor 3D Vyomy	57
Figura 15: Teste no material pet	68
Figura 16: Teste no material acetato	68
Figura 17: “cubo holográfico” apresentando a onça	68
Figura 18: “cubo holográfico” apresentando o peixe	68

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1: bases teóricas a respeito do holograma	35
Quadro 2: bases educacionais a respeito do holograma	36

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
CAPÍTULO II: CAMINHOS PERCORRIDOS ATÉ A CHEGADA À HOLOGRAFIA	17
CAPÍTULO III: O MODELO HOLOGRÁFIO E A MATEMÁTICA	20
CAPÍTULO IV: A GEOMETRIA E VISUALIZAÇÃO	26
CAPÍTULO V: OS CAMINHOS DA PESQUISA	31
CAPÍTULO VI: UMA REVISÃO DA LITERATURA A RESPEITO DO HOLOGRAMA	35
CAPÍTULO VII: HOLOGRAMA, “PIRÂMIDE HOLOGRÁFICA” E O FANTASMA DE PEPPER	44
CAPÍTULO VIII: A “PIRÂMIDE HOLOGRÁFICA” E O FANTASMA DE PEPPER COMO PROPOSTA PARA O ENSINO DE GEOMETRIA: CONSTRUÇÃO.	51
CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
REFERÊNCIAS	61
APÊNDICES	68

## INTRODUÇÃO

Dentro do contexto histórico brasileiro, o ensino de geometria surge pela necessidade, entre o período do Brasil Colônia e o período Nacional de Desenvolvimento, de auxiliar os soldados nas batalhas, pois eles apresentavam uma grande dificuldade em acertar os alvos. Embora o Brasil estivesse ligado à cultura portuguesa, o ensino de geometria, não foi proposto pelos portugueses, ao contrário, para os portugueses os ensinamentos geométricos eram completamente desnecessários (KONZEN; BERNARDI; CECCO, 2017).

Assim foi criada uma aula especial de fortificações, que buscava orientar os soldados nos desenhos e trabalhos no forte. Por volta do ano de 1730, o ensinamento de geometria na academia militar foi visto como obrigatório, e houve, então, o surgimento dos primeiros livros que abordavam o conteúdo geométrico. Nesse período, se destaca José Fernandes Pinto Alpoim, professor, que por meio de seus estudos escreveu livros importantes para a época, como o Exame de Artilheiros (1744) e o Exame de Bombeiros (1748), que tinham como objetivo repassar conhecimentos a respeito da geometria para que assim os soldados alcançassem o êxito em sua vida militar (KONZEN; BERNARDI; CECCO, 2017).

Dessa maneira é possível perceber o quanto a geometria está ligada ao cotidiano, pois o mundo é constituído por formas e explicações geométricas que foram fomentas com o passar dos séculos. A geometria é um ramo da matemática que visa formas, espaço, posição e trabalha com formação de figuras. Essa reunião de percepções que a geometria aborda serve para nos aproximar do conhecimento e interpretação a respeito do mundo,

Grande parte dos estudantes possuem dificuldades em perceber a Matemática como uma ciência organizada (LELLIS; IMENES, 2001). Neste sentido, a aquisição do conhecimento matemático está relacionada ao saber pensar matematicamente (OLIVEIRA; VELASCO, 2007). Bastos (1999) afirma que por meio da Geometria é possível interpretar, entender e intervir no espaço em que vivemos, inclusive visualizar e representar objetos assim como manipular essas representações e criar novos objetos [...] (SETTIMY; BAIRAAL, p. 3, 2020).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2017) menciona que o estudo da geometria inicia-se a partir do primeiro ano do ensino fundamental tendo como objetivo identificar objetos no espaço conforme a aprendizagem a respeito do tema, reconhecer as figuras geométricas espaciais e planas e ter a compreensão com a

realidade. Dessa maneira, a geometria surge na caminhada dos discentes a partir do primeiro ano e, desde então, o raciocínio geométrico entra em ação conforme as aulas e, ao passar dos anos, esse conhecimento irá se construindo e também surgirão mais detalhes a respeito desse estudo.

Conforme mencionado, a geometria pode ser vivenciada no primeiro contato do aluno com a escola e de acordo com isso é possível perceber, segundo a BNCC (BRASIL, 2017), que os alunos do segundo ano estão comprometidos em estudar os conteúdos geométricos, como cubo e pirâmide, por exemplo, e por notar essa ampliação que ocorre do primeiro ano para o segundo ano do ensino fundamental é necessário pensar como esses alunos irão vivenciar esse conhecimento, uma vez que a visualização dos objetos geométricos é importante na formação desses discentes.

Segundo Rogenski e Pedrosa (2009) os discentes desenvolvem percalços no desenvolvimento da aprendizagem a respeito de geometria frente à visualização e a representação devido a escassa explanação sobre conceitos geométricos básicos desencadeando dificuldades na aprendizagem sobre geometria espacial.

O desenvolvimento geométrico do educando é importante. Uma vez que este encontre dificuldades para compreender e visualizar as figuras geométricas é essencial propor uma ferramenta de suporte que auxilie esse discente e é importante lembrar que, com o conhecimento geométrico, os mesmos podem relacionar esse conteúdo com outras formas de conhecimento. Essa metodologia deve partir do professor, uma vez que ele é responsável por ampliar os caminhos de pesquisa juntamente com os alunos.

Ao analisar esse estudo, é possível perceber que essa ferramenta pode ser sugerida por meio do estudo dos paradigmas relacionados a holografia. A holografia consiste em uma técnica que utiliza raios lasers para gerar uma imagem tridimensional ilusória denominada de holograma. E ao propor esse estudo voltado para o ensino encontrou-se novas perspectivas que também podem ampliar o desenvolvimento e contribuir com o ensino de geometria a partir do segundo ano dos anos iniciais.

Assim, surgem as seguintes dúvidas a serem esclarecidas: O modelo holográfico pode ser utilizado como estratégia de visualização de figuras geométricas espaciais? Como a ideia de holograma é vista para o ensino? A partir do que existe na literatura, a “pirâmide holográfica” e o “Fantasma de Pepper” também podem ser vistos como estratégia diante da dificuldade de visualização geométrica espacial? Quais os equívocos conceituais que estão relacionados ao tema? Como seria a utilização dessas ferramentas em sala de aula?

Dessa maneira, o objetivo geral estabelecer um estudo chamado de estado da arte sobre holograma e “pirâmide holográfica” como estratégia para a visualização de figuras geométricas espaciais. Dentre os objetivos específicos, esse estudo procura estabelecer as bases conceituais do modelo holográfico e sua aplicação no ensino; inferir a respeito dos equívocos conceituais que permeiam esse tema e, a partir de uma reflexão, ilustrar uma proposta de construção de um modelo que auxilie na visualização de figuras geométricas espaciais. .

O texto está organizado em forma de capítulos. No primeiro capítulo é retratada a trajetória de vida pessoal e acadêmica da autora, nesse momento, relato as minhas experiências, superações e a passagem da graduação para a pós-graduação, vivência no grupo de pesquisa, assim como, procuro mostrar a escolha pelo tema e aprimoramento das ideias do Trabalho de Conclusão de Curso de graduação.

No segundo capítulo está retratado o contexto histórico a respeito do modelo holográfico, bem como a matemática que esse modelo utiliza. Nesse capítulo é abordado os autores que iniciaram a pesquisa a respeito do holograma e como essa técnica foi proposta para compreender como funciona esse conhecimento, e, como através desse, é possível identificar explicações matemáticas para esse feito tendo como foco as séries de Fourier.

No terceiro capítulo, é abordado o ensino de geometria em seu contexto histórico e como se iniciou, no Brasil, essas aulas. Assim como as dificuldades desse conteúdo matemático que é vivenciado pelos professores e posteriormente pelos alunos e, também, como é visto o ensino de geometria segundo a BNCC e a importância da visualização geométrica e também a visualização geométrica.

O quarto capítulo é referente ao caminho seguido nessa pesquisa. Nele destacamos que o trabalho foi feito a partir da metodologia do estado da arte que menciona buscas realizadas com o intuito de encontrar pesquisas que contribuíssem para o aprimoramento de uma determinada área de pesquisa e, após algumas etapas, o estado da arte viabiliza o pesquisador a propor novas perspectivas usando as literaturas disponíveis para assim ampliar o desenvolvimento de estudos e pesquisas.

O quinto capítulo é o resultado que o estado da arte trouxe para esse estudo, no qual estão classificados os trabalhos que auxiliaram nesse texto e estão divididos em dois quadros, em que o primeiro é chamado de ‘bases teóricas a respeito do holograma’ e o segundo é chamado de ‘bases educacionais a respeito do holograma’ e, após essa

apresentação, se tem breves comentários sobre cada artigo encontrado e classificado nos quadros.

O sexto capítulo é a reflexão encontrada após a leitura dos trabalhos encontrados, a partir do quadro dois, com as pesquisas que trazem o holograma voltado as perspectivas de ensino. A análise feita é de que existem distinções entre conceitos mencionados nos artigos que compõe o quadro dois especificamente entre holograma e “pirâmide holográfica”.

No sétimo capítulo, é apresentada a “pirâmide holográfica” como proposta que auxilie os discentes frente a dificuldade de visualização sobre figuras geométricas espaciais. Neste capítulo é delineada a construção das ferramentas que podem ser propostas nas aulas conforme a análise feita pelo professor.

## **CAPÍTULO II: CAMINHOS PERCORRIDOS ATÉ A CHEGADA À HOLOGRAFIA**

Neste capítulo, iniciarei redigindo os caminhos percorridos para se chegar a essa pesquisa, a partir das investigações e leituras irei mostrar os pontos principais com os quais busquei compreender os conceitos e ideias que me permitiram construir minhas próprias visões a respeito da holografia, holograma e “pirâmide holográfica”. O ponto de partida foi o meu Trabalho de Conclusão de Curso, defendido em maio de 2019, denominado “Jean Baptiste Joseph Fourier: sua série e aplicações ao cérebro como holograma”. Passando pelas leituras para construir esse texto encontrei ligações e conceitos diferentes e que me chamaram a atenção para futuras pesquisas.

Os estudos que me levaram a buscar por holografia foram desencadeados por leituras externas a vida acadêmica, pesquisa feita por empenho próprio e que ao longo dessa trajetória foi possível perceber que a holografia poderia ter ligações com o cérebro. Essa ideia surgiu pelos trabalhos do neurocirurgião Karl Pribram (1919 a 2015), e ao pesquisar a respeito das pesquisas deste acabei encontrando mais dois estudiosos que iriam compor as ideias do neurocirurgião, o engenheiro Dennis Gabor (1900 a 1979) e o físico David Bohm (1917 a 1992).

A ideia que Pribram estava buscando demonstrar era a de que, a partir das memórias, o cérebro poderia funcionar com padrões de holografia. A contribuição de Dennis Gabor foi por meio da invenção do holograma e a explicação matemática desse padrão seria a utilização das séries de Fourier, já a colaboração de David Bohm veio por meio da física, em especial a física quântica, tendo como foco o trabalho chamado de ordem implícita ou ordem implicada que aborda a trajetória das ondas, que também podem ser explicadas pelas séries de Fourier.

A partir dessas leituras encontrei um livro chamado “O universo holográfico” de Michael Talbot (1991), nele foi possível perceber as ideias dos três estudiosos mencionados anteriormente, e também outras reflexões relacionadas a outras áreas do conhecimento e foi assim que ampliei o campo das pesquisas relacionadas à holografia e holograma e, com isso, estava agora interessada em propor essa ideia inovadora para o ensino de matemática.

Assim, analisei trabalhos que colaborassem com essa técnica e me fizessem contribuir na área da matemática. Foi então que ao final de meu TCC lancei a proposta de construção de uma ‘pirâmide holográfica’ (no tópico “vivenciando um holograma”

descrevo como é possível construir e projetar as imagens). Busquei propor essa metodologia, pois percebi que os alunos tinham dificuldades em compreender os desenhos que a matemática mostra em alguns assuntos, então, pensando nisso, se fez necessário pensar em uma ferramenta que ajudasse o ensino de matemática, tal qual refletiu Almeida (2017)

Ao considerar a dificuldade de visualização espacial, sendo o fator principal na aprendizagem onde há representações gráficas, faz-se uma reflexão sobre as possibilidades de utilização de novas metodologias a qual facilitarão o processo não só de aprendizagem como também de ensino (VALENTE; PEREIRA, 2015). Este auxiliará o professor em suas demonstrações, assim como ao entendimento do aluno e podendo assim diminuir a falta de estímulo à aprendizagem [...] (ALMEIDA, 2017, p. 24).

A identificação e compreensão dos alunos diante das figuras que a matemática aborda é fator importante para a evolução desse discente ao passar dos anos. O conhecimento proposto nessas aulas se entrelaça com a vida e a realidade em que esses alunos estão inseridos, sendo explicadas por essas figuras e, conseqüentemente, os cálculos para a construção dessas figuras, tendo como mediador o docente. É fundamental que esse profissional transforme o ensino diante da sua fonte de pesquisa, dando o devido aprimorando. É possível que as mudanças sejam significativas, auxiliem e provoquem transformações em outras áreas do ensino.

A formação do professor deve priorizar uma postura crítica, reflexiva em favor de uma prática educativa que desenvolva seres autônomos exige um educador ciente da sua tarefa transformadora. Essa postura ajuda-nos a perceber no cotidiano da sala de aula, as várias oportunidades de ações que exigem do professor ser um agente de mudança, reflexivo e um estudioso sobre a sua prática. Esta conscientização é o fator primordial para uma educação inclusiva e democrática [...] (TAVARES *et al.*, 2013, p. 5).

O professor como agente de transformação deve procurar por estratégias e ferramentas que promovam o diferencial no ensino. Buscar por desenvolver o ensino trazendo o que é de costume desse aluno pode ser, sim, um método que irá influenciar positivamente no conhecimento, como, por exemplo, relacionar o conhecimento de sala de aula com a tecnologia, que é um recurso que a maioria dos discentes possui, seria uma proposta que transformaria o ensino e também desencadeia novas possibilidades de pesquisa.

Após essa etapa de minha vida acadêmica, conheci o Instituto de Educação Matemática e Científica (IEMCI) por meio de meu orientador do TCC e assim passei a frequentar como ouvinte o grupo Neurociência Aplicada a Educação Matemática e Científica (NEMCI) liderado pela professora Soraia Lameirão e a cada reunião fiquei

interessada e com isso pedi para a professora me incluir nos seminários que o grupo estava desenvolvendo e, assim, passei a conhecer mais sobre aprendizagem, cérebro e o seu funcionamento.

Por volta do mês de agosto de 2019, comecei a projetar meus próximos passos e com isso prestar a seleção de mestrado do IEMCI. A ideia para o pré-projeto foi continuar a pesquisa e então, nesse momento, a pesquisa seria voltada para o ensino de geometria nos anos iniciais do ensino fundamental. Após percorrer essas quatro etapas consegui ser aprovada e diante disso iniciei as pesquisas agora referentes à holografia, holograma e a “pirâmide holográfica” direcionada para o ensino de geometria e tendo como base nos anos iniciais do ensino fundamental.

Envolvendo a perspectiva de trabalhar com a os conceitos mencionados acima, foi necessário fazer uma pesquisa aprofundada e que me trouxesse textos que retratassem essa técnica para o ensino, então ao iniciar meus estudos notei que grande parte dos trabalhos que envolvem holografia e holograma está na literatura inglesa, quando a busca esteve voltada para a aplicação no ensino foi possível encontrar pesquisas em língua portuguesa, as quais foram analisadas e a partir delas novas reflexões surgiram a respeito de conceito, aplicação e proposta para o ensino de geometria.

Ao falar de geometria é possível fazer ligações com as figuras em duas dimensões (2D) e também imagens em três dimensões (3D), esses são conceitos e ideias que são propostas aos estudantes do ensino fundamental, com base nos anos iniciais, e é para auxiliar esses discentes que a proposta dessa pesquisa foi feita, frente as dificuldades de visualização e compreensão das figuras, essa investigação se faz presente para desenvolver e aprimorar a visualização de figuras geométricas espaciais.

### CAPÍTULO III: O MODELO HOLOGRÁFIO E A MATEMÁTICA

O presente capítulo trata das relações entre o modelo holográfico e a matemática em um contexto histórico, assim como também minhas reflexões diante dos estudos anteriores em união com os atuais. Pode-se notar que a holografia está ligada a várias áreas de conhecimento, e como foi possível perceber no capítulo anterior a autora iniciou suas perspectivas pela holografia e neurociência, e sendo assim a neurociência fez parte da trajetória dessa pesquisa, porém a partir desse trecho às análises serão feitas com o que se chama de modelo holográfico sendo as ideias de Karl Pribram, Dennis Gabor e David Bohm para se chegar ao holograma, percorrendo também a holografia e qual a matemática utilizada.

Antes da visão matemática do holograma é necessário partir do pensamento do neurocirurgião Karl Pribram, que foi um dos primeiros estudiosos a se perguntar se as memórias estariam em um único lugar do cérebro. Quando Pribram começou seus estudos percebeu que necessitaria de trabalhos que corroborassem com os seus pensamentos a respeito das memórias. Ao longo de suas análises, as contribuições foram chegando de diversas áreas, como a neurociência, onde testes realizados com animais trouxeram importantes contribuições.

Segundo Wolf (2019) o tratamento holográfico no cérebro pode ser visto por meio das propriedades das ondas oriundas do eletroencefalograma (EEGs) e um ponto essencial a considerar é o fato de que, ao analisar as ondas, elas devem estar uma por cima da outra, o que dará origem ao princípio de superposição. Tal princípio fundamenta as imagens complexas que são postas sobre as imagens simples e também formula a associação entre imagens. O autor também redige a respeito da ideia de Leopoldo Nobili (1784 a 1835) por meio dos íons de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ <sup>1</sup> passam pelas células gliais<sup>2</sup> e essa passagem origina movimentos oscilatórios, onde a formação de ondas de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  se afetam e com isso dão origem ao movimento iônico. Nobili conclui que a holografia de ondas de Schrödinger<sup>3</sup> (1887 a 1961) estava fortemente ligada à produção de hologramas no tecido do cérebro.

---

<sup>1</sup> $\text{Na}^+$  (sódio) e potássio ( $\text{K}^+$ ) são responsáveis pela eletricidade do cérebro (GOULART, 2009).

<sup>2</sup>São células que fazem parte do sistema nervoso central (SNC) e auxiliam dando suporte ao mesmo (FRANÇA, Juan, 2013).

<sup>3</sup>Em relação à análise de Schrödinger visando o holograma, circula suas ideias pela física quântica (WOLF, 2019).

As contribuições de Rein (2017) também circundam a ideia de que a eletricidade está ligada ao funcionamento do cérebro e determina um padrão de ondas eletromagnéticas (EM) que irão dar suporte para a análise holográfica no cérebro. O pensamento de Pribram que consta no texto de Rein é de que as EM darão origem as ondas elétricas nos neurônios, resultando em interferências, essas interferências quando estão mencionadas ao padrão de ondas, são as análises que as pesquisas têm em comum.

A seguir serão abordadas quais as contribuições de David Bohm e Dennis Gabor para o campo da holografia e do holograma.

O professor David Bohm utiliza a teoria quântica e no decorrer de seus estudos chegou à ordem implícita, que está vinculada a totalidade e implica na origem do paradigma holográfico. David Bohm esteve no Brasil no período da Guerra Fria, pois nessa época havia uma perseguição com os cientistas do projeto Manhattan, que originou a primeira bomba atômica. A partir da sua visita ao Brasil, David Bohm foi convidado por Julius Robert Oppenheimer para pesquisar na Universidade de São Paulo, e entre os diversos trabalhos realizados com físicos brasileiros e estrangeiros, pode também se dedicar mais profundamente a pesquisar a respeito da ordem implícita (BARROS; BOHM, 1983).

Bohm pensou na ordem implícita que é o processo de espalhamento de uma onda, no qual, a partir de um ponto de origem, é possível ter uma onda saindo e ao mesmo tempo uma onda chegando. Um exemplo prático seria o atirar uma pedra em um lago, onde temos um ponto de partida inicial - que é a pedra - e que originará um processo de ondas nesse rio e ao mesmo tempo chega uma onda que representa o curso do rio.

Bohm usa o holograma para entender a mecânica quântica e menciona que o holograma é constituído por dobraduras que percorrem o objeto todo, isso está ligado ao movimento das ondas descritas na ordem implícita, além disso, quando se passa um raio laser por esse holograma acontece o desdobramento e origina a imagem tridimensional. A respeito da ordem implícita, Júnior e Netto (2003) citam:

Bohm ficou conhecido por suas teorias holísticas aplicadas à física quântica, e por suas críticas à "falta de criatividade da física moderna". Uma de suas obras mais conhecidas é *A totalidade e a ordem implicada: uma nova percepção da realidade* (Bohm, 1992), na qual o autor propõe a teoria holonômica (oposta à perspectiva hierárquica) apoiada no princípio de que toda parte do Universo é um testemunho da sua estrutura e processo evolutivo (o todo está contido na parte). Na ordem implícita, o espaço-tempo não é o fator determinante das relações de dependência dos elementos do espaço [...] (JÚNIOR; NETTO, 2003, p. 20).

O físico David Bohm percebe a holografia pela visão da cosmologia, em que o principal foco dele foi à radiação. Essa é apresentada como radiação de fundo que é responsável por analisar micro-ondas eletromagnéticas que estão no universo. Em seu entendimento, David Bohm diz que é possível ir além das relações de Fourier que passam pela escala quântica e chega à cosmologia. O ponto de partida seria essa radiação de fundo que trabalha com essas ondas invisíveis a olho nu. Ao compreender a forma de funcionamento da mesma chega à conclusão de que esse trabalho de ondas é holográfico (PRIBRAM, 2009).

A física quântica aborda formulações que envolvem a matemática e é por meio da matemática que podemos obter explicações concretas sobre o mundo, a maioria de nossa realidade é feita de matemática. O outro autor que reforçou as ideias de Karl Pribram foi o engenheiro Dennis Gabor que chegou à holografia a partir das transformações de Fourier ou também conhecidas como séries de Fourier.

Antes de entender como funciona essa série, é necessário destacar o princípio accidental que originou o holograma quando Dennis Gabor iniciou suas pesquisas com o objetivo de melhorar a imagem do microscópio eletrônico e, após alguns contratempos daquela época, tais como a guerra na Alemanha, Dennis Gabor começou a redigir seus primeiros trabalhos, sendo que, em 1948, construiu os experimentos básicos em holografia chamados de “reconstrução da frente de onda”. Após esse período foi possível chegar à holografia eletrônica. Além disso, o mundo estaria diante da holografia óptica e a invenção e sucesso dos lasers.

A holografia se baseia em tomar uma imagem espaço-tempo e difundi-la (a regra de transformação é chamada de função de difusão; a transformação de Fourier é a usada por Gabor) sobre a extensão do meio de gravação. Assim, as partes da imagem ficam totalmente envolvidas umas com as outras e o todo fica totalmente envolvido em cada parte [...] (PRIBRAM, 2009, p. 2).

Quando se fala de holografia inicia-se uma abordagem imaginária que é possível ser verificada pela matemática, física e experimentos neurológicos com animais. A união dessas áreas contribui consideravelmente para a grande ideia de que somos movidos por padrões holográficos. E o que seria esses padrões?

Tais padrões são explicados pelas séries de Fourier que, em sua essência, retratam as frequências e seus intervalos de repetições. Tendo em mente isso, é possível introduzir a ideia de holograma que pode ser originado de uma figura qualquer onde a partir de diversos cortes chega-se a uma fragmentação e, ao analisar apenas um pedaço,

pode-se chegar à conclusão de que em um único pedaço se tem informação suficiente para reconstruir a imagem original (FRANÇA, Michelle, 2019).

A ideia desenvolvida por Gabor é necessária para compreender o desenvolvimento cerebral utilizando a matemática, chegando-se à holografia que pode ser analisada por meio de frequências, repetições, amplitudes e fases, diante disso chegamos à matemática que desencadeou a holografia chamada de séries de Fourier (PRIBRAM, 2009).

Ao falarmos de padrões de sequência, lidamos diretamente com padrões de repetições e é nisso que a holografia consiste. Quem contribuiu com essa descoberta matemática e ao mesmo tempo holográfica foi o físico e matemático Jean Baptiste Joseph Fourier (1768 a 1830), a união das séries de Fourier com a holografia se deu por meio dos estudos de Dennis Gabor e sua descoberta deu origem ao holograma no ano de 1947 (FRANÇA, Michelle, 2019).

Jean Baptiste Joseph Fourier, nascido na França no ano de 1768, órfão aos nove anos, pensou em se tornar engenheiro do exército, porém ele vinha de uma família de plebeus, então logo este trajeto até o exército foi desfeito. Fourier acabou se tornando professor, e continuou a lecionar até o estopim na Revolução Francesa, onde Napoleão Bonaparte soube de seus conhecimentos administrativos e o levou em missão pelo Egito (EVES, 2011).

Após isso, Fourier voltou para a França e deu início aos seus estudos a respeito do calor, o matemático teve um duro caminho na carreira acadêmica até chegar ao reconhecimento, teve alguns impasses em sua publicação sobre a *Teoria Analítica do Calor*, onde foi lida pelos grandes matemáticos daquela época, Joseph Louis Lagrange (1736 a 1813), Pierre-Simon Laplace (1749 a 1827) e Adrien-Marie Legendre (1752 a 1833), que, ao lerem, reprovaram o trabalho de Fourier, entretanto, os avaliadores ainda acreditavam nas ideias de Fourier e deram-lhe mais uma oportunidade:

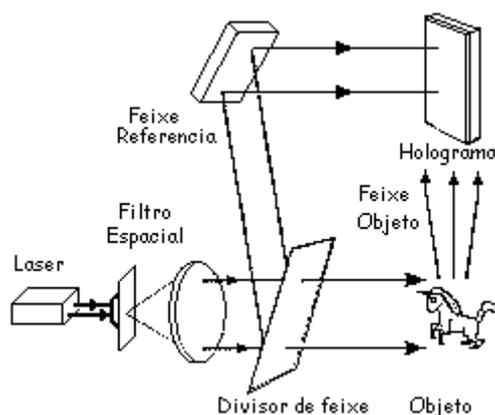
No entanto, a academia estava determinada a incentivar Fourier e por esse motivo, logo depois anunciaram um grande prêmio para estudos de propagação do calor, a ser concedido em 1812. Fourier respondeu com um documento revisado, que ele apresentou em 1811. Foi julgado pelo mesmo painel de matemáticos e por alguns novos, e finalmente ganhou o prêmio [...] (ANGELIDIS, 1996, p. 1).

Segundo Eves (2011) Fourier ainda teve algumas barreiras até completar seu trabalho, o mesmo que foi premiado, no decorrer de seus estudos sobre calor e descobriu um caminho de duplicidade que traduz todas as frequências previstas por seus

estudos anteriores, que ficou conhecida como a ‘Transformada de Fourier’. Essa nova contribuição foi muito utilizada em campos como a mecânica quântica por volta do século XX. Essa transformada possibilitou o processamento rápido de grandes informações, e ao pesquisar as séries de Fourier, podemos perceber que esse padrão, que é analisador de frequências, influenciou nas tecnologias. Usando essa sequência de fatos sobre a vida de Fourier e sua dedicação pelos estudos sobre calor, chega-se às séries, caminho que foi percorrido pelo engenheiro elétrico Dennis Gabor e chegando à holografia.

O estudo da holografia consiste no processamento de gravações e projeções de imagens e resulta na formação de uma imagem tridimensional (3D). A holografia é baseada em uma fonte de luz a laser que se divide em duas partes, uma se direciona a iluminar o objeto para formar a imagem holográfica e a outra parte ilumina o filme holográfico. Para melhor entendimento a figura abaixo (Figura 1) explica o processo que origina o holograma,

Figura 1: Processo holográfico



Fonte: Unicamp (2021)

Para formar esse holograma são necessárias várias etapas, além da utilização de dois caminhos para essa luz a laser, é essencial perceber que um dos caminhos é visto como importante para iluminar e o outro serve como feixe de referência. O raio de referência e a luz que reflete através do objeto acabam se encontrando e originam o padrão de interferência que é gravado no filme holográfico formando o holograma. Na etapa de reconstrução, ou seja, a visão posterior, o holograma tem a iluminação vinda apenas pelo raio de referência que reproduz as ondas que são refletidas pelo objeto original, que são chamadas de frentes de ondas e as mesmas frentes reconstruídas são visualizadas e comunicam a imagem do objeto (UNICAMP, 2021).

A palavra holograma é vinda da linguagem grega, em que “holos” que dizer ‘todo’ e ‘grama’ que dizer ‘mensagem’ (LUNAZZI, 1985). A partir disso a compreensão que se tem é que a holografia é o processo de reflexões utilizando lasers que resulta em um holograma, ou seja, um objeto que se pode visualizar, porém não se pode tocar, pois é uma ilusão.

Neste capítulo foi possível identificar as ideias de Karl Pribram a respeito das memórias e, em decorrência de seus estudos a respeito do cérebro holográfico, encontrou cientistas que contribuíram para seu ponto de vista. Os cientistas que colaboraram com essa ideia foram o engenheiro Dennis Gabor e o físico David Bohm. A matemática utilizada por esses dois pesquisadores também seguiram a mesma linha: as séries de Fourier. A partir disso se pode perceber que a holografia consiste em matemática e o resultado desse processamento é o holograma que pode ser visto como uma ferramenta para a visualização, uma vez que a percepção de estudar a holografia e holograma resulta em um objeto ilusório que remete a um objeto real, ou seja, uma imagem tridimensional.

Um dos paradigmas que norteiam o uso de holografia na aprendizagem é a associação com a terminologia “pirâmide holográfica” que pode ser vista como proposta voltada para a dificuldade de visualização geométrica. Essa nomenclatura está ligada ao uso de recursos digitais dentro do ambiente de sala de aula, tornando as aulas mais interessantes. O uso das tecnologias no ambiente de ensino pode ser aproveitado para ampliar o aprendizado, assim como também auxiliar os alunos em suas dificuldades de visualização, diante disso a proposta do trabalho segue essa vertente para o ensino de geometria.

Segundo Vieira e Costa (2016) a diferenciação na aprendizagem pode ser alcançada por meio da utilização de recursos digitais que desencadeiam ampliação do saber e em conjunto, o professor precisa acompanhar essas etapas de transformação na aprendizagem uma vez que a realidade de utilização de tecnologias é vivenciada pelos discentes fora do ambiente escolar e com isso esses alunos podem unir essas ferramentas para sua própria aprendizagem.

## CAPÍTULO IV: A GEOMETRIA E VISUALIZAÇÃO

Como se pode notar a matemática está fortemente ligada à explicação da holografia, sendo assim, o próximo momento desse trabalho é buscar uma aproximação com a geometria, uma vez que, analisando os estudos e vivências dentro de sala de aula, é importante refletir a respeito da visualização geométrica.

A geometria surgiu no Brasil por meio de uma necessidade militar, pois os soldados não tinham conhecimento sobre área e dessa maneira apresentavam dificuldades para acertar os alvos. As escrituras de José Fernandes Pinto Alpoim (1700 a 1765) foram fundamentais para o desenvolvimento geométrico, nos livros que ele escreveu tinham conceitos, exemplos e explicações para contribuir no aprendizado dos militares. Depois de certo tempo, a geometria passou a ser uma área dentro da matemática, sendo uma das mudanças que ocorreram na transição do Brasil Colônia para o Império (KONZEN; BERNARDI; CECCO, 2017).

O primeiro marquês de Paranaguá, Francisco Vilela Barbosa, deixou seu legado tornando o ensino geométrico mais rigoroso, usando em seus livros os teoremas, demonstrações e axiomas que foram ignorados logo no início da aprendizagem geométrica de nosso país. Um paralelo interessante é o fato que no Brasil Império o ensino de geometria não foi levado em consideração, pois não havia professor preparado para ministrar esse assunto, assim, percebe-se que a geometria tem atrelado ao seu contexto histórico dificuldades que ainda precisam ser solucionados, inicialmente, na formação dos professores, e, posteriormente, no ensino de geometria (KONZEN; BERNARDI; CECCO, 2017).

Ao lecionar geometria, o professor deve buscar maneiras que facilitem o aprendizado de uma classe, uma vez que o conteúdo de geometria pode ser facilmente relacionado ao cotidiano do aluno. Um grande exemplo de como a matemática e a geometria estão ligadas a vida e a natureza é o vídeo produzido pela Walt Disney intitulado Donald in Mathmagic Land (Hamilton Luske, 1959), em português ‘Donald no País da Matemática’, o vídeo mostra de maneira lúdica conceitos importantes sobre a matemática e também aborda formas geométricas no decorrer do tempo, este exemplo é apenas um diante da vastidão de recursos que os docentes podem utilizar.

Visando essa aprendizagem diferenciada que os professores podem lançar mão em suas aulas, é possível perceber que alguns percalços estão ligados a falta de domínio

do assunto e a falta de busca por novas metodologias, o que muitas vezes está diretamente ligado à própria formação do professor. Para que esse profissional tenha uma boa base sobre o assunto ele necessita ter tempo e prazer para se dedicar as demandas da disciplina em sua formação acadêmica. Tratando-se de estudo feito na formação inicial pode-se dizer que o tempo é pouco para estudar e alcançar as demandas relacionadas à aprendizagem de geometria (ANGELO; SANTOS; BARBOSA, 2020).

Apesar de a geometria ser um ramo importante da Matemática, por servir principalmente de instrumento para outras áreas do conhecimento, professores do ensino fundamental apontam problemas relacionados tanto ao seu ensino quanto à sua aprendizagem. Talvez por isso solicitem, sempre que questionados a respeito do ensino de geometria, cursos de extensão que priorizem reflexões de suas práticas pedagógicas [...] (ALMOULOU *et al.*, 2004, p. 1).

Refletindo sobre o que foi exposto acima, se chega ao pensamento de que, se esses docentes não revisarem suas práticas, metodologias e domínio do conteúdo é possível comprometer o ensino da geometria, pois, ao estudar e conhecer os conceitos básicos sobre essa área, esse docente pode perceber que essas terminologias podem ser utilizadas na vida cotidiana, e seria a base para explicar a humanidade e o que a ela pertence, ou seja, sem essas associações ocorrerão problemas no aprendizado que são repassados do professor para o aluno (ALMOULOU *et al.*, 2004).

A grande maioria dos profissionais da educação matemática possuem dificuldades relacionadas à geometria. Segundo Clemente (2015), a geometria é vista superficialmente, e o principal fator é a manipulação efetiva do livro didático acompanhado de uma má apropriação do conhecimento por parte do professor, que muitas vezes chegam a lecionar geometria no final do período letivo para que assim, em algumas ocasiões, o conteúdo não seja ministrado.

Esse problema advém da formação desses profissionais, a maneira como eles recebem e estudam a geometria induz na forma de ensinar. Esse impasse ficou absoluto com a Lei 5692/71 (BRASIL, 1971) que dizia que os professores poderiam selecionar o seu programa de ensino por meio da necessidade da classe, essa lei possibilitou os professores de matemática a não abordarem a geometria em suas aulas:

A geometria pode ser explorada por vários meios - ambiente externo da própria escola, casa ou rua - pode conter formas geométricas e explicações geométricas. Outro grande recurso para desenvolver as habilidades sobre geometria é o uso de ferramentas tecnológicas. Usando a criatividade é possível construir sólidos em programas de computador ou em aplicativos no celular/tablet, uma vez que ambientes virtuais ajudam

o aluno a desenvolver de maneira lúdica o aprendizado. Essa reflexão é feita a partir de leituras que visaram os livros didáticos com único objeto de aprendizado em sala de aula, sendo a forma padrão de ensino (ALMOULOUD *et al.*, 2004).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2017) menciona que a geometria aborda o espaço e as figuras planas e espaciais, levando assim o discente a desenvolver o raciocínio geométrico. No que diz respeito aos anos iniciais do ensino fundamental, o aluno deve conhecer as formas geométricas tridimensionais e bidimensionais e que tenham também em mente as comparações em relação às planificações de cada forma apresentada, e esse conhecimento pode ser desenvolvido por meio de recursos tecnológicos, tais como tablets ou smartphones.

A interpretação e o conhecimento geométrico do professor deve ser uma ponte livre para o aluno, dentro desse conhecimento deve ter o reconhecimento de novas metodologias, adaptar as aulas, identificar as figuras, visualizar e explorar conceitos e traduzir essas informações em uma linguagem que a classe consiga absorver e praticar ao longo da vida estudantil.

De acordo com a BNCC (BRASIL, 2017), em relação ao ensino fundamental se tem competências específicas a serem alcançadas, tais como a competência quatro, que diz respeito às práticas no aspecto sociais e cultural, onde se devem mobilizar investigações para propor avaliações pertinentes. Em sequência, se tem a competência cinco que aborda as ferramentas tecnológicas agregadas ao ensino, no que diz respeito a utilizar essas ferramentas como estratégia para a solução de problemas de diversas áreas.

Na BNCC (BRASIL, 2017), a geometria começa a ser vista pelos alunos a partir do primeiro ano do ensino fundamental, nesse período os objetivos é localizar pessoas e objetos no espaço usando os conhecimentos adquiridos no estudo, reconhecimento das figuras geométricas espaciais e compreender as ligações com o cotidiano e ter também o reconhecimento das figuras planas, compreendendo suas formas a partir das figuras geométricas espaciais.

Apesar da geometria esta sendo vivenciada pelos alunos desde o primeiro anos dos anos iniciais, esta pesquisa propõe trabalhar a proposta de ferramentas que auxiliem os alunos conforme suas dificuldades relacionadas à visualização das figuras geométricas espaciais. Esse estudo está ligado ao entendimento de figuras tridimensionais e espaços tridimensionais onde os alunos iniciam sua interpretação e compreensão da realidade.

Dessa forma o paradigma que circula o holograma surge como proposta de atuar como ferramenta metodológica de visualização de figuras geométricas espaciais, unindo as ideias, seria fundamental compreender as dificuldades que circulam essa proposta e se faz necessário buscar estratégias e ferramentas para auxiliar os alunos. Nesse sentido o professor precisa ser agente de transformação, e uma boa proposta seria a utilizar os paradigmas holográficos. No que diz respeito à ferramenta proposta, os alunos passam a compreender que a partir das figuras geométricas espaciais é possível planificar a superfície do sólido e perceber a forma e componentes dos sólidos. Esse entendimento é importante para compreensão da geometria.

Unificando ao que foi mencionado anteriormente a visualização geométrica é essencial ao ensino de geometria, uma vez que o sistema visual do aluno faz a diferença na compreensão de conceitos e aplicações do conhecimento geométrico ou em determinada representação de figuras geométricas espaciais. Como já mencionado nesta pesquisa a geometria está ligada a realidade, a realidade tridimensional que é constituído o mundo e com isso é necessário relacionar esse entendimento por meio de conceitos e aplicações para mostrar aos alunos que esse assunto é importante e está ligado matematicamente a realidade dos discentes. Segundo Silva,

Nesse sentido devemos conscientizar nossos alunos que estamos imersos em um mundo de formas, que a Geometria está presente em diversas situações do cotidiano e que para onde direcionarmos nossos olhos as ideias geométricas estarão presentes no mundo tridimensional, seja na natureza, nas artes, na arquitetura ou em outras áreas do conhecimento, sendo possível associar tais ideias aos conceitos trabalhados em sala de aula. A modernidade que nos envolve hoje exige que nossos alunos desenvolvam sua percepção espacial e a visualização, tão necessárias para que a Geometria seja a conexão didática pedagógica da Matemática com as demais áreas do conhecimento [...] (SILVA, p. 13, 2012).

Com isso pode-se mencionar que em uma visualização inadequada desenvolve um aprendizado impróprio. Segundo Settimy e Bairral (2020) a dificuldade cognitiva dos discentes está fortemente ligada à visualização e necessita por meio dos professores certo cuidado em relação ao conteúdo de geometria uma vez que as predominâncias são de figuras e seus respectivos elementos, vértices, faces, arestas e diagonais.

No trabalho de Semitty e Bairral (2020) são destacados experimentos que são realizados com alunos do 6º ano, conforme a leitura do artigo é possível perceber que algumas etapas do experimento desenvolviam habilidades em relação à representação das vistas de figuras geométricas espaciais e em maioria as respostas dos discentes estavam erradas conforme a demanda daquela etapa onde se buscava representar a vista

lateral, frontal ou superior da figura em questão, além dessa dificuldade foi percebida também dúvidas em relação à planificação das figuras.

É necessário destacar que a capacidade de visualização é importante para compreender as figuras geométricas e a representação em duas dimensões (2D) e três dimensões (3D) caminham unidas para esse desenvolvimento e a habilidade mental é essencial para essa aprendizagem. A aprendizagem em relação às representações geométricas não depende totalmente de objetos construídos ou de ferramentas, mas essas metodologias podem melhorar a aprendizagem e também podem ser vista como uma resposta para as dificuldades dos alunos (SETTIMY; BAIRRAL, 2020).

Settimy e Bairral (2020) abordam que é necessário estar em constante evolução em relação ao pensamento visual em qualquer ano de estudo e que se devem levar em consideração os recursos uma vez que dependendo da realidade da sala de aula o professor pode adaptar ou criar novas ferramentas que ajudem os discentes. Em seu artigo os autores relatam a respeito da utilização do recurso chamado Geogebra que pode gerar vídeos explicativos que podem servir como auxílio dentro da sala de aula. E ainda relatam que os professores são livres para criar diversos tipos de instrumentos e assim desenvolver a aprendizagem.

## CAPÍTULO V: OS CAMINHOS DA PESQUISA

Neste capítulo será abordado o caráter metodológico utilizado na pesquisa, sendo uma revisão da literatura ou revisão bibliográfica. Inicialmente, a perspectiva do referido trabalho era a realização de uma pesquisa de intervenção na escola, entretanto, frente à pandemia de COVID-19 que o mundo enfrenta ainda no corrente ano, tal proposta se tornou inviável pela incerteza do funcionamento escolar.

Analisando os fatos que foram esclarecidos no TCC, a respeito das memórias e que implicaram nesta pesquisa, foi possível perceber que a metodologia utilizada neste presente texto é um estado da arte, pois será feito uma busca, um mapeamento e leitura das pesquisas encontradas resultando em uma seleção refinada de textos que proponham ideias e reflexões a respeito do tema, assim como também opiniões de autores de diferentes períodos que abordam o tema proposto.

Quando se busca desenvolver uma pesquisa que está relacionada ao estado da arte, leva-se em consideração a caracterização de um estudo bibliográfico que direciona para um detalhamento de trabalhos e, a partir disso, se chega a um aprofundamento de diversas literaturas no campo científico (SANTOS *et al.*, 2020).

O estado da arte vem como proposta metodológica para esse texto, pois visando a área pretendida a partir das buscas realizadas, foi possível perceber que o intuito dessa pesquisa é refletir e expor perspectivas novas diante ao que se encontra disponível na literatura e propor ferramentas para o ensino a partir das ideias de cada texto analisado, desse modo se busca ampliar as pesquisas sobre determinado assunto, para que assim desencadeie o desenvolvimento dos professores e o desenvolvimento no ensino (ROMANOWSKI; ENS, 2006).

O estado da arte visa à comparação de uma temática diante de textos científicos, por meio de levantamentos em sites acadêmicos, como por exemplo, catálogo de faculdades, universidades ou órgãos de pesquisa. Além disso, desenvolver uma pesquisa de estado da arte leva o autor a propagar o conhecimento a partir de leituras e análises feitas nas literaturas encontradas auxiliando futuras pesquisas na área de interesse (SANTOS *et al.*, 2020; FERREIRA, 2002).

O ponto inicial para começar os caminhos metodológicos do presente texto foi escolher qual tipo de trabalho acadêmico utilizar, dentre teses, dissertações ou artigo. A

escolha para essa pesquisa foi de artigos que versam sobre a temática proposta. Essa seria a primeira etapa da metodologia do estado da arte, identificando à temática.

Na segunda etapa a escolha é feita a partir da fonte de pesquisa ou base de busca, na qual foi usada o Portal de Periódicos da CAPES, em acesso ao espaço CAFÉ, e a partir disso se chegou ao critério de buscar por artigos que relatassem as ideias pretendidas.

A terceira etapa do estudo da arte está ligada ao período de busca, ou seja, um recorte de tempo, que não foi utilizada nesta pesquisa devido aos poucos estudos da área. A etapa seguinte seriam os conectivos usados para encontrar os trabalhos, pois a partir das leituras feitas no TCC surgem indicações a respeito de autores que seriam fundamentais na holografia, no holograma e na “pirâmide holográfica”. Os descritores usados em língua portuguesa foram Hogramas e educação; cérebro como holograma; holograma e cérebro; holografia e metodologia ativa; Hogramas; “Pirâmides “Holográficas”; Karl Pribram e cérebro; Dennis Gabor e holograma; David Bohm e ordem implícita; ensino e holograma e educação; ensino e holografia.

Na língua inglesa os descritores foram, *Holograms and Education; brain as hologram; hologram and brain; holography and active methodology; Holograms; "Holographic Pyramids"; Karl Pribram and brain; Dennis Gabor and hologram; David Bohm and implied order; teaching and hologram and education; teaching and holography*. Como se pode perceber foi utilizado o uso do operador *booleano* and que significa interseção. Vale ressaltar que poucos trabalhos estavam na língua portuguesa, por isso se usou descritores em inglês, resultando em um número maior de artigos. Lembrando também que após as buscas gerais a perspectiva voltou-se ao ensino de geometria focando na visualização de figuras geométricas espaciais. Apesar dos conectivos estarem em língua inglesa no resultado da busca encontrou-se trabalhos que envolviam a temática que estavam em língua espanhola. Após a etapa dos descritores, se tem a etapa do levantamento dos trabalhos que foram encontrados no banco de dados, sendo encontrados 50 artigos no total.

Partindo desses 50 textos, percebendo que a leitura dos resumos se mostrou insuficiente para compreender se o trabalho iria compor as ideias pretendidas, se fez necessário ler os textos na íntegra, como critério de inclusão. Cabe ressaltar que essa pesquisa de estado da arte segue etapas onde o pesquisador pode estabelecer quais passos incluir em sua metodologia, sendo assim o critério estabelecido foi ler todo o corpo do trabalho e selecionar os textos que estavam de acordo com a ideia dessa

pesquisa, dessa maneira foi possível se chegar a um referencial de 20 textos que abordavam as ideias proposta na presente pesquisa.

Segundo Santos *et al.* (2020), em sequência ao levantamento dos trabalhos, se tem a etapa de tabulação, onde foi montado um quadro explicativo dos trabalhos selecionados. Nesta pesquisa foram construídos dois quadros, separando os 20 textos, sendo que no primeiro quadro são agrupadas as pesquisas que subsidiam as bases teóricas a respeito da holografia e no segundo quadro estão os artigos que abordam bases educacionais da holografia. Em cada quadro constam também informações sobre os artigos, tais como, ano de publicação, a base encontrada a partir do periódico, título, autores e aplicação.

Ainda a respeito das etapas metodológicas do estado da arte se tem a leitura e pré-apresentação após a tabulação. Esse resumo inicial será redigido no capítulo V dessa pesquisa, com a leitura integral dos artigos é possível identificar a abordagem de cada trabalho e sua utilidade no campo de ensino. Em sequência a essa etapa se chega a duas últimas que compõem o estado da arte, que são a categorização e as análises e conclusões obtidas por meio das leituras (SANTOS *et al.*, 2020).

Essa pesquisa versa o estado da arte, pois ao perpassar por todas essas etapas e levantar textos sobre o assunto, foi possível concluir que se ampliou o entendimento da área pesquisada e como esta vem se desenvolvendo ao longo do tempo. Além disso, ao ler os textos se teve a compreensão das definições de holografia e do holograma, assim como também se identificou equívocos em relação à aplicação da holografia e seu resultado que é o holograma voltado para a aprendizagem, surgiu então à terminologia “pirâmide holográfica” quando se pesquisou a respeito do holograma visando à aprendizagem.

Ao refletir sobre essa ferramenta denominada de “pirâmide holográfica” se pode notar que a mesma poderia ser sugerida como proposta para auxílio nas aulas de geometria, uma vez que essa observação é de caráter inovador a partir do segundo ano do ensino fundamental. Essa sugestão segue pelo caráter do estado da arte, onde a característica principal é propor conclusões novas a partir dos trabalhos científicos disponibilizados na literatura.

Outra conclusão foi de que o estado da arte é importante para o conhecimento científico, tornando viável a contribuição de novas ideias para determinada área a partir dos saberes que já estavam disponíveis nos trabalhos acadêmicos. Partindo disso, o estado da arte reavalia e se aprofunda no tema escolhido tendo também relevância

acadêmica. Outro ponto a destacar é que o pesquisador ao escolher trabalhar com o estado da arte se dispõe a traçar suas próprias metodologias a partir da necessidade de sua busca. (SANTOS *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2020).

Conforme a metodologia usada foi possível chegar a artigos que abordam conceitos e aplicabilidade de holograma ao ensino, e não se obteve resultados relacionados ao ensino de geometria, apenas sobre matemática descritiva. Uma vez feita essa pesquisa também foi possível identificar a terminologia “pirâmide holográfica” que é vista como ferramenta para a aprendizagem. No próximo capítulo serão mostradas as pesquisas encontradas totalizando 20 artigos.

## CAPÍTULO VI: UMA REVISÃO DA LITERATURA A RESPEITO DO HOLOGRAMA

Nesta seção, a abordagem será relacionada aos 20 artigos encontrados, a partir das buscas mencionadas no capítulo anterior. Ao analisar os artigos se pode notar que alguns partiram para os conceitos e ideias no contexto histórico, porém também foi possível encontrar artigos que retratassem a holografia como ferramenta para ensino, surgindo também a nomenclatura de “pirâmide holográfica”. Assim, os artigos foram separados em dois quadros, sendo o primeiro as bases teóricas, onde são apresentados 13 artigos que expressam o conhecimento a respeito do holograma de forma conceitual e explanando os pensadores que discutem essa área, e o segundo quadro reproduz o holograma como metodologia de ensino e possui 7 artigos.

Quadro 1: bases teóricas a respeito do holograma

<b>ANO</b>	<b>BASE DE DADOS</b>	<b>ARTIGO/TÍTULO</b>	<b>AUTORES</b>
1977	IOPSCIENCE	Holography in biology and medicine	P. Greguss
1986	SCIENCE DIRECT	Holonomic brain theory in imaging and object perception	Karl H. Pribram e E.H. Carlton
1995	NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE	Holographic imaging of human brain preparations--a step toward virtual medicine	Kathryn Ko, M.D. and John M. Webster, Ph.D.
1998	SCIENCE DIRECT	Quantum holography: Is it relevant to brain function?	Karl H. Pribram
2005	EBSCOHOST	Attributing Scientific and Technological Progress: The Case of Holography	Sean F. Johnston
2009	WILEY ONLINE LIBRARY	Minding Quanta and Cosmology	Karl H. Pribram
2010	SCIELO	Modelación y reconstrucción de hologramas tipo Gabor	Gabriel J. Lora, Natalia Munera e Jorge Garcia-Sucerquia
2013	GALE ACADEMIC ONEFILE	Creatividad e intuición en la praxis metodológica reflexión a la luz de la neurociencia cognitiva	Beatriz Carolina Carvajal
2017	GALE ACADEMIC ONEFILE	Mind as a virtual phase-conjugated hologram	Glen Rein

2017	GALE ACADEMIC ONEFILE	Tuning the mind in the frequency domain: Karl Pribram's holonomic brain theory and David Bohm's implicate order	Shelli Renee Joye
2018	NATURE	Fourier's transformational thinking	Anonymous
2019	GALE ACADEMIC ONEFILE	Neural holography, the dreaming brain, and free will	Fred Alan Wolf
2020	US NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE	The World as a Neural Network	Vitaly Vanchurin

Fonte: FRANÇA, M. C. B. (2021)

Quadro 2: bases educacionais a respeito do holograma

ANO	BASE DE DADOS	ARTIGO/TÍTULO	AUTORES
2009	SCIELO	El holograma y su utilización como un medio de enseñanza de la física en ingeniería	Rolando Serra Toledo; Gilda Vega Cruz; Angel Ferrat Zaldo; José J. Lunazzi; Daniel S.F. Magalhães
2009	SCOPUS	Holography as a tool advanced learning of optics and photonics	Dyomin, Victor V.; Polovtsev, Igor G.; Olshukov, Alexey S.
2013	JOURNAL OF PHYSICS	Holograms as Teaching Agents	Robin A Walker
2013	JOURNAL OF PHYSICS	An easy physics outreach and teaching tool for holography	T. Voslion and A. Escargue
2015	REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL UNESP	Aprimoramento da capacidade de visualização espacial com a utilização de holograma	Valente, Vania Cristina Pires Nogueira; Pereira, Tamires Trindade
2018	SCIELO	Pirâmide “holográfica”: erros conceituais e potencial didático	Milton Schivani, Gustavo Fontoura de Souza e Emanuel Pereira
2018	ERIC – INSTITUTE OF EDUCATION SCIENCES	Holographic Reality in Education: The Future of an Innovative Classroom	Tsiampa, Athanasia Maria; Skolariki, Konstantina

Fonte: FRANÇA, M. C. B. (2021)

A partir dos quadros mostrados anteriormente, neste momento da pesquisa a será apresentado um breve comentário geral a respeito de cada artigo. A ordem dos comentários segue a mesma ordem de apresentação vista nos quadros.

Greguss (1977) apresenta uma revisão a respeito dos tipos de holografia. A essência desse trabalho foi utilizar a holografia como recurso na medicina. No texto, é possível entender os tipos de holografia e como cada tipo funciona, sendo assim esses tópicos explanados podem ser utilizados na medicina, por exemplo, na detecção de um tumor. Além disso, o texto menciona ideias de raio-x onde o intuito é olhar para esses tipos de holografia e explicar quais delas auxiliam na detecção de doenças.

Pribram e Carlton (1986) apresentam uma discussão a respeito da teoria do cérebro holográfico na interpretação de objetos, na qual destacam o início desse processo por meio da visão e descrevem sua fisiologia básica, mencionam também outros sentidos humanos e fazem análises sobre o cérebro holonômico. O texto remete o leitor ao processo que ocorre dentro do cérebro e suas ligações com a holografia se apropriando da matemática. No texto, fica evidente a tentativa de explicar o cérebro holonômico por meio dos sentidos e os fenômenos cerebrais como, por exemplo, as sinapses.

Kathryn e John (1995) relatam em seu artigo uma experiência sobre holografia que resulta na tridimensionalidade de um determinado objeto, para satisfazer a ideia os autores se apropriaram do laser pulsado que auxiliará no experimento e terá como conclusão o 3D. Este trabalho teve como método o uso do cérebro humano que estava preparado em formol e sofreram processos de congelamento e descongelamento propondo assim visualização de massa branca e cinzenta, todas as etapas desse estudo desencadearam a tridimensionalidade e os hologramas auxiliam a compreender a relações neuroanatômicas humana. No artigo é visto que o uso da holografia do laser de rubi pulsado Lumonic HLS2 desencadeou imagens 3D das preparações cerebrais, sendo assim a holografia pode futuramente auxiliar a propagação da educação na área da biomedicina.

Em seu artigo, Pribram (1998) analisa aspectos de ondas em relação à visão em que se tem o processamento sensorial visual e somático, por outro lado é possível ver a análise do cérebro e os fenômenos que acontecem nele, como as sinapses. Ainda assim, o artigo aborda as ideias de Dennis Gabor a respeito da mecânica quântica chegando à radiação, radiação bóson e alteração molecular que ela causa. Em conclusão, este trabalho especula a física, química e a matemática visando o estudo do cérebro por meio dessas áreas.

Johnston (2005) menciona a holografia como uma tecnologia que resulta em uma imagem 3D e visam as mudanças sofridas nesse campo entre suas possíveis

“falhas”, sucessos e fracassos desse potencial científico. No texto, também é possível perceber o histórico da holografia e como foram sendo modificadas as concepções que circulam esse campo, fala-se também a respeito das previsões comerciais da holografia, que é vista e analisada de forma diferente até mesmo no conceito de tecnologia.

Pribram (2009) faz contribuições acerca da mente e da cosmologia, relacionando sua escrita com a física quântica. A partir de seus estudos, foi capaz de introduzir a ideia de ligação entre holografia e os sentidos humanos e essa ligação seria possível ser explicada pela radiação. Em seu trabalho, Pribram explica, por meio de tópicos, suas ligações e entrelaçamentos que originam essa holografia, as quais passam pelos sentidos humanos e podem chegar a ligações com o universo também.

Lora, Munera e Sucerquia (2010) falam sobre modelagem de reconstrução de hologramas que está ligado ao cálculo matemático da integral de difração na formulação de kirchhoff-fresnel ou rayleigh-sommerfeld, bem como a explicação matemática, a difração. As microscopias holográficas digitais também são postas no texto e os autores dizem que as tecnologias dependem do crescimento dos sistemas de computação. Esse texto busca mencionar a holografia de sua forma sólida no sentido de abordar cálculos matemáticos para a compreensão da área.

Os estudos de Carvajal (2013) propõe que as universidades trabalhem com a criatividade de seus alunos por meio a intuição e também afirma que, a cada pesquisa feita por esses discentes, uma pergunta ou um conjunto de perguntas seja levantado e respondido, sendo que essas respostas irão além da epistemologia, serão respondidas para a sociedade em geral, assim deixando uma contribuição para os cidadãos. O texto também menciona que os estudos devem ter um conjunto de áreas; fala a respeito da transdisciplinaridade e da interdisciplinaridade e, dentro disso, relaciona a neurociência como uma potência nos trabalhos criativos de pesquisa desenvolvida no nível superior. Tal criatividade é mencionada no texto e está ligada ao cérebro e seus processos que levam a criação, que se interliga com a ideia de Karl Pribram a respeito das memórias. Contudo, este trabalho formula questionamentos a respeito da forma de pensar e propor pesquisa analisando o meio que você está inserido e também dialoga com o rigor científico das pesquisas que surgem por meio dos professores, sendo esses agentes primordiais no processo de reflexão, prática e questionamento.

Segundo Rein (2017), o ramo da holografia pode explicar diversas perspectivas da humanidade. Em seu trabalho, aborda a questão da influência dos espelhos e qual maneira isso estaria ligado ao cérebro, resultando em uma conjugação de fase. Além do

mais, podemos perceber a fala sobre holograma virtual que tem como função armazenar as informações de cognição no cérebro, isso está ligado à conversão de *biofótons endógenos*<sup>4</sup>.

Joye (2017) propõe a consciência como força eletromagnética oscilando entre duas regiões. Neste ensaio, a consciência humana está ligada a frequência do domínio, a hipótese se ramificaria em o cérebro como holograma previsto do Karl Pribram e a interpretação da teoria quântica de David Bohm. O autor também menciona radiação eletromagnética infravermelha, considerando que o calor é uma medida de reação neurossensorial humana ao fenômeno de radiação, que tem interação de energia eletromagnética com neurônios nas células da pele.

Além disso, outras explicações da física também contribuem para a ideia central do texto que tem como foco o ajuste da mente no domínio da frequência. O autor conclui que os processos descritos e analisados levam a radiação do campo eletromagnético como uma base para a consciência. Apesar do descuido, as estruturas cerebrais são vistas como estruturas biológicas que são viáveis à consciência, a qual, segundo o autor, é um acidente gerado por meio da ação dos picos neuronais, sendo uma ideia em vista e aceita chegando a conclusão de que a relação dos sistemas de informação/percepção unidos com a consciência estão envolvidos em domínios de frequência altas e subquânticas.

Anonymous (2018) aborda a vida de Jean Baptiste Joseph Fourier, desde seu início na matemática, sua vida no exército de Napoleão que peregrinou pelo Egito e também a sua volta para a Europa para estudar sobre ‘calor’, sendo o primeiro estudioso a abordar o efeito estufa e o aquecimento do planeta. O artigo também menciona as críticas que Fourier teve e a suas insistências em abordar funções trigonométricas falando a respeito da descontinuidade, chegando à conclusão de que todo esse estudo originou a chamada transformada de Fourier ou também conhecida com séries de Fourier.

Wolf (2019), por sua vez, aborda a tentativa de definir o sonho e a experiência do livre arbítrio em modelos de processamento holográfico, sendo que na busca o autor encontrou dois modelos: o primeiro é a holografia de ondas de Schrödinger pelos íons Na<sup>+</sup> (sódio) e K<sup>+</sup> (potássio) no tecido glial no córtex cerebral. O segundo modelo é a holografia óptica no emprego de geração de imagens. Contudo, para o autor, a memória

---

<sup>4</sup>Radiação eletromagnética endógena no espectro de luz visível emitido por organismos vivos (USP, 2021).

funciona como produtor de “imagens” holográficas que dependem do observador e o que ele está observando, a conclusão chegada é de que os sonhos refletem o senso de identidade e vontade. Por meio deles conseguimos visualizar a vida e alguns sonhos nos mostram o livre arbítrio e, em conjunto com isso, os modelos nos levam a conclusão de que o cérebro funciona como processador de “imagens” holográficas pela memória.

No trabalho de Vanchurin (2020), o mundo pode ser uma rede neurológica, por meio de variáveis que seu estudo percorre. O autor direciona seu texto em estudo de matemática pura, por meio de cálculos de nível superior, tais como derivadas e integrais para mostrar o funcionamento da teoria que o mundo pode se apresentar como uma rede neural. O interessante neste trabalho é a sua organização em redes neurais, termodinâmica da aprendizagem, mecânica entrópica, mecânica quântica, mecânica hamiltoniana, variáveis ocultas, cordas relativísticas, gravidade emergente e a holografia.

Ao encerrar os breves comentários a respeito das bases teóricas, iniciamos as ideias dos autores que constam no quadro de bases educacionais. Assim como foi possível constatar nas bases teóricas, a holografia é um campo que possui aplicação em muitas áreas do conhecimento. Se apropriando dessas explicações à abordagem a seguir visa um direcionamento voltado para o ensino.

Toledo et al. (2009) diz que a técnica do holograma pode ser abordada como ferramenta para o ensino de física, uma vez que esse procedimento resulta em uma ilusão de ótica que é originada devido reflexões em uma placa de vidro, duplicando a ótica do objeto, trazendo o efeito de tridimensionalidade. Os autores relatam também as características diferenciadas do holograma e como esse procedimento é visto no ensino no campo das engenharias, destacando que o holograma ajuda e auxilia na aprendizagem, no que diz respeito às reproduções visuais. Utilizar o holograma desencadeia uma perspectiva integradora, pois são utilizados diferentes leis e conceitos do estudo da física e permite que os indivíduos enxerguem objetos que, em sua realidade, não seria possível. Dessa maneira, os discentes podem utilizar essa ferramenta em aulas de física nos laboratórios podendo manipular o tamanho das imagens de objetos.

Dyomin et al. (2009) sugerem o uso da holografia para auxiliar na visualização de objetos na ciência e na engenharia, e propõem um kit educacional que mostra como usar essa técnica para abordar temas como difração da luz, interferência, ótica geométrica, ótica de Fourier, efeitos de polaridade e fibra ótica. Os autores abordam

questões técnicas a respeito do holograma como, por exemplo, explicar as etapas e quais os estudiosos que fazem parte desse estudo usando uma linguagem característica das áreas da física, e também mostram cálculos necessários para o experimento. Além disso, os autores dialogam a respeito da utilização do kit para experimentos laboratoriais que aprimoram o estudo de óptica, fotônica e ciência dos lasers desencadeando compreensões significativas dos fenômenos da física.

Voslion e Escargue (2013) discutem a holografia mostrando o seu conceito e criação, sugerindo também uma proposta de kit didático voltado para o público da graduação que consiste em produzir hologramas de boa visualização em qualquer ambiente. A utilização da holografia pode ser concretizada em oficinas com um tempo de 45 minutos onde os estudantes podem conhecer os conceitos básicos da física e da holografia, além de compreender também acerca de interferometria holográfica, multiplexação angular e grade holográfica de difração.

Para Walker (2013), a holografia pode ser usada como uma ferramenta de ensino, já que por meio de sua realidade aumentada ou imagens tridimensionais, essa técnica pode ser utilizada com jovens e adultos através do uso de jogos com aspectos realísticos. De acordo com o autor, esse instrumento, pode ser utilizado para ampliar e desenvolver a aprendizagem na área da medicina, como no ensino de anatomia humana. A tecnologia em 3D se aproxima da realidade e a interação com essa técnica pode desencadear novas aprendizagens, além de promover a motivação quando utilizado um estereograma<sup>5</sup> holográfico.

O artigo de Valente e Pereira (2015) mostra a importância de empregar a prática do holograma na questão espacial na engenharia, matemática e outras áreas do conhecimento. Entretanto, como a abordagem dessa técnica não é uma rotina na vida do estudante na sua primeira fase escolar, esses chegam à universidade nos cursos de engenharia sem uma noção de espaço, o que é um fator importante para os estudantes desse curso. O uso da holografia pode ser uma prática desenvolvida com estudantes de engenharia na disciplina desenho técnico, desencadeando aprendizagem significativa e aprimoramento das habilidades dos discentes na questão espacial.

Schivani et al. (2018) abordam a referida temática, como esse método funciona e também mostram a proposta de uma ferramenta chamada de “pirâmide holográfica” que

---

<sup>5</sup>É uma técnica de ilusão de óptica que se parece com a visão humana, consiste em duas imagens em duas dimensões que se completam e com isso é possível visualizar uma imagem em três dimensões (GIOVANINI, 2019).

possui um grande potencial didático, já que pode ser utilizada em áreas de óptica geométrica e matemática. No texto, os autores também chamam atenção para o fato de que os meios midiáticos interferem na compreensão da técnica do holograma, uma vez que repassam informações equivocadas direcionando conceitos que se aplicam a “pirâmide holográfica” ao holograma.

Tsiampa e Konstantina (2018) afirmam que a holografia pode contribuir para uma sala de aula mais inovadora, na qual pode ser possível vislumbrar a interação do conhecimento com a prática sendo vivenciado por alunos com necessidades especiais, tais como, Dislexia e Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH). As crianças que possuem essas deficiências podem superar suas dificuldades na educação por meio de exercícios de cognição que são base da neuroplasticidade, o que pode provocar a inclusão desses alunos no ambiente escolar regular com o auxílio dessa tecnologia para melhorar o ensino. Os autores trazem reflexões a respeito do uso de ambientes virtuais, como os jogos, sendo que, ao planejar essa metodologia, o professor pode promover uma série de aprendizagens para esses discentes.

Os artigos mencionados no quadro 1 foram importantes para o conhecimento histórico e conceitual da holografia e do holograma. Pode-se notar que essa técnica da física óptica serve como instrumento para o ensino apesar de ainda ser pouco divulgada. É possível que essa prática seja desenvolvida em diversas áreas do conhecimento e assim possa ampliar a aprendizagem.

Após essa análise do quadro 1, pensou-se como estaria ligada a proposta de holografia e holograma para a prática escolar, então encontrou-se pesquisas que direcionavam esse método para a aprendizagem que estão listadas no quadro 2. A partir disto, percebeu-se que as literaturas dos dois quadros são de maioria internacionais tornando assim as pesquisas brasileiras inusitadas. A pesquisa voltada para a holografia no ensino é recente e insipiente, além disso, o uso da holografia na sala de aula é visto como algo inovador e percebeu-se que a predominância do uso está voltada para as áreas da física e engenharia e mesmo de forma introdutória.

Ao pesquisar a holografia e o holograma como sugestão de ferramenta de ensino encontrou-se a nomenclatura “pirâmide holográfica”. Esse método de ensino está ligado à holografia e ao holograma, uma vez que ao ler as pesquisas foi possível identificar que na literatura a “pirâmide holográfica” é vista como proposta de ensino que, em seu resultado, formará uma imagem tridimensional. Apesar de holografia, holograma e a

“pirâmide holográfica” fazerem parte da física óptica é necessário perceber que existem distinções entre holograma e “pirâmide holográfica”.

Essas duas técnicas podem ser vistas como metodologia de ensino focando na visualização geométrica espacial, porém ao perceber que a holografia e o holograma possuem etapas complexas que serão estudadas no campo da física a partir dos anos finais do ensino fundamental e ensino médio, pode-se mencionar que a “pirâmide holográfica” surge como auxílio na visualização geométrica espacial e essa técnica pode ser esclarecida pelo professor quando ele se apropria dos conhecimentos desse método e relaciona com o próprio conteúdo geométrico. O estado da arte em conjunto com as análises encontradas nessa pesquisa ressaltam que existem equívocos entre holograma e “pirâmide holográfica” e que esta pode ser vista como proposta para as séries iniciais do ensino fundamental a partir do segundo ano.

A “pirâmide holográfica” é vista como proposta para a ampliação do ensino, uma vez que ao se utilizar desse recurso nas aulas e pode se tornar diferenciado sendo que essa auxilia de forma positiva na visualização de objetos, principalmente quando os alunos conseguem interpretar o desenho apenas pela fala do professor e, além disso, a “pirâmide holográfica” recebe um nome específico uma vez que esse método que a pirâmide mostra é resultado de reflexões desenvolvidas pelo químico John Henry Pepper (1821 a 1900). Por fim, a “pirâmide holográfica” pode ser chamada também de “Fantasma de Pepper”.

## **CAPÍTULO VII: HOLOGRAMA, “PIRÂMIDE HOLOGRÁFICA” E O FANTASMA DE PEPPER**

Neste capítulo serão abordados os conceitos de holograma, “pirâmide holográfica” e o “Fantasma de Pepper”. Tais definições são importantes, pois, ao usar a metodologia do estado da arte, foi possível perceber que havia erros em relação aos conceitos e a aplicação da holografia dentro da sala de aula. Então, após as leituras dos artigos, chegou-se a algumas reflexões que serão mostradas no decorrer desse capítulo. Para iniciar esse entendimento sobre holografia se faz necessário lembrar o que já foi mencionado nessa pesquisa, como se chega ao holograma, o processo que resultana imagem tridimensional ilusória.

A formação da imagem tridimensional ilusória que se chama holograma é o resultado de várias etapas de um processo denominado holografia, como consta ao final do capítulo II desta pesquisa, e para isto utilizam-se raios lasers e fenômenos como interferência de ondas. Após lembrar essa definição e perceber que o holograma é a projeção que forma uma imagem em 3D, se inicia o processo de investigação sobre como se pode aplicar esse conhecimento a respeito de holografia e holograma no ensino. Partindo dessa ideia, encontrou-se a artigos que buscavam interligar esse conhecimento na aprendizagem, porém a predominância dessas pesquisas está voltada para as áreas de física e engenharia. Além disso, ao pesquisar a técnica do holograma para o ensino encontrou-se a terminologia “pirâmide holográfica” que também é proposta de ferramenta para a educação.

A busca realizada teve como resultado os sete artigos do quadro 2 dessa pesquisa e trouxe como objetivo influenciar novas perspectivas a partir das literaturas disponíveis, assim como também propor ferramentas que auxiliem no desenvolvimento do ensino, em especial, ao ensino de geometria focando na visualização de figuras geométricas espaciais. Ao realizar as leituras dos artigos que abordam a holografia, holograma e “pirâmide holográfica” como técnica para a aprendizagem foi possível perceber que existam discrepâncias entre as definições desses métodos, uma vez que o holograma e a “pirâmide holográfica” são vistas com a mesma definição, sendo essa uma afirmação equivocada segundo as definições seguidas pelo estudo da física.

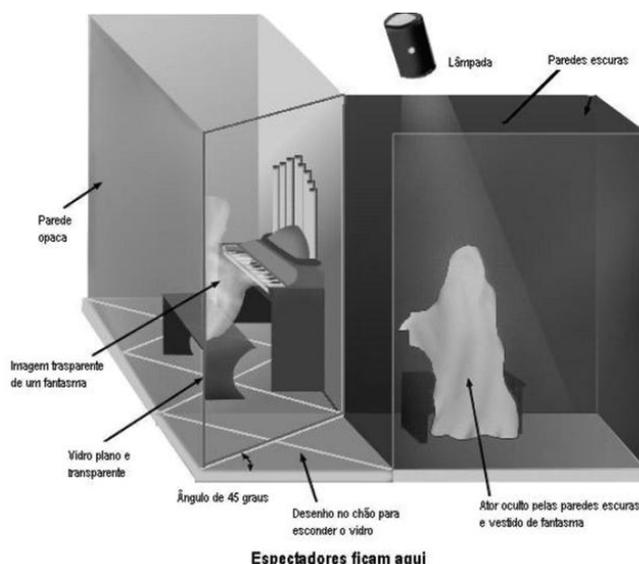
Segundo Araújo e Schivani (2018) as ilustrações que surgem no centro da “pirâmide holográfica” são resultados de reflexões obtidas pela luz ao passar pela estrutura que forma a pirâmide, usando chapas que originam essa imagem que é

confundida com o holograma, mostrando assim a diferença entre as definições. A indústria do cinema é uma grande propulsora desse erro que acontece entre os conceitos, uma vez que as ilustrações ópticas são retratadas como hologramas nos filmes, por exemplo. Na aplicação dessa ferramenta que se chama “pirâmide holográfica” é possível perceber que a imagem ao centro da pirâmide remete o expectador estar diante de um objeto em três dimensões, porém essa técnica recebe um nome específico que a diferencia do estudo sobre o holograma, chamado “Fantasma de Pepper”.

Segundo Schivani, Souza e Pereira (2018), a afirmativa de que se pode ter um holograma conforme é mostrado nos filmes é considerada errônea, uma vez que essa técnica não é idêntica à do holograma e, de acordo com estudos realizados no Instituto de Física ‘Gleb Wataghin’ (IFGW) da Unicamp, a técnica do holograma resulta em imagens em 3D que são originadas pela utilização de raios lasers e não de reflexões em telas planas. Esse equívoco é denominado “Fantasma de Pepper”.

O método denominado *Pepper's Ghost* ou “Fantasma de Pepper” foi originado pelo professor de química John Henry Pepper (1821 a 1900) que desenvolveu uma técnica de projeção de imagem e de um objeto que está escondido a quem observa, diante de uma reflexão feita por meio de uma lâmina plana de vidro que se inclina a um ângulo de 45 graus, como mostra a figura abaixo:

Figura 2: O Fantasma de Pepper



Fonte: Medeiros (2006)

A imagem anterior mostra como funciona a técnica do “Fantasma de Pepper”, na qual o ator e o banco em frente ao piano possui a mesma distância em relação ao vidro.

O desenvolvimento da técnica inicia com a iluminação na parte onde se encontra o piano, enquanto o ambiente do ator fica escuro. Quando passe-se a iluminar cada vez menos o palco, a luz aumenta no ambiente onde o ator se encontra. Logo a imagem dele vai sendo refletida a cada minuto com maior força por meio do vidro inclinado e esse fenômeno está diante do público, que desencadeia a ideia de que existe um fantasma no palco (MEDEIROS, 2006).

Essa técnica que Pepper desenvolveu desencadeou fascínio dentre os espectadores, pois as pessoas visualizavam e tinham a ideia de que aqueles fantasmas eram pessoas reais. Esse método é obtido por meio da reflexão parcial da luz que inclui dois caminhos de refração distintos, se a luz vai de um caminho para o outro, uma parte dessa luz é propagada e a outra é refletida entre os dois caminhos. Segue a demonstração para o público, usando o método de Pepper (Figura 3).

Figura 3: Demonstração do Fantasma de Pepper



Fonte: GEPECT (2022)

Essa técnica é conhecida no Brasil como casa de Monga, onde o experimento baseia-se no que foi descrito anteriormente, e se trata de uma reflexão onde uma mulher se transforma em um gorila, sendo que tudo depende da iluminação, que de forma regular deve ser graduada e a vai possibilitando uma visualização mais real possível do objeto, resultando em uma ilusão de óptica (MEDEIROS, 2006).

A casa de Monga pode ser entendida por meio da sequência que está na imagem a seguir (Figura 4), em que na primeira etapa mostra a moça que é iluminada e no outro campo escondido está um ator com a roupa de gorila, tendo a mesma posição que a moça em relação à lâmina de vidro, após essa etapa se inicia com a diminuição da iluminação na posição da moça e, em sequência, se inicia a iluminação gradativa onde está o ator vestido de gorila e, aumentando a iluminação, o público percebe que existe uma junção de imagens, pois a lâmina de vidro provoca esse efeito, dando um resultado

aos espectadores de que a moça se transformou em um animal, entretanto é apenas uma ilusão de óptica (MEDEIROS, 2006).

Figura 4: As três fases de iluminação da casa de Monga



Fonte: Adaptada de Medeiros (2006)

Diante desse fenômeno da física óptica, se pode dizer que esse experimento tanto pode ser desenvolvido em grande escala, como o exemplo da casa de Monga, e ser visto por um grande público, como também em escalas menores, como em salas de aula, por exemplo. Em consequência disso, se pode refletir que existem distinções entre o processo que origina o holograma e a “pirâmide holográfica” onde esse processo de formação de imagem é conhecido como “Fantasma de Pepper”. Essa análise é importante ser retratada, pois existem literaturas que abordam a “pirâmide holográfica” como ferramenta que origina um holograma, como é mostrada no trabalho de Jolandeck, Mendes e Baccon (2016):

A utilização da tecnologia como forma educacional, pode proporcionar resultados positivos para o processo de ensino e aprendizagem da Matemática. Portanto, vamos abordar a utilização do holograma na Matemática no ensino da geometria espacial, com a utilização de vídeos nos aparelhos celulares para a criação de hologramas, podendo ser aplicada em forma de oficina, para alunos do Ensino Fundamental e Ensino Médio [...] (JOLANDEK; MENDES; BACCON, 2016, p. 2)

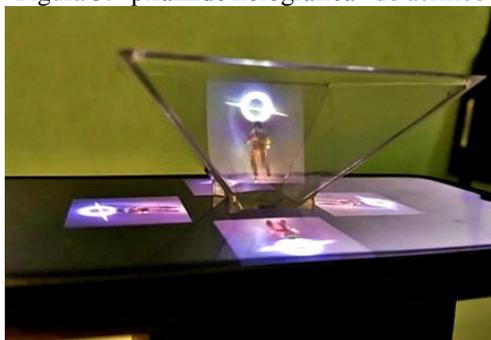
As análises entre holograma e “pirâmide holográfica” são diferenciadas, apesar de serem assuntos da física, focando na física óptica, possuem definições diferentes, processamentos diferentes e conclusões diferentes, em que o holograma é o resultado de um processo de raio laser e a “pirâmide holográfica” consiste em um processo de reflexões que originalmente são chamadas de “Fantasma de Pepper”.

Partindo dessas reflexões, é provável propor que a “pirâmide holográfica” ou o “Fantasma de Pepper” seja usado no ensino de geometria focando na visualização de figuras geométricas espaciais uma vez que é possível ter a ideia de um objeto em 3D quando a pirâmide é posta no centro de um aparelho celular, por exemplo. A ideia de tridimensionalidade é destacada por essa formação da imagem ilusória ao centro da

pirâmide, mas conceitualmente essa imagem é apenas uma reflexão, ou seja, uma imagem bidimensional.

A estrutura da “pirâmide holográfica” se fundamenta nas figuras geométricas nas quais suas quatro faces são trapézios isósceles e fazendo a união dessas faces temos um tronco de pirâmide de base quadrada, então a própria ferramenta que é proposta se baseia no conhecimento de geometria e pode ser facilmente confeccionada com os alunos em um período estipulado pelo docente. A seguir (Figura 5) é possível visualizar a “pirâmide holográfica”.

Figura 5: “pirâmide holográfica” de acrílico



Fonte: FRANÇA, M. C. B. (2021)

De forma paralela é importante ressaltar que a maioria dos trabalhos analisados nessa pesquisa foca no ensino médio ou superior, buscando incluir o ensino de holografia dentro das áreas de engenharia ou física. Na matemática, esse conhecimento está focado na visualização de figuras, porém nos anos finais do ensino fundamental ou ensino médio, como, no trabalho de Serrano, Aparicio e Alonso (2021) que mencionam um experimento com a metodologia do Fantasma de Pepper para o público do sexto ano do ensino fundamental direcionando essa aprendizagem para os conteúdos de geometria.

O trabalho de Lisboa (2018), desenvolvido no Colégio de Aplicação da UFSC retrata as simulações realizadas na “pirâmide holográfica” tendo como foco o ensino de geometria visando o aprendizado dos alunos e o desenvolvimento do ensino utilizando recursos digitais, além disso, ele também menciona que é importante propor essas ideias a partir do ensino público, onde a demanda é maior.

O estudo sobre holograma é capaz de seguir uma boa proposta para o ensino, porém, como já mencionado nessa pesquisa, é um processo que exige etapas e essas são complexas, sendo possível notar que a proposta de envolver a holografia e o holograma para o ensino é vista em cursos de física e engenharia, sendo áreas em que essa técnica

iria ajudar os alunos conforme suas dificuldades, em maioria sobre a visualização. Conforme essa análise, podemos dizer que a proposta de holograma pode ser também aplicada ao ensino, porém como se trata de uma linguagem mais aprimorada pela física, é viável que esse estudo seja feito nas séries finais do ensino fundamental ou no ensino médio com a supervisão do docente, uma vez que os alunos irão estar em contato com esses campos que norteiam o processo holográfico.

Voslion e Escargue (2013) propõem a utilização de um kit didático holográfico para demonstrar as imagens tridimensionais em boa resolução, os autores retratam ainda que esse experimento pode ser feito com alunos do ensino fundamental ou ensino médio com supervisão de um professor e que ele repasse aos discentes os conhecimentos básicos da física sobre a técnica do holograma, entretanto, os autores recomendam que o kit seja adaptado conforme o grau de ensino dos alunos mostrando que esse método é diferenciado e pode auxiliar alunos e professores no ensino.

Segundo Almeida e Lima (2019) a utilização da “pirâmide holográfica” no ensino de geometria molecular para alunos do primeiro ano do ensino médio, pois ao introduzirem os conceitos necessários a utilização da técnica e realizar experimentos que mostravam as moléculas para os discentes, perceberam que a satisfação dos alunos estava evidente e quando eles foram questionados sobre essa ferramenta de ensino, relataram que essa técnica auxilia positivamente na visualização dos objetos de diferentes ângulos.

Interessante mencionar que no ano de 2021 foi publicado e reconhecido a patente de criação de um objeto denominado de “Plataforma Holográfica De Projeção Tridimensional Para Interação Homem-Máquina A Partir De Dispositivos Móveis”, por pesquisadores brasileiros com o intuito de promover atividades recreativas ou de ensino que utilizam a “pirâmide holográfica” ou técnicas similares tendo como resultado as noções de imagens em 3D (BOTURA JR; GALDENORO *et al.*, 2021).

Nesse sentido, a presente pesquisa embasada na investigação feita a partir do tema propõe sugerir a “pirâmide holográfica” para o ensino de geometria focando na visualização de figuras geométricas. Essa é uma proposta considerada inovadora, pois a metodologia da “pirâmide holográfica” consiste em etapas simplificadas de reflexão, com as quais é possível em sua construção aprimorar o conhecimento a respeito do ensino de geometria e a visualização das figuras, uma vez que a própria estrutura da

pirâmide remete o discente a etapas importantes para o conhecimento geométrico e serve para visualizar as figuras geométricas tridimensionais.

## **CAPÍTULO VIII: A “PIRÂMIDE HOLOGRÁFICA” E O FANTASMA DE PEPPER COMO PROPOSTA PARA O ENSINO DE GEOMETRIA: CONSTRUÇÃO.**

Neste capítulo, temos como objetivo mostrar a “pirâmide holográfica” como ferramenta que auxilie na visualização de figuras geométricas espaciais. Como foi possível perceber no capítulo anterior, a “pirâmide holográfica” é confundida com o holograma e, ao passar pelos conceitos corretos sobre cada conhecimento que foi retratado, é viável lançar uma proposta a partir do que a literatura mostra. Além disso, no início desse capítulo serão apresentadas as construções de cada objeto que poderá auxiliar os alunos nas aulas de geometria, visando às figuras geométricas espaciais, por exemplo.

O início desta proposta começa pelo o que a literatura aborda a respeito da “pirâmide holográfica”, pois se percebeu que a pirâmide recebe a mesma definição que o holograma, porém esse é um equívoco comum nas literaturas e é importante ressaltá-lo, uma vez que ao utilizar a “pirâmide holográfica” como ferramenta de ensino é necessário abordar esse conhecimento de forma correta para os alunos. Conforme ao desenvolvimento dessa técnica é interessante que o professor promova a interação dos alunos com esse método, percebendo sua distinção do holograma.

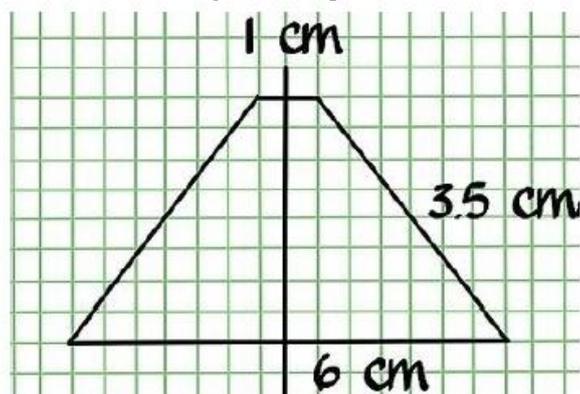
A “pirâmide holográfica” ou o “Fantasma de Pepper” pode ser ensinado de forma adequada e com isso amplie o desenvolvimento da visualização geométrica. Esse conhecimento poderá ser repassado entre os alunos e pode chegar até fora do ambiente escolar, por isso que é importante retratar de maneira correta o processo de formação do objeto, pois isso influenciará o discente nas demais séries, e esse conhecimento acerca de holograma, holografia, “pirâmide holográfica” e “Fantasma de Pepper” pode ser aplicado em qualquer disciplina.

Segundo Araújo e Schivani (2018) a “pirâmide holográfica” tem potencial de produto educacional,

Essa sequência didática pode ser aplicada em conjunto com outros professores e disciplinas, como Artes (no estudo das cores e formação das imagens, por exemplo) e Matemática (no estudo da geometria, por exemplo). Recomenda-se que o momento de exibição das imagens por meio das pirâmides seja realizado em um ambiente com luz reduzida, como em um laboratório de óptica. O ambiente escuro vai proporcionar uma melhor qualidade na visualização das imagens refletidas pelas faces da pirâmide [...] (ARAÚJO; SCHIVANI, 2018, p. 5 e 6).

No trabalho citado anteriormente, os autores relatam que a abordagem “pirâmide holográfica” no ensino se inicia por meio da construção de um desenho feito em um papel onde a estrutura usual é de um trapézio isóscele como mostra a (Figura 6). Na figura é possível perceber as medidas 1 cm para a base menor, 6 cm para a base maior e a altura como 3,5 cm servem para obter um tronco de pirâmide menor. Para ampliar é necessário utilizar medidas proporcionais as da (Figura 6).

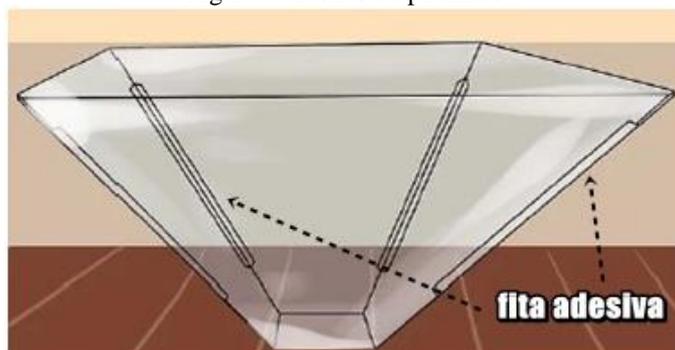
Figura 6: Trapézio



Fonte: Araújo e Schivani (2018)

Utilizando uma régua é possível dar forma a esse desenho no papel e em seguida a essa etapa é necessário fazer o recorte de quatro faces iguais as da (Figura 6), e em sequência uni-los para dar origem ao tronco de pirâmide de base quadrada como consta na (Figura 7).

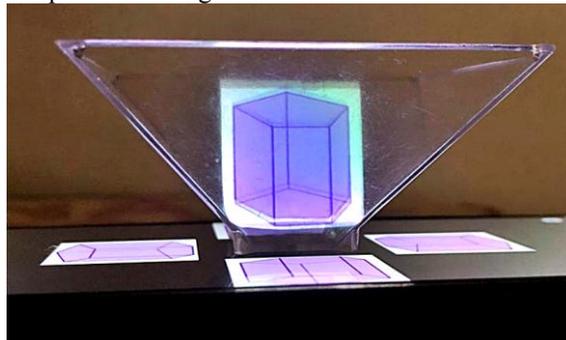
Figura 7: Tronco de pirâmide



Fonte: Adaptada de Araújo e Schivani (2018)

O tronco de pirâmide de base quadrada apresentado acima pode ser construído com os materiais de acrílico, folha de acetato e materiais pets que foram devidamente testados pela autora dessa pesquisa, todos esses materiais resultam em uma imagem ilusória como mostra a (Figura 8).

Figura 8: “pirâmide holográfica” de acrílico mostrando um prisma

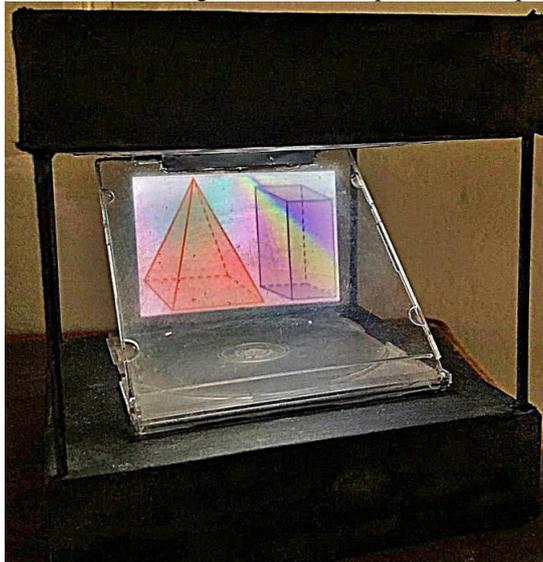


Fonte: FRANÇA, M. C. B. (2021)

A figura acima mostra a formação de uma imagem de um prisma de base pentagonal ‘dentro’ da “pirâmide holográfica” e é possível perceber que essa imagem formada ao centro é apenas uma ilusão de óptica, sendo gerada por meio de um aparelho celular ou tablet. A construção da ferramenta chamada “pirâmide holográfica” se inicia com o recorte de quatro faces com forma de trapézio isóscele que são idênticas e necessita-se unir essas faces para originar um tronco de pirâmide de base quadrada como consta na (Figura 8).

Após essa etapa é necessário utilizar o recurso tecnológico, celular ou tablet onde o tronco de pirâmide fica posicionado ao centro do aparelho com a base menor voltada para baixo e com o uso de aplicativos que quadriplicam uma imagem escolhida na galeria do celular é possível originar uma quinta imagem ilusória que pode ser vista pelos alunos ao contornarem a estrutura do tronco de pirâmide. Lembrando que a visualização do objeto formado ao centro do tronco de pirâmide pode ser visto apenas contornando a estrutura e com isso o objeto é visto em suas quatro faces e não pode ser visualizado de vista superior. Assim como também existe outra ferramenta denominada de “cubo holográfico” que desenvolve também a técnica de Pepper, dando como resultado a ilusão de óptica abaixo (Figura 9). Essas ferramentas que estão sendo mostradas fazem com que o público tenha a ideia de objetos tridimensionais, apesar de o processo depender de reflexões.

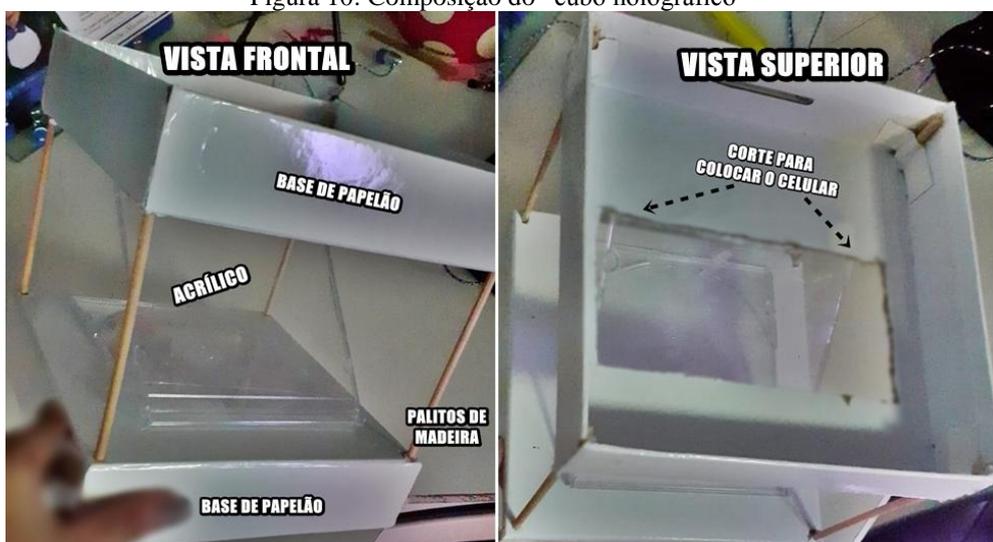
Figura 9: ‘‘Cubo holográfico’’ entre a pirâmide e o prisma



Fonte: FRANÇA, M. C. B. (2022)

O ‘‘cubo holográfico’’ da figura acima foi construído com o uso de cola quente, palitos de madeira, papelão e o material de acrílico (capa de CD). A estrutura foi montada inicialmente com os quatro palitos suspensos pelas bases de material papelão, com uma colagem de uma base inferior e uma base superior e é efetuado um corte em formato de retângulo na base superior dessa ferramenta para posicionar o aparelho celular e, em seguida, se tem a colagem do material de acrílico na base superior da estrutura originando um formato de ‘z’ e, em seguida, se tem a pintura da estrutura onde foi escolhida a cor preto, pois auxilia na melhor visualização das figuras uma vez que a iluminação também é necessária para esse experimento conforme já mencionado no capítulo anterior. As etapas descritas acima podem ser observadas na (Figura 10).

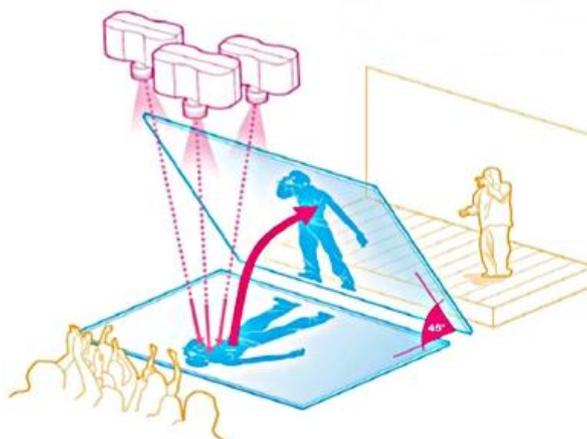
Figura 10: Composição do ‘‘cubo holográfico’’



Fonte: FRANÇA, M. C. B. (2022)

A técnica mostrada na figura acima pode ser compreendida a partir da (Figura 11). Onde em escalas maiores são necessários uma estrutura semelhante a (Figura 9 e 10) que possuam uma película que seja de acrílico ou acetato para a reflexão da imagem que é fornecida por meio de projetor de imagem (Datashow) que segue a mesma explicação feita para o “cubo holográfico”.

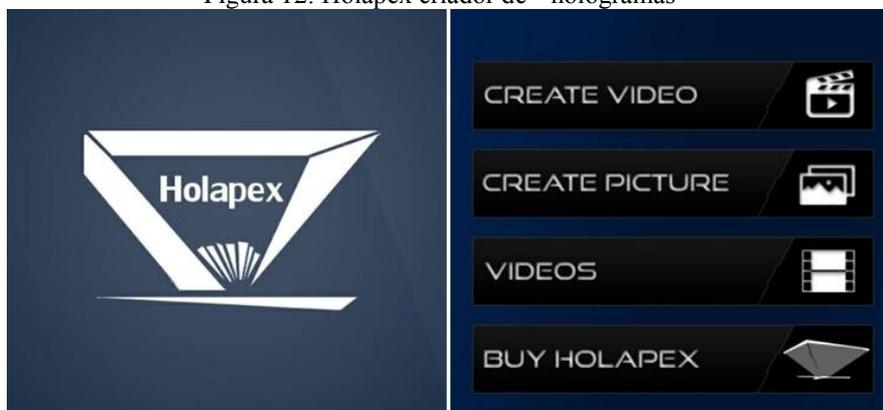
Figura 11: Fantasma de Pepper proposto a um grande público



Fonte: Adaptada de Araújo e Schivani (2018)

Após essas etapas de construção é importante saber que a “pirâmide holográfica” necessita de aplicativos de celular para processar a imagem quadruplicada e assim formar a quinta imagem (ilusão de óptica). Os aplicativos usados nesse experimento foram o ‘Holapex Hologram Video’ e o ‘Projetor 3D Vyomy’, as interfaces dos dois aplicativos auxiliam no processo de formação dessa imagem fantasmagórica, a interface do aplicativo Holapex pode ser visualizada a seguir (Figura 12):

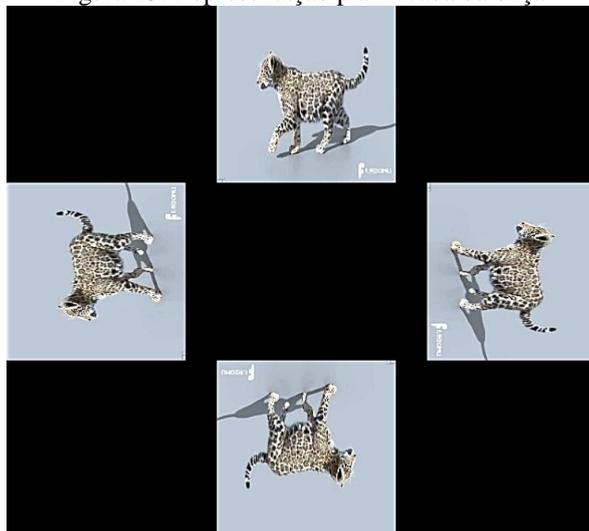
Figura 12: Holapex criador de ‘hologramas’



Fonte: Perez (2015)

O aplicativo tem em sua interface a primeira opção que se chama *create vídeo* (criar vídeo). Ao clicar nessa opção é possível ter acesso à galeria de vídeos que consta em seu aparelho celular e, ao escolher um dos vídeos, chega-se a interface visualizada a seguir (Figura 13):

Figura 13: Representação planificada da onça

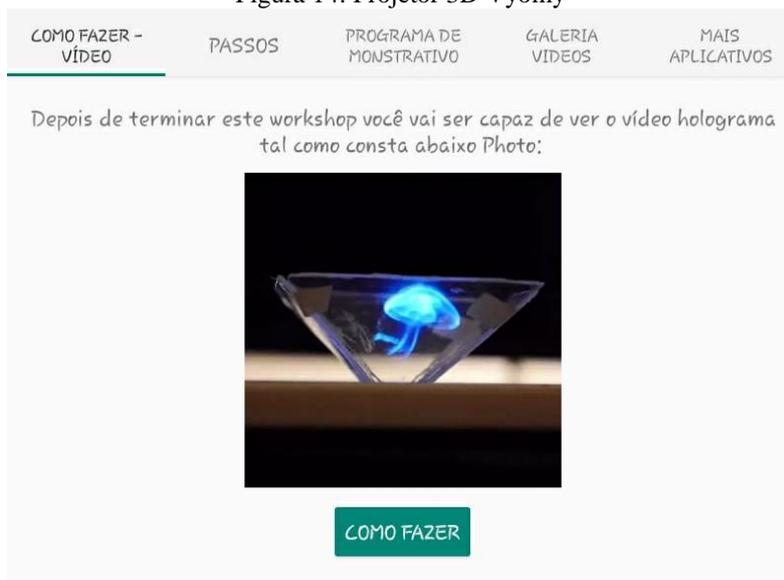


Fonte: FRANÇA, M. C. B. (2022)

Por meio da imagem acima é possível formar uma quinta imagem ao introduzir a “pirâmide holográfica” no centro, originando a imagem ilusória. Essa construção também é análoga ao voltar a interface e selecionar a opção *create picture* (criar imagem). Ainda sobre o aplicativo Holapex ele também possui as opções vídeos e buy holapex (compre holapex), onde, ao selecionar a opção ‘vídeos’, o próprio aplicativo sugere vídeos disponíveis no próprio aplicativo; já na opção de ‘compra’, o usuário é levado a uma página para comprar os produtos que são as pirâmides que projetam a imagem fantasmagórica.

O aplicativo ‘Vyomy’ funciona de maneira semelhante ao ‘Holapex’, porém sua interface mostra como fazer a pirâmide, os passos, os vídeos para utilizar que está disponível no próprio aplicativo, a opção da galeria de vídeos, na qual se podem acessar os vídeos que constam na galeria do aparelho celular, assim como, também, se tem a opção ‘mais aplicativos’ que mostram outros produtos auxiliares na projeção das imagens (Figura 14).

Figura 14: Projetor 3D Vyomy



Fonte: TVK Gallery (2015)

O uso da “pirâmide holográfica” se intercala com os dois aplicativos expostos anteriormente, e pensando em outras possibilidades de introduzir esse estudo foi possível notar que os aplicativos necessitavam de internet para serem utilizados, diante desse fato, pensou-se em como poderia usar da mesma técnica sem necessitar da internet, então se chegou ao “cubo holográfico” que não necessitará de internet para o download dos aplicativos. Uma vez que essa pesquisa foi pensada em contribuir com o ensino público, e sabendo das dificuldades deste ambiente, se chegou a essa proposta, onde para obter a imagem fantasmagórica, é apenas viável possui uma imagem salva na galeria do aparelho celular como já foi exposto anteriormente nas (Figuras 9 e 10), sem necessitar das etapas que os aplicativos fornecem. Cabe ressaltar que o docente pode propor essa dinâmica na sala de aula e os próprios alunos podem acompanhar o desenvolvimento dessas técnicas, incentivando, em outros momentos, os próprios discentes a elaborarem os seus materiais.

É importante promover esse estudo dentro da sala de aula, pois a tecnologia pode ser um benefício na promoção do ensino, e ao propor essa ferramenta é possível encontrar a adesão dos discentes:

Os alunos poderão imergir no aprendizado, podendo manipular e visualizar com riqueza de detalhes algo que antes era estático. O futuro da educação exige adaptação a novas formas de estudo. Tecnologias como a holografia, combinadas com a metodologia ativa, tornam todos facilitadores das discussões e aprendizados sobre um tema [...] (FERREIRA; CURRIEL, 2020, p. 8).

A análise dos textos remete a perspectiva diferenciada no ensino e visualização de figuras geométricas, tendo em vista a proposta da “pirâmide holográfica” e o “cubo holográfico”, esses objetos atingem a contribuição didática que caminha juntamente com as tecnologias. Segundo Lopes, Veiga e Luterman (2019), o caráter inovador das tecnologias deve ser aceito como presente dentro do ambiente escolar, pois ao usar desses meios os professores acabam mudando o sentido do ensino de forma positiva deixando os métodos antigos e se apropriando da inovação tecnológica, sendo o professor o fundamental agente de transformação.

Portanto, após refletir sobre o estudo da “pirâmide holográfica” e o “cubo holográfico” pode-se propor esses dispositivos como auxílio nas aulas de geometria focando na visualização de figuras geométricas espaciais, uma vez que, na atual pesquisa, já foi possível identificar o emprego dessas técnicas voltadas para o estudo da física, engenharia e física óptica. No entanto, no campo da matemática, com foco na visualização geométrica essa proposta seria viável uma vez que os alunos podem enfrentar dificuldades na aprendizagem das figuras tridimensionais e essa perspectiva pode ser aplicada ao cotidiano escolar, principalmente, em escolas públicas que se caracterizam pela falta de materiais didáticos, e ampliando o desenvolvimento do ensino é possível perceber que nessa ferramenta origina outros componentes do ensino de geometria que pode ser destacados posteriormente, como por exemplo, na construção da pirâmide, em que pode tornar possível identificar as faces da pirâmide sendo trapézios isósceles, assim como também se podem relacionar componentes das figuras geométricas, como altura, bases, faces e comprimento. Nos apêndices dessa pesquisa é possível encontrar outras figuras que foram testadas assim como também endereços eletrônicos de vídeos mostrando o desenvolvimento desses instrumentos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As bases conceituais estruturadas nessa pesquisa foram importantes para o aprimoramento dos conceitos e análises da holografia e do holograma em sua ótica histórica e trazendo subsídios para propor essa visão ao ensino. E uma vez pensada essa proposta de holograma voltado ao ensino, o resultado foi de pesquisas que compõem as bases educacionais, as quais relatam o emprego da holografia e do holograma no ensino, porém a predominância é das áreas da física e na engenharia, ainda de forma inicial.

Outra perspectiva alcançada neste presente texto é a de que: ao estudar essas terminologias de holografia e holograma voltados ao ensino encontrou-se outra nomenclatura que é a “pirâmide holográfica”, também vista como proposta para a aprendizagem. Ao nos aprofundarmos nas literaturas, encontraram-se comparações que são vistas como corretas que mencionam que tanto o holograma quanto a “pirâmide holográfica” seguem o mesmo método. Nas mesmas análises, foi possível corrigir esse equívoco, uma vez que essa afirmação está equivocada. Existem diferenças entre o método que tem como resultado o holograma e a ferramenta chamada de “pirâmide holográfica”.

E conforme exposto, a “pirâmide holográfica” também é considerada uma ferramenta que pode auxiliar o ensino e esta pesquisa defende essa ideia, assim como a construção desse instrumento que pode ser também reconhecido como “Fantasma de Pepper”. Ao propor essa metodologia, foi possível perceber que em alguns casos, para se chegar à ideia de um objeto em 3D, necessitava de rede de internet para baixar o aplicativo e fazer os devidos testes. Ao perceber esse detalhe, foi proposto também outro instrumento que não precisava usar a internet chamada de “cubo holográfico” que desenvolve a mesma técnica que a “pirâmide holográfica”.

Essa proposta de utilizar a “pirâmide holográfica” no ensino em especial aos anos iniciais do ensino fundamental focando no segundo ano. Ela é viável uma vez que a construção e as explicações feitas pelo professor são vistas como simples e por isso que o holograma não é proposto nesse momento, pois essa técnica demanda e perpassa por conceitos de física que os alunos das séries iniciais ainda não estão habituados.

As perspectivas futuras desse estudo são as de se aprofundar nos estudos que abordem o “Fantasma de Pepper” e a partir disso realizar uma intervenção conforme a dificuldade de visualização de figuras geométricas espaciais.

A percepção futura dessa pesquisa pode estar atrelada as perspectivas de realidade aumentada (RA) que possui semelhanças entre o mundo virtual e o real. Na sociedade é bem exemplificada por meio dos jogos e também na internet por meio de assistentes virtuais. A realidade aumentada é um ambiente congruente a nossa realidade e por esse aspecto é possível desfrutar de sensações idênticas que são vividas no decorrer do tempo.

O impacto futuro da utilização da “pirâmide holográfica” e do “cubo holográfico” é visto como positivo uma vez que a construção dessas ferramentas diminuir os problemas relacionados a dificuldades de visualização de figuras no ensino de geometria e da matemática. Esses recursos podem ser ampliado para qualquer área da matemática e como possuem materiais de baixo e que são possíveis de encontrar em papelarias é fácil e prático de se construir esses instrumentos e com isso se tem um impacto financeiro favorável a realidade das escolas públicas, pois essa pesquisa visou contribuir com as escolas públicas.

## REFERÊNCIAS

ABREU, D. V. da R.; SOUSA, A. A. O fantasma de Pepper e sua contribuição para o ensino de óptica geométrica. **Revista do Professor de Física**, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/25860>. Acesso em: 12 de março de 2022.

ALMOULOUD, Saddo A. *et al.* A geometria no ensino fundamental: reflexões sobre uma experiência de formação envolvendo professores e alunos\*. **SciELO**, 2004. Disponível em <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/xzRGKxDRJ6XS4ZXxLnBTkFL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 03 de agosto de 2021.

ALMEIDA, Milene Graciele. Utilização de holograma como recurso didático para contextualização da atomística no ensino da química. **Repositório Institucional da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (RIUT)**, 2017. Disponível em <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/13250>. Acesso em: 22 de junho de 2022.

ALVARENGA, Carolina Faria *et al.* DESAFIOS DO ENSINO SUPERIOR PARA ESTUDANTES DE ESCOLA PÚBLICA: UM ESTUDO NA UFLA. **Revista Pensamento Contemporâneo em Administração**, 2012. Disponível em [http://www.dae.ufla.br/pet/wp-content/uploads/2017/03/2011\\_ENGRP\\_OS-DESAFIOS-DO-ENSINO-SUPERIOR-1.pdf](http://www.dae.ufla.br/pet/wp-content/uploads/2017/03/2011_ENGRP_OS-DESAFIOS-DO-ENSINO-SUPERIOR-1.pdf). Acesso em: 22 de outubro de 2021.

ANE, **Academia Nacional de Engenharia. José Fernandes Pinto Alpoim**. Disponível em [http://anebrasil.org.br/?page\\_id=4517](http://anebrasil.org.br/?page_id=4517). Acesso em: 24 de maio de 2021.

ANGELIDIS, P.A. A vida de JBJ fourier. **Wiley Online Library**, 1996. Disponível em <https://onlinelibrary-wiley.ez3.periodicos.capes.gov.br/doi/abs/10.1002/cmr.1820080504>. Acesso em: 18 de janeiro de 2021.

ANGELO, M. S.; SANTOS, M. F. M. D.; BARBOSA, R. S. J. O ENSINO DE GEOMETRIA NO BRASIL: UMA ABORDAGEM HISTÓRICA, **Anais do XIV Colóquio Internacional “Educação e Contemporaneidade”**, 2020. Disponível em [https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/13711/37/36#:~:text=Para%20Monteiro%20\(2012\)%2C%20o,a%20partir%20do%20s%C3%A9culo%20XIV](https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/13711/37/36#:~:text=Para%20Monteiro%20(2012)%2C%20o,a%20partir%20do%20s%C3%A9culo%20XIV). Acesso em: 03 de julho de 2021.

ARAÚJO, Emanuel Pereira; SCHIVANI, Milton. PIRÂMIDE “HOLOGRÁFICA”: uma introdução ao estudo da óptica no Ensino Fundamental. **UFRN**, 2018. Disponível em [https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/26475/4/Produtoeducacional\\_Araujo\\_2018.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/26475/4/Produtoeducacional_Araujo_2018.pdf). Acesso em: 25 de setembro de 2021.

BARROS, A. L. R; BOHM, D. O aparente e o oculto: entrevista com David Bohm. **Birkbeck College, University of London**, 1983. Disponível em

<https://www.scielo.br/j/ea/a/WKj7rykPXWvOrXN8TtTKZwj/?lang=pt>. Acesso em: 07 de outubro de 2021.

BOTURA JR, Galdenoro *et al.* Plataforma holográfica de projeção tridimensional para interação homem-máquina a partir de dispositivos móveis. **Repositório Institucional Unesp**, 2021. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/216008>>. Acesso em: 02 de julho de 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2017. Disponível em [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf). Acesso em: 08 de março de 2022.

CARVAJAL, Beatriz Carolina. Creatividad e intuición em La práxis metodológica reflexión a la luz de La neurociência cognitiva. **Editora: Universidad Dr. Rafael Beloso Chacin URBE, para a Revista Telos** - publicado em 2013. Disponível em <https://go-gale.ez3.periodicos.capes.gov.br/ps/i.do?id=GALE%7CA450695295&v=2.1&u=capes&it=r&p=AONE&sw=w>. Acesso em: 11 de novembro de 2020.

CLEMENTE, João Carlos, *et al.* Ensino e aprendizagem da geometria: um estudo a partir dos periódicos em Educação Matemática. In: **ENCONTRO MINEIRO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**, 2015, São João del Rei, MG. Anais Eletrônicos... São João del Rei, MG: UFSJ, 2015. Disponível em <http://periodicos.uern.br/index.php/RECEI/article/download/1797/973>. Acesso em: 24 de maio de 2021.

DENNIS GABOR BIOGRAPHICAL. **THE NOBEL PRIZE**, 1972. Disponível em <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1971/gabor/biographical/>. Acesso em: 04 de fevereiro de 2021.

DI BIASE, Francisco. O Modelo Holográfico de Consciência. **ResearchGate**, 2002. Disponível em [https://www.researchgate.net/publication/317336167\\_O\\_Modelo\\_Holografico\\_de\\_Consciencia](https://www.researchgate.net/publication/317336167_O_Modelo_Holografico_de_Consciencia). Acesso em: 03 de abril de 2021.

DYOMIN, V. V.; POLOVTSEV, I. G.; OLSHUKOV, A. S. Holography as a tool for advanced learning of optics and photonics, **SPIE Digital Library**, 2009. Disponível em <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/9666/1/Holography-as-a-tool-for-advanced-learning-of-optics-and/10.1117/12.2207969.full?SSO=1>. Acesso em: 04 de abril de 2021.

EVES, Howard. **Introdução à história da matemática**. Tradução Hygino H Domingues. 5ª Edição. São Paulo-SP: Editora da UNICAMP, 2011.  
FERREIRA, Cintia. Prezoto; CURRIEL, Maicon Douglas. A HOLOGRAFIA COMO RECURSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM NA METODOLOGIA ATIVA, **Anais eletrônicos [...]. Maringá: ABED**, 2020. Disponível em <http://www.abed.org.br/congresso2020/anais/trabalhos/55584.pdf>. Acesso em: 04 de abril de 2021.

FERREIRA, Norma Sandra De Almeida. AS PESQUISAS DENOMINADAS “ESTADO DA ARTE”. **SciELO**, 2002. Disponível em <https://www.scielo.br/j/es/a/vPsychSBW4xJT48FfrdCtqfp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 02 de julho de 2022.

FRANÇA, Marta San Juan. Os astros do momento: Células vizinhas ajudam os neurônios a estabelecer conexões entre si. **Revista de Pesquisa FAPESP**, 2013. Disponível em <https://revistapesquisa.fapesp.br/os-astros-do-momento/>. Acesso em: 03 de agosto de 2021.

FRANÇA, Michelle Cristina Boaventura. **JEAN BAPTISTE JOSEPH FOURIER: SUA SÉRIE E APLICAÇÕES AO CÉREBRO COMO HOLOGRAMA**. 2019. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática) – Faculdade de Matemática, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

GEPECT, Grupo de Estudos e Pesquisa em Educação Científica e Tecnológica. Instituto de Física, **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 2022. Disponível em <https://www.ufrgs.br/gepect/ladeec/fantasma-de-pepper/>. Acesso em: 23 de setembro de 2021.

GIOVANINI, Adenilson. O que é um estereograma? **Blog Adenilson Giovanini**, 2021. Disponível em <https://adenilsongiovanini.com.br/blog/o-que-e-um-estereograma/estereograma-2/>. Acesso em: 02 de julho de 2022.

GOMES, F. C. A.; TORTELLI, V. P.; DINIZ, L. Glia: dos velhos conceitos às novas funções de hoje e as que ainda virão, **SciELO** 2013. Estud. av. vol.27 no. 77 São Paulo. Disponível em [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142013000100006](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142013000100006). Acesso em: 07 de maio de 2021.

GOULART, Flávia Cristina. Neurotransmissão: Sinapses. **UNESP**, 2009. Disponível em [https://www.marilia.unesp.br/Home/Instituicao/Docentes/FlaviaGoulart/Aula\\_basica%20\\_SNC.pdf](https://www.marilia.unesp.br/Home/Instituicao/Docentes/FlaviaGoulart/Aula_basica%20_SNC.pdf). Acesso em: 07 de agosto de 2021.

GREGUSS, P. Holography in biology and medicine. **IOPSCIENCE**, 1977. Disponível em <https://iopscience.iop.org/article/10.1070/QE1977v007n12ABEH008260/pdf>. Acesso em: 04 de outubro de 2021.

Holografia. Laboratório de Ensino de Óptica, **Instituto de Física “Gleb Wataghin” UNICAMP**. Disponível em <https://sites.ifi.unicamp.br/laboptica/holografia-2/>. Acesso em: 03 de agosto de 2021.

JOHNSON, Sean F. Attributing Scientific and Technological Progress: The Case of Holography. **History and Technology**, 2005. Disponível em <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07341510500198701>. Acesso em: 08 de outubro de 2021.

JOYE, Shelli Renee. Tuning the mind in the frequency domain: Karl Pribram’s holonomic brain theory and David Bohm’s implicate order. **Gale Academic Onefile**, 2017. Disponível em <https://go->

[gale.ez3.periodicos.capes.gov.br/ps/i.do?&id=GALE|A501599030&v=2.1&u=capes&it=r&p=AONE&sw=w](http://gale.ez3.periodicos.capes.gov.br/ps/i.do?&id=GALE|A501599030&v=2.1&u=capes&it=r&p=AONE&sw=w). Acesso em: 11 de novembro de 2021.

JUCÁ, Rosineide de Sousa *et al.* O ENSINO DE GEOMETRIA NA FORMAÇÃO DOS PROFESSORES DAS SÉRIES INICIAIS. **Encontro Nacional de Educação Matemática – Sociedade Brasileira de Educação Matemática**, 2013. Disponível em [http://sbem.iuri0094.hospedagemdesites.ws/anais/XIENEM/pdf/1737\\_1120\\_ID.pdf](http://sbem.iuri0094.hospedagemdesites.ws/anais/XIENEM/pdf/1737_1120_ID.pdf). Acesso em: 22 de outubro de 2021.

JÚNIOR, A. P. M.; NETTO, O. M. C. CIÊNCIA, COGNIÇÃO E INFORMAÇÃO NA OPERACIONALIZAÇÃO DA GESTÃO PARTICIPATIVA DA ÁGUA NO BRASIL. Artigo recebido em 10 ago. 2003; aprovado em 21 set. 2003. Disponível em <https://search-proquest.ez3.periodicos.capes.gov.br/docview/1553435728?pq-origsite=primo>. Acesso em: 15 de janeiro de 2021.

KATHRYN KO, M.D; WEBSTER, John M. Holographic imaging of human brain preparations--a step toward virtual medicine. **National Library of Medicine**, 1995. Disponível em <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8629226/>. Acesso em: 04 de outubro de 2021.

KONZEN, S.; BERNARDI, Luci T. M. dos S.; CECCO, B. L. O CAMPO DO ENSINO DE GEOMETRIA NO BRASIL: DO BRASIL COLÔNIA AO PERÍODO DO REGIME MILITAR, **Hipátia – Revista Brasileira de História, Educação e Matemática**, 2017. Disponível em <https://ojs.ifsp.edu.br/index.php/hipatia/article/view/712>. Acesso em: 16 de maio de 2021.

LOBATO, L. F.; ANDRADE, G. de O. DESAFIOS DO ENSINO DE GEOMETRIA NO ENSINO MÉDIO. **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí**, 2019. Disponível em <http://bia.ifpi.edu.br/jspui/handle/prefix/501>. Acesso em: 04 de abril de 2021.

LORA, Gabriel J.; MUNERA, Natalia; SUCERQUIA, Jorge Garcia. MODELACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE HOLOGRAMASTIPO GABOR. **SciELO**, 2010. Disponível em [http://www.scielo.org.co/scielo.php?frbrVersion=4&script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532011000200011&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?frbrVersion=4&script=sci_arttext&pid=S0012-73532011000200011&lng=en&tlng=en). Acesso em: 08 de outubro de 2021.

MACHADO, Caetano. Simulações com hologramas são utilizadas em pesquisa para o ensino de geometria. **UFSC**, 2018. Disponível em <https://noticias.ufsc.br/2018/11/simulacoes-com-hologramas-sao-utilizadas-empesquisa-para-o-ensino-da-geometria/>. Acesso em: 23 de setembro de 2021.

MEDEIROS, Alexandre. A história e a física do fantasma de Pepper. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 2006. Disponível em <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/5811>. Acesso em: 12 de setembro de 2021.

MONTEIRO, Ivan Alves. O DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DO ENSINO DE GEOMETRIA NO BRASIL, **Unesp**, 2012. Disponível em <https://www.ibilce.unesp.br/Home/Departamentos/Matematica/o-desenvolvimento-historico--ivan-alves-monteiro.pdf>. Acesso em: 08 de agosto de 2021.

NATURE. Editorial: O pensamento transformacional de Fourier. **Nature**, 2018. Disponível em <https://www-nature.ez3.periodicos.capes.gov.br/articles/d41586-018-03389-w>. Acesso em: 18 de janeiro de 2021.

O que é física quântica? **Quantum Interactive**. Disponível em <https://www.ifsc.usp.br/~quantumnano/nocoos-basicas/fisica-quantica/>. Acesso em: 03 de abril de 2021.

OLIVEIRA, M. T.; ALVARENGA, A. M.; SILVEIRA, D. da S. A Matemática do Corpo Humano: Relacionando conteúdos de Razão, Proporção e Regra de Três por meio de uma Unidade Didática. **Universidade Federal do Pampa**, 2013 – Campus Caçapava do Sul Curso: Licenciatura em Ciências Exatas. Disponível em <http://cursos.unipampa.edu.br/cursos/cienciasexatas/files/2014/06/Monica-Teixeira-de-Oliveira.pdf>. Acesso em: 01 de maio de 2021.

PRAÇA, Fabíola Silva Garcia. METODOLOGIA DA PESQUISA CIENTÍFICA: ORGANIZAÇÃO ESTRUTURAL E OS DESAFIOS PARA REDIGIR O TRABALHO DE CONCLUSÃO, **Revista Eletrônica “Diálogos Acadêmicos”**, 2015. (ISSN: 0486-6266). Disponível em [http://uniesp.edu.br/sites/\\_biblioteca/revistas/20170627112856.pdf](http://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20170627112856.pdf). Acesso em: 07 de maio de 2021.

PRIBRAM, K. H. Quantum holography: Is it relevant to brain function? **Science Direct**, 1998. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020025598100828>. Acesso em: 04 de outubro de 2021.

PRIBRAM, K. H; CARLTON, E.H. HOLONOMIC BRAIN TISEORY IN IMAGING AND OBJECT PERCEPTION \*, **Science Direct**, 1986. Disponível em <https://www-sciencedirect.ez3.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/0001691886900624?via%3Dihub>. Acesso em: 07 de maio de 2021.

PRIBRAM, Karl. *Physics and Mind: MINDING QUANTA AND COSMOLOGY*. **Zyon**, 2009. Disponível em <https://onlinelibrary-wiley.ez3.periodicos.capes.gov.br/doi/abs/10.1111/j.1467-9744.2009.01008>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2021.

PEREZ, Isaias. Holapex Hologram Video Maker. 2015. Disponível em <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.holaplex.app>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2021.

REIN, Glen. A mente como um holograma de fase conjugada virtual. Publicado em julho de 2017, **Cosmos and History: The Journal of Natural and Social Philosophy** (Vol. 13, Issue 2). Disponível em

<https://gogale.ez3.periodicos.capes.gov.br/ps/i.do?&id=GALE|A501599033&v=2.1&u=capes&it=r&p=AONE&sw=w>. Acesso em: 11 de novembro de 2020.

ROMANOWSKI, Joana Paulin; ENS, Romilda Teodora. As pesquisas denominadas do tipo "estado da arte" em educação. **PUC**, 2006. Disponível em <https://periodicos.pucpr.br/dialogoeducacional/article/view/24176/22872>. Acesso em: 07 de janeiro de 2022.

SANTOS, Marcio Antonio Raiol dos *et. al.* Estado da arte: aspectos históricos e fundamentos teórico-metodológicos. **Revista Pesquisa Qualitativa**, 2020. Disponível em <https://editora.sepq.org.br/rpq/article/view/215>. Acesso em: 07 de setembro de 2021.

SCHIVANI, M.; SOUZA, G. F.; PEREIRA, E. Pirâmide "holográfica": erros conceituais e potencial didático, **SciELO** 2018. Disponível em <https://www.scielo.br/pdf/rbef/v40n2/1806-1117-rbef-40-02-e2506.pdf>. Acesso em: 04 de abril de 2021.

SERRANO, Lorena Beteta. La holografía como recurso didáctico para la enseñanza de contenidos de geometría en primaria. Innoeduca. **International Journal of Technology and Educational Innovation**, 2021. Disponível em <https://revistas.uma.es/index.php/innoeduca/article/view/12243/13943uma.es/index.php/innoeduca/article/view/12243/13943>. Acesso em: 26 de março de 2022.

SETTIMY, Thais F. de O.; BALRRAL, Marcelo A. DIFICULDADES ENVOLVENDO A VISUALIZAÇÃO EM GEOMETRIA ESPACIAL. **ResearchGate**, 2020. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/343556166>. Acesso em: 06 de outubro de 2022.

SILVA, Anne Patricia Pimentel Nascimento *et al.* O Estado da Arte ou o Estado do Conhecimento. **SciELO**, 2020. Disponível em [http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1981-25822020000300005&lng=pt&nrm=iso](http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-25822020000300005&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 06 de agosto de 2022.

SILVA, Josafá Luiz da. **Visualização geométrica: uma habilidade para ser valorizada no ensino fundamental**. 2012. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática), Universidade Federal da Paraíba, 2012. Disponível em <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/14519>. Acesso em: 12 de outubro de 2022.

TALBOT, Michel. **O universo holográfico**. Trad. Maria de Fátima S. M. Marques. São Paulo: Editora Best Seller, 1991.

TAVARES, Norma Ridete de Arruda Lima. *et al.* O PROFESSOR COMO UM TRANSFORMATIVO AGENTE - DESAFIOS E PERSPECTIVAS. **Derecho y Cambio Social**, 2013. Disponível em <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5475849.pdf>. Acesso em: 22 de junho de 2022.

TOLEDO, Rolando Serra. *et al.* El holograma y su utilización como un medio de enseñanza de la física en ingeniería. **SciELO**, 2009. Disponível em <https://www.scielo.br/j/rbef/a/hK5QLKQYZcmrMKmXnmzw3Wm/?lang=es>. Acesso em: 08 de outubro de 2021.

TSIAMPA, Athanasia Maria; SKOLARIKI, Konstantina. Holographic Reality in Education: The Future of an Innovative Classroom, **Eric**, 2018. Disponível em <https://eric.ed.gov/?id=ED600771>. Acesso em: 08 de outubro de 2021.

TVK Gallery. Projetor de holograma 3D Vyomy. 2015. Disponível em <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vyom.hologramprojector>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2021.

USP. O que são Biofótons ? O que é um Fóton ? **Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**. Disponível em [http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo\\_thumb/O-que-s-o-Biof-tons--O-que---um-F-ton.pdf](http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/O-que-s-o-Biof-tons--O-que---um-F-ton.pdf). Acesso em: 08 de setembro de 2021.

VALENTE, Vânia Cristina Pires Nogueira; PEREIRA, Tamires Trindade. Aprimoramento da capacidade de visualização espacial com a utilização de hologramas. **Unesp**, 2015. Disponível em <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/135773>. Acesso em: 04 de outubro de 2021.

VANCHURIN, Vitaly. The World as Neural Network. **National Library of Medicine**, 2020. Disponível em <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7712105/>. Acesso em: 08 de outubro de 2021.

VOSGERAU, D. S. A. R.; ROMANOWSK, J. P. Estudos de revisão: implicações conceituais e metodológicas, **Rev. Diálogo Educacional**, 2014. Disponível em <https://periodicos.pucpr.br/index.php/dialogoeducacional/article/view/2317>. Acesso em: 22 de setembro de 2021.

VOSLION, T; ESCARGUEL, A. An easy physics outreach and teaching tool for holography, **Journal of Physics: Conference Series** **415**, 2013. Disponível em <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/415/1/012063>. Acesso em: 04 de abril de 2021.

WALKER, Robin A. Holograms as Teaching Agents. **Journal of Physics: Conference Series**, 2013. Disponível em <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/415/1/012076>. Acesso em: 04 de abril de 2021.

WOLF, Fred Alan. NEURAL HOLOGRAPHY, THE DREAMING BRAIN, AND FREE WILL. **Gale Academic Onefile**, 2019. Disponível em <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA615692641&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=18329101&p=AONE&sw=w&userGroupName=anon%7Ef1de4a6b>. Acesso em: 08 de outubro de 2021.

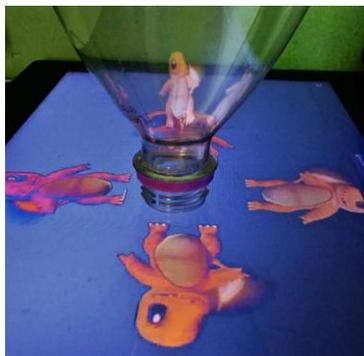
ZORZETTO, Ricardo. Roberto Lent: Especialista em conexões. **Revista Pesquisa Fapesp**, 2017. Disponível em <https://revistapesquisa.fapesp.br/roberto-lent-especialista-em-conexoes/>. Acesso em: 22 de outubro de 2021.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A - Imagens testadas nos materiais

As imagens mostradas na sequência foram feitas para testagem em materiais diferenciados durante o desenvolvimento dessa pesquisa.

Figura 15: Teste no material pet



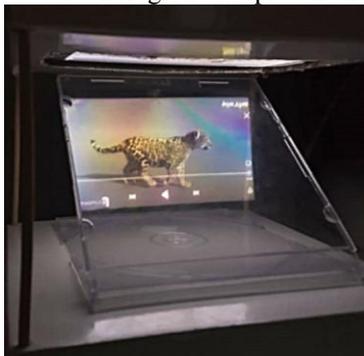
Fonte: FRANÇA, M. C. B. (2022)

Figura 16: Teste no material acetato



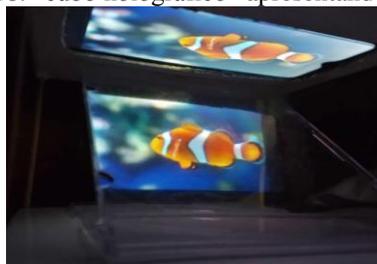
Fonte: FRANÇA, M. C. B. (2022)

Figura 17: “cubo holográfico” apresentando a onça



Fonte: Fonte: FRANÇA, M. C. B. (2022)

Figura 18: “cubo holográfico” apresentando o peixe



Fonte: Fonte: FRANÇA, M. C. B. (2022)

## **APÊNDICE B – Endereços de testagem**

Segue os endereços de testagem com os instrumentos citados nessa pesquisa, esses vídeos foram produzidos pela autora dessa pesquisa.

Usando a “pirâmide holográfica”:

<https://www.youtube.com/watch?v=CeYzwf5dl1o>

<https://www.youtube.com/watch?v=pNSn6Juy7-I>

<https://www.youtube.com/watch?v=kKVJaenWCrY>

<https://www.youtube.com/watch?v=QqHnIZHO6w8>

Usando o “cubo holográfico” :

<https://youtube.com/shorts/FhWji7NseXo?feature=share>

<https://www.youtube.com/watch?v=fTHqummcQ3Y>